



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Αυτοματοποίηση Σύνθεσης Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών από Ανοιχτά Υδροχωρικά Δεδομένα

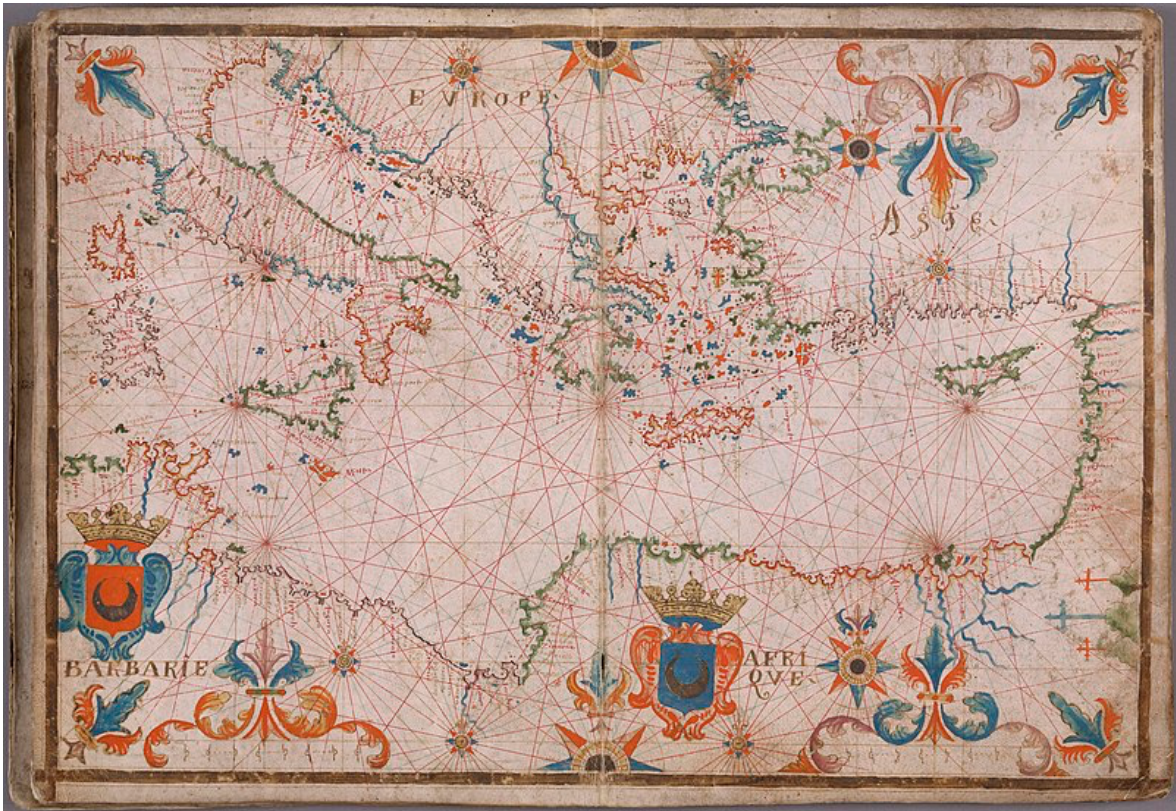
Διδακτορική Διατριβή

Στυλιανός Μ. Κονταρίνης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Τεχνολογίας Υπολογιστών
Πανεπιστημίου Πατρών

Αθήνα - Ιούνιος 2023

Η σελίδα αφήνεται σκόπιμα κενή



17th century Portolan chart of the Mediterranean Sea (François Ollive, French cartographer)

Στη Λίλιαν και στην Ελισάβετ-Δήμητρα

Η σελίδα αφήνεται σκόπιμα κενή



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Αυτοματοποίηση Σύνθεσης Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών από Ανοιχτά Υδροχωρικά Δεδομένα

Διδακτορική Διατριβή

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Βύρωνας Νάκος, Ομότιμος Καθηγητής
(Επιβλέπων), ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Λύσανδρος Τσούλος, Ομότιμος
Καθηγητής ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Αθανάσιος Παληκάρης, τ. Καθηγητής
ΣΝΔ

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Βύρωνας Νάκος, Ομότιμος Καθηγητής,
ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Λύσανδρος Τσούλος, Ομότιμος
Καθηγητής ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Αθανάσιος Παληκάρης, τ. Καθηγητής
ΣΝΔ

Μαρίνος Κάβουρας, Καθηγητής ΣΑΤΜ-
ΜΓ, ΕΜΠ

Νικόλαος Δουλάμης, Καθηγητής ΣΑΤΜ-
ΜΓ, ΕΜΠ

Νικήτας Νικητάκος, Καθηγητής ΤΝΕΥ,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Βύρων Αντωνίου, Επίκουρος Καθηγητής
ΣΣΕ

“Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από τη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής του ΕΜΠ δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα”

(Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

©2023 Στυλιανός Μ. Κονταρίνης (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος).

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διδακτορικής διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Ερευνητικό Αντικείμενο	1
1.1.1. Ο Ναυτικός Χάρτης στην Ψηφιακή Εποχή.....	1
1.1.2. Ναυτικοί Χάρτες και Συστήματα Πλοήγησης	2
1.1.3. Ερευνητικά Ερωτήματα και Αντικείμενο Διατριβής	3
1.2. Υφιστάμενη Κατάσταση & Προκλήσεις Ανάπτυξης Υδροχωρικών Προϊόντων και Υπηρεσιών	5
1.2.1. Σύνταξη Ναυτικών Χαρτών	5
1.2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες	6
1.2.3. Ηλεκτρονική Ναυτιλία - Πρότυπο S-100.....	7
1.2.4. Υπηρεσίες Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης	8
1.2.5. Αυτοματοποίηση λειτουργιών και διαδικασιών.....	10
1.2.6. Ανοιχτές Πηγές Δεδομένων	11
1.2.7. Νέες Αρχιτεκτονικές Εφαρμογών	13
1.3. Ερευνητικοί Στόχοι & Μεθοδολογία.....	15
1.3.1. Ερευνητικοί Στόχοι Διατριβής	15
1.3.2. Μεθοδολογία Ερευνητικής Δραστηριότητας	17
1.4. Δομή Διατριβής	18
2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ & ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ	21
2.1. Πλοήγηση και Ναυτική Χαρτογραφία στη Σύγχρονη Εποχή	21
2.1.1. Πρώιμη Ηλεκτρονική Ναυτιλία και Υπερβολικά Συστήματα Ναυτιλίας.....	21
2.1.2. Δορυφορική Πλοήγηση.....	22
2.1.3. Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση.....	23
2.1.4. Συλλογικές Προσπάθειες Βαθυμετρίας των Ωκεανών.....	23
2.1.5. Ανάπτυξη Σύγχρονων Ναυτικών Χαρτών	26
2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες	27
2.2.1. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες Ψηφιδωτής Μορφής (Raster Charts)	27
2.2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες Διανυσματικής Μορφής (Vector Charts)	28
2.2.3. Συστήματα ECDIS	29
2.3. Σύνταξη Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών.....	32
2.3.1. Συλλογή δεδομένων ENC	32
2.3.2. Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων – Ποιοτικός Έλεγχος.....	33
2.3.3. Σύνθεση δεδομένων ENC	33
2.4. Υποδομές Υδροχωρικών Δεδομένων	34
2.4.1. Αρχαιοθήκη Δεδομένων Μετρήσεων.....	34
2.4.2. Διατήρηση Δεδομένων Μετρήσεων.....	35
2.4.3. Αποθετήριο δεδομένων IHO για ψηφιακή βαθυμετρία (DCDB)	36
2.4.4. Συνεισφορά δεδομένων – Πρωτοβουλία Crowdsourced Bathymetry του IHO.....	36
2.5. Πρότυπα Μεταφοράς Γεωχωρικών Πληροφοριών.....	37
2.5.1. Προδιαγραφές Προτυποποίησης Γεωχωρικών Πληροφοριών.....	37
2.5.2. Επίπεδα Διαλειτουργικότητας και Εξειδίκευση Προτύπων.....	38
2.5.3. Παράμετροι Προτύπων Γεωχωρικών Πληροφοριών	39

2.5.4.	Χρονολόγιο Ανάπτυξης Προτύπων.....	39
2.5.5.	Διεθνή πρότυπα Γεωχωρικών Πληροφοριών.....	39
2.6.	Προτυποποίηση Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών.....	40
2.6.1.	Επιτροπής Ανταλλαγής Ψηφιακών Δεδομένων (CEDD).....	40
2.6.2.	Χρονολόγιο Εξέλιξης Προτύπων Μεταφοράς Δεδομένων.....	41
2.7.	Μεταφορά Υδρογραφικών Δεδομένων.....	42
2.7.1.	Εξέλιξη του Προτύπου S-57.....	42
2.7.2.	Μοντέλο δεδομένων Προτύπου S-57.....	43
2.7.3.	Επίπεδα Τοπολογίας Προτύπου S-57.....	43
2.7.4.	Μορφότυπος Αρχείων S-57.....	44
2.7.5.	Αδυναμίες S-57.....	45
2.8.	Χαρτογραφική Απόδοση Αντικειμένων HNX.....	46
2.9.	Νέα Σειρά Υδροχωρικών Προτύπων.....	46
2.9.1.	Προδιαγραφές Προϊόντων Δεδομένων.....	47
2.9.2.	S-101 Πρότυπο Ηλεκτρονικού Ναυτικού Χάρτη.....	49
2.9.3.	S-102 Πρότυπο Βαθυμετρικών Επιφανειών.....	49
2.10.	Υπηρεσίες Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης.....	50
2.10.1.	Αυτοματοποίηση διαδικασιών ενός πλου.....	50
2.10.2.	Εφαρμογοκεντρική Προσέγγιση (App centric & Service Oriented).....	53
2.10.3.	Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας (Maritime Connectivity Platform).....	57
3.	ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ	59
3.1.	Γενικευμένο Μοντέλο Υδρογραφικών Δεδομένων (S-100).....	59
3.1.1.	Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών S-100.....	60
3.1.2.	Δομή Προτύπου S-100.....	61
3.1.3.	Σχέση με άλλα Πρότυπα.....	63
3.1.4.	S-100 ως Προφίλ των προτύπων ISO 19100.....	63
3.2.	Γλώσσα Εννοιολογικού Σχήματος (Conceptual Schema Language).....	64
3.2.1.	Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (Unified Modeling Language).....	65
3.2.2.	Διαγράμματα Κλάσεων.....	65
3.2.3.	Συσχετίσεις.....	67
3.2.4.	Διαγράμματα Πακέτων.....	68
3.2.5.	Σημειογραφία Ιδιοτήτων.....	69
3.3.	Διαχείριση Μητρώων Γεωχωρικών Πληροφοριών (S-99).....	70
3.3.1.	Μητρώα Εννοιών & Τομείς (Domains).....	70
3.3.2.	Μητρώο Προδιαγραφών Προϊόντων.....	71
3.3.3.	Μητρώο Κωδικών Παραγωγών Δεδομένων.....	71
3.4.	Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (General Feature Model).....	72
3.4.1.	Αντικείμενα.....	73
3.4.2.	Τύποι Οντοτήτων.....	74
3.4.3.	Τύποι Πληροφορίας.....	74
3.4.4.	S-100 Κλάσεις.....	74
3.4.5.	S-100 Ιδιότητες.....	76
3.4.6.	Σχέσεις μεταξύ ονομασμένων τύπων (Named Types).....	78
3.4.7.	S-100 Ρόλοι.....	80
3.5.	Μεταδεδομένα (Metadata).....	80
3.5.1.	Σκοπός και προβλεπόμενη χρήση.....	81

3.6. Κατάλογος Οντοτήτων (Feature Catalogue)	83
3.6.1. Βασικές Απαιτήσεις	83
3.6.2. Ονομασμένοι Τύποι (αγγλ. Named Types)	84
3.6.3. Κληρονομικότητα.....	84
3.6.4. Σχέση με προδιαγραφές προϊόντος	85
3.7. Συστήματα Αναφοράς Συντεταγμένων (Coordinate Reference Systems)	85
3.7.1. Απλό (αγγλ. Single) CRS	88
3.7.2. Σύνθετα (αγγλ. Compound) CRS	88
3.8. Χωρικό Σχήμα (Spatial Schema)	90
3.9. Μορφότυποι Κωδικοποίησης (Encoding Formats)	93
3.9.1. Μορφότυπος Κωδικοποίησης ISO 8211	94
3.9.2. Μορφότυπος Κωδικοποίησης GML	95
3.9.3. Μορφότυπος Κωδικοποίησης HDF5	96
3.10. Προδιαγραφές Προϊόντων Δεδομένων S-100	98
3.11. S-101 Κατάλογος Οντοτήτων (Feature Catalogue)	100
3.11.1. Τύποι Οντοτήτων	101
3.11.2. Σχέσεις Οντοτήτων.....	102
3.11.3. Τύποι Πληροφοριών.....	103
3.11.4. Ιδιότητες	104
3.11.5. Γεωμετρικά Αρχέτυπα Οντοτήτων.....	106
4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ENC	107
4.1. Χαρτογραφική Απόδοση Γεωχωρικών Πληροφοριών	107
4.1.1. Χαρτογραφική Απόδοση Οντοτήτων ENC.....	107
4.1.2. Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων.....	108
4.2. Κατάλογος Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Catalogue)	112
4.2.1. Ομάδες Προβολής (Viewing Groups).....	113
4.2.2. Επίπεδα Ομάδων Προβολών (Viewing Group Layers)	113
4.2.3. Λειτουργίες Εμφάνισης (Display Modes).....	115
4.2.4. Επίπεδα Εμφάνισης (Display Planes)	115
4.2.5. Προτεραιότητες Εμφάνισης (Display Priorities).....	115
4.2.6. Επιλογές Χρήστη (Context Parameters)	115
4.3. Γενικό Μοντέλο Χαρτογραφικής Απόδοσης	116
4.3.1. Μηχανισμός Χαρτογραφικής Απόδοσης	117
4.3.2. Επισκόπηση Πακέτων Χαρτογραφικής Απόδοσης.....	118
4.3.3. Σχήμα εισαγωγής δεδομένων (Data input schema).....	119
4.3.4. Λίστα Απαριθμήσεων (Enumerations).....	119
4.3.5. Συντεταγμένες	121
4.3.6. Χωρικά αντικείμενα (Spatial objects).....	121
4.4. Επεξεργασία χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. Portrayal processing)	122
4.4.1. Γλώσσα Επέκτασης Lua.....	124
4.5. Πακέτα Ορισμού Συμβολισμών	126
4.5.1. Μοντέλο Συμβόλων	126
4.5.2. Μοντέλο Συμβολισμού Γραμμών	127
4.5.3. Μοντέλο Συμβολισμού Περιοχών.....	128
4.6. Εντολές Σχεδίασης	128
4.6.1. Συστήματα αναφοράς συντεταγμένων χαρτογραφικής απόδοσης (Portrayal CRS).....	130

4.6.2.	Μηδενική εντολή (Null Instruction)	131
4.6.3.	Εντολές Σημείου (Point Instructions).....	131
4.6.4.	Εντολές Γραμμής (Line Instructions).....	131
4.6.5.	Εντολές Περιοχής (Area Instruction)	132
4.6.6.	Εντολές Κειμένου (Text Instruction)	132
4.7.	Διαδικασία Συμβολισμού υπό όρους (Conditional Symbology Procedure).....	133
4.7.1.	Κατάλογος Conditional Symbology Procedures	133
4.7.2.	Παράδειγμα Διαδικασίας Συμβολισμού υπό όρους (DEPARE03).....	134
4.7.3.	Κώδικας Lua για Διαδικασία Συμβολισμού υπό όρους (DEPARE03).....	136
5.	ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ & ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ.....	139
5.1.	Εφαρμοσμένη έρευνα για μετάβαση στο πρότυπο S-100.....	139
5.1.1.	Πλατφόρμα Ελέγχου (S-100 Test Bed).....	139
5.1.2.	Μετατροπή από S-57 σε S-101 (Converter Software)	140
5.2.	Συμμόρφωση Υπηρεσιών Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης.....	141
5.2.1.	Κατηγορίες Συμμόρφωσης (Compliance Categories).....	141
5.2.2.	Επίπεδα Ετοιμότητας S-100 (Technical Readiness Levels - S-97).....	143
5.2.3.	Ποιότητα Δεδομένων (Data Quality)	145
5.2.4.	Έλεγχοι Επικύρωσης Δεδομένων (Validation Checks)	147
5.2.5.	Κρυπτογράφηση και Προστασία Δεδομένων (Encryption & Data Protection).....	149
5.3.	Εικόνες και Πλέγματα Δεδομένων (Imagery and Gridded Data).....	150
5.3.1.	Δομή πλαισίου εικόνων και πλέγματος δεδομένων (Framework structure)	151
5.3.2.	Προϊόν Βαθμετρικής Επιφάνειας S-102 (Bathymetric Surface Product)	153
5.4.	Διαλειτουργικότητα (Data Product Interoperability)	155
5.4.1.	Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός & Διαλειτουργικότητα	155
5.4.2.	Κατάλογος Διαλειτουργικότητας (Interoperability Catalogue)	157
5.4.3.	Επίπεδα Διαλειτουργικότητας (Interoperability Levels).....	159
5.5.	Λειτουργικά Θέματα Εφαρμογής του S-100.....	161
5.5.1.	Διαδικασίες Συντήρησης (Maintenance).....	161
5.5.2.	Ανταλλαγή Δεδομένων (S-100 Exchange Set)	163
5.5.3.	Λειτουργία Dual Fuel ECDIS	167
5.5.4.	Ειδοποιήσεις και Επισημάνσεις (Alerts & Indications).....	171
5.5.5.	Οδηγός Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης S-101 (Data Classification & Encoding Guide)	174
5.5.6.	Εργαλεία Δόμησης Καταλόγων (S-100 Toolkit)	175
6.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ENC ΑΠΟ ΑΝΟΙΧΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	179
6.1.	Σύστημα Σύνθεσης ENC (OpenNCS)	179
6.1.1.	Λογική Αρχιτεκτονική	179
6.1.2.	Διαδικασία Σύνθεσης HNX.....	180
6.2.	Ανοιχτές Πηγές Υδροχωρικών δεδομένων (Open Hydrospatial Data).....	181
6.2.1.	Ανοιχτά Ψηφιακά Μοντέλα Βυθού (EMODnet & GEBCO).....	181
6.3.	Πληθοπορισμός Υδροχωρικών Δεδομένων (Crowdsourcing).....	184
6.3.1.	OpenStreetMap.....	185
6.3.2.	Υπηρεσίες OSM.....	185
6.4.	Μηχανισμός Απόκτησης Δεδομένων (Import Engine)	189

6.4.1.	Μετασχηματισμός raster δεδομένων (GDAL).....	189
6.4.2.	Μετασχηματισμός vector δεδομένων (OGR).....	189
6.5.	Σύνθεση Οντοτήτων Βαθυμετρίας (Bathymetry Features Compilation)	190
6.5.1.	Αρχική Σύνθεση (Original Compilation)	190
6.5.2.	Διαδικασία Γενίκευσης (Generalization Process).....	190
6.5.3.	Επιλογή Βαθών (Sounding Selection).....	192
6.5.4.	Δημιουργία Ισοβαθών (Contours).....	193
6.5.5.	Δημιουργία Περιοχών Βάθους (Depth Areas)	195
6.6.	Δημιουργία Βάσης Δεδομένων (Chart Features Packaging).....	195
6.6.1.	Πρότυπο GeoPackage	196
6.6.2.	Επίπεδα ENC για Σκοπούς Πλοήγησης (Navigation Purposes)	196
6.6.3.	Οντότητες Συστήματος (OpenNCS Features).....	197
6.6.4.	Ετικέτες Φανών και Τομείς (Lights Labels & Sectors)	198
6.7.	Οπτικοποίηση Χάρτη.....	199
6.7.1.	Χαρτογραφική Απόδοση (Portrayal).....	199
6.7.2.	Τεχνολογίες Διαδικτυακής Χαρτογραφίας (Web Mapping Technologies)	200
6.7.3.	Τεχνολογία Διανυσματικών Πλακιδίων (Vector Tiles Technology)	201
6.7.4.	Mapbox Vector Tiles.....	201
6.7.5.	Tileserver Tegola (Dynamic Vector Chart).....	202
6.8.	Ποιοτικός Έλεγχος (Test Beds - NOAA & OSM)	204
6.8.1.	Μέσω Browser Interface (mapbox-gl-js)	204
6.8.2.	Μέσω Raster Charts on Demand (OpenCPN).....	207
6.9.	Αρχιτεκτονική Συστήματος OpenNCS	208
6.10.	Πιλοτικές Εφαρμογές Συστήματος OpenNCS	211
6.10.1.	Γρήγορη Χαρτογράφηση (Speed Mapping).....	211
6.10.2.	Testbed για Νέο Συμβολισμό Προδιαγραφών S-1xx	215
6.10.3.	Υπόβαθρο σε Mobile Εφαρμογές.....	216
7.	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ.....	219
7.1.	Ανοιχτότητα και Ανοιχτή Επιστήμη	219
7.1.1.	Έννοια της Ανοιχτότητας	219
7.1.2.	Παράδειγμα Ανοιχτής Επιστήμης η Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας	221
7.2.	Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας Αυτόνομων Πλοίων (MASS).....	223
7.2.1.	Αναγκαιότητα, Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα	223
7.2.2.	Βαθμοί Αυτονομίας.....	223
7.2.3.	Διαχείριση Κινδύνων - Ανταλλαγή Διαδρομών (Route Exchange) - S-421.....	224
7.3.	Βελτιστοποίηση δρομολόγησης βάσει καιρού (Weather Routing).....	227
7.3.1.	Αναγκαιότητα για Ορθολογική Δρομολόγηση	227
7.3.2.	Αυτόματες Μεθοδολογίες Σχεδιασμού Διαδρομών	228
7.3.3.	Κανονιστικές και ρυθμιστικές επιπτώσεις	231
7.4.	Κυβερνοασφάλεια (Cyber Security) σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Πλοήγησης	232
7.4.1.	Υποδομή δημόσιου κλειδιού για ασφάλεια πληροφοριών.....	233
7.4.2.	Περιπτώσεις Χρήσης Υποδομής Δημόσιου Κλειδιού.....	236

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ.....	238
8.1. Επισκόπηση Αποτελεσμάτων Διατριβής.....	238
8.1.1. Ερώτημα 1 ^ο - Σύνθεση HNX με λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα.....	238
8.1.2. Ερώτημα 2 ^ο - Απαιτήσεις Σύνθεσης Ναυτιλιακών Χαρτών	242
8.1.3. Ερώτημα 3 ^ο - Χαρτογραφική Απόδοση βάσει επίσημων Προδιαγραφών	244
8.1.4. Ερώτημα 4 ^ο - Επάρκεια και Καταλληλότητα Ανοιχτών Υδροχωρικών Δεδομένων	245
8.1.5. Ερώτημα 5 ^ο – Δυνητικές Χρήσεις Ηλεκτρονικών Ναυτικών Χαρτών	246
8.1.6. Ερώτημα 6 ^ο - Προϋποθέσεις για παραγωγή Επίσημων Ναυτιλιακών Χαρτών	249
8.1.7. Αξιολόγηση Μεθοδολογίας Διατριβής	250
8.2. Προοπτικές Βελτίωσης Συστήματος OpenNCS.....	251
8.2.1. Ακρίβεια Υδροχωρικών Δεδομένων	252
8.2.2. Πληρότητα Υδροχωρικών Δεδομένων.....	252
8.2.3. Επικαιροποίηση Υδροχωρικών Δεδομένων.....	253
8.3. Προκλήσεις & Ερευνητικές Προοπτικές	254
8.3.1. Υλοποίηση Υπηρεσιών Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης.....	254
8.3.2. Ανάπτυξη και Αξιοποίηση Υποδομών Υδροχωρικών Δεδομένων	256
8.3.3. Αυτοματοποίηση Διεργασιών με Υιοθέτηση Τεχνολογιών Γεωχωρικής Ευφυΐας.....	258
8.3.4. Δημιουργία Αξίας από Βέλτιστη Διαχείριση Υδροχωρικών Δεδομένων	258
8.3.5. Δημιουργία Καινοτόμων Υδροχωρικών Προϊόντων και Υπηρεσιών	259
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	261
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Γεωμετρικά Αρχέτυπα Οντοτήτων S-101	274
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Ομάδες Προβολών στον Κατάλογο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων S-101.....	279

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1-1. Λογικό Διάγραμμα του Συστήματος OpenNCS.....	16
Εικόνα 2-1. General Bathymetric Chart of the Oceans.....	24
Εικόνα 2-2. Κατηγοριοποίηση των Ναυτικών Χαρτών	26
Εικόνα 2-3. Σχέσεις μεταξύ των θεμάτων της Αφαιρετικής Προδιαγραφής (OGC 2005)	37
Εικόνα 2-4. Τομείς Διαλειτουργικότητας (EC 2017).....	38
Εικόνα 2-5. Χρονολόγιο Δημοσίευσης Προτύπων Γεωγραφικών Πληροφοριών	39
Εικόνα 2-6. Δομή ISO 8211 Data Descriptive File (SDTS Handbook).....	40
Εικόνα 2-7. Χρονολόγιο εξέλιξης Προτύπων Μεταφοράς Υδροχωρικών Δεδομένων	41
Εικόνα 2-8. Αντικείμενα Προτύπου S-57 (IHO 2000)	43
Εικόνα 2-9. Τοπολογία Δεδομένων HNX (IHO 2000)	44
Εικόνα 2-10. Δυναμικό Αρχείο ENC τύπου .000	45
Εικόνα 2-11. GML ισοδύναμο ενός ENC Object	45
Εικόνα 2-12. Παρουσίαση αρχείου ENC χωρίς κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης (portrayal) στο QGIS	45
Εικόνα 2-13. Παρουσίαση αρχείου ENC με κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης S-52 σε ENC Viewer	45
Εικόνα 2-14. Η εφαρμογοκεντρική προσέγγιση	53
Εικόνα 2-15. Τρισδιάστατη χαρτογραφική απόδοση ENC χάρτη με Cesium JS (Sorel, 2018).	54
Εικόνα 2-16. Το Ulstein Bridge Vision (Luras, 2016).....	55
Εικόνα 2-17. Χαρτογραφική απόδοση ναυτιλιακής κίνησης στενού Κάβο Ντόρο με σύστημα AIS	56
Εικόνα 2-18. Παραδείγματα τυποποιημένων σύμβολων χαρτογραφικής απόδοσης στόχων AIS σε ηλεκτρονικό ναυτιλιακό χάρτη ENC (Παλληκάρης κ.ά., 2016, σελ. 137).....	57
Εικόνα 2-19. Χαρτογραφική απόδοση στόχων AIS σε σύστημα ECDIS (Becker-Heins, 2014). ...	57
Εικόνα 2-20. Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας.....	58
Εικόνα 3-1. Υποδομή S-100.....	60
Εικόνα 3-2. Παράδειγμα Κλάσης Σύνθετου Τύπου (S100_UnitOfMeasure) (IHO, 2022)	66
Εικόνα 3-3. Τύποι εξάρτησης Κλάσεων: Συσχέτιση, Συσσωμάτωση , Σύνθεση (IHO, 2022).....	67
Εικόνα 3-4. Παράδειγμα Δομής Πακέτων S-100 (IHO, 2022).	68
Εικόνα 3-5. Συσχέτιση Γενικού με Επιμέρους Μητρώα (IHO, 2012b).....	70
Εικόνα 3-6. Σχήμα Μητρώου Γεωχωρικών Πληροφοριών S-100 (IHO, 2022).	71
Εικόνα 3-7. Το S-100 Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (IHO, 2022).....	73
Εικόνα 3-8. S-100 Ιδιότητες (IHO, 2022).	77
Εικόνα 3-9. Συσχέτιση Εξειδίκευσης και Γενίκευσης (IHO, 2022).	79

Εικόνα 3-10. Σκοπός Μεταδεδομένων (IHO, 2022).....	82
Εικόνα 3-11. Εννοιολογικό Μοντέλο Συστήματος Αναφοράς Συντεταγμένων (ISO, 2007a)	85
Εικόνα 3-12. UML μοντέλο πακέτων και συσχετίσεων Συστημάτων Αναφοράς Συντεταγμένων (ISO, 2007a).....	86
Εικόνα 3-13. Κλάση Συστήματος Αναφοράς Συντεταγμένων (IHO, 2022).....	87
Εικόνα 3-14. Κλάση Συστήματος Συντεταγμένων (IHO, 2022).....	89
Εικόνα 3-15. Σχέση χωρικού σχήματος S-100 με πακέτα ISO 19100 (IHO, 2022).....	90
Εικόνα 3-16. Ιεραρχία αντικειμένων ISO, ξεκινώντας από το GM_Object (Francois et al., 2010).91	
Εικόνα 3-17. S-100 Αντικείμενα Γεωμετρίας (IHO, 2022).	93
Εικόνα 3-18. Σχέση Οντότητας και Ιδιοτήτων (IHO, 2022).....	94
Εικόνα 3-19. Αφαιρετικό Μοντέλο Δεδομένων HDF5 (IHO, 2022).....	97
Εικόνα 3-20. Συσχέτιση Πληροφοριών (IHO, 2018a).	102
Εικόνα 3-21. Συσχέτιση Αντικειμένων (IHO, 2018a).	102
Εικόνα 3-22. Συσσωμάτωση (IHO, 2018a).....	103
Εικόνα 3-23. Σύνθεση (IHO, 2018a).....	103
Εικόνα 3-24. Τύπος Πληροφορίας Χωρική Ποιότητα (IHO, 2018a).....	104
Εικόνα 3-25. Παραδείγματα Σύνθετης Ιδιότητας (IHO, 2018a).	105
Εικόνα 4-1. Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων IHO.....	108
Εικόνα 4-2. Μοντέλο Διαχείρισης Μητρώου Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Register Management Model) (IHO, 2022).....	109
Εικόνα 4-3. Μοντέλο Πληροφοριών Μητρώου Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Register Information Model) (IHO, 2022).....	110
Εικόνα 4-4. Πακέτο Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης (IHO, 2022).....	111
Εικόνα 4-5. Γενικό Μοντέλο Χαρτογραφικής Απόδοσης (General portrayal model) (IHO, 2022).	116
Εικόνα 4-6. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης (Portrayal process) (IHO, 2022).....	117
Εικόνα 4-7. UML Πακέτα Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (IHO, 2022)	118
Εικόνα 4-8. Λίστες Απαριθμήσεων σχήματος εισαγωγής (αγγλ. Input Schema Enumerations) (IHO, 2022)	119
Εικόνα 4-9. Κλάση για το Σχήμα Εισαγωγής Συντεταγμένων (IHO, 2022).....	121
Εικόνα 4-10. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης με γλώσσα Lua (SPAWAR Atlantic, 2016).	125
Εικόνα 4-11. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης με χρήση Lua Scripts (IHO, 2022).....	125
Εικόνα 4-12. Πακέτα Ορισμών Συμβολισμών S-100 Part 9 (IHO, 2022).	126
Εικόνα 4-13. Πακέτο Μοντέλου Συμβόλου S-100 Part 9 (IHO, 2022).	127
Εικόνα 4-14. Πακέτο Μοντέλου Συμβολισμού Γραμμών S-100 Part 9 (IHO, 2022).....	127

Εικόνα 4-15. Πακέτο Μοντέλου Συμβολισμού Περιοχών S-100 Part 9 (IHO, 2022).....	128
Εικόνα 4-16. Οντότητα Σημείου με επαυξημένες γεωμετρίες S-100 (IHO, 2022).....	129
Εικόνα 4-17. Μοντελοποίηση Εντολών Σχεδίασης (IHO, 2022)	129
Εικόνα 4-18. Διαδικασία Συμβολισμού DEPARE01 υπό Όρους (IHO, 1995).	134
Εικόνα 4-19. Διαδικασία Συμβολισμού DEPARE03 υπό Όρους (IHO, 2020d)	135
Εικόνα 5-1. S-100 Πλατφόρμα Ελέγχου (IHO 2016)	140
Εικόνα 5-2. S-101 Viewer για εκσφαλμάτωση μετατροπών από S-57.....	141
Εικόνα 5-3. Ενοιολογικό μοντέλο ποιότητας για γεωγραφικά δεδομένα	146
Εικόνα 5-4. Απλή δομή πλέγματος δεδομένων (απεικονίζεται η σχέση των μεταδεδομένων με ένα σύνολο πλέγματος δεδομένων που αντιπροσωπεύονται σε έναν πίνακα τιμών πλέγματος) (S-100 Ενότητα 8, 2018a).....	152
Εικόνα 5-5. Γενική Δομή S-102 (IHO, 2019a)	155
Εικόνα 5-6. Σχήμα Καταλόγου Διαλειτουργικότητας (S-100 Ενότητα 16, 2018a)(S-100 Ενότητα 16, 2018a)	158
Εικόνα 5-7. S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)	164
Εικόνα 5-8. Μια δομή φακέλου S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)	165
Εικόνα 5-9. Κατάλογος S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)	167
Εικόνα 5-10. Κατανομή δεδομένων τόσο στο S-100 όσο και στο S-57 ECDIS (IHO, 2021b).....	168
Εικόνα 5-11. Πλήρης διανομή έναντι επιλεκτικής διανομής (IHO, 2021b).....	168
Εικόνα 5-12. Συνδυασμένα σύνολα ανταλλαγής (IHO, 2021b)	170
Εικόνα 5-13. Μοντέλο Καταλόγου Ειδοποιήσεων (Alert Catalogue Model) (S-100 Ενότητα 9, 2018a)	173
Εικόνα 5-14. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων (FCB).....	175
Εικόνα 5-15. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής απόδοσης (PCB).....	176
Εικόνα 5-16. Διαδικασία Δημιουργίας DCEG.....	177
Εικόνα 5-17. Σύνδεση GI Register και DCEG Builder.....	177
Εικόνα 5-18. S-100 Symbol Editor από τον ΚΗΟΑ	178
Εικόνα 6-1. OpenNCS Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Υψηλού Επιπέδου	179
Εικόνα 6-2. Διαδικασία σύνθεσης HNX από Ανοιχτά Δεδομένα.....	180
Εικόνα 6-3. Πλακίδια ΨΜΕ και επιλογή πλακιδίων (κόκκινο περίγραμμα) για τα testbeds του συστήματος OpenNCS (πηγή EMODnet Bathymetry Portal).	182
Εικόνα 6-4. GEBCO Download Portal	183
Εικόνα 6-5. Παράδειγμα ερωτήματος στην υπηρεσία Overpass Turbo για πρόσβαση σε δεδομένα OSM.	186
Εικόνα 6-6. Παράδειγμα εξαγωγής δεδομένων OSM χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Overpass Turbo.....	186

Εικόνα 6-7. Χρονολόγιο ετικέτας <i>seamark</i> τύπου βράχου (αγγλ. rock). Πηγή υπηρεσία OSM πληροφοριών ετικετών (Taginfo).	188
Εικόνα 6-8. Τελεστές Γενίκευσης (Shea & McMaster, 1989).	191
Εικόνα 6-9. Αποτελέσματα από τη Μεθοδολογία Επιλογής Βυθομετρήσεων.	192
Εικόνα 6-10. Τυπική σειρά Ισοβαθών σύμφωνα με τη δημοσίευση S-4	194
Εικόνα 6-11. Διαδικασία δημιουργίας ισοβαθών στο QGIS. (α) Ισοβαθείς όπως παράγονται μέσω της επεξεργασίας DTM. (β) Απλοποίηση γραμμών με εξάλειψη πολύ μικρών δακτυλίων, (γ) Εξομάλυνση γραμμών.....	194
Εικόνα 6-12. Κατανομή ετικετών Seamark. Πηγή υπηρεσία OSM Taginfo	198
Εικόνα 6-13. Παράδειγμα ετικέτας φανού (IHO, 2021a).	199
Εικόνα 6-14. S-101 Σύμβολα Χαρτογραφικής απόδοσης που χρησιμοποιήθηκαν στο OpenNCS200	
Εικόνα 6-15. Εργαλείο οπτικοποίησης πηγών δεδομένων του Tegola Tileserver για το OSM OpenNCS testbed (zoom levels 5 & 10).....	203
Εικόνα 6-16. Testbeds με δεδομένα NOAA (ENC) και EMODnet & OpenStreetMap (OSM)....	204
Εικόνα 6-17. Testbed Οπτικοποίησης OpenNCS με δεδομένα OSM (περιοχή Νοτίου Αιγαίου). 205	
Εικόνα 6-18. Testbed Οπτικοποίησης OpenNCS με δεδομένα OSM (περιοχή Παροναξίας).....	206
Εικόνα 6-19. OpenNCS raster χάρτες με χρήση του συστήματος OpenCPN.....	207
Εικόνα 6-20. OpenNCS raster χάρτες με χρήση του συστήματος OpenCPN (λεπτομέρειες raster χάρτη).....	208
Εικόνα 6-21. OpenNCS raster χάρτης με χρήση του συστήματος OpenCPN (περιοχή Κέας).....	208
Εικόνα 6-22. Λεπτομερής Αρχιτεκτονική Συστήματος OpenNCS.....	209
Εικόνα 6-23. Διαδικασία σύνθεσης ναυτικών χαρτών συστήματος OpenNCS.....	210
Εικόνα 6-24. Επισκόπηση των δύο περιοχών μελέτης στο OpenStreetMap: Thunder Bay (αριστερά) και Ottawa River (δεξιά).....	211
Εικόνα 6-25. Ναυτικός χάρτης περιοχής Thunder Bay μέσω συστήματος OpenNCS (κλίμακα 1:80.000)	213
Εικόνα 6-26. Ναυτικός χάρτης περιοχής Ottawa River μέσω συστήματος OpenNCS (κλίμακα 1:40.000)	214
Εικόνα 6-27. Χαρτογραφική απόδοση των MPAs (α) της Αλοννήσου και (β) της Ζακύνθου με χρήση του συστήματος OpenNCS	215
Εικόνα 6-28. Χαρτογραφική απόδοση των ζωνών και των κανονισμών του Θαλάσσιου Πάρκου της Αλοννήσου με χρήση του συστήματος OpenNCS.....	216
Εικόνα 6-29. Χαρτογραφική απόδοση των ζωνών και των κανονισμών του Θαλάσσιου Πάρκου της Ζακύνθου με χρήση του συστήματος OpenNCS	217
Εικόνα 6-30. Screenshots από Mobile συσκευή με εφαρμογή τεχνολογίας React Native και διανυσματικά πλακίδια και styling από το OpenNCS	218
Εικόνα 7-1. Οι συνιστώσες της ανοιχτότητας (Coetzee et al., 2020).	220

Εικόνα 7-2. Πολυκριτηριακό πλαίσιο σχεδιασμού διαδρομής (Zhao et al., 2021).....	228
Εικόνα 7-3. Κανάλια επικοινωνίας μεταξύ ναυτιλιακών φορέων (Rødseth et al., 2020).....	235
Εικόνα 8-1. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Overview	239
Εικόνα 8-2. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) General.....	239
Εικόνα 8-3. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Coastal	240
Εικόνα 8-4. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Approach	240
Εικόνα 8-5. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Harbour	241
Εικόνα 8-6. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Berthing	241
Εικόνα 8-7. Περιοχές Βελτίωσης OpenNCS.....	252
Εικόνα 8-8. Πληρότητα δεδομένων OSM για το οδικό δίκτυο ανά χώρα το 2016 (Barrington-Leigh & Millard-Ball, 2017)	253
Εικόνα 8-9. Τομείς Θαλάσσιων Πληροφοριών (Marine Information Domains) (Contarinis et al., 2020)	257

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1. Αντιστοίχιση Επιπέδων Εστίασης, Κλιμάκων Χάρτη και Ζωνών Χρήσης του Συστήματος	17
Πίνακας 2-1. Προδιαγραφές Προϊόντων S-100 (έως το 2022).....	48
Πίνακας 3-1. Ενότητες S-100 (έκδοση 4.0.0, Δεκέμβριος 2018) (IHO, 2022).	61
Πίνακας 3-2. Στοιχεία Διαγραμμάτων Κλάσεων (IHO, 2022).	65
Πίνακας 3-3. Στοιχεία Πινάκων Κλάσεων (IHO, 2022).....	67
Πίνακας 3-4. Ορατότητα Ιδιοτήτων (IHO, 2022).....	69
Πίνακας 3-5. Στοιχεία Καταλόγου Οντοτήτων S-101 (IHO, 2018a).....	101
Πίνακας 3-6. Τύποι Απλών Ιδιοτήτων (IHO, 2018a).	104
Πίνακας 4-1. Στοιχεία Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).	113
Πίνακας 4-2. Επίπεδα Ομάδων Προβολών στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).	113
Πίνακας 4-3. Λειτουργίες Εμφάνισης στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).	115
Πίνακας 4-4. Επιλογές Χρήστη (Context Parameters) (IHO, 2020c).....	115
Πίνακας 4-5. Διαδικασίες συμβολισμού υπό όρους σύμφωνα με το S-52 (IHO, 2020c).....	133
Πίνακας 5-1. S-100 Επίπεδα Ετοιμότητας Προδιαγραφών Προϊόντων (IHO, 2020d).....	143
Πίνακας 5-2. Προδιαγραφές προϊόντος S-100 που καλύπτονται από την 1 ^η έκδοση του S-98 (IHO, 2022b)	156
Πίνακας 5-3. S-57 vs S-100 ECDIS (IHO, 2021a).....	169
Πίνακας 6-1. Παράδειγμα Αντικειμένου Seamark.	188
Πίνακας 6-2. Αντιστοίχιση Επιπέδων μεταβολής κλίμακας, Κλίμακας Χάρτη και Σκοπού Πλοήγησης ENC.....	196
Πίνακας 6-3. Οντότητες HNX σε NOAA ENC's vs OSM Seamarks vs OpenNCS	198
Πίνακας 6-4. Στατιστικά στοιχεία παραγωγής διανυσματικών πλακιδίων για τη Μεσόγειο (3 EMODnet tiles).....	202
Πίνακας 6-5. Σύνοψη Οντοτήτων που απεικονίζονται στους ναυτιλιακούς χάρτες και οπτικοποιήθηκαν με το OpenNCS.....	212
Πίνακας 8-1. Προτεραιότητες εφαρμογής S-100 για ENDS (Οδικός Χάρτης).....	255

Πίνακας Συντμήσεων και Ακρωνυμίων

HNX	- Ηλεκτρονικός Ναυτικός Χάρτης (αγγλ. Electronic Nautical Chart)
ΣΓΠ	- Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (αγγλ. Geographic Information System)
ΤΠΕ	- Τεχνολογίες Πληροφοριών & Επικοινωνιών (αγγλ. Information & Communication Technologies)
ΥΥΔ	- Υποδομή Υδροχωρικών Δεδομένων (αγγλ. Hydrospatial Data Infrastructure)
ΨΜΒ	- Ψηφιακό Μοντέλο Βυθού (αγγλ. Digital Bathymetric Model - DBM)
ΨΜΕ	- Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (αγγλ. Digital Terrain Model - DTM)
AI	- Artificial Intelligence (ελλ. Τεχνητή Νοημοσύνη)
AIS	- Automatic Identification System (ελλ. Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης)
AML	- Additional Military Layers (ελλ. Επιπρόσθετα Επίπεδα Στρατιωτικού Σκοπού)
API	- Application Programming Interface (ελλ. Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών)
BIMCO	- The Baltic and International Maritime Council
CEDD	- Committee on the Exchange of Digital Data (ελλ. Επιτροπή για την Ανταλλαγή Ψηφιακών Δεδομένων)
CHS	- Canadian Hydrographic Service (ελλ. Υδρογραφική Υπηρεσία του Καναδά)
CMDS	- Common Maritime Data Structure (ελλ. Κοινή Ναυτιλιακή Δομή Δεδομένων)
CRS	- Coordinate Reference System (ελλ. Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων)
CZCS	- Coastal Zone Color Scanner (ελλ. Σαρωτή Παράκτιας Ζώνης)
DCEG	- Data Classification and Encoding Guide (ελλ. Οδηγός Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων)
DL	- Deep Learning (ελλ. Βαθιά Μάθηση)
DMA	- Defense Mapping Agency (ελλ. Χαρτογραφική Υπηρεσία Στρατού ΗΠΑ)
ECDIS	- Electronic Chart Display and Information Systems (ελλ. Πληροφοριακό Σύστημα Απεικόνισης Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών)
ECS	- Electronic Chart System (ελλ. Σύστημα Ηλεκτρονικού Χάρτη)
EEDI	- Energy Efficiency Design Index (ελλ. Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης)
ENC	- Electronic Navigational Chart (ελλ. Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης)
ENCWG	- ENC Working Group (ελλ. Ομάδα Εργασίας Συντήρησης Προτύπων ENC)
ENDS	- Electronic Navigational Data Service (ελλ. Υπηρεσία Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης)
FCB	- Feature Catalogue Builder (ελλ. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων)
GDACC	- Global Data Assembly and Coordination Center (ελλ. Παγκόσμιο Κέντρο Συγκέντρωσης Δεδομένων και Συντονισμού)
GDAL	- Geospatial Data Abstraction Library (ελλ. Αφαιρετική Βιβλιοθήκη Γεωχωρικών Δεδομένων)
GEBCO	- General Bathymetric Chart of the Oceans (ελλ. Γενικό Βαθυμετρικό Διάγραμμα των Ωκεανών)
GFM	- General Feature Model (ελλ. Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων)
GML	- Geography Markup Language (ελλ. Γλώσσα Σήμανσης Γεωγραφίας)
GPS	- Global Positioning System (ελλ. Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης)

- HMI - Human-Machine Interface (ελλ. Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής)
- HO - Hydrographic Office (ελλ. Υδρογραφικό Γραφείο ή Υδρογραφική Υπηρεσία)
- HSSC - Hydrographic Services and Standards Committee (ελλ. Επιτροπή Υδρογραφικών Υπηρεσιών και Προτύπων)
- IALA - International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (ελλ. Διεθνής Ένωση Βοηθημάτων Ναυσιπλοΐας, Θαλάσσιας Σήμανσης και Αρχών Φάρων)
- IBC - International Bathymetric Chart (ελλ. Διεθνής Βαθυμετρικός Χάρτης)
- IBCM - International Bathymetric Chart of the Mediterranean (ελλ. Διεθνής Βαθυμετρικός Χάρτης της Μεσογείου)
- ICZM - Integrated Coastal Zone Management (ελλ. Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης)
- IEC - International Electrotechnical Commission (ελλ. Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή)
- IHO - International Hydrographic Organization (ελλ. Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός)
- INS - Integrated Navigational System (ελλ. Ολοκληρωμένο Σύστημα Πλοήγησης)
- IOC - Intergovernmental Oceanographic Commission (ελλ. Διακυβερνητική Ωκεανογραφική Επιτροπή)
- IoT - Internet of Things (ελλ. Διαδίκτυο των Πραγμάτων)
- IMO - International Maritime Organisation (ελλ. Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός)
- KHOA - Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (ελλ. Υδρογραφική και Ωκεανογραφική Υπηρεσία της Κορέας)
- MASS - Maritime Autonomous Surface Ships (ελλ. Αυτόνομα Πλοία)
- MCC - Maritime Connectivity Platform Consortium (ελλ. Κοινοπραξία Πλατφόρμας Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας)
- MCP - Maritime Connectivity Platform (ελλ. Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας)
- MIO - Marine Information Overlay (ελλ. Θεματικό Επίπεδο Θαλάσσιων Πληροφοριών)
- MIR - Maritime Identity Registry (ελλ. Μητρώο Ταυτοτήτων Ναυτιλίας)
- ML - Machine Learning (ελλ. Μηχανική Μάθηση)
- MMS - Maritime Messaging Registry (ελλ. Μητρώο Μηνυμάτων Ναυτιλίας)
- MPA - Marine Protected Area (ελλ. Θαλάσσια Προστατευμένη Περιοχή)
- MSC - Maritime Safety Committee (ελλ. Επιτροπή Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας)
- MSDI - Marine Spatial Data Infrastructure (ελλ. Υποδομή Θαλάσσιων Χωρικών Δεδομένων)
- MSP - Marine Spatial Planning (ελλ. Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός)
- MSR - Maritime Service Registry (ελλ. Μητρώο Υπηρεσιών Ναυτιλίας)
- NCEI - National Centers for Environmental Information (ελλ. Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης)
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
- OSGeo - Open Source Geospatial Foundation
- OSM – OpenStreetMap
- PCB - Portrayal Catalog Builder (ελλ. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης)
- RENC - Regional ENC Coordinating Centre (ελλ. Περιφερειακό Δίκτυο Διανομής ENC)
- RHC - Regional Hydrographic Center (ελλ. Περιφερειακό Υδρογραφικό Κέντρο)

- RNC - Raster Navigational Chart (Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης Ψηφιδωτής Μορφής)
- SCGN - Sub-Committee on Geographical Names (ελλ. Υποεπιτροπή Γεωγραφικών Ονομάτων)
- SCUFN - Sub-Committee on Undersea Features Names (ελλ. Υποεπιτροπή Ονομάτων Υποθαλάσσιων Οντοτήτων)
- SDB - Satellite-Derived Bathymetry (ελλ. Βαθυμετρία από Δορυφορικές Εικόνες)
- SENC - System Electronic Navigational Chart (ελλ. Βάση Δεδομένων Ηλεκτρονικού Ναυτιλιακού Χάρτη)
- SIP - Strategy Implementation Plan (ελλ. Σχέδιο Εφαρμογής Στρατηγικής)
- SOLAS - International Convention for the Safety of Life at Sea (ελλ. Διεθνής Συνθήκη για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα)
- SVG - Scalable Vector Graphics
- TIN - Triangular Irregular Network (ελλ. Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων)
- UKC - Under Keel Clearance (ελλ. Απόσταση της Καρίνας από τον Βυθό)
- UKHO - United Kingdom Hydrographic Office
- UNCLOS - United Nations Convention on the Law of the Sea (ελλ. Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας)
- VAR - Value-added Reseller (ελλ. Μεταπωλητής Προστιθέμενης Αξίας)
- VGI - Voluntary Geographic Information (ελλ. Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία)
- W3C - World Wide Web Consortium (ελλ. Κοινοπραξία του Παγκοσμίου Ιστού)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ερευνητικό Αντικείμενο

1.1.1. Ο Ναυτικός Χάρτης στην Ψηφιακή Εποχή

Ο ναυτικός χάρτης είναι μια γραφική αναπαράσταση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο για τους ναυτιλλόμενους, προκειμένου να πλοηγούνται με ασφάλεια στη θάλασσα. Αυτό ισχύει με δεδομένο ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ατυχημάτων στη θάλασσα και ιδιαίτερα στον παράκτιο χώρο, οφείλεται στη σύγκρουση σκαφών με βράχια ή άλλα σταθερά αντικείμενα (αγγλ. grounding) (Chan et al., 2016; USCG, 2019). Οι ναυτικοί χάρτες, διαφέρουν σημαντικά από τους τοπογραφικούς χάρτες. Η προφανής διαφορά αφορά στο στοιχείο που εστιάζουν, δηλαδή στις υδάτινες επιφάνειες έναντι της ξηράς. Οι ναυτικοί χάρτες αναπαριστούν λεπτομερώς τις περιοχές που καλύπτονται από νερό, ενώ οι τοπογραφικοί χάρτες απεικονίζουν τις υδάτινες επιφάνειες με πολύ μικρότερη λεπτομέρεια. Η παροχή βοήθειας για την πλοήγηση του πλοίου είναι ο κύριος σκοπός και το αισθητικό αποτέλεσμα, λόγω των αυστηρών προδιαγραφών που τον διέπουν, έχει δευτερεύοντα ρόλο.

Οι ναυτικοί χάρτες¹ είναι χάρτες ειδικού σκοπού ειδικά σχεδιασμένοι για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας, και αποτυπώνουν μεταξύ άλλων βάθη, τη μορφολογία του βυθού, τη μορφή και χαρακτηριστικά της ακτής, κινδύνους, διαδρομές, τα όρια δικαιοδοσίας των κρατών και τις θέσεις των ναυτιλιακών βοηθημάτων (π.χ. φώτα, σημαντήρες, φάροι και άλλα καταφανή σημεία) (IHO, 2018e). Πάνω απ' όλα, οι ναυτικοί χάρτες είναι ακριβής, καταρτίζονται συστηματικά και αποτελούν συνήθως μέρος μιας διασυνδεδεμένης σειράς χαρτών. Κατά την σχεδίαση πλου ή κατά την πλεύση οι ναυτιλλόμενοι μπορούν εύκολα να μεταβούν από τον ένα χάρτη στον επόμενο, προκειμένου να φτάσουν με ασφάλεια και αποτελεσματικά σε έναν προορισμό. Όπως διακρίνεται και στον ορισμό από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, οι σύγχρονοι ναυτικοί χάρτες δύνανται να είναι βάσεις δεδομένων που περιλαμβάνουν τα χαρτογραφικά αντικείμενα, καθώς και κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης αυτών, σε διάφορες κλίμακες.

Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκαν σημαντικές εξελίξεις στις επιστήμες και σε τεχνολογίες που έχουν σχέση με τη θάλασσα, και έχουν προκύψει μεγάλης κλίμακας, διεθνή και μακροπρόθεσμα επιστημονικά προγράμματα, τα οποία έχουν συνεισφέρει στην τεχνολογική εξέλιξη των μεθόδων και των τεχνικών της Υδρογραφίας και της Ναυτικής Χαρτογραφίας. Οι σύγχρονοι ναυτικοί χάρτες είναι μια σύνθεση των εξελίξεων αυτών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα δεδομένα της βαθυμετρίας που απεικονίζονται

¹ IMO SOLAS CHAPTER V/ REGULATION 2 (όπως τροποποιήθηκε τον Ιούλιο του 2002): «*Nautical chart or nautical publication is a special-purpose map or book, or a specially compiled database from which such a map or book is derived, that is issued officially by or on the authority of a Government, authorized Hydrographic Office or other relevant government institution and is designed to meet the requirements of marine navigation.*»

στους σύγχρονους χάρτες, τα οποία συλλέγονται από ηχοβολιστικά συστήματα πολλαπλής δέσμης και πλευρικής σάρωσης και παρέχουν μια ολοκληρωμένη σάρωση του βυθού της θάλασσας με αποτέλεσμα να καταγράφεται με ακρίβεια το ανάγλυφο του βυθού (IHO, 2019a).

Ταυτόχρονα, η εξέλιξη των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης και η εμφάνιση των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών στη δεκαετία του 1980 απέφερε την αυτοματοποίηση των διαδικασιών πλοήγησης, όπως ο εντοπισμός θέσης των πλοίων σε πραγματικό χρόνο. Σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς έντυπους χάρτες, οι ηλεκτρονικοί, ειδικά οι της διανυσματικής μορφής, παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα, καθώς, πέραν του ότι το πληροφοριακό τους περιεχόμενο ταυτίζεται με το αντίστοιχο των έντυπων χαρτών περιλαμβάνουν πρόσθετες πληροφορίες και από άλλες πηγές με δυνατότητα δυναμικής χαρτογραφικής απόδοσης πληροφοριών, όπως, η οπτική εμβέλεια των φανών και των φάρων, η θέση και η πορεία του πλοίου, κ.ά. Το πιο σημαντικό ίσως είναι πως επιτρέπουν την ενσωμάτωση αυτοματοποιημένων ενδείξεων και ενημερώσεων, ώστε να προειδοποιείται η γέφυρα του πλοίου σε περιπτώσεις επικείμενων 'χαρτογραφημένων' κινδύνων κατά την πλεύση.

Η υδρογραφία είναι η βασική επιστήμη πίσω από τους ναυτικούς χάρτες και η οποία θεωρείται πως παρέχει τη βάση για όλες τις δραστηριότητες που αφορούν τη θάλασσα. Τα μέλη του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (συντ. IHO) συνεργάζονται για να διασφαλίσουν ότι όλες οι θάλασσες, οι ωκεανοί και γενικότερα τα πλευσίμα ύδατα του κόσμου ερευνώνται και χαρτογραφούνται, υποστηρίζοντας έτσι όχι μόνο την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, αλλά και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ο IHO συντονίζει τις δραστηριότητες των εθνικών υδρογραφικών υπηρεσιών, θέτει πρότυπα για την προώθηση της ομοιομορφίας στους ναυτικούς χάρτες καθώς και σε λοιπές ναυτικές εκδόσεις, εκδίδει βέλτιστες πρακτικές και παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη μεγιστοποίηση της χρήσης των υδροχωρικών πληροφοριών.

1.1.2. Ναυτικοί Χάρτες και Συστήματα Πλοήγησης

Οι πληροφορίες που βοηθούν τον ναυτιλλόμενο στη θαλάσσια πλοήγηση δύνανται να χωρισθούν σε δύο γενικές κατηγορίες, τις (σχετικά) αμετάβλητες στον χρόνο ή στατικές και τις χρονικά μεταβαλλόμενες ή δυναμικές. Η πρώτη κατηγορία σχετίζεται με σημάνσεις στη θάλασσα (αγγλ. seamarks²) και καταφανή σημεία στη στεριά (αγγλ. landmarks) τα οποία είναι ορατά από τη γέφυρα του πλοίου και υποδεικνύουν κάποιο κίνδυνο ή κάποιο πέρασμα ή την πορεία ενός πλοίου σε διάυλο. Η δεύτερη κατηγορία αφορά κυρίως στα παραπλέοντα πλοία σε κίνηση κοντά στην πορεία του πλοίου με δεδομένα που παράγονται δυναμικά από τα όργανα υποβοήθησης πλοήγησης όπως το AIS (αγγλ. Automatic Identification System) ή το ραντάρ. Άλλες δυναμικές πληροφορίες που δύνανται να απεικονισθούν είναι οι παλίρροιες, τα ρεύματα, η ένταση του ανέμου, το ύψος των κυμάτων, κ.α. Ο ηλεκτρονικός χάρτης έχει δύο δυνατότητες προσανατολισμού είτε να είναι προσανατολισμένος με τον

² https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Seamarks/Seamark_Objects

Βορρά προς τα «επάνω» (αγγλ. «North Up») είτε ως προς την πορεία του πλοίου (αγγλ. «Course Up»). Οι έντυποι ναυτικοί χάρτες απεικονίζουν τις στατικές πληροφορίες και εκτυπώνονται πάντα με το Βορρά προς τα «επάνω» ενώ οι ηλεκτρονικοί χάρτες με πληροφορίες από το ραντάρ και το AIS έχουν συνήθως προσανατολισμό με την πορεία του σκάφους προς το επάνω μέρος της οθόνης και περιλαμβάνουν και τους δύο τύπους πληροφοριών. Αυτή η διαφορά μεταξύ των προσανατολισμών προϋποθέτει μεθόδους αντίληψης, τις οποίες ο ναυτιλλόμενος πρέπει να συνειδητοποιήσει για να θέσει τις πληροφορίες στο οπτικό πεδίο της γέφυρας, προκειμένου να λάβει μια απόφαση και να ενεργήσει με βάση την πορεία και την ταχύτητα του σκάφους (Morgere et al., 2014).

Τα πρώτα συστήματα πλοήγησης με χρήση κάποιας μορφής ηλεκτρονικού χάρτη εμφανίστηκαν στο εμπόριο στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών, λεγόμενων και «συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη» (αγγλ. electronic chart systems), ήταν η γραφική απεικόνιση του στίγματος που παρέχει ένα ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού θέσης στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη εμφάνιση του ναυτικού χάρτη της περιοχής. Με αυτό τον τρόπο ο ναυτιλλόμενος είχε συνεχή οπτικό έλεγχο της θέσης του πλοίου. Η λειτουργία ενός σύγχρονου συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη δύναται να βασίζεται σε μια βάση δεδομένων, η οποία αποτελείται από τα χαρτογραφικά αντικείμενα και τις ναυτιλιακές πληροφορίες που μπορούν να αναπαρασταθούν σε αυτό.

Η παραγωγή των πρώτων εμπορικών ηλεκτρονικών χαρτών γινόταν χωρίς επίσημες προδιαγραφές και κατά συνέπεια δεν περιείχαν όλα τα στοιχεία των εκδιδόμενων ναυτικών χαρτών από τις υδρογραφικές υπηρεσίες των διαφόρων χωρών. Τα ηλεκτρονικά συστήματα διευκόλυναν τον ναυτικό στη σχεδίαση και την εκτέλεση ενός ταξιδιού, όμως λόγω ελλειπών χαρτογραφικών στοιχείων οι ναυτιλλόμενοι δεν απαλλάσσονταν από τις παραδοσιακές μεθόδους πλου. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη καθιέρωσης ηλεκτρονικών χαρτών που θα πληρούσαν όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές και πρότυπα για έναν ασφαλή πλου. Το 1995, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (αγγλ. International Maritime Organisation - IMO) αναγνώρισε τον ηλεκτρονικό χάρτη ως επίσημο ναυτιλιακό βοήθημα (IMO, 1995).

1.1.3. Ερευνητικά Ερωτήματα και Αντικείμενο Διατριβής

Όσοι χρήστες αναζητούν πληροφορίες και υπηρεσίες πλοήγησης στη στεριά δύναται να τις βρουν εύκολα και από πληθώρα ελεύθερων πηγών του διαδικτύου καθώς και σε εφαρμογές για έξυπνες συσκευές. Αντίθετα, η πρόσβαση σε (ανοιχτά) δεδομένα και υπηρεσίες ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (συντ. ENC) από μη εξειδικευμένους χρήστες της ναυτιλίας δεν είναι το ίδιο δεδομένη για το μεγαλύτερο μέρος των θαλασσών της Γης (εξαιρουμένου των ακτών των ΗΠΑ, όπου τα δεδομένα ENC του υδρογραφικού οργανισμού των ΗΠΑ (NOAA) είναι ελεύθερα διαθέσιμα στο διαδίκτυο³).

³ <https://www.charts.noaa.gov/>

Οι επίσημοι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες σχεδιάζονται από τις εθνικές υδρογραφικές υπηρεσίες των διαφόρων χωρών, εμπεριέχουν κωδικοποιημένες πληροφορίες με προτυποποιημένες μεθόδους και δύνανται να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά από εξειδικευμένους χρήστες. Οι χάρτες αυτοί δεν είναι ελεύθερα διαθέσιμοι, αλλά συντίθενται από τις υδρογραφικές υπηρεσίες των κρατών μελών του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (αγγλ. International Hydrographic Organisation – IHO) και διατίθενται σε ναυτιλιακούς οργανισμούς μέσω δύο περιφερειακών δικτύων διανομής (αγγλ. Regional ENC Coordinating Centers, συντ. RENCs) (Hecht, 2000).

Αντίθετα, οι διαθέσιμοι ελεύθερα ανεπίσημοι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες στο διαδίκτυο (π.χ. [openseamap⁴](https://www.openseamap.org/)) δεν ακολουθούν κανόνες τυποποίησης των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών, καθώς επίσης και οι διάφοροι πάροχοι ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (π.χ. [navionics⁵](https://www.navionics.com/)) ακολουθούν συνήθως διαφορετικό (αγγλ. proprietary) συμβολισμό (αγγλ. symbolization) και τρόπο χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. styling). Με βάση τα ανωτέρω, τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθεται στο πλαίσιο της διατριβής είναι:

A) αν μπορεί να γίνει σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών με χρήση λογισμικού ανοιχτού κώδικα,

B) ποιες είναι οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιηθούν για τη σύνθεση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών,

Γ) αν γίνεται να αποδοθούν χαρτογραφικά βάσει των προδιαγραφών των επίσημων HNX, δηλαδή με εύληπτο και τυποποιημένο τρόπο,

Δ) αν υφίστανται διαθέσιμες μέσω ανοιχτών δεδομένων υδροχωρικές πληροφορίες που να είναι επαρκείς και κατάλληλες για τη σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (συντ. ENC),

E) αν οι παραγόμενοι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες μπορούν να αποτελέσουν συμπληρωματικό υπόβαθρο των επίσημων ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών και για ποιες δυναμικές χρήσεις και

ΣΤ) κάτω από ποιες προϋποθέσεις δύνανται να γίνουν ευρύτερα διαθέσιμοι, όπως οι επίσημοι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες.

Με το νέα σειρά προτύπων υδροχωρικών δεδομένων S-100, η κωδικοποίηση της χαρτογραφικής απόδοσης των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών είναι πλέον διαθέσιμη μέσω καταλόγων χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων (αγγλ. portrayal catalogues) που διατίθεται ελεύθερα, σε αντίθεση με το παλαιότερο καθεστώς (πρότυπο S-57), όπου η χρήση συμβόλων και κανόνων χαρτογραφικής απόδοσης προϋπέθετε την αγορά σχετικών βιβλιοθηκών. Επιπρόσθετα με την πάροδο του χρόνου συλλέγονται και διατίθενται ως ανοιχτά δεδομένα σημαντικές πληροφορίες αναφορικά με τη βαθυμετρία και τα σημεία

⁴ <https://map.openseamap.org/>

⁵ <https://webapp.navionics.com>

ναυτιλιακού-πλοηγικού ενδιαφέροντος στο θαλάσσιο χώρο, όπως τα ψηφιακά μοντέλα βυθού EMODnet⁶ και GEBCO⁷ καθώς και τα αντικείμενα θαλάσσιων σημάνσεων του OpenStreetMap (αγγλ. OSM Seamarks). Με συνδυασμό των δύο παραπάνω παραγόντων, δύνανται να δημιουργηθούν και να διατεθούν ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες για χρήση από απλούς χρήστες σε διαθέσιμα μέσα, όπως προγράμματα περιήγησης διαδικτύου (αγγλ. web browser) και mobile εφαρμογές με ανοιχτό χαρτογραφικό υπόβαθρο με βάση τις προδιαγραφές των επίσημων HNX (IHO, 2021a).

Σκοπός της διατριβής είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός συστήματος και μιας μεθοδολογίας σύνθεσης ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών με χρήση ανοιχτού λογισμικού καθώς και η εφαρμογή ανοιχτών προτύπων του IHO και των ερευνητικών προτάσεων αιχμής με βάση τις αρχές της Ανοιχτής Επιστήμης από ανοιχτά δεδομένα. Το προτεινόμενο «σύστημα» και η «μεθοδολογία» δύνανται από προϋποθέσεις να αξιοποιηθούν και για την παραγωγή επίσημων ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών από δεδομένα τα οποία πληρούν τις σχετικές προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού. Οι παραγόμενοι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες δύνανται επίσης να αποτελέσουν συμπληρωματικό υπόβαθρο των επίσημων ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών για σχεδίαση πλου (αγγλ. route planning), παρακολούθηση πλου (αγγλ. route monitoring) και παροχή προηγμένων ναυτιλιακών υπηρεσιών, όπως δήλωση διαδρομής σε αρχές, real-time παρακολούθηση πλου από τρίτους, αναπροσαρμογή σχεδιασμού εν πλω, λήψη μηνυμάτων ασφάλειας από λιμεναρχείο ή τρίτους, ως υπηρεσίες δεδομένων ηλεκτρονικής πλοήγησης που εξετάζονται στην επόμενη ενότητα.

1.2. Υφιστάμενη Κατάσταση & Προκλήσεις Ανάπτυξης Υδροχωρικών Προϊόντων και Υπηρεσιών

1.2.1. Σύνταξη Ναυτικών Χαρτών

Η βασική λειτουργία ενός ναυτικού χάρτη είναι ως βοήθημα για την πλοήγηση των πλοίων και η αισθητική του χάρτη, λόγω των αυστηρών προδιαγραφών που έχουν τεθεί, έχει δευτερεύοντα ρόλο, σε σχέση με τους τοπογραφικούς χάρτες. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η ακρίβεια της θέσης και του βάθους των χαρτογραφικών αντικειμένων, καθώς σε αντίθεση με τα αντικείμενα στη στεριά που δύνανται να μετρηθούν με λεπτομέρεια και να επαληθευτούν σχετικά εύκολα με οπτική παρατήρηση, η θάλασσα είναι ένα δυναμικό περιβάλλον με διαρκείς μεταβολές. Σημεία αναφοράς είναι δύσκολο να τεθούν, καθώς τα βάθη αλλά και το σχήμα μιας ακτογραμμής μπορούν να αλλάξουν με τη μεταβολή της παλίρροιας. Επίσης, τα υποβρύχια χαρακτηριστικά δεν μπορούν εύκολα να ερευνηθούν και η τηλεπισκόπηση είναι σε κάποιες περιπτώσεις ο μόνος δυνατός τρόπος ανίχνευσης σε περιοχές με μικρό βάθος.

⁶ <https://emodnet.ec.europa.eu/>

⁷ <https://www.gebco.net/>

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές τηλεπισκόπησης υπόκεινται, με τη σειρά τους, σε σφάλματα μέτρησης, αφού το μέσο μέσω του οποίου ταξιδεύει το φως δεν είναι ομοιόμορφο, καθώς η αλατότητα, η θερμοκρασία και η πυκνότητα του νερού αλλάζουν συνεχώς (NOAA, 2020). Τα ναυάγια και οι υποβρύχιοι αμμόλοφοι μπορούν να μετατοπιστούν από ισχυρά ρεύματα και τα πλωτά ναύδετα με έντονες καιρικές συνθήκες να περιστρέφονται γύρω από την άγκυρά τους. Είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί ένας (στατικός) ναυτικός χάρτης, ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη όλες αυτές τις δυναμικές. Ταυτόχρονα, ο ναυτιλλόμενος δεν έχει άλλη επιλογή από το να εμπιστευτεί τις πληροφορίες του χάρτη, καθώς τα περισσότερα από τα αναπαριστώμενα αντικείμενα βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού και πέρα από την περιοχή της οπτικής επαλήθευσης.

Από τη βιβλιογραφία αναφέρεται πως η γενίκευση οντοτήτων κατά τη σύνθεση ναυτικών χαρτών είναι το αποτέλεσμα συν-αξιολόγησης και συμβιβασμού μεταξύ τεσσάρων βασικών απαιτήσεων που είναι η διασφάλιση της ασφάλειας, της τοπολογίας, της αναγνωσιμότητας και της μορφολογίας. Οι απαιτήσεις τέθηκαν αρχικά για τη γενίκευση χαρτογραφικών αντικειμένων γενικότερα (Ruas A & Plazanet C, 1997) και στη συνέχεια ειδικότερα για τη γενίκευση των ισοβαθών γραμμών (Zhang & Guilbert, 2011). Στην περίπτωση της διατριβής, σχολιάζεται στο τελευταίο κεφάλαιο, πως, με προεξέχουσα την απαίτηση για ασφάλεια, ισχύουν και για τη βασική σύνθεση των χαρτογραφικών αντικειμένων των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών που παράγονται από δευτερογενή (ανοιχτά) δεδομένα, όπως είναι τα ψηφιακά μοντέλα βυθού καθώς και οι θαλάσσιες σημάνσεις.

Εστιάζοντας στις τέσσερις βασικές απαιτήσεις, η διασφάλιση της ασφάλειας σε κάθε σημείο στη θάλασσα σημαίνει πως το υποδεικνυόμενο βάθος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το βάθος που μετρήθηκε αρχικά σε αυτή τη θέση, ώστε ένα πλοίο να μην προσαράξει ποτέ εξαιτίας ενός ελαττωματικού χάρτη. Επίσης, η τοπολογία των αντικειμένων που αναπαρίστανται πρέπει να είναι σωστή, δηλαδή οι ισοβαθείς και οι θαλάσσιες σημάνσεις να μην ακουμπούν ή τέμνονται. Επιπρόσθετα, η υπερβολική απόδοση πληροφοριών τείνει να επιβραδύνει τη διαδικασία ανάγνωσης του ναυτικού χάρτη από τον ναυτιλλόμενο, και επομένως μόνο οι βασικές πληροφορίες θα πρέπει να απεικονίζονται σε μια μορφή που να είναι κατανοητή με σαφήνεια και αποτελεσματικότητα. Τέλος, ο ναυτικός χάρτης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικός και ακριβής, δηλαδή το ανάγλυφο του βυθού να είναι αντιληπτό και να είναι εύληπτα και κατανοητά τα σύμβολα ναυτιλιακών κινδύνων, όπως βράχοι, ύφαλοι, γλώσσες κ.ά.

1.2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες (αγγλ. electronic nautical charts, συντ. HNX) διακρίνονται σε επίσημους και ανεπίσημους. Επίσημοι χάρτες είναι μόνο εκείνοι που εκδίδονται από, ή με εξουσιοδότηση, κρατικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας (ΥΥ) ή από άλλο αρμόδιο κρατικό φορέα και έχουν σχεδιαστεί για να πληρούν τις απαιτήσεις της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας. Οι ανεπίσημοι χάρτες παράγονται από ιδιωτικές εταιρείες και μπορεί να μην πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές που εφαρμόζονται από τις ΥΥ για την ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων, σύμφωνα με τα πρότυπα του IHO και τους κανονισμούς τους IMO. Με τον ειδικό όρο Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης (αγγλ. Electronic Navigational Chart, συντ.

ENC) ορίζονται οι επίσημοι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες. Ο Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης έχει καταστεί ισοδύναμος του έντυπου ναυτικού χάρτη με σχετική έγκριση από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO, 2006). Επιπρόσθετα οι απαιτήσεις για ειδικότερη πληροφόρηση οδήγησαν στη δημιουργία και νέας γενιάς χαρτογραφικών προϊόντων.

Ο ηλεκτρονικός ναυτικός χάρτης επιφέρει τη μετάβαση από τον παραδοσιακό έντυπο ναυτικό χάρτη σε ένα ψηφιακό περιβάλλον με νέες δυνατότητες και προκλήσεις. Αντί να προβάλλεται σε ένα χαρτί, ο ηλεκτρονικός χάρτης εμφανίζεται σε μια οθόνη ηλεκτρονικής συσκευής, όπως είναι ο υπολογιστής γέφυρας, το κινητό τηλέφωνο ή το tablet του Πλοηγού. Παρέχει πολλαπλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους έντυπους ναυτικούς χάρτες, όπως η δυνατότητα ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο, η εύκολη προσαρμογή σε διάφορες κλίμακες, η δυνατότητα εμφάνισης πολλαπλών επιπέδων πληροφορίας και η δυνατότητα ενσωμάτωσης επιπρόσθετων δεδομένων όπως πληροφορίες για τον καιρό, πληροφορίες ναυσιπλοΐας, πληροφορίες της παράκτιας υποδομής και άλλα. Ωστόσο, οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες επιφέρουν νέες προκλήσεις όπως την εξάρτηση από την τεχνολογία, την ανάγκη για ενημέρωση και συντήρηση του υλικού και του λογισμικού, καθώς και την πιθανότητα απώλειας ή διακοπής της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η οθόνη της ηλεκτρονικής συσκευής μπορεί να είναι περιορισμένη σε μέγεθος και ανάλυση, επηρεάζοντας την αναγνωσιμότητα και την ακρίβεια των πληροφοριών.

Από την άλλη, οι βαθυμετρικοί χάρτες (αγγλ. bathymetric maps) παράγονται από ψηφιακά δεδομένα βυθομετρήσεων ή δημιουργούνται από δεδομένα συστημάτων σάρωσης πολλαπλής δέσμης και πλευρικής σάρωσης, που επιτρέπουν την απόδοση του ανάγλυφου του βυθού μέσω ποικίλων μπλε αποχρώσεων και ισοβαθών (IHO, 2023). Είναι ψηφιδωτοί χάρτες που δημοσιεύονται με τη μορφή ατλάντων και απεικονίζουν τις μεγάλες γεωμορφολογικές δομές. Αυτοί οι χάρτες δεν έχουν ως αντικείμενο μόνο την ασφάλεια της πλοήγησης, αλλά τη γνώση του περιβάλλοντος που απαιτείται για υποβρύχια πλοήγηση, ωκεανογραφική έρευνα, καθώς και βιομηχανικές εφαρμογές, όπως ποντίσεις καλωδίων, εξόρυξη υδρογονανθράκων, εκμετάλλευση υπεδάφους του βυθού, κ.ά. (IHO, 2011).

1.2.3. Ηλεκτρονική Ναυτιλία - Πρότυπο S-100

Η πρόοδος της ναυτικής χαρτογραφίας, με την ευρεία παραγωγή ENC, έδωσε μεγάλη ώθηση στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής ναυτιλίας. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός συστήνει να χρησιμοποιηθούν ENC επί όλων των εμπορικών σκαφών. Επίσης, στη Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS), που είναι το διεθνές κανονιστικό πλαίσιο, αναγνωρίζεται η σημασία της χρήσης των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών, καθώς σύμφωνα με αυτή, όλα τα πλοία πρέπει να έχουν ναυτικούς χάρτες και ναυτικές εκδόσεις για να σχεδιάζουν και να εμφανίζουν τη διαδρομή του πλοίου για το επιδιωκόμενο ταξίδι, καθώς και να παρακολουθούν τις θέσεις του πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού. Η παραγωγή ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (ENC) και η χρήση τους από τα εμπορικά πλοία έχει αναπτύξει μια νέα δυναμική διάσταση στη ναυτιλία, καθώς έχει βελτιώσει σημαντικά την ασφάλεια των πλοίων και των επιβατών. Οι ηλεκτρονικοί χάρτες δύνανται να παρέχουν ακριβή πληροφορία για τη θέση του πλοίου, τις περιοχές κινδύνου και τις προβλεπόμενες καιρικές συνθήκες.

Το Γενικευμένο Υδρογραφικό Μοντέλο Δεδομένων (αγγλ. *Universal Hydrographic Data Model*) S-100 αποτελεί τη νεότερη γενιά προτύπων για τη μοντελοποίηση δεδομένων⁸ θαλάσσιων γεωγραφικών πληροφοριών που αναπτύχθηκε από το Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (IHO). Το S-100 αντιμετωπίζει τους περιορισμούς του προτύπου S-57 (Alexander et al., 2007; IHO, 2000) και παρέχει ένα ενοποιημένο θεωρητικό πλαίσιο εφαρμογής για μοντελοποίηση, κωδικοποίηση, οπτικοποίηση, ανταλλαγή υδροχωρικών πληροφοριών, καθώς και παραγωγή και διάθεση προϊόντων και υπηρεσιών υδροχωρικών δεδομένων. Το πρότυπο S-100 πρώτο-κυκλοφόρησε στην έκδοση 1.0.0 τον Ιανουάριο του 2010 και σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα υδροχωρικών δεδομένων, προϊόντων και τελικών χρηστών. Είναι πλήρως συμβατό με τα διεθνή χωρικά πρότυπα, ειδικά με τη σειρά γεωχωρικών προτύπων ISO 19100 και επιτρέπει την ευκολότερη ενσωμάτωση υδρογραφικών δεδομένων και εφαρμογών σε γεωχωρικές λύσεις. Παρόλο που το πρότυπο S-100 έχει ενημερωθεί πέντε φορές από το 2010 (η 5^η το 2022), εξακολουθούν να υπάρχουν θέματα, τα οποία χρήζουν αντιμετώπισης. Οι προδιαγραφές των περισσότερων προϊόντων και υπηρεσιών δεδομένων βασισμένων στο S-100 βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης ή/και δοκιμών (IHO, 2020b).

Μέχρι το 2015, οι ομάδες εργασίας του IHO και οι ερευνητές επικεντρώθηκαν κυρίως στη θεωρητική εξέλιξη του προτύπου S-100, όπως στις βασικές έννοιες, στη σύνθεσή του, τη συγκριτική ανάλυση με το υφιστάμενο πρότυπο ENC S-57 και την εισαγωγή των νέων προδιαγραφών προϊόντων. Στη συνέχεια, δόθηκε έμφαση στην εφαρμοσμένη έρευνα του S-100, όπως την ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού, νέων προϊόντων και υπηρεσιών πλοήγησης, την οπτικοποίηση δεδομένων και τη συσχέτιση με την ηλεκτρονική πλοήγηση και τις ναυτιλιακές υπηρεσίες του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (Weintrit & Zalewski, 2020). Αυτό σημαίνει ότι το πρότυπο S-100 μεταβαίνει σταδιακά από τη θεωρία στην πράξη και βρίσκεται σε μια διαδικασία εξέλιξης, από τη εννοιολογική θεώρηση και τον σχεδιασμό, στην εφαρμογή, τη βελτιστοποίηση και την καινοτομία.

1.2.4. Υπηρεσίες Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης

Τα τελευταία χρόνια αυξάνονται διαρκώς οι επιχειρήσεις διαχείρισης κρίσεων στον θαλάσσιο χώρο, όπως οι Επιχειρήσεις Έρευνας & Διάσωσης (αγγλ. Search & Rescue Operations) για τα ναυτικά ατυχήματα. Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των περιστατικών αυτών χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων και τα συστήματα ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών ECS και ECDIS. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας των επιχειρήσεων είναι η άμεση πρόσβαση σε όσο το δυνατόν πιο ακριβή δεδομένα για τις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή του περιστατικού. Η δυνατότητα της νέας σειράς προτύπων ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών S-100 για την υποστήριξη πολλαπλών επιπέδων θαλάσσιων πληροφοριών (αγγλ. Marine Information Overlays, συντ. MIOs), εμπλουτίζει το

⁸ Με τον όρο μοντελοποίηση δεδομένων (αγγλ.: data modeling), καλείται η διαδικασία περιγραφής και αναπαράστασης όλων των εννοιών που απαντώνται εντός ενός πεδίου εφαρμογής με ένα μοντέλο δεδομένων. Λόγω του ότι τα δεδομένα από μόνα τους δεν επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων, επιτάσσεται η διαδικασία της αναγνώρισης προτύπων, ώστε να εξαχθεί η πληροφορία.

περιεχόμενο ενός ηλεκτρονικού ναυτιλιακού χάρτη, καθώς είναι δυνατόν να απεικονίζονται τόσο στατικές όσο και δυναμικές πληροφορίες, όπως παλίρροιες, ρεύματα, επικρατούσες καιρικές συνθήκες, κινήσεις των παραπλεόντων πλοίων, κλπ. Νέες εφαρμογές που κάνουν χρήση δεδομένων της σειράς προτύπων S-100 είναι προ των πυλών, με στόχο να πραγματώσουν τη στρατηγική του IMO για την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα (e-Navigation), δηλαδή τη διαδραστική συνεργασία μεταξύ των σταθμών συντονισμού στη στεριά και των πλοίων εν πλω, με αυτοματοποιημένη μετάδοση και χαρτογραφική απόδοση δεδομένων στα συστήματα ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών, για την επίσπευση λήψης αποφάσεων (Contarinis & Nakos, 2018).

Εκτός από τις πληροφορίες των ναυτικών χαρτών, τα ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης συνήθως περιέχουν περισσότερες πληροφορίες. Με αυτή τη λογική, ο όρος «πλοήγηση» δύναται να μην περιγράφει επαρκώς όλα τα είδη πληροφοριών, που προέρχονται από τις διάφορες πηγές και μπορούν να συμπεριληφθούν στο ηλεκτρονικό σύστημα πλοήγησης. Η στρατηγική ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας (αγγλ. e-Navigation⁹) του IMO πραγματεύεται την εναρμονισμένη συλλογή, ολοκλήρωση, ανταλλαγή, παρουσίαση και ανάλυση όλων των σχετικών θαλάσσιων πληροφοριών επί του πλοίου χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρονικό χάρτη ως βασική τεχνολογία (IMO, 2008).

Το 2009, ο IMO δημιούργησε μια Ομάδα Επαφής (αγγλ. Correspondence Group) με καθοδήγηση από τη Νορβηγική Αρχή Διαχείρισης Παράκτιων Περιοχών (αγγλ. Norwegian Coastal Administration), προκειμένου να συμβουλευεί τις διάφορες επιτροπές του IMO στην ανάπτυξη του στρατηγικού σχεδίου εφαρμογής της πρωτοβουλίας e-Navigation. Αντικείμενο στο έργο της Ομάδας Επαφής ήταν η εξέταση κατάλληλων δομών δεδομένων, και στην έκθεσή της που δημοσιεύτηκε στις αρχές του 2011 αποφανθεί ότι η υποδομή και το μητρώο υδροχωρικών πληροφοριών S-100 θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως βασικός οδηγός κατά τον σχεδιασμό της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας (Ward & Greenslade, 2011). Σε αυτό το πλαίσιο, το S-100 ξεκίνησε εφεξής να διαδραματίζει βασικό ρόλο στην οργάνωση της υδρογραφίας και άλλων θαλάσσιων κλάδων.

Πιο πρόσφατα, η Επιτροπή Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (αγγλ. Maritime Safety Committee, συντ. MSC) του IMO, κατά την 101η σύνοδό στις 14 Ιουνίου 2019, ενέκρινε ψήφισμα (MSC.467) σχετικά με τις οδηγίες για τον ορισμό και την εναρμόνιση της μορφής και της δομής των ναυτιλιακών υπηρεσιών στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής πλοήγησης (IMO, 2019b). Συμφωνήθηκε να ενοποιηθούν οι περιγραφές των θαλάσσιων υπηρεσιών και να εξεταστούν μαζί με όλους τους εμπλεκόμενους διεθνείς οργανισμούς και τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη, προκειμένου να εναρμονιστεί η παροχή και ανταλλαγή θαλάσσιων πληροφοριών και δεδομένων. Παράλληλα, η επιτροπή ενέκρινε τις αρχικές περιγραφές των θαλάσσιων υπηρεσιών στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής πλοήγησης (IMO MSC.1 / Circ.1610), η οποία

⁹ Η ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα ορίζεται ως η «εναρμονισμένη συλλογή, ενσωμάτωση, ανταλλαγή, παρουσίαση και ανάλυση θαλάσσιων πληροφοριών επί του σκάφους και στην ξηρά με ηλεκτρονικά μέσα για την ενίσχυση της πλοήγησης από αγκυροβόλιο σε αγκυροβόλιο και σχετικών υπηρεσιών για την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος».

είχε προετοιμαστεί από την υποεπιτροπή πλοήγησης, επικοινωνιών, έρευνας και διάσωσης, κατά την έκτη συνεδρία της (IMO, 2019a). Οι πληροφορίες που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο περιλαμβάνουν περιγραφές δύο επιλεγμένων παραδειγμάτων θαλάσσιων υπηρεσιών (της πλοήγησης και της ρυμούλκησης), με μια αρχική συμβολή στην εναρμόνιση των μορφών και των δομών των πληροφοριών τους. Οι περιγραφές των θαλάσσιων υπηρεσιών αναμένεται να επικαιροποιούνται περιοδικά, λαμβάνοντας υπόψη τις εξελίξεις και τις σχετικές εργασίες από τη συνεργασία των διεθνών φορέων για την εναρμόνιση τους (USCG, 2019; Weintrit & Zalewski, 2020).

Η παρούσα κατάσταση στη διεθνή ναυτιλία χαρακτηρίζεται από ταχεία τεχνολογική ανάπτυξη, η οποία επηρεάζει τις βασικές έννοιες της λειτουργίας του πλοίου και ακόμη και την αλλαγή παραδοσιακών πρακτικών ελέγχου των πλοίων. Η ιδέα της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας που αναπτύχθηκε από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και τη Διεθνή Ένωση Βοηθημάτων Ναυσιπλοΐας, Θαλάσσιας Σήμανσης και Αρχών Φάρων (αγγλ. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, συντ. IALA) επικεντρώνεται στην καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη υποστήριξη των σχετικών λειτουργιών. Ωστόσο, οι σύγχρονες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (συντ. ΤΠΕ) όχι μόνο αποτελούν τον πυρήνα της εφαρμογής της στρατηγικής ηλεκτρονικής πλοήγησης, αλλά παρέχουν τα θεμέλια για την αυτοματοποίηση των σχετικών συστημάτων. Η προοδευτική ψηφιοποίηση (αγγλ. digitalization) οδηγεί την περαιτέρω εφαρμογή ολοκληρωμένων και αυτοματοποιημένων συστημάτων για την πλοήγηση ακόμη και μεγάλων πλοίων (Baldauf et al., 2018).

1.2.5. Αυτοματοποίηση λειτουργιών και διαδικασιών

Η πλειονότητα των ατυχημάτων στον τομέα της ναυτιλίας οφείλεται σε ανθρώπινα λάθη (Dominguez-Péry et al., 2021). Ως ένα από τα μέτρα μείωσης των θαλάσσιων ατυχημάτων από ανθρώπινα λάθη προτάθηκε η εφαρμογή της έννοιας της ηλεκτρονικής πλοήγησης σύμφωνα με το σχέδιο εφαρμογής της στρατηγικής (αγγλ. Strategy Implementation Plan, συντ. SIP) του IMO (Jonas & Oltmann, 2013). Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, η εισαγωγή ηλεκτρονικών μέσων, συμπεριλαμβανομένων των τελευταίας τεχνολογίας ΤΠΕ, είναι το κλειδί για την υποστήριξη των πλοηγών καθώς και των ομάδων υποστήριξης στην ξηρά. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι περίπου το 50% των ατυχημάτων που συμβαίνουν στη θάλασσα οφείλονται σε προκλήσεις πλοήγησης, διαφαίνεται πως είναι απαραίτητη η συστηματική διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας.

Από την άλλη πλευρά, οι σύγχρονες λειτουργίες των πλοίων βασίζονται σε μικρό αριθμό πληρωμάτων, των οποίων οι ευθύνες για ασφαλή και αποτελεσματική πλοήγηση είναι όλο και υψηλότερες. Χωρίς επιχειρησιακή υποστήριξη από την ακτή και χρησιμοποιώντας αξιόπιστο τεχνολογικό σύστημα, θα ήταν δύσκολο να μειωθούν τα θαλάσσια ατυχήματα. Η ηλεκτρονική πλοήγηση παρέχει μεγάλες δυνατότητες για τον μετριασμό συμβάντων όπως, συγκρούσεις με άλλα πλοία ή υποθαλάσσιους κινδύνους, πετρελαιοκηλίδες και πειρατεία. Επίσης, επιτρέπει τη χρήση νέων και υπαρχουσών τεχνολογιών οι οποίες είναι αποδεκτές για τα επιθυμητά πρότυπα λειτουργίας.

Οι πολλαπλές δυνατότητες των τεχνολογιών ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας σε συνδυασμό με την αναζήτηση πιο οικονομικών λύσεων από τις ναυτιλιακές εταιρείες αναδεικνύουν την

αυτόνομη πλοήγηση και τη μη-επανδρωμένη ναυσιπλοΐα ως τις πλέον σημαντικές εξελίξεις για το επόμενο διάστημα. Λαμβάνοντας αυτό ως δεδομένο, δεν σημαίνει ότι όλα τα πλοία θα γίνουν αμέσως αυτόνομα και θα κυκλοφορούν μη επανδρωμένα. Το πιο πιθανό είναι πως θα υπάρξει μια μεταβατική περίοδος, λογικά όχι σύντομη, κατά την οποία τα επανδρωμένα πλοία θα πλέουν μαζί με μη επανδρωμένα που θα είναι είτε αυτόνομα είτε κατευθυνόμενα από κέντρο επιχειρήσεων. Σε κάθε περίπτωση τα σενάρια μεικτής κυκλοφορίας φαίνεται να είναι ιδιαίτερα δύσκολα από την άποψη της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της πλοήγησης των πλοίων (Formela et al., 2019).

1.2.6. Ανοιχτές Πηγές Δεδομένων

- Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία

Η απαρχή του 21ου αιώνα έφερε την άνοδο των Υποδομών Γεωχωρικών Δεδομένων (αγγλ. Spatial Data Infrastructures - SDIs) καθώς και έργων πληθοπορισμού (αγγλ. crowdsourced) συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών. Λίγο μετά την ανάπτυξη των πρώτων SDIs, μια σειρά σημαντικών τεχνολογικών εξελίξεων, όπως το Web 2.0, ο πολλαπλασιασμός κινητών συσκευών με δυνατότητα προσδιορισμού θέσης, η ανοιχτή πρόσβαση σε δορυφορικές εικόνες και οι διαδικτυακοί χάρτες, επέτρεψαν στους πολίτες να γίνουν βασικοί παίκτες στο πλαίσιο της παραγωγής και της ανταλλαγής γεωχωρικών πληροφοριών (Foody et al., 2017). Αυτό το φαινόμενο είναι παραδοσιακά γνωστό ως εθελοντική γεωγραφική πληροφορία (αγγλ. Volunteered Geographic Information - VGI) (Goodchild, 2007), αν και ένα πλήθος παρόμοιων όρων επινοήθηκε στη βιβλιογραφία που καταγράφεται συνολικά από τη γενική έννοια του πληθοπορισμού της γεωγραφικής πληροφορίας (See et al., 2016). Ο αριθμός τέτοιων πρωτοβουλιών αυξάνεται συνεχώς χάρη στις αναδυόμενες τεχνολογίες, καλύπτει μεγάλο αριθμό εφαρμογών, επιστημονικών κλάδων, κοινοτήτων και εργαλείων, με έναν τεράστιο όγκο βιβλιογραφίας να έχει ήδη παραχθεί.

Η εθελοντική γεωγραφική πληροφορία εξελίχθηκε σε μια σημαντική πηγή γεωπληροφοριών και περιγράφει τη συνεργατική και εθελοντική συλλογή χωρικών δεδομένων (Goetz & Zipf, 2013). Οι χρήστες δύνανται να συμμετέχουν σε εθελοντικές κοινότητες και μοιράζονται τα δεδομένα τους με άλλα μέλη της κοινότητας χωρίς χρέωση. Τα δεδομένα βασίζονται σε προσωπικές μετρήσεις ή προσωπικές γνώσεις, καθώς και σε επεξεργασία από διαθέσιμες εναέριες εικόνες που δύνανται να παρέχονται ελεύθερα από διάφορους φορείς (π.χ. European Copernicus Sentinel¹⁰). Αρχικά, η συλλογή πληροφοριών αφορούσε δεδομένα δύο διαστάσεων, αλλά σήμερα όλο και περισσότεροι χρήστες συμβάλλουν με τρισδιάστατα - 3D δεδομένα, που συμπεριλαμβάνουν πληροφορίες ύψους και βάθους. Κάνοντας χρήση ανάλογων δεδομένων είναι δυνατή η δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους καθώς και βυθού.

¹⁰ <https://www.copernicus.eu/en>

- **OpenStreetMap**

Η πιο δημοφιλής υποδομή μεταξύ ανάλογων πρωτοβουλιών είναι το OpenStreetMap (OSM), μια διανυσματική βάση δεδομένων πολλαπλών πηγών γεωχωρικών αντικειμένων σε παγκόσμιο επίπεδο και διαθέσιμη υπό την άδεια ανοιχτής πρόσβασης Open Database (ODbL) (Mooney & Minghini, 2017). Το OSM έχει προσελκύσει συνεισφορές δεδομένων από εκατομμύρια χρήστες χάρη στην απλότητα του μοντέλου δεδομένων του, το οποίο βασίζεται σε μόνο τρεις τύπους αντικειμένων¹¹ που συμπληρώνονται από μια λίστα οποιουδήποτε αριθμού ζευγών κλειδιού-τιμής (αγγλ. key-value pairs¹²). Αυτό καθιστά εξαιρετικά εύκολη την αναζήτηση, την πρόσβαση και τη χρήση δεδομένων OSM από κοινό λογισμικό GIS, καθώς και τη δημιουργία εφαρμογών. Υπάρχει σημαντική έρευνα σχετικά με την ποιότητα των VGI, και ειδικότερα του OSM (Senaratne, 2017), που επιβεβαιώνει πως παρά τη μη επαγγελματική φύση των συντελεστών και την πιθανή έλλειψη μεταδεδομένων ποιότητας, τα γεωχωρικά δεδομένα μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μια έγκυρη εναλλακτική λύση, ως συμπλήρωμα ή ενημέρωση σε κυβερνητικές και ιδιωτικές πηγές δεδομένων. Ο πληθοπορισμός γεωγραφικών πληροφοριών αποτελεί μια ισχυρή διασταύρωση με την Επιστήμη των Πολιτών (αγγλ. Citizen Science - CS), έναν όρο που περιγράφει τη συμμετοχή των πολιτών σε επιστημονικές δραστηριότητες (Irwin, 1995).

- **Δεδομένα από πλατφόρμες παρατήρησης της Γης**

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει μακρά παράδοση στην παροχή πρωτογενών δεδομένων παρατήρησης για την υποστήριξη πολλών γεωχωρικών εφαρμογών. Σε έναν τομέα που χαρακτηρίζεται από την παρουσία σημαντικών τεχνολογικών οργανισμών και φορέων (Kotsev et al., 2020), έχουν προκύψει εξελίξεις που φέρνουν επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο παρατηρούμε το περιβάλλον μας. Μεταξύ αυτών (i) οι μικροί δορυφόροι, (ii) τα χαμηλού κόστους μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (αγγλ. Unmanned Aerial Vehicles - UAVs) και (iii) οι αποστολές Copernicus Sentinel, διαδραματίζουν εξέχοντα ρόλο. Τα προϊόντα δεδομένων Copernicus παρέχονται εξ ορισμού δωρεάν και μέσω ανοικτής άδειας¹³. Σε αυτή τη λογική, η βαθυμετρία από δορυφορικές εικόνες (αγγλ. Satellite-Derived Bathymetry, συντ. SDB) έχει σημαντικές δυνατότητες να βελτιώσει τις γνώσεις και τα δεδομένα για τις παράκτιες περιοχές της Γης. Ωστόσο, η SDB εξακολουθεί να έχει περιορισμούς όταν εφαρμόζεται σε θολές, αλλά οπτικά ρηχές περιοχές, οι οποίες καλύπτουν συγκριτικά μεγάλες περιοχές της παράκτιας ζώνης (Caballero & Stumpf, 2020).

- **Υποδομές Θαλάσσιων Χωρικών Ανοιχτών Δεδομένων**

Οι θαλάσσιες χωρικές «ανοιχτές» υποδομές δεδομένων (αγγλ. Marine Spatial Data Infrastructures - MSDIs) παρέχουν σημαντική οικονομική και κοινωνική δυναμική για τα παράκτια κράτη και η υλοποίησή τους είναι σε συνάρτηση με την εξέλιξη του μοντέλου

¹¹ <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>

¹² <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tags>

¹³ https://sentinel.esa.int/documents/247904/690755/Sentinel_Data_Legal_Notice

δεδομένων του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) S-100 για τη διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας του θαλάσσιου τομέα, καθώς και τις βέλτιστες πρακτικές του World Wide Web Consortium (συντ. W3C) για τη δημοσίευση χωρικών δεδομένων στο διαδίκτυο (Contarinis et al., 2020). Η πρόσφατη ευρωπαϊκή οδηγία για τα ανοιχτά δεδομένα και η επαναχρησιμοποίηση πληροφοριών του δημόσιου τομέα, γνωστή ως “Open Data Directive” αποτελεί βασικό μοχλό για την καθιέρωση «ανοικτών» MSDI μεταξύ άλλων υποδομών χωρικών δεδομένων.

Τα MSDIs δύνανται να διευκολύνουν τη συνεχή καταγραφή δεδομένων φυσικών φαινομένων και ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές με χωροχρονική διάσταση, την ανάλυση των δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης των θαλάσσιων διαδικασιών σχεδιασμού και διαχείρισης θαλάσσιων δραστηριοτήτων. Επίσης, οι υποδομές δεδομένων δύνανται να διαδραματίσουν βασικό ρόλο κατά τον ψηφιακό μετασχηματισμό των κρατών για την αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων και την παροχή θαλάσσιων υπηρεσιών στους ενδιαφερόμενους φορείς. Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω MSDI μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία της θαλάσσιας κυκλοφορίας, εξερεύνηση και εκμετάλλευση θαλάσσιων πόρων, θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό (αγγλ. Marine Spatial Planning, συντ. MSP), ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιων ζωνών (αγγλ. Integrated Coastal Zone Management, συντ. ICZM), προστασία του περιβάλλοντος, ασφάλεια στη θάλασσα και άλλες δραστηριότητες.

1.2.7. Νέες Αρχιτεκτονικές Εφαρμογών

Η εμφάνιση νέων τεχνολογιών, εναλλακτικών πηγών δεδομένων και αυξημένης ζήτησης χρηστών οδήγησε στη δημιουργία νέων αρχιτεκτονικών που παρέχουν ευέλικτες και επεκτάσιμες λύσεις για πρόσβαση και χρήση των δεδομένων. Για παράδειγμα, η άνοδος του Διαδικτύου των Πραγμάτων (αγγλ. Internet of Things, συντ. IoT), ακόμη και αν είναι κατακερματισμένη από άποψη υποδομών, συμβάλλει σε τεράστιο όγκο χωρικών-χρονικών δεδομένων.

- Χαρτογραφία Διαδικτύου με Διανυσματικά Πλακίδια (Web Mapping Vector Tiles)

Η ανάπτυξη της Χαρτογραφίας Διαδικτύου συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη του Διαδικτύου ως μέσου επικοινωνίας. Οι υπηρεσίες χαρτογράφησης διαδικτύου, όπως οι χάρτες της Google που παρουσιάστηκαν το 2005, έχουν αλλάξει την εμπειρία χαρτογράφησης στον παγκόσμιο ιστό (Steiniger et al., 2012). Οι εφαρμογές διαδικτύου έχουν σημειώσει σημαντικές αλλαγές από τότε, αν και η τεχνολογία χαρτών πλακιδίων εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε σχεδόν ίδια μορφή. Διάφοροι μορφότυποι πλακιδίων έχουν διερευνηθεί για τη δημιουργία πλακιδίων δυναμικά, για την αλλαγή του μεγέθους και της ανάλυσής τους, ωστόσο, οι μέθοδοι δεν έχουν δει σημαντικές αλλαγές από τότε.

Οι σημερινές απαιτήσεις των χρηστών είναι πολύ διαφορετικές από τις απαιτήσεις των προηγούμενων ετών. Οι πρόσφατες εξελίξεις σε εφαρμογές χαρτών διαδικτύου έχουν επηρεάσει ευρέως τον τρόπο απόδοσης των χαρτογραφικών υποβάθρων. Τα πλακίδια raster θεωρούνται επί του παρόντος ως τακτική λύση, ενώ η χρήση διανυσματικών πλακιδίων

γίνεται ολοένα και πιο διαδεδομένη. Η ιδέα πίσω από τα πλακίδια raster βασίζεται στην προπαραγωγή ενός πρωτότυπου συνόλου δεδομένων που περιλαμβάνει προσαρμοσμένο συμβολισμό και στυλ. Όλα τα πλακίδια παράγονται σύμφωνα με ένα τυποποιημένο σχήμα. Αυτή η μέθοδος έχει μειονεκτήματα όπως εάν απαιτείται οποιαδήποτε αλλαγή στο σύνολο δεδομένων, πρέπει να επαναληφθεί ολόκληρη η διαδικασία δημιουργίας πλακιδίων. Οι χρήστες σήμερα, απαιτούν χάρτες με δυναμικές, ρευστές, γρήγορες και διαδραστικές ιδιότητες (Netek et al., 2020).

Ως καλύτερη μέθοδος διαφαίνεται να είναι τα διανυσματικά πλακίδια (αγγλ. vector tiles), τα οποία εξακολουθούν να χρησιμοποιούν την αρχή του διαχωρισμού των χαρτών σε τετράγωνα, αλλά, αντί για εικόνες φορτώνονται διανυσματικά αντικείμενα. Μόνο η διανυσματική γεωμετρία αποθηκεύεται στο διακομιστή, ενώ ο συμβολισμός, η απόδοση και ο καθορισμός των επιπέδων μεγέθυνσης/σμίκρυνσης εκτελούνται από την πλευρά του χρήστη. Αυτή η μέθοδος απλοποιεί την αλλαγή συμβολισμού ή τοπολογίας. Χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες και scripts της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript τα αντικείμενα σε έναν χάρτη δύνανται πλέον να αναγνωρισθούν, να τροποποιηθούν οι ιδιότητές τους και να αλλάξει δυναμικά ο συμβολισμός τους.

Κατά τη δημιουργία χαρτών Διαδικτύου, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του διαδικτυακού περιβάλλοντος. Οι χάρτες Διαδικτύου αποτελούν ένα μέσο ολοκλήρωσης δεδομένων, διανομής και οπτικοποίησης με δυνατότητα ενσωμάτωσης πληροφοριών από διαφορετικά συστήματα και με ποικίλους τρόπους. Η ενσωμάτωση χωρικών δεδομένων από διάφορες πηγές επιτρέπει τη σύνδεση χώρου και χρόνου κατά τη διάρκεια της γεωχωρικής εξερεύνησης καθώς και της λήψης αποφάσεων.

- Διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API)

Οι διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API) παρέχουν τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργούν εύκολα προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Τα API καταφέρνουν να κρύψουν την πολυπλοκότητα των υποδομών και να προσφέρουν ένα σύνολο καλά καθορισμένων και τεκμηριωμένων μεθόδων για τη χρήση και την επεξεργασία δεδομένων σε διάφορα πεδία. Τα APIs σε παραδοσιακά SDI (π.χ. WMS, WFS, WCS και SOS) υποστηρίζονται από πλήθος εφαρμογών και παρέχουν τυποποιημένη πρόσβαση σε γεωχωρικά δεδομένα.

Τα σύγχρονα διαδικτυακά API προχωρούν ένα βήμα παραπέρα (Kotsev et al., 2020) καθώς:

- (i) παρέχουν μια απλή προσέγγιση στις λειτουργίες επεξεργασίας δεδομένων και διαχείρισης,
- (ii) προσφέρουν διαφορετικές κωδικοποιήσεις δεδομένων,
- (iii) μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε διαφορετικά εργαλεία και
- (iv) μπορούν να διευκολύνουν την ανακάλυψη δεδομένων μέσω μηχανών αναζήτησης.

Η υιοθέτηση αρχιτεκτονικών RESTful¹⁴ απλοποιεί την πρόσβαση στη λειτουργικότητα που προσφέρουν τα API, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τη χρήση του εύρους ζώνης (αγγλ. bandwidth). Δύο πρόσφατες εξελίξεις από το Open Geospatial Consortium (OGC), δηλαδή το “OGC API Features¹⁵” και το “SensorThings API¹⁶” παρέχουν τυποποιημένα API για τη διασφάλιση σύγχρονης πρόσβασης σε χωρικά δεδομένα και δεδομένα παρατήρησης. Τέλος, η συχνά χρησιμοποιούμενη προδιαγραφή OpenAPI¹⁷ επιτρέπει την τεκμηρίωση API με ανεξάρτητο, φορητό και ανοιχτό τρόπο, αλλά επίσης ενσωματώνει πλήρως έναν εργαλείο δοκιμών κατά την τεκμηρίωση του API.

1.3. Ερευνητικοί Στόχοι & Μεθοδολογία

1.3.1. Ερευνητικοί Στόχοι Διατριβής

Έχοντας υπόψη τα ανωτέρω, οι επιμέρους στόχοι της διατριβής είναι:

1. Μελέτη και αξιοποίηση των προτύπων μεταφοράς και χαρτογραφικής απόδοσης υδρογραφικών δεδομένων και παροχής υπηρεσιών δεδομένων ηλεκτρονικής πλοήγησης (S-57, S-52, S-1xx).

2. Μελέτη και αξιοποίηση συναφών ανοιχτών προσεγγίσεων (π.χ. OpenCPN, χαρτογραφική απόδοση HNX σε QGIS, MapServer WMS βασισμένων σε ENC datasets) και νέων τεχνολογικών προσεγγίσεων web mapping (π.χ. GeoPackage, vector tiles, serverless αρχιτεκτονικές, 3D βαθυμετρικές απεικονίσεις).

3. Σχεδιασμός και ανάπτυξη online συστήματος (ονομαζόμενο ως Open Nautical Charts System – OpenNCS) για παροχή υποβάθρου ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών από ανοιχτά δεδομένα με χρήση του προτύπου OGC GeoPackage ως βάση δεδομένων και χαρτογραφική απόδοση βάσει του ανοιχτού προτύπου mapbox styles με εφαρμογή των προδιαγραφών του προτύπου S-101 (portrayal catalogue).

Μέσω της θεωρητικής μελέτης του S-100, γίνεται κατανόηση της βασικής ιδέας για τη σύνθεση και λειτουργία του μοντέλου δεδομένων. Η «Γλώσσα Εννοιολογικού Σχήματος» (αγγλ. *Concept Schema Language*) και το «Γενικό Μοντέλο Αντικειμένων» (αγγλ. *General Feature Model*), παρέχουν μια ενοποιημένη γλώσσα και κανόνες για την ανάγνωση του μοντέλου δεδομένων, τη χρήση του S-100 και την ανάπτυξη προδιαγραφών προϊόντων δεδομένων συμβατών με το πρότυπο. Το «Γεωμετρικό Σχήμα» (αγγλ. *Geometry Schema*) παρέχει μια τυπική δομή χωρικών δεδομένων, η οποία αποτελεί σημαντική βάση για να διασφαλιστεί ότι οι ναυτιλιακοί χάρτες μπορούν να αναλυθούν χωρικά χρησιμοποιώντας εργαλεία GIS.

¹⁴ <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/RESTful-API>

¹⁵ <https://www.opengeospatial.org/standards/ogcapi-features>

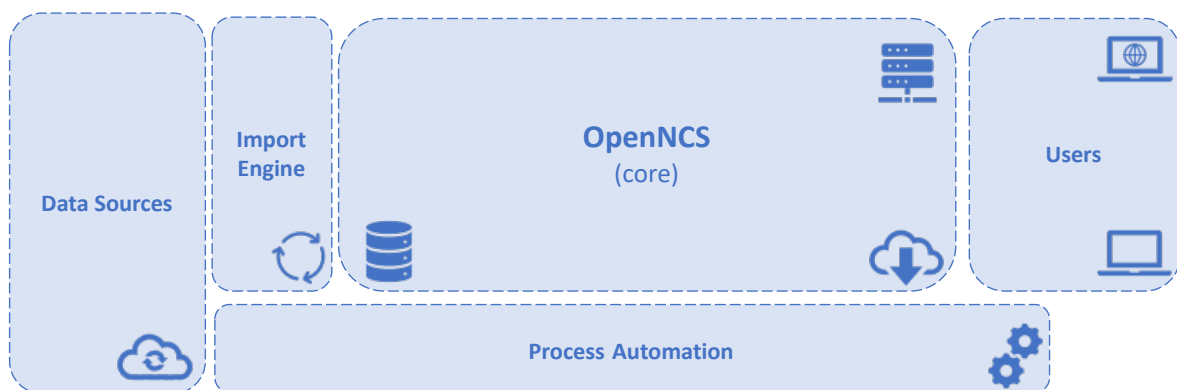
¹⁶ <https://www.opengeospatial.org/standards/sensorthings>

¹⁷ <https://swagger.io/specification/>

Τα περισσότερα μέρη του S-100 έχουν αναπτυχθεί με αναφορά σε αντίστοιχα πρότυπα της σειράς γεωγραφικών πληροφοριών ISO 19100 και μπορούν να θεωρηθούν ως προφίλ των προτύπων αυτών. Με αυτή τη λογική, τα δεδομένα S-100 έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των τυπικών γεωγραφικών πληροφοριών, που παρέχουν τις βασικές προϋποθέσεις για την ανταλλαγή και τη διαλειτουργικότητα των θαλάσσιων καθώς και άλλων αναγκαίων πληροφοριών, τη σύνθεση και επεξεργασία ετερογενών δεδομένων πολλαπλών πηγών με σκοπό την παροχή μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας πλοήγησης.

- Αρχιτεκτονική του Συστήματος

Στο ακόλουθο σχήμα (**Εικόνα 1-1**) αποτυπώνεται ένα υψηλού επιπέδου (αγγλ. high level) αρχιτεκτονικό διάγραμμα των επιμέρους συστατικών (αγγλ. components) του συστήματος που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διατριβής:



Εικόνα 1-1. Λογικό Διάγραμμα του Συστήματος OpenNCS

Το σύστημα αποτελείται ουσιαστικά από 5 λογικά μέρη:

- Τις πηγές δεδομένων (αγγλ. data sources) που δύνανται να περιλαμβάνουν το ψηφιακό μοντέλο βυθού EMODnet, αντικείμενα θαλάσσιας σήμανσης από το OSM, ελεύθερα διαθέσιμα ENC datasets (π.χ. από NOAA) και παράκτια βαθυμετρία προερχόμενη από επεξεργασία δορυφορικών εικόνων.

- Τη μηχανή εισαγωγής δεδομένων (αγγλ. import engine), η οποία περιλαμβάνει εργαλεία και κώδικα (αγγλ. scripts) για τη μετατροπή των δεδομένων σε κοινό μορφότυπο GeoPackage και εισαγωγή τους στη βάση δεδομένων.

- Τον πυρήνα του συστήματος, ο οποίος αποτελείται από τη βάση δεδομένων που περιλαμβάνει πολλά επιμέρους αρχεία GeoPackages, το διακομιστή παραγωγής διανυσματικών πλακιδίων (αγγλ. Tileserver) με χρήση του ανοιχτού λογισμικού tegral και τον Webserver για τη φιλοξενία (αγγλ. hosting) του βασικού λογισμικού του συστήματος

- Την αυτοματοποίηση διεργασιών, που αποτελείται από εργαλεία γεωεπεξεργασίας και scripts που αυτοματοποιούν την εισαγωγή δεδομένων, τη διαδικασία μετατροπής και τις υπηρεσίες παροχής δεδομένων του συστήματος.

- Το μέσο διεπαφής με τον χρήστη, που αφορά τις συσκευές των χρηστών και δύναται να είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου (αγγλ. web browser) σε ένα προσωπικό υπολογιστή ή tablet καθώς και έξυπνες κινητές συσκευές.

Το σύστημα λειτουργεί με τις αρχές των χαρτογραφικών εφαρμογών διαδικτύου και δύναται να απεικονίζει χάρτες πέρα των έξι (6) ζωνών χρήσης που προβλέπονται από τα πρότυπα S-57 και S-101, με χάρτες μικρότερης και μεγαλύτερης κλίμακας από τις προβλεπόμενες όπως απεικονίζονται στον **Πίνακα 1-1**:

Zoom Level	Chart Scale	ENC Scale
0	1:591.657.527	
1	1:295.828.763	
2	1:147.914.381	
3	1:73.957.191	
4	1:36.978.595	
5	1:18.489.297	
6	1:9.244.649	
7	1:4.622.324	Overview
8	1:2.311.162	
9	1:1.155.581	General
10	1:577.791	
11	1:288.895	Coastal
12	1:144.448	
13	1:72.224	Approach
14	1:36.112	
15	1:18.056	Harbour
16	1:9.028	
17	1:4.514	Berthing
18	1:2.257	
19	1:1.128	
20	1:564	
21	1:282	
22	1:141	
23	1:71	

Πίνακας 1-1. Αντιστοίχιση Επιπέδων Εστίασης, Κλιμάκων Χάρτη και Ζωνών Χρήσης του Συστήματος

1.3.2. Μεθοδολογία Ερευνητικής Δραστηριότητας

Η προσέγγιση της ερευνητικής δραστηριότητας βασίζεται στην πολυετή παρακολούθηση από το συγγραφέα θεμάτων που σχετίζονται με την ηλεκτρονική ναυτική χαρτογραφία και ιδιαίτερα την τυποποίηση των παρεχόμενων δεδομένων και υπηρεσιών. Κατά την πρώτη φάση της διατριβής χρησιμοποιήθηκε μια μεγάλη ποικιλία πηγών συμπεριλαμβανομένων ανοιχτών αποθετηρίων λογισμικού (π.χ. GitHub), προδιαγραφών προτύπων υδρογραφίας του IHO και επεξεργασίας γεωχωρικών δεδομένων του OGC, καθώς και συναφούς ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας. Δεδομένης της ευρύτητας του θέματος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η διατριβή δεν αφορά ένα παραδοσιακό ερευνητικό αντικείμενο με την εφαρμογή μιας σαφούς μεθοδολογίας που αποφέρει κάποια αποτελέσματα, αλλά είναι μια

ερευνητική εργασία που εξετάζει ένα πλήθος αλληλεξαρτώμενων θεμάτων που κυμαίνονται από διαδικασίες υδρογραφίας έως state of the art χαρτογραφικές εφαρμογές.

Η διεξαγόμενη έρευνα ακολούθησε τα εξής στάδια:

- οριοθέτηση του ερευνητικού προβλήματος,
- ανασκόπηση ερευνητικής βιβλιογραφίας,
- αναγνώριση των σχετικών επιτροπών και ομάδων εργασίας των αρμόδιων διεθνών οργανισμών (IHO, IMO, OGC, W3C),
- τακτική παρακολούθηση ως παρατηρητής των δραστηριοτήτων των σχετικών ομάδων εργασίας, κυρίως του IHO, όπως των TSMAD/S100WG, S101PT, DQWG, NIPWG, MSDIWG, WENDWG, καθώς και του OGC όπως των OGC API SWGs και του Marine DWG,
- εκτεταμένη ανασκόπηση των εκθέσεων των ανωτέρω ομάδων εργασίας και των αρμόδιων επιτροπών (όπως της HSSC του IHO),
- συμμετοχή ως μέλος στις συνεδριάσεις του Maritime Connectivity Platform (MCP) Consortium (MCC¹⁸),
- ανασκόπηση σχετικών έργων ανάπτυξης εφαρμογών και βιβλιοθηκών ανοιχτού κώδικα (OpenCPN¹⁹, SMAC-M²⁰, κ.ά.),
- εξέταση τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα (mapserver, gdal, mapbox gl, tegola, κ.ά.),
- σχεδιασμό των συστατικών του συστήματος OpenNCS,
- πειραματική ανάπτυξη του συστήματος και των προηγμένων υπηρεσιών (χαρτογραφικό υπόβαθρο HNX, εύρεση βέλτιστης διαδρομής, παρακολούθηση πλου, ενημερώσεις ασφάλειας, κ.ά.),
- εξαγωγή συμπερασμάτων από την πειραματική ανάπτυξη και διερεύνηση δράσεων για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη του συστήματος.

1.4. Δομή Διατριβής

Στο πλαίσιο της διατριβής δόθηκε στον συγγραφέα, αφενός η δυνατότητα για κατανόηση από θεωρητική σκοπιά της σειράς προτύπων S-100 του IHO, αφετέρου ο πειραματισμός με πρακτικά ζητήματα όπου αναδεικνύονται πρακτικές εφαρμογές γύρω από την ηλεκτρονική ναυτική χαρτογραφία καθώς και περιοχές περαιτέρω έρευνας αναφορικά με την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα (e-Navigation). Ακολουθεί η περιγραφή της δομής των κεφαλαίων της διατριβής.

¹⁸ <https://maritimeconnectivity.net>

¹⁹ <https://opencpn.org>

²⁰ <https://github.com/LarsSchy/SMAC-M>

Το **1^ο κεφάλαιο** είναι εισαγωγικό, γίνεται αναφορά στο ερευνητικό αντικείμενο, περιγραφή της υφιστάμενη κατάστασης καθώς και των προκλήσεων για την ανάπτυξη υδροχωρικών προϊόντων και υπηρεσιών, των στόχων και της μεθοδολογίας της ερευνητικής δραστηριότητας, και κλείνει με την παρουσίαση της δομής της διατριβής.

Στο **2^ο κεφάλαιο** γίνεται μια εισαγωγή στον ηλεκτρονικό ναυτιλιακό χάρτη μέσα από τις διαδικασίες και τα πρότυπα για την υδρογραφία, που αφορά τη συλλογή δεδομένων, καθώς και των προτύπων ENC για την ανταλλαγή δεδομένων και των υπηρεσιών δεδομένων για την υπέρθεση πληροφοριών ηλεκτρονικής πλοήγησης.

Στο **3^ο κεφάλαιο** εξετάζεται αναλυτικά το πρότυπο S-100 με εστίαση στην ανάλυση του «Γενικού Μοντέλου Αντικειμένων» (αγγλ. General Feature Model), περιγραφή των βασικών UML κλάσεων (αγγλ. classes) και των πακέτων (αγγλ. packages) του προτύπου καθώς και ανάλυση της δομής και των στοιχείων του καταλόγου οντοτήτων (αγγλ. features catalogue) του προτύπου S-101.

Στο **4^ο κεφάλαιο** αναλύεται το πρότυπο S-52 για την χαρτογραφική απόδοση οντοτήτων (αγγλ. portrayal), συνδυαστικά με τις αντίστοιχες ενότητες (αγγλ. parts) του προτύπου S-100, καθώς και ανάλυση της δομής και των στοιχείων του καταλόγου χαρτογραφικής απόδοσης του προτύπου S-101 (αγγλ. portrayal catalogue). Συνδυαστικά, ο κατάλογος οντοτήτων και ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης παρέχουν μια νέα, επεκτάσιμη και ευέλικτη προσέγγιση για παραγωγή, ανάπτυξη, ανταλλαγή και εφαρμογή των δεδομένων των HNX.

Στο **5^ο κεφάλαιο** εξετάζονται θέματα προς διαμόρφωση και βελτιστοποίηση από τις Ομάδες Εργασίας του IHO για τη βέλτιστη εφαρμογή του προτύπου S-100, όπως common exchange datasets, compliance levels, technical readiness levels, θέματα διαλειτουργικότητας, validation checks, naming conventions, Dual Fuel ECDIS, catalogue builders, κ.ά.

Στο **6^ο κεφάλαιο** αναλύονται η μεθοδολογία σύνθεσης ENC και τα πέντε λογικά μέρη του συστήματος OpenNCS όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, με τεκμηρίωση των ανοιχτών πηγών δεδομένων και των τεχνολογιών που εφαρμόστηκαν για τη δημιουργία του χαρτογραφικού υποβάθρου HNX. Αναλύονται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του συστήματος με εφαρμογή συναρτήσεων βιβλιοθήκης GDAL για το μετασχηματισμό των πρωτογενών δεδομένων, του OGC προτύπου GeoPackage ως βάση δεδομένων, του tegola ως vector tile server, του ανοιχτού προτύπου mapbox styles για οπτικοποίηση και των προδιαγραφών χαρτογραφικής απόδοσης (portrayal catalogue) του προτύπου S-101. Γίνεται αναφορά στη γενίκευση των πρωτογενών δεδομένων EMODnet, την επιλογή δεδομένων OpenStreetMap, με αναφορά στο σχετικό μοντέλο δεδομένων, την ποιότητα των δεδομένων, τα S-101 αντικείμενα (αγγλ. features) θαλάσσιας σήμανσης και το API του OSM για την εξαγωγή δεδομένων. Επίσης γίνεται αναφορά σε τρεις περιπτώσεις πιλοτικής εφαρμογής του συστήματος.

Στο **7ο κεφάλαιο**, γίνεται συζήτηση για ερευνητικά θέματα υπηρεσιών δεδομένων ηλεκτρονικής πλοήγησης με αναφορά την ανοιχτή επιστήμη και ειδικότερα, τη λήψη

δεδομένων πραγματικού χρόνου (streaming data), εφαρμογές βελτιστοποίησης σχεδιασμού πλου (weather routing), θέματα ασφάλειας για τα αυτόνομα πλοία και Κυβερνοασφάλεια.

Στο τελευταίο **8ο κεφάλαιο**, συνοψίζονται τα συμπεράσματα της διατριβής για τις δυνατότητες ευρύτερης εφαρμογής του συστήματος OpenNCS, γίνεται αναφορά στις δυνητικές χρήσεις του συστήματος, αξιολόγηση της μεθοδολογίας, αναφορά στη συμβολή του προτύπου S-100 και των ανοιχτών δεδομένων στην διαμόρφωση της επόμενης γενιάς υποδομών υδροχωρικών δεδομένων (MSDIs), καθώς και συζήτηση σχετικά με τις προϋποθέσεις για την παραγωγή επίσημων ναυτιλιακών χαρτών, τις νέες προκλήσεις και τις προοπτικές για περαιτέρω έρευνα, με απώτερο στόχο τη δημιουργία αξίας από υδροχωρικά δεδομένα.

2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ & ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

2.1. Πλοήγηση και Ναυτική Χαρτογραφία στη Σύγχρονη Εποχή

Ο ναυτικός χάρτης είναι απαραίτητος στη ναυσιπλοΐα, κυρίως ως προς τις διαδικασίες που εφαρμόζονται για να σχεδιαστεί ο εκάστοτε πλους, καθώς και να πλοηγηθεί το πλοίο με ασφάλεια, και στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα, από ένα λιμάνι σ' ένα άλλο. Η σημαντική εξέλιξη της ναυτικής χαρτογραφίας κατά τον 20^ο αιώνα οφείλεται σε πολλούς παράγοντες και μεταξύ αυτών (Monmonier, 1987):

- Στις τεχνολογικές ανακαλύψεις συστημάτων συλλογής δεδομένων βαθυμετρίας που έγιναν αρχικά για την υποστήριξη των επιχειρήσεων στο πλαίσιο των δύο παγκόσμιων πολέμων και στη συνέχεια του ψυχρού πολέμου.
- Στη σταδιακή εξέλιξη των διαδικασιών και συστημάτων εντοπισμού θέσης.
- Στην προτυποποίηση των προδιαγραφών, αρχικά των έντυπων ναυτικών χαρτών και στη συνέχεια των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών, μέσα από τη συνεργασία των μελών του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού.
- Στην τεχνολογική εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων για την καταγραφή, επεξεργασία, ποιοτικό έλεγχο και χαρτογραφική απόδοση των υδροχωρικών δεδομένων.
- Στην άνθηση των γεωλογικών ερευνών για την κατανόηση της προέλευσης των ωκεανών, αλλά και την εκμετάλλευση του θαλάσσιου ορυκτού πλούτου, συνεπώς, στη συμβολή από την κοινότητα των επιστημών της Γης.

2.1.1. Πρώιμη Ηλεκτρονική Ναυτιλία και Υπερβολικά Συστήματα Ναυτιλίας

Όλες οι παρατηρήσεις στη θάλασσα εξαρτώνται από την ακριβή γνώση της θέσης. Οι πρώτες ουσιαστικά υδρογραφικές έρευνες, οι οποίες ξεκίνησαν στις αρχές του 17ου αιώνα, περιορίστηκαν σε ρηχά νερά κοντά στην ξηρά όπου τα πλοία μπορούσαν να κινηθούν χωρίς να προσαράξουν και η πλοήγηση βασίστηκε στην παρατήρηση γνωστών σημείων στην ακτή. Στην ανοικτή θάλασσα, η αστρονομική πλοήγηση για πολλά χρόνια ήταν η μόνη πηγή υπολογισμού θέσης, με θέσεις (στίγματα) από «αναμέτρηση» (αγγλ. *dead reckoning*²¹). Η ηλεκτρονική ναυτιλία σε μεσαίες αποστάσεις ακολούθησε με την ανάπτυξη του βρετανικού

²¹ Στίγμα από αναμέτρηση είναι η διαδικασία υπολογισμού της παρούσας θέσης με υποτύπωση επί του χάρτη της πορείας και της ταχύτητας που είχε το πλοίο σε ένα γνωστό σημείο και υπολογισμό των επόμενων σημείων από το γνωστό σημείο. Είναι ένα στίγμα κατά προσέγγιση διότι δεν επιτρέπει τον υπολογισμό της έκπτωσης από την πορεία, τα ρεύματα, τη μη σταθερή πορεία του πηδαλιούχου, το σφάλμα της πυξίδας και οποιεσδήποτε εξωτερικές επιδράσεις (Bowditch American Practical Navigator, σελ. 2)

Gee²² για τη καθοδήγηση αεροπορικών επιχειρήσεων κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Αργότερα, τα υπερβολικά συστήματα ναυτιλίας²³, όπως Decca και Logan-C, επέτρεψαν τον διαρκή υπολογισμό της θέσης χρησιμοποιώντας ειδικούς χάρτες με τυπωμένες τις υπερβολικές γραμμές θέσης που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές χρόνου (Bowditch, 1995). Το πρώτο παγκόσμιο σύστημα ήταν το Omega του Πολεμικού Ναυτικού των Η.Π.Α., το οποίο λειτούργησε από το 1968 έως το 1997, και πάλι με ειδικούς χάρτες ακρίβειας περίπου ενός ναυτικού μιλίου.

2.1.2. Δορυφορική Πλοήγηση

Μετά την εκτόξευση και θέση σε τροχιά του πρώτου δορυφόρου (Sputnik) το 1957²⁴, κατέστη σταδιακά δυνατή η πλοήγηση από δορυφόρους και κύρια ώθηση αποτέλεσε η ανάγκη για ακριβή πλοήγηση των υποβρυχίων. Το σύστημα Navsat του Πολεμικού Ναυτικού των Η.Π.Α. λειτούργησε μεταξύ 1967 και 1991. Χρησιμοποίησε πέντε δορυφόρους σε πολική τροχιά οι οποίοι μετρούσαν στίγματα με βάση το φαινόμενο Doppler, και επέτρεψαν τον προσδιορισμό της θέσης των πλοίων με σχετική αβεβαιότητα μεταξύ 100 και 400 μέτρων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. εκκίνησε τις διαδικασίες για την ανάπτυξη του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (αγγλ. Global Positioning System, συντ. GPS), το οποίο έγινε λειτουργικό στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Κατά την πρώτη περίοδο λειτουργίας, όταν υπήρχε οπτική παρατήρηση τεσσάρων ή περισσότερων δορυφόρων, οι θέσεις μπορούσαν να προσδιορισθούν με ακρίβεια της τάξης 100 μέτρων, ενώ από το 2000 η ακρίβεια βελτιώθηκε στα 5 μέτρα με την κατάργηση της επιλεκτικής διαθεσιμότητας²⁵ (αγγλ. Selective Availability). Το αντίστοιχο ρωσικό σύστημα, GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), αναπτύχθηκε βάσει ενός αρχικού σχεδιασμού του GPS καθώς και οι νέοι κινεζικοί και ευρωπαϊκοί δορυφόροι είναι σε τροχιά από τις αρχές του 21ου αιώνα.

²² Σύστημα Ραδιοναυτιλίας που χρησιμοποιήθηκε από τη Πολεμική Αεροπορία της Μεγάλης Βρετανίας κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Μετρούσε τη χρονική καθυστέρηση μεταξύ δύο ραδιοφωνικών σημάτων για να υπολογιστεί η διόρθωση, με ακρίβεια της τάξης μερικών εκατοντάδων μέτρων σε εμβέλεια έως περίπου 350 μίλια (560 km). [https://military-history.fandom.com/wiki/Gee_\(navigation\)](https://military-history.fandom.com/wiki/Gee_(navigation))

²³ Η υπερβολική ναυτιλία είναι μια κατηγορία συστημάτων ραδιοναυτιλίας στα οποία χρησιμοποιείται ένα όργανο δέκτη πλοήγησης για τον προσδιορισμό της θέσης με βάση τη διαφορά στο χρονισμό (φάση) των ραδιοκυμάτων που λαμβάνονται από πομπούς ραδιοφάρων ναυτιλίας. (Παλληκάρης, 2016)

²⁴ <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1957-001B>

²⁵ Η επιλεκτική διαθεσιμότητα (SA) αποτελεί τεχνική σκόπιμης υποβάθμισης της ακρίβειας του συστήματος GPS και επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: (α) με την μείωση της ακρίβειας των προβλεπόμενων τροχιακών στοιχείων που περιέχονται στο μήνυμα και (β) μέσω της αποκοπής σημαντικών ψηφίων και με την εισαγωγή θορύβου στο εκπεμπόμενο σήμα, ώστε να μειωθεί η ακρίβεια με την οποία γίνονται οι μετρήσεις πάνω σε αυτό (Παραδείσης 2006, 2).

2.1.3. Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση των ωκεανών (αγγλ. Marine Remote Sensing) ξεκίνησε ουσιαστικά το 1978 με την εκτόξευση του βραχύβιου Seasat²⁶, του πρώτου δορυφόρου για τη χρήση ενεργών και παθητικών αισθητήρων μικροκυμάτων για δυνατότητα καταγραφής παντός καιρού και το πρώτο με ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (αγγλ. Synthetic Aperture Radar - SAR²⁷). Σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα σαράντα δύο ωρών, με μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, συνέλεξε με επιτυχία δεδομένα σχετικά με ανέμους και θερμοκρασίες στην επιφάνεια της θάλασσας, υγρασία της ατμόσφαιρας, κάλυψη θαλάσσιου πάγου και ύψη κύματος. Το 1978²⁸ εκτοξεύθηκε επίσης, και ήταν σε τροχιά έως το 1994, το Nimbus 7 που έφερε Σαρωτή Παράκτιας Ζώνης²⁹ (αγγλ. Coastal Zone Color Scanner, συντ. CZCS), τον πρώτο ραδιομετρικό έγχρωμο σαρωτή έξι καναλιών της ηλιακής αντανάκλασης από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτή η τεχνολογία χαρτογράφησε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στο νερό, την αιωρούμενη κατανομή ιζημάτων, την αλατότητα και τη θερμοκρασία των παράκτιων υδάτων και των ωκεανών.

Πιο πρόσφατα, δορυφόροι με μικροκυματικά αλτίμετρα μπορούσαν να μετρήσουν το ύψος τους από την επιφάνεια της θάλασσας με ακρίβεια περίπου έξι εκατοστών, ενώ ταξιδεύουν με επτά χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο. Καθώς οι προσδιορισμοί δορυφορικής τροχιάς βελτιώθηκαν, οι βραχύβιες αλτιμετρικές διαταραχές που αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των ωκεανογραφικών και μετεωρολογικών επιδράσεων αποδείχθηκαν χρήσιμες στον προσδιορισμό της τοπικής βαρύτητας. Αυτό συνεισέφερε σε μια από τις σημαντικότερες προόδους στην περιγραφή της βαθυμετρίας των ωκεανών της Γης (Monmonier, 1987, p.1025).

2.1.4. Συλλογικές Προσπάθειες Βαθυμετρίας των Ωκεανών

Η πρώτη συλλογική προσπάθεια βαθυμετρικής συλλογής ξεκίνησε το 1903 με το έργο Γενικό Βαθυμετρικό Διάγραμμα των Ωκεανών (αγγλ. General Bathymetric Chart of the Oceans) γνωστό ως GEBCO (GITC bv, 2009). Η ανάπτυξη των υπολογιστών κατέστησε ουσιαστικά δυνατή τη συστηματική χαρτογράφηση των ωκεανών μετά το 1970. Ψηφιοποιημένες βυθομετρήσεις από δελτία ερευνών και καταγραφές διαδρομών άρχισαν να γίνονται σε μορφή πλέγματος (αγγλ. grid) και οι κανονικοποιημένες αναπαραστάσεις αντικατέστησαν τα διανυσματικά περιγράμματα. Το πλέγμα των δεδομένων οδήγησε στην πρώτη γραφική παράσταση της αναλυτικής σκίασης και τελικά στο υψομετρικά χρωματισμένο σκιασμένο ανάγλυφο, το οποίο χαρακτήρισε τους περισσότερους βαθυμετρικούς χάρτες στο τέλος του προηγούμενου αιώνα.

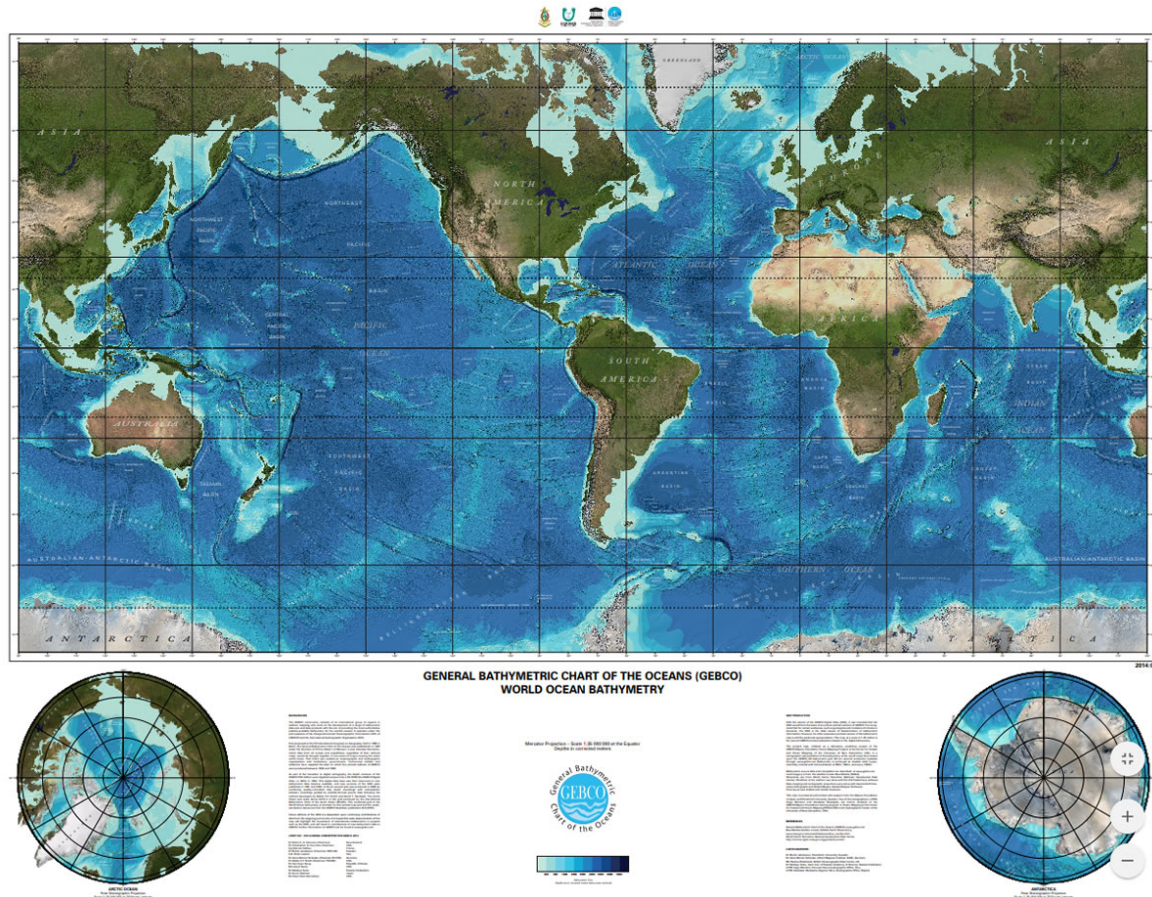
²⁶ <https://www.jpl.nasa.gov/missions/seasat>

²⁷ Δέκτης για τη δημιουργία δισδιάστατων εικόνων ή τρισδιάστατων αναπαραστάσεων αντικειμένων, όπως τοπία. https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic-aperture_radar

²⁸ <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1978-098A>

²⁹ <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/czcs/instrument/>

Τη δεκαετία του 1970, η Διακυβερνητική Ωκεανογραφική Επιτροπή (αγγλ. Intergovernmental Oceanographic Commission, συντ. IOC) και ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός (αγγλ. International Hydrographic Organization, συντ. IHO) ξεκίνησαν επίσης αυτό που εξελίχθηκε σε οκτώ περιφερειακά έργα συλλογής δεδομένων Διεθνούς Βαθμετρικού Χάρτη (αγγλ. International Bathymetric Chart, συντ. IBC). Πρώτος ήταν ο Διεθνής Βαθμετρικός Χάρτης της Μεσογείου (συντ. IBCM) που κάλυπτε τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα σε κλίμακα 1: 1.000.000. Τα υπόλοιπα έργα συνέταξαν σταδιακά χάρτες για την Ανατολική και Δυτική Αφρική, την Καραϊβική, το Νότιο Ατλαντικό Ωκεανό, τα δυτικά και νοτιοανατολικά τμήματα του Ειρηνικού Ωκεανού.



Εικόνα 2-1. General Bathymetric Chart of the Oceans³⁰

Η τελευταία έντυπη έκδοση του GEBCO ήταν η πέμπτη και δημοσιεύθηκε από την Καναδική Υδρογραφική Υπηρεσία μεταξύ 1975 και 1982. Τα αρχικά μέλη της GEBCO ήταν κυρίως υδρογράφοι και στη συνέχεια ενισχύθηκαν με γεωφυσικούς που χρησιμοποιούσαν γεωλογικές μεθόδους, ψηφιακή τεχνολογία και νέο λογισμικό για τη δημιουργία πλεγμάτων. Από το 1988, η Υποεπιτροπή Γεωγραφικών Ονομάτων των Οντοτήτων των Ωκεάνιων Βυθών του GEBCO (αγγλ. Sub-Committee on Geographical Names, συντ. SCGN) και αργότερα η Υποεπιτροπή Ονομάτων Υποθαλάσσιων Οντοτήτων

³⁰ https://gebco.net/data_and_products/printable_maps/

(αγγλ. Sub-Committee on Undersea Features Names, συντ. SCUFN), διατήρησαν τη διαδικτυακή καταγραφή των IHO-IOC των ονομάτων των υποθαλάσσιων οντοτήτων.

Το πρώτο παγκόσμιο πλέγμα, η Ψηφιακή Βαθυμετρική Βάση Δεδομένων με απόσταση κόμβων τόξου πέντε λεπτών (DBDB-5) παράχθηκε στο Ναυτικό Ωκεανογραφικό Γραφείο (συντ. NOAA) των Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Βασίστηκε στην ψηφιοποίηση των ισοβαθών από όλες τις διαθέσιμες χαρτογραφήσεις. Στα τέλη του αιώνα προετοιμάστηκε το GEBCO Centennial το οποίο κυκλοφόρησε το 2003 ως έκδοση πλέγματος ενός λεπτού τόξου, ακολουθούμενο το 2004 από μια νέα έκδοση τόξου τριάντα δευτερολέπτων διαθέσιμη στο διαδίκτυο που χρησιμοποιείται στο Google Ocean (**Εικόνα 2-1**). Η πιο πρόσφατη έκδοση του 2019 έχει ανάλυση πλέγματος 15 δευτερολέπτων.

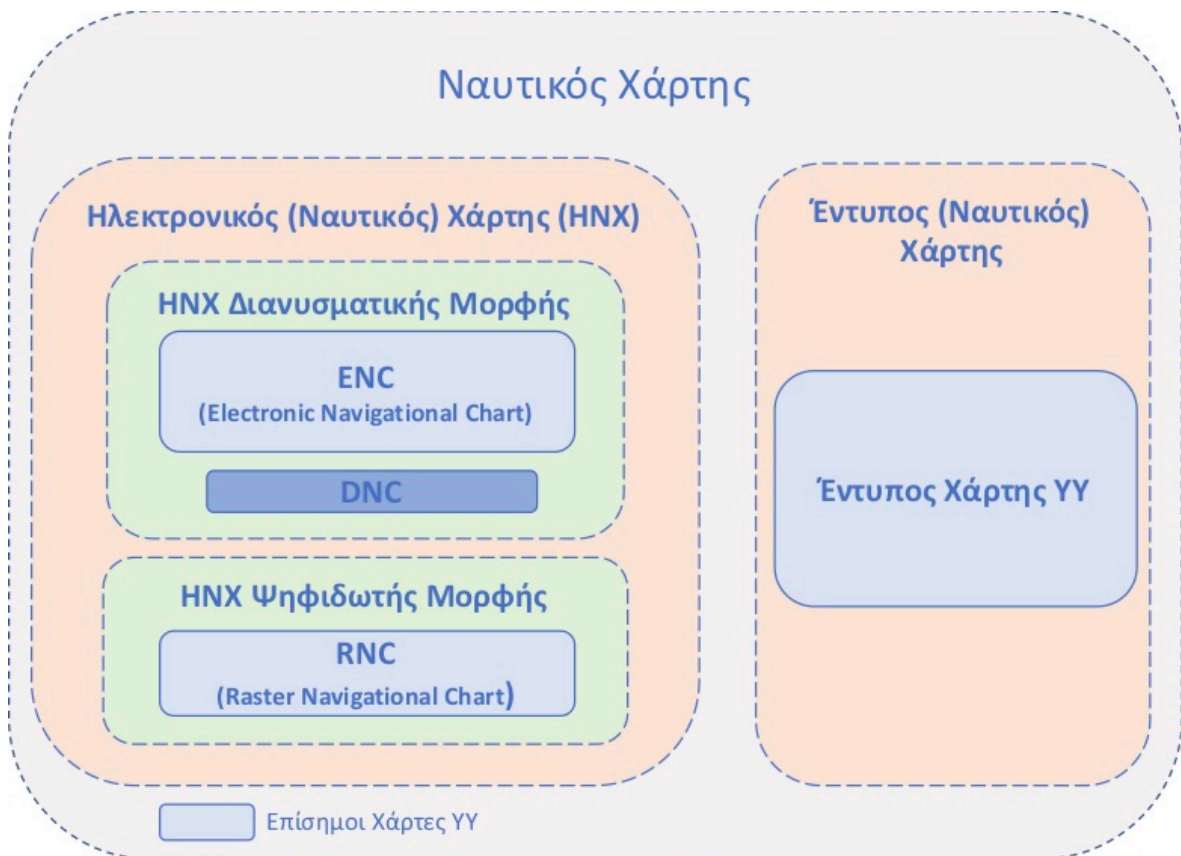
Παρά την προσπάθεια χαρτογράφησης πολλών ετών, μόνο ένα μικρό μέρος του πυθμένα του παγκόσμιου ωκεανού έχει χαρτογραφηθεί, περιορίζοντας σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα διερεύνησης και κατανόησης κρίσιμων διαδικασιών των ωκεανών και του θαλάσσιου πυθμένα (Mayer et al., 2018a). Αναγνωρίζοντας αυτή την κατάσταση το GEBCO και το Ίδρυμα Nippon³¹ συνεργάζονται για να δημιουργήσουν το Πρόγραμμα Seabed 2030, μια διεθνή προσπάθεια με στόχο την πλήρη χαρτογράφηση των ωκεανών έως το 2030. Το πρόγραμμα αυτό θα δημιουργήσει περιφερειακά κέντρα συγκέντρωσης δεδομένων και συντονισμού (αγγλ. Regional Data and Coordination Centers, συντ. RDACCs), που θα εντοπίζουν υπάρχοντα δεδομένα από τις περιοχές ευθύνης τους που δεν είναι επί του παρόντος διαθέσιμες σε ανοιχτές βάσεις δεδομένων για να επιδιώξουν να γίνουν αυτά τα δεδομένα διαθέσιμα. Επίσης, θα αναπτύξουν πρωτόκολλα για τη συλλογή δεδομένων, με συγκεκριμένους στόχους ανάλυσης, λογισμικό και άλλα εργαλεία για τη συγκέντρωση και την απόδοση κατάλληλων μεταδεδομένων, καθώς θα αφομοιώνουν περιφερειακά πλέγματα χρησιμοποιώντας τυποποιημένες τεχνικές.

Ένα παγκόσμιο κέντρο συγκέντρωσης δεδομένων και συντονισμού (αγγλ. Global Data Assembly and Coordination Center, συντ. GDACC) θα ενσωματώσει τα περιφερειακά δίκτυα σε ένα παγκόσμιο δίκτυο και θα διαθέσει ανοιχτά τα αποτελέσματα στους χρήστες. Το GDACC θα λειτουργήσει επίσης ως το κεντρικό σημείο συντονισμού των κοινών προτύπων δεδομένων και εργαλείων επεξεργασίας, καθώς και ως συντονιστής προσέγγισης για τις προσπάθειες του Seabed 2030. Τα GDACC και RDACCs θα συνεργαστούν με υπάρχοντα κέντρα δεδομένων και προσπάθειες βαθυμετρικής συλλογής. Το Nippon Foundation GEBCO Seabed 2030 Project θα βοηθήσει στον συντονισμό και τον εντοπισμό νέων προσπαθειών έρευνας και θα διευκολύνει την ανάπτυξη νέων και καινοτόμων τεχνολογιών που μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της χαρτογράφησης του θαλάσσιου πυθμένα με βάση τους φιλόδοξους στόχους του προγράμματος Seabed 2030.

³¹ Ιδιωτικός, μη κερδοσκοπικός οργανισμός επιχορηγήσεων με έδρα το Τόκυο. <https://www.nippon-foundation.or.jp/en>

2.1.5. Ανάπτυξη Σύγχρονων Ναυτικών Χαρτών

Οι περισσότεροι από τους παγκόσμιους χάρτες που σχεδιάστηκαν πριν από τον 20ό αιώνα απεικόνιζαν τους ωκεανούς και τις θάλασσες με μπλε απόχρωση, όπου συνήθως η λεζάντα του χάρτη περιελάμβανε μια απλή αναγραφή των ονομάτων των παράκτιων πόλεων, των κόλπων και γενικά των υδάτινων περιοχών. Τον περασμένο αιώνα οι συντονισμένες προσπάθειες χαρτογράφησης του 70% του πλανήτη που καλύπτεται από θάλασσα ενεργοποιήθηκαν από τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν αρχικά στους δύο παγκόσμιους πολέμους καθώς και στον επακόλουθο Ψυχρό Πόλεμο. Υπήρξε μια εκθετική αύξηση της γνώσης σχετικά με τους ωκεανούς, ιδιαίτερα για τον βυθό τους, καθώς και την ευκολία με την οποία η βαθυμετρία μπορεί να αναπαρασταθεί στους χάρτες. Η μεγάλη πρόοδος που επήλθε στη ναυσιπλοΐα προήλθε από τεχνολογικές εξελίξεις στην υποβρύχια ακουστική, τη διαστημική επιστήμη, την ψηφιακή υπολογιστική ισχύ και την χαρτογραφική απόδοση σε οθόνη των πληροφοριών από διανυσματικά δεδομένα.



Εικόνα 2-2. Κατηγοριοποίηση των Ναυτικών Χαρτών

Ένας ναυτικός χάρτης είναι μια γραφική αναπαράσταση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σε αντίθεση με άλλους τύπους χαρτών, είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο για τους ναυτιλλόμενους. Ο ναυτικός χάρτης δείχνει τη φύση και τη μορφή της ακτής, τα βάθη, τη διαμόρφωση του βυθού της θάλασσας, τις θέσεις των κινδύνων, τα παλιρροιακά ρεύματα και τα ρεύματα των ωκεανών, τη μαγνητική διακύμανση, τα ρυθμιστικά όρια και τις τοποθεσίες των βοηθημάτων πλοήγησης (π.χ. φώτα, σημαντήρες, φάροι και άλλα καταφανή σημεία). Πάνω απ' όλα, ο σύγχρονος ναυτικός χάρτης είναι ακριβής, καταρτίζεται συστηματικά και αποτελεί μέρος μιας διασυνδεδεμένης σειράς χαρτών. Οι ναυτιλλόμενοι

μπορούν εύκολα να μεταβούν από τον ένα χάρτη σε άλλον, προκειμένου να φτάσουν με ασφάλεια και αποτελεσματικά σε έναν προορισμό.

Ο σύγχρονος ναυτικός χάρτης διαχωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στον έντυπο ναυτικό χάρτη και στον ηλεκτρονικό ναυτικό χάρτη (συντ. HNX), όπως αποτυπώνεται και στην **Εικόνα 2-2**. Ειδικότερα οι HNX διαχωρίζονται σε Διανυσματικής Μορφής (αγγλ. Vector Charts) και σε Ψηφιδωτής μορφής (αγγλ. Raster Charts). Η ειδική κατηγορία των HNX που παράγονται από τις ΥΥ σύμφωνα με τις προδιαγραφές του IHO ονομάζονται Electronic Navigational Charts (ελλ. Ηλεκτρονικοί Ναυτιλιακοί Χάρτες) οι διανυσματικής μορφής, και Raster Navigational Charts οι ψηφιδωτής μορφής (Weintrit, 2018).

Τα πρώτα αυτόματα συστήματα πλοήγησης με χρήση κάποιας μορφής ηλεκτρονικού χάρτη εμφανίστηκαν στο εμπόριο στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών, λεγόμενων και ως συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη, ήταν η γραφική χαρτογραφική απόδοση του στίγματος που παρέχει ένα ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού θέσης στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη εμφάνιση κάποιας μορφής ναυτικού χάρτη της περιοχής. Με αυτό τον τρόπο ο ναυτιλλόμενος είχε συνεχή οπτικό έλεγχο της θέσεως του πλοίου. Για τη λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη χρειάζεται να υπάρχει μια βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από τα χαρτογραφικά αντικείμενα και πληροφορίες που δύναται να απεικονισθούν. Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα και δυνατότητες σε σχέση με τους έντυπους ναυτικούς χάρτες, όπως:

- λογική επεξεργασία των χαρτογραφικών αντικειμένων, ώστε να παρέχεται ειδοποίηση σε περίπτωση κινδύνου
- επιλεκτική μεγέθυνση/σμίκρυνση της απεικονιζόμενης περιοχής
- επιλεκτική απόδοση των χαρτογραφικών οντοτήτων
- χαρτογραφική απόδοση συμπληρωματικών πληροφοριών

Οι πρώτοι εμπορικοί ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες παράγονταν χωρίς επίσημες προδιαγραφές και κατά συνέπεια δεν περιείχαν όλα τα στοιχεία των ναυτικών χαρτών, που εκδίδονταν από τις υδρογραφικές υπηρεσίες των διαφόρων χωρών. Τα ηλεκτρονικά συστήματα χάρτη διευκόλυναν τον ναυτιλλόμενο στη σχεδίαση και την εκτέλεση ενός ταξιδιού, όμως, λόγω ελλιπών χαρτογραφικών στοιχείων δεν απαλλάσσονταν από τις παραδοσιακές μεθόδους πλου. Με την πάροδο του χρόνου έγινε προφανής η ανάγκη καθιέρωσης ηλεκτρονικών χαρτών, οι οποίοι θα πληρούσαν όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές και πρότυπα για έναν ασφαλή πλου, έτσι το Νοέμβριο του 1995 (IMO, 1995) και ύστερα από την ενδελεχή εξέταση του θέματος από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) αναγνωρίστηκε ο ηλεκτρονικός χάρτης ως επίσημο ναυτιλιακό βοήθημα.

2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες

2.2.1. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες Ψηφιδωτής Μορφής (Raster Charts)

Στις αρχές της δεκαετίας του 80' εμφανίστηκε η κατηγορία των ηλεκτρονικών χαρτών γνωστοί ως χάρτες ψηφιδωτής ή πεπλεγμένης μορφής (αγγλ. Raster Charts) (Παλληκάρης κ.ά. 2016, σελ. 293). Οι χάρτες αυτοί είναι ακριβή ψηφιοποιημένα αντίγραφα των

παραδοσιακών έντυπων ναυτικών χαρτών και αποτελούνται από ένα πλέγμα στοιχειωδών κουκίδων που ονομάζονται ψηφίδες ή εικονοστοιχεία (αγγλ. pixels). Επειδή οι Raster Charts προέρχονται από τους έντυπους χάρτες είναι οικείοι στους χρήστες. Το λογισμικό τους (Raster Chart Display System - RCDS) μπορεί να ενσωματώνει σύστημα GPS (σε πραγματικό χρόνο) στην εικόνα του χάρτη. Μπορούν να ενημερωθούν με περιοδικές διορθώσεις (ψηφιδωτής μορφής), αλλά δεν έχουν την δυνατότητα ενσωμάτωσης αυτόματων προειδοποιήσεων ασφαλείας. Επίσης, δεν έχουν τη δυνατότητα χαρτογραφικής απόδοσης περισσότερων / λεπτομερέστερων στοιχείων σε περίπτωση εστίασης/μεγέθυνσης (zoom in), με ανεπιθύμητο αποτέλεσμα να φαίνεται ο διαχωρισμός των ψηφίδων. Ακόμη, δεν έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης προαιρετικών αντικειμένων που δύναται να προστεθούν στους χάρτες και δεν είναι δυνατή η περιστροφή του κειμένου. Ειδικότερα ο όρος ηλεκτρονικός ναυτιλιακός χάρτης ψηφιδωτής μορφής (αγγλ. Raster Navigational Chart - RNC) αναφέρεται σε χάρτη που εκδίδεται από τις Υδρογραφικές Υπηρεσίες των διαφόρων χωρών, σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO).

2.2.2. Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες Διανυσματικής Μορφής (Vector Charts)

Την ίδια περίοδο (στις αρχές της δεκαετίας του 80') εμφανίστηκε και η κατηγορία των ηλεκτρονικών χαρτών γνωστοί ως χάρτες διανυσματικής μορφής (αγγλ. Vector Charts) (Παλληκάρης κ.ά., 2016, σελ. 293). Οι HNX διανυσματικής μορφής αποτελούν ουσιαστικά βάση δεδομένων για τις οντότητες που απεικονίζουν και κάθε οντότητα του χάρτη έχει χωρικές και περιγραφικές ιδιότητες. Συνήθως οι HNX έχουν διαφορετική εμφάνιση από τους έντυπους χάρτες. Ορισμένες κατηγορίες δεδομένων μπορούν να εισαχθούν ή να εμφανιστούν μέσω του λογισμικού. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να εμφανίζονται ισοβαθείς κατ' επιλογή, καθώς και καταφανή σημεία να συνοδεύονται από επεξηγηματικό κείμενο. Έχουν την ικανότητα μεγέθυνσης και με την περιστροφή του χάρτη το κείμενο μπορεί να παραμείνει σε όρθια θέση. Τα ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισής τους μπορούν να ενσωματώσουν προειδοποιήσεις για επικείμενους κινδύνους. Οι επίσημοι Ηλεκτρονικοί Ναυτιλιακοί Χάρτες (ENC) είναι μία ειδική κατηγορία διανυσματικών ναυτικών χαρτών καθώς υπάρχουν και άλλες κατηγορίες διανυσματικών ναυτικών χαρτών, όπως οι Digital Nautical Charts (DNC³²) (βλέπε **Εικόνα 2-2**).

Όπως αναφέρθηκε και στο 1^ο κεφάλαιο, ο κύριος σκοπός των ENC είναι να παρέχουν ασφάλεια στην πλοήγηση, αλλά το επίπεδο λεπτομέρειας που μπορεί να το διασφαλίσει διαφέρει. Για τον λόγο αυτό, οι ENC διαχωρίζονται σε ζώνες ναυτιλιακής χρήσης με βάση τον σκοπό πλοήγησης που προορίζονται (αγγλ. navigation purpose), ο οποίος σχετίζεται άμεσα με την κλίμακά τους (Russon et al. 1978). Έχουν υιοθετηθεί 6 ζώνες χρήσης με αντίστοιχα εύρη κλίμακας που χρησιμοποιούνται για τους διανυσματικούς ENC:

- 1) Σχεδίασης Πλου ή Επισκόπησης (αγγλ. Overview), εύρος κλίμακας < 1: 1.499.999

³² Digital Nautical Chart - <https://dnc.nga.mil/dncp/DNCdb.php>

Αυτός ο τύπος χάρτη συνήθως δεν χρησιμοποιείται για πλοήγηση, αλλά για σχεδιασμό του πλου. Καλύπτει μεγάλες περιοχές ωκεανών ή ηπείρων και το επίπεδο λεπτομέρειας είναι πολύ χαμηλό.

- 2) Πλου Ανοιχτής Θάλασσας ή Γενικό (αγγλ. General), εύρος κλίμακας 1: 350.000 - 1: 1.499.999

Οι χάρτες αυτής της κατηγορίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πλοήγηση στην ανοιχτή θάλασσα και κατά τη διάρκεια ωκεάνιων διελεύσεων όταν η πλοήγηση δεν έχει καθόλου περιορισμούς (βάθη, ξέρες, συχνή κυκλοφορία, εμπόδια). Καλύπτουν μεγάλες περιοχές, για παράδειγμα, ολόκληρες θαλάσσιες λεκάνες. Το επίπεδο λεπτομέρειας είναι χαμηλό, αλλά επαρκές για το σκοπό αυτό.

- 3) Ακτοπλοΐας (αγγλ. Coastal), εύρος κλίμακας 1: 90.000 - 1: 349.999

Όπως το όνομα υποδηλώνει, αυτοί οι χάρτες χρησιμοποιούνται όταν ένα πλοίο βρίσκεται κοντά στη στεριά και το πέρασμα της ανοιχτής θάλασσας ολοκληρώνεται. Οι φυσικοί κίνδυνοι διαδραματίζουν μεγαλύτερο ρόλο και πρέπει να εντοπιστούν τα πρώτα βοηθήματα πλοήγησης (σημαντήρες, φάροι, φανοί, κλπ.) για να βοηθήσουν την πλοήγηση. Τα αντικείμενα της ξηράς μπορούν να αναγνωριστούν από το φως που εκπέμπουν τη νύχτα ή από την απόκριση του ραντάρ. Επίσης αυξάνεται η κυκλοφορία των παραπλεόντων πλοίων.

- 4) Προσέγγισης Ακτών (αγγλ. Approach), εύρος κλίμακας 1: 22.000 - 1: 89.999

Σε αυτή τη ζώνη η πλοήγηση γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς βάθους, τεχνητά εμπόδια και κινδύνους όπως ξέρες, ρηγά, κ.ά. Τα αντικείμενα της ξηράς είναι ορατά και τα χαρακτηριστικά τους μπορούν να αναγνωριστούν από το σχήμα, το χρώμα τους, ύψος, κ.ά.

- 5) Πρόσγεια Λιμένων (αγγλ. Harbor), εύρος κλίμακας 1: 4000 - 1: 21.999

Στη ζώνη αυτή τα πλοία κινούνται σε ένα πολύ περιορισμένο περιβάλλον, αναφορικά με τα βάθη, το πλάτος διέλευσης και τη κυκλοφοριακή συμφόρηση, όπως σε ένα κανάλι (αγγλ. channel) ή λεκάνη λιμανιού (αγγλ. port bay). Σε πολλές περιπτώσεις, ένας Πλοηγός (εξωτερικό άτομο που δουλεύει στο λιμάνι με εκτεταμένη γνώση της περιοχής) είναι επί του πλοίου για να βοηθήσει τον Κυβερνήτη.

- 6) Ελλιμενισμού (αγγλ. Berthing), εύρος κλίμακας > 1: 4.000

Αφορά πολύ λεπτομερείς και ακριβείς χάρτες που χρησιμοποιούνται για αγκυροβόλιο και ελλιμενισμό πλοίων εσωτερικά σε ένα λιμάνι. Το επίπεδο λεπτομέρειας είναι πολύ υψηλό, αποτυπώνοντας μεμονωμένα σημεία ελλιμενισμού και παρεχόμενες υπηρεσίες.

2.2.3. Συστήματα ECDIS

Η πρόοδος της ναυτικής χαρτογραφίας, με την ευρεία παραγωγή χαρτών RNC και ENC, έδωσε μεγάλη ώθηση στην εξέλιξη της ηλεκτρονικής ναυτιλίας. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) συστήνει να χρησιμοποιηθούν ναυτιλιακοί χάρτες επί όλων των εμπορικών σκαφών. Συγκεκριμένα στη Σύμβαση Ασφάλειας Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS

Κεφάλαιο V Κανονισμός 19 / 2.1.4)³³ αναφέρεται: «Όλα τα πλοία, ανεξάρτητα από το μέγεθος, θα πρέπει να έχουν ναυτικούς χάρτες και ναυτικές εκδόσεις για να σχεδιάζουν και να εμφανίζουν τη διαδρομή του πλοίου για το επιδιωκόμενο ταξίδι και να σχεδιάζουν και να παρακολουθούν θέσεις καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού. Ένα ηλεκτρονικό σύστημα χαρτογραφικής απόδοσης ηλεκτρονικών χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) είναι επίσης αποδεκτό ότι πληροί τις απαιτήσεις μεταφοράς χαρτών αυτού του εδαφίου».

Η πλοήγηση με συστήματα ECDIS διαφέρει ουσιαστικά από την πλοήγηση με έντυπους χάρτες καθώς παρουσιάζει στο ναυτιλλόμενο μια οθόνη με πολλές δυνατότητες, η οποία, εάν έχει διαμορφωθεί σωστά, προσφέρει σημαντική βελτίωση της γνώσης της κατάστασης και της ασφάλειας, και επιτρέπει στους αξιωματικούς της γέφυρας περισσότερο χρόνο για παρακολούθηση. Ωστόσο, εάν το περιεχόμενο της οθόνης και οι λειτουργίες του συστήματος ECDIS δεν είναι πλήρως κατανοητές, τότε ο ηλεκτρονικός χάρτης δύναται να παρερμηνευθεί και στη χειρότερη περίπτωση να διακυβεύεται η ασφάλεια του πλοίου (UKHO, 2019).

Τα Πληροφοριακά Συστήματα Απεικόνισης Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών (αγγλ. Electronic Chart Display and Information Systems - ECDIS) εμπίπτουν στη γενική κατηγορία της «βελτιστοποίησης» των συστημάτων ναυσιπλοΐας, καθώς ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν τους ναυτιλλόμενους να επιλέξουν τον καλύτερο δυνατό και ασφαλή τρόπο πραγματοποίησης ενός πλου. Ένα σύστημα ECDIS αποτελεί σύστημα πλοήγησης με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο συμμορφώνεται με τους κανονισμούς του IMO και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά από τους έντυπους χάρτες. Ένα εκτεταμένο σύνολο κανονισμών ελέγχει την παραγωγή του εξοπλισμού των ECDIS, η οποία πρέπει να πληροί υψηλά πρότυπα αξιοπιστίας και απόδοσης.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των συστημάτων ECDIS του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (Παλληκάρης κ.ά. 2016, σελ 324-325, IMO, 2006):

- (i) η πρωταρχική αποστολή του ECDIS είναι η συμβολή του στην ασφαλή ναυσιπλοΐα.
- (ii) το ECDIS είναι ένα (γεωγραφικό) σύστημα πληροφοριών για τη ναυσιπλοΐα, το οποίο, με επαρκείς εναλλακτικές ρυθμίσεις ασφαλείας, είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι καλύπτει τις απαιτήσεις χρήσης ενημερωμένων έντυπων ναυτικών χαρτών που εκδίδονται από τις επίσημες κρατικές Υδρογραφικές Υπηρεσίες, παρέχοντας τη δυνατότητα επιλεκτικής απεικόνισης πληροφοριών από τη βάση δεδομένων SENC των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών ENC του συστήματος, σε συνδυασμό με την χαρτογραφική απόδοση της θέσης του πλοίου από πληροφορίες που παρέχονται από διάφορους αισθητήρες, για υποβοήθηση του ναυτιλλόμενου στη σχεδίαση και

³³ “All ships, irrespective of size, shall have nautical charts and nautical publications to plan and display the ship’s route for the intended voyage and to plot and monitor positions throughout the voyage. An electronic chart display and information system (ECDIS) is also accepted as meeting the chart carriage requirements of this subparagraph.”

υποτύπωση του πλου και, εφόσον απαιτείται, με την χαρτογραφική απόδοση επιπρόσθετων ναυτιλιακών πληροφοριών.

Ο ορισμός του Ηλεκτρονικού Ναυτιλιακού Χάρτη ή Ηλεκτρονικού Χάρτη Ναυσιπλοΐας δίδεται στις λειτουργικές προδιαγραφές των συστημάτων ECDIS του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού και είναι ο ακόλουθος (Παλληκάρης κ.ά. 2016, σελ 324-325, IMO, 2006):

«Ο Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης (Electronic Navigational Chart - ENC), είναι η τυποποιημένη ως προς το περιεχόμενο, το δομή και τον μορφότυπο (content, structure, format) βάση δεδομένων που δημιουργείται από τις κρατικές υδρογραφικές υπηρεσίες, για να χρησιμοποιηθεί με το σύστημα ECDIS. Ο Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης (ENC) περιέχει όλες τις αναγκαίες για την ασφαλή πλοήγηση χαρτογραφικές πληροφορίες και είναι δυνατό να περιέχει και επιπρόσθετες ως προς τον έντυπο χάρτη πληροφορίες (π.χ. Ναυτιλιακές Οδηγίες - Πλοηγό), οι οποίες είναι δυνατό να θεωρηθούν απαραίτητες για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας».

Ο ορισμός της Βάσης Δεδομένων Συστήματος Ηλεκτρονικού Ναυτιλιακού Χάρτη (αγγλ. System Electronic Navigational Chart - SENC) δίδεται στις λειτουργικές προδιαγραφές των συστημάτων ECDIS του IMO πως «είναι η βάση δεδομένων, η οποία προκύπτει από τον μετασχηματισμό του ENC στο σύστημα ECDIS για κατάλληλη χρήση, με προσθήκη διορθώσεων στον ENC με τα κατάλληλα μέσα και με προσθήκη άλλων στοιχείων από τον ναυτιλλόμενο. Είναι η βάση δεδομένων, στην οποία το σύστημα ECDIS έχει πρόσβαση για την χαρτογραφική απόδοση χαρτογραφικών και ναυτιλιακών πληροφοριών στην οθόνη του συστήματος και για άλλες ναυτιλιακές λειτουργίες. Το προκύπτον αποτέλεσμα είναι ισοδύναμο προς ένα ενημερωμένο έντυπο χάρτη».

Ο IMO καθόρισε υποχρεωτική απαίτηση χρήσης συστημάτων ECDIS σύμφωνα με ένα σταδιακό χρονοδιάγραμμα από το 2012 σε όλα τα νέα δεξαμενόπλοια και επιβατηγά πλοία. Από το 2018 η απαίτηση ισχύει για όλα τα υπάρχοντα εμπορικά πλοία. Για τη νομική τους συμμόρφωση με τους κανονισμούς του IMO, τα συστήματα ECDIS πρέπει να έχουν ειδική έγκριση, η οποία συνήθως δίνεται από αναγνωρισμένους ναυτικούς οργανισμούς ή εταιρείες κατάταξης που ορίζονται από το κράτος σημαίας. Τα συστήματα ECDIS περιλαμβάνουν ηλεκτρονικούς ναυτιλιακούς χάρτες (ENC) και ενσωματώνουν πληροφορίες θέσης από το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) και άλλους αισθητήρες πλοήγησης, όπως το ραντάρ, το βυθόμετρο και το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS – Automatic Identification System). Μπορούν επίσης να εμφανιστούν πρόσθετες πληροφορίες που σχετίζονται με την πλοήγηση, όπως για παράδειγμα η κατεύθυνση της πλεύσης (πορεία). Η ενσωμάτωση μιας ποικιλίας πληροφοριών, σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπει συνεχώς τον καθορισμό της θέσης του σκάφους σε σχέση με την ξηρά, τα χαρτογραφημένα αντικείμενα κ.ά. Οι βασικές δυνατότητες των συστημάτων ECDIS είναι:

- Χαρτογραφική απόδοση σε μια μόνο οθόνη της ακριβούς θέσης και πραγματικής ως προς τον βυθό πορείας του πλοίου.
- Επιλεκτική χαρτογραφική απόδοση μόνο των απαραίτητων για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας χαρτογραφικών και ναυτιλιακών πληροφοριών.

- Αυτόματη ενημέρωση των ηλεκτρονικών χαρτών με την χρήση του λογισμικού του Συστήματος.
- Αυτοματοποίηση των εργασιών προετοιμασίας και σχεδίασης πλου στα σημεία αλλαγής πορείας (waypoints).
- Προειδοποιήσεις για προσέγγιση σε αβαθή προς αποφυγή προσαράξεως.
- Χαρτογραφική απόδοση πληροφοριών από ναυτιλιακές συσκευές όπως: AIS, NAVTEX κ.ά.

2.3. Σύνταξη Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών

Ο ηλεκτρονικός ναυτιλιακός χάρτης προϋποθέτει την ανάγκη ενσωμάτωσης όλων των πληροφοριών που απαιτούνται για την ασφαλή πλοήγηση σε μια οθόνη υπολογιστή υποστηριζόμενη από μια ή περισσότερες πηγές δεδομένων, καθώς συνήθως υπάρχει ανάγκη να ενσωματωθούν δεδομένα από επιμέρους υποσυστήματα πλοήγησης. Επίσης δύναται να είναι το ίδιο υποσύστημα μεγαλύτερων βάσεων δεδομένων που καλύπτουν ποικίλες εφαρμογές σχετικά με τον θαλάσσιο χώρο. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης των πληροφοριών με ακρίβεια είναι εξαιρετικά σημαντικές και όλες οι βάσεις δεδομένων θα πρέπει να περιλαμβάνουν αναφορά ή μεταδεδομένα σχετικά με την εξαγωγή των αναφερόμενων θέσεων (Haskins, 1988).

2.3.1. Συλλογή δεδομένων ENC

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στα τέλη του εικοστού αιώνα επέφερε θεμελιώδεις αλλαγές στην υδρογραφική έρευνα και στις μεθόδους βυθομετρήσεων και προσδιορισμού θέσεων. Τα ηχοβολιστικά συστήματα και τα αερομεταφερόμενα λέιζερ παρέχουν σχεδόν συνολική κάλυψη και μέτρηση του θαλάσσιου πυθμένα σε σύγκριση με την προηγούμενη δυνατότητα δειγματοληψίας με βαθυμετρικά προφίλ. Η ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης των δεδομένων στην επιφάνεια της Γης έχει αυξηθεί πάρα πολύ από τη διαθεσιμότητα δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης, ιδιαίτερα όταν αυξάνεται με διαφορικές (αγγλ. differential) τεχνικές. Οι ναυτιλλόμενοι πλέον μπορούν να προσδιορίσουν τη θέση του πλοίου με μεγαλύτερη ακρίβεια και από εκείνη των δεδομένων στα οποία βασίζονται οι παλαιότεροι χάρτες (IHO, 2018c).

Τα βάθη που εμφανίζονται σε έναν ναυτικό χάρτη είναι το πιο σημαντικό στοιχείο και ο ναυτιλλόμενος πρέπει να μπορεί να βασίζεται στην ακριβή τους θέση χωρίς δεύτερη σκέψη προκειμένου να αποφευχθούν οι κίνδυνοι στη θάλασσα. Συνεπώς η μεγαλύτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο να διασφαλιστεί ότι οι βυθομετρήσεις είναι χωρικά προσδιορισμένες με ακρίβεια. Ένα σφάλμα στη θέση είναι πιο παραπλανητικό από ένα σφάλμα σε βάθος, καθώς ο ναυτιλλόμενος δύναται να πλοηγηθεί μόνο με βάση το χάρτη και να οδηγηθεί παραπλανημένος πάνω στον κίνδυνο. Η παρακολούθηση των σφαλμάτων βυθομετρήσεων, ο έλεγχος δεδομένων και ο ποιοτικός έλεγχος είναι συνεχείς διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται καθ' όλη τη διαδικασία της υδρογραφικής έρευνας.

2.3.2. Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων – Ποιοτικός Έλεγχος

Σε συνέχεια από την καταγραφή κατά την έρευνα του πεδίου, τα πρωτογενή δεδομένα υπόκεινται σε έλεγχο και επεξεργασία. Τα δεδομένα που απορρίπτονται σε αυτό το στάδιο αποτελούνται από τυχόν μετρούμενες παραμέτρους για τον προσδιορισμό της θέσης, και αντικαθίστανται από την υπολογισμένη και ελεγμένη γεωγραφική θέση. Είναι δυνατόν να απορριφθούν δεδομένα βάσει διαδικασιών ελέγχου ή εγγύτητας με άλλα δεδομένα. Το σύνολο δεδομένων, μαζί με τα μεταδεδομένα ελέγχου ποιότητας και αυτά που περιγράφουν τα δεδομένα, γίνονται ένα πλήρως ελεγμένο σύνολο δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή, έτοιμο να ενσωματωθεί στη κύρια βάση δεδομένων.

Τα υδρογραφικά δεδομένα που καταγράφονται στη θάλασσα αναγνωρίζονται από τον σταθμό λήψης, τον κωδικό και την ημερομηνία της έρευνας. Η κάθε θέση καθορίζεται από το χρησιμοποιούμενο σύστημα εντοπισμού θέσης, τα στοιχεία του οποίου καταγράφονται. Μια υδρογραφική έρευνα ενσωματώνει τη θέση με το βάθος της θάλασσας, το παλιρροιακό ύψος και οποιαδήποτε άλλα δεδομένα προς μέτρηση, π.χ. ωκεανογραφικά, σεισμικά, κ.ά.. Είναι πολύ σημαντικό τα δεδομένα προσδιορισμού θέσης να υπόκεινται σε μια προσεκτική διαδικασία ποιοτικού ελέγχου. Ως εκ τούτου τα δεδομένα έρευνας πρέπει να διατηρηθούν, ονομαζόμενα «πρωτογενή δεδομένα», ο δόκιμος αγγλικός όρος είναι “raw data”. Η βάση όλων των επόμενων συνόλων δεδομένων, είτε προέρχονται άμεσα είτε έμμεσα, πρέπει να είναι τα πρωτογενή δεδομένα.

2.3.3. Σύνθεση δεδομένων ENC

Για τη σύνταξη ενός ναυτικού χάρτη χρησιμοποιείται μια πληθώρα διαφορετικών πηγών, για παράδειγμα, δεδομένα από έρευνες που έγιναν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, δημοσιευμένες χαρτογραφικές ή γενικές πληροφορίες, υποστηρικτικές πληροφορίες, κ.ά. Ενώ η διαδικασία αρχικά γινόταν με ενέργειες του ναυτικού χαρτογράφου, σήμερα πολλές από αυτές γίνονται με εξειδικευμένο λογισμικό σύνταξης χαρτών. Και στις δύο περιπτώσεις τα επιλεγμένα δεδομένα θα είναι ένα μικρό ποσοστό των αρχικών δεδομένων που παραμένουν στο τελικό αρχείο (αγγλ. dataset) των επεξεργασμένων δεδομένων προς χαρτογραφική χρήση. Για παράδειγμα, κάποια βάρη δύνανται να αντικαθίστανται από τις ισοβαθείς γραμμές. Το προκύπτον ψηφιακό προϊόν είναι το χαρτογραφικό σύνολο δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή που σχετίζεται με μια συγκεκριμένη κλίμακα.

Αν και, θεωρητικά, είναι εφικτό να δημιουργηθεί ένας υψηλής ποιότητας χάρτης με ψηφιακά μέσα από τα πρωτογενή δεδομένα της έρευνας, αυτό που συνέβαινε παλιότερα είναι ότι ένας έντυπος χάρτης καταρτίζεται με παραδοσιακές μεθόδους και στη συνέχεια ψηφιοποιείται. Το σύνολο των δεδομένων που προκύπτει χρησιμοποιείται για την αποτύπωση πληροφοριών που απεικονίζονται στον ηλεκτρονικό χάρτη. Τα ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα αποτελούνται είτε από δεδομένα υδρογραφικών ερευνών, είτε από προηγούμενους δημοσιευμένους χάρτες, με προφανή μειονεκτήματα για τη δεύτερη περίπτωση, όσον αφορά την ακρίβεια που απαιτείται.

Σύμφωνα με το πρότυπο S-4 του IHO για τις προδιαγραφές των ναυτικών χαρτών (IHO, 2021c, B-100.4) ο πρωταρχικός σκοπός τους είναι να παρέχουν τις πληροφορίες που απαιτούνται για να μπορεί ο ναυτιλλόμενος να σχεδιάσει και να εκτελέσει ασφαλή

πλοήγηση. Κατά τη σύνθεση χαρτών και την επιλογή περιεχομένου είναι επομένως σημαντικό να κατανοηθεί η ανάγκη του ναυτιλλόμενου για κατάλληλες, σχετικές, ακριβείς και σαφείς πληροφορίες. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί για την αποφυγή σφαλμάτων και τη δημιουργία καταστάσεων όπου ο ναυτιλλόμενος μπορεί να αντιμετωπίσει πάρα πολλές πληροφορίες (ακαταστασία χάρτη) ή άσχετες πληροφορίες που προκαλούν σύγχυση ή απόσπαση της προσοχής.

- Κατακόρυφη συνέπεια ENC διαφορετικής κλίμακας

Ο ναυτιλλόμενος απαιτεί οι χάρτες να είναι συνεπείς σε όλες τις κλίμακες, τουλάχιστον για το βασικό τους περιεχόμενο και αυτό ονομάζεται «κατακόρυφη συνέπεια» (αγγλ. *vertical consistency*). Μέσα σε μια σειρά χαρτών διαφορετικής κλίμακας που καλύπτουν την ίδια περιοχή, το περιεχόμενο των χαρτών από άποψη χαρτογραφικής λεπτομέρειας και ανάλυσης είναι μεγαλύτερο στην πιο μεγάλη κλίμακα. Σε μικρότερες κλίμακες, η λεπτομέρεια πρέπει να γενικεύεται, να απεικονίζεται μόνο μια επιλογή των διαθέσιμων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των βυθομετρήσεων, έτσι ώστε οι πληροφορίες που επιλέγονται να παρουσιάζονται με σαφήνεια. Η λογική της επιλογής βασίζεται στη σημασία των πληροφοριών για τον ναυτιλλόμενο και τον σκοπό του χάρτη (χαρτογραφική γενίκευση). Αυτό θα διασφαλίσει ότι οι χάρτες είναι «κατακόρυφα συνεπείς» και οποιαδήποτε τιμή βάθους στο χάρτη της μικρότερης κλίμακας θα υπάρχει και στη μεγαλύτερη κλίμακα.

Για αυτό το λόγο, η αρχική σύνταξη και η επακόλουθη ενημέρωση των χαρτών, είτε μέσω οδηγιών (Notice to Mariners) ή νέας έκδοσης, θα πρέπει να ξεκινήσει από τη μεγαλύτερη κλίμακα, και εν συνεχεία να προχωρήσει σε μικρότερη κλίμακα. Στην πράξη, αυτό επιτυγχάνεται απεικονίζοντας τα επιλεγμένα πρωτογενή δεδομένα στον χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας και στη συνέχεια συνθέτοντας την επόμενη μικρότερη κλίμακα έχοντας το χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας ως πηγή και ούτω καθεξής, εωσότου το αναφερόμενο αντικείμενο ή τύπος δεδομένων απεικονισθεί στη μικρότερη επιτρεπτή κλίμακα ((IHO, 2021c, B-100.5).

2.4. Υποδομές Υδροχωρικών Δεδομένων

2.4.1. Αρχαιοθέτηση Δεδομένων Μετρήσεων

Το σύνολο των ψηφιακών χαρτογραφικών δεδομένων μιας υδρογραφικής υπηρεσίας σχηματίζει ουσιαστικά την υποδομή υδροχωρικών δεδομένων (συντ. ΥΥΔ) της. Τα δεδομένα των εντύπων ναυτικών χαρτών και των HNX δύναται να ανήκουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, σε υδρογραφικά και σε τοπογραφικά δεδομένα. Τα υδρογραφικά δεδομένα αφορούν σημειακά και γραμμικά αντικείμενα που περιλαμβάνουν μετρήσεις βάθους, υπολογισμένη θέση, παλιρροιακό ύψος, ισοβαθείς και τοπολογικά δεδομένα. Επίσης, στη ίδια κατηγορία εντάσσονται περιγραφικά δεδομένα και πληροφορίες όπως, τύπος σημαντήρων, χαρακτηριστικά φάρων, ναυτικές ειδοποιήσεις κλπ., διοικητικές πληροφορίες, πληροφορίες ποιότητας δεδομένων, κ.ά.

Η δεύτερη κατηγορία, τα τοπογραφικά δεδομένα αφορούν σημειακά και γραμμικά αντικείμενα που περιλαμβάνουν θέση και συναφή χαρακτηριστικά, όρια και κλίμακες, όπως καταφανή σημεία, υποβρύχια καλώδια, κ.ά., καθώς και επιφανειακά αντικείμενα, που περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά βυθού, όρια περιοχών και δύναται περιέχουν σύνολα

σημείων και γραμμικά αντικείμενα, όπως αμμόλοφους, απαγορευμένες περιοχές, πεδία βολής κ.ά. Επίσης, στην υποδομή εντάσσονται και περιγραφικά δεδομένα που περιλαμβάνουν ονόματα, πηγαία διαγράμματα, σχόλια, ονομασίες περιοχών, σημειώσεις. Τα κοινά χαρακτηριστικά σε όλα αυτά τα σύνολα δεδομένων είναι το αναγνωριστικό της έρευνας, ο κωδικός των οντοτήτων, η γεωγραφική θέση και το βάθος.

Τόσο για τα υδρογραφικά, όσο και για τα τοπογραφικά δεδομένα, υπό τις συνθήκες που συλλέγονται και επεξεργάζονται, δύνανται να υπάρχουν οι ακόλουθες προκλήσεις (Haskins, 1988):

- Να μην γίνεται αναφορά στην ποιότητα της θέσης των αρχικών δεδομένων, όπως το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε, οι αποκλίσεις που βρέθηκαν, οι ακρίβειες που επιτεύχθηκαν.
- Να μην είναι άμεσα διαθέσιμα όλα τα πρωτογενή δεδομένα.
- Να συσχετιστούν τα δεδομένα που ψηφιοποιούνται σε μια συγκεκριμένη κλίμακα με δεδομένα διαφορετικής κλίμακας.
- Να χρησιμοποιηθούν δεδομένα για χαρτογραφική απόδοση σε κλίμακα για την οποία δεν προορίζονταν.
- Να υπάρχει επανάληψη δεδομένων σε σύνολα δεδομένων που έχουν διαφορετικές τιμές ή περιγραφές, με αποτέλεσμα να προκύπτουν ασυνέπειες και που μπορεί να είναι δύσκολο να εξαλειφθούν.

2.4.2. Διατήρηση Δεδομένων Μετρήσεων

Για τη διατήρηση των δεδομένων και μεταδεδομένων μετρήσεων και θέσης πρωτοστάτησε η υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς αντιμετώπισε σε πολλές περιπτώσεις το γεγονός όπου χιλιάδες χιλιόμετρα θαλάσσιων σεισμικών δεδομένων να αποδειχθούν ουσιαστικά άχρηστα λόγω της αβεβαιότητας της θέσης τους. Για το λόγο αυτό έγινε απαραίτητη η συστηματική αρχειοθέτηση των πρωτογενών μετρήσεων. Η Ένωση Υπεράκτιων Χειριστών του Ηνωμένου Βασιλείου (OGUK³⁴, παλιότερα UKOOA), ανέπτυξε πρώτη βέλτιστες πρακτικές για τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές των θαλάσσιων ερευνών. Οι μορφότυποι ανταλλαγής δεδομένων θέσης UKOOA P1/90 και P2/94 που χρησιμοποιούντο στη λήψη σεισμικών δεδομένων αντικαταστάθηκαν το 2011 από τα πρότυπα P1/11 και P2/11 που δύναται να χρησιμοποιηθούν σε έρευνες με μικτό περιβάλλον, θάλασσα και ξηρά.

Έχοντας διαπιστώσει ότι υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά στις περισσότερες θαλάσσιες βάσεις δεδομένων που αφορούν στη θέση και το βάθος, δηλαδή μετρήσεις με δεδομένα υδρογραφικής ή βαθυμετρικής σημασίας, κατέστη αναγκαίο να υπάρχει η δυνατότητα συγκέντρωσης των πρωτογενών πληροφοριών μέτρησης, αποθηκευμένων σε κοινούς μορφότυπους, σε εθνικά αλλά πολύ περισσότερο σε διεθνή κέντρα. Για παράδειγμα, τα

³⁴ <https://oilandgasuk.co.uk/>

Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης (NCEI³⁵) της NOAA των ΗΠΑ φιλοξενούν και παρέχουν ελεύθερη πρόσβαση σε ένα από τα πιο σημαντικά αρχεία περιβαλλοντικών δεδομένων στη Γη με πάνω από 70 petabytes ατμοσφαιρικών, παράκτιων, ωκεανών και γεωφυσικών δεδομένων το 2023 (με εκτίμηση για 400 petabytes το 2030).

2.4.3. Αποθετήριο δεδομένων ΙΗΟ για ψηφιακή βαθυμετρία (DCDB)

Ειδικότερα για τη βαθυμετρία, το Data Center για Digital Bathymetry (DCDB³⁶) είναι το αναγνωρισμένο αποθετήριο του ΙΗΟ για όλα τα βαθυμετρικά δεδομένα ωκεανών που συλλέγονται από υδρογραφικά, ωκεανογραφικά και άλλα σκάφη. Το DCDB ιδρύθηκε το 1990 για τη διαχείριση της παγκόσμιας συλλογής βαθυμετρικών δεδομένων. Το NCEI της NOAA (αναφέρεται παλιότερα και ως NGDC) φιλοξενεί το DCDB για λογαριασμό των κρατών μελών της ΙΗΟ. Τα δεδομένα αποστέλλονται στο DCDB για αρχειοθέτηση και διαχείριση. Επίσης το DCDB είναι το κεντρικό αποθετήριο για όλα τα πρωτογενή βαθυμετρικά δεδομένα και όλα τα δεδομένα που συγκεντρώνονται για το έργο Seabed 2030.

Το αποθετήριο αρχειοθετεί και διαμοιράζει ελεύθερα δεδομένα βάθους που συνεισφέρουν οργανισμοί καθώς και ναυτιλλόμενοι ως φυσικά πρόσωπα. Το αρχείο DCDB περιλαμβάνει πάνω από 30 terabytes ωκεάνιων βυθομετρήσεων που αποκτήθηκαν με ηχοβολιστικά συστήματα από υδρογραφικά, ωκεανογραφικά και εμπορικά σκάφη κατά τη διάρκεια ερευνών ή κατά τη πλεύση τους. Το *DCDB Data Viewer* είναι μια εφαρμογή διαδικτύου, η οποία παρουσιάζει την παγκόσμια κάλυψη των συμμετοχών σε βαθυμετρικά δεδομένα, καθώς και τη χωρική τους έκταση που αρχειοθετούνται σε άλλα αποθετήρια μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών.

2.4.4. Συνεισφορά δεδομένων – Πρωτοβουλία Crowdsourced Bathymetry του ΙΗΟ

Επίσης το DCDB αρχειοθετεί και παρέχει πρόσβαση σε δεδομένα που συνεισφέρονται για την υποστήριξη της πρωτοβουλίας βαθυμετρίας πληθοπορισμού (αγγλ. Crowdsourced Bathymetry - CSB) του ΙΗΟ. Είναι ένα έργο συνεργασίας υπό την αιγίδα του ΙΗΟ που επιτρέπει στους ναυτιλλόμενους να συνεισφέρουν συλλεγόμενα βαθυμετρικά δεδομένα. Η λογική της βαθυμετρίας πληθοπορισμού συνίσταται στο ότι η συλλογή μετρήσεων βάθους γίνεται από μη εξειδικευμένα πλοία, χρησιμοποιώντας τυπικά όργανα πλοήγησης, ενώ ασχολούνται με συνήθεις θαλάσσιες δραστηριότητες. Για να υποστηρίξει αυτήν την πρωτοβουλία, το ΙΗΟ DCDB δημιούργησε έναν νέο ιστοχώρο που επιτρέπει στο κοινό να ανεβάζει, να αναζητά και να κατεβάζει δεδομένα CSB μέσω διεπαφής διαδικτύου για την προβολή χαρτών. Το 2015 δημιουργήθηκε μια ομάδα εργασίας που ανέλαβε να αναπτύξει έκδοση του ΙΗΟ που παρουσιάζει την πολιτική του ΙΗΟ και τις βέλτιστες πρακτικές για τη

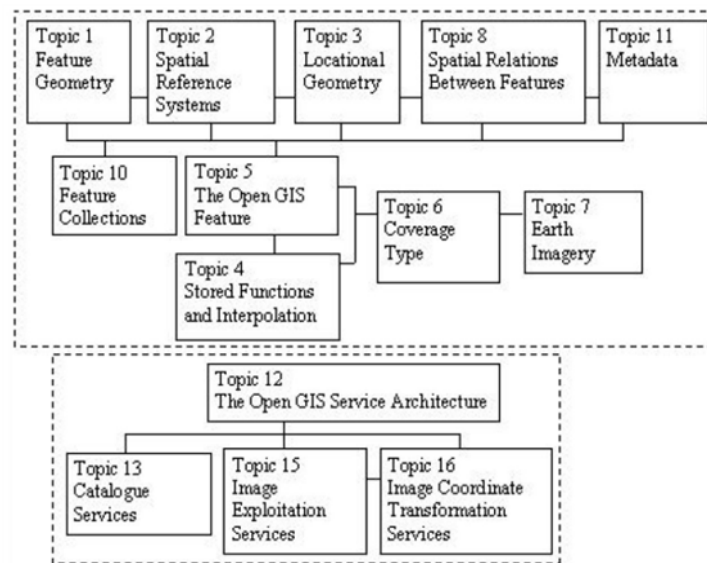
³⁵ <https://www.ncei.noaa.gov/>

³⁶ <https://www.ngdc.noaa.gov/iho/>

συλλογή βαθυμετρικών δεδομένων και τη συμβολή της βαθυμετρίας πληθοπορισμού (B-12, IHO Guidance on Crowdsourced Bathymetry³⁷) (IHO, 2020a).

2.5. Πρότυπα Μεταφοράς Γεωχωρικών Πληροφοριών

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος που επιτρέπει ευκολότερη παγκόσμια χρήση, είναι η προτυποποίησή του. Η γεωχωρική πληροφορία περιλαμβάνει φαινόμενα και οντότητες τα οποία αναφέρονται άμεσα ή έμμεσα σε μια θέση στην επιφάνεια της Γης. Βασικός στόχος της προτυποποίησης (αγγλ. standardization) είναι η δυνατότητα προσπέλασης στη γεωχωρική πληροφορία από διαφορετικούς χρήστες, εφαρμογές και συστήματα, καθώς και από διαφορετικές περιοχές. Αυτό προϋποθέτει ένα τυποποιημένο τρόπο ορισμού και περιγραφής αυτής της πληροφορίας, μια τυποποιημένη μέθοδο δόμησης και κωδικοποίησής της, καθώς και ένα τυποποιημένο τρόπο πρόσβασης, μεταφοράς και ενημέρωσής της, μέσω λειτουργιών επεξεργασίας και επικοινωνίας, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τύπο του υλικού (αγγλ. hardware) και του λειτουργικού συστήματος (αγγλ. software). Με την τυποποίηση καθίσταται δυνατή η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών και συστημάτων, ενώ επιτρέπεται η χρήση διαφορετικών τεχνολογιών και μορφότυπων δεδομένων για την αποθήκευση των γεωγραφικών πληροφοριών στα υπολογιστικά συστήματα.



Εικόνα 2-3. Σχέσεις μεταξύ των θεμάτων της Αφαιρετικής Προδιαγραφής (OGC 2005)

2.5.1. Προδιαγραφές Προτυποποίησης Γεωχωρικών Πληροφοριών

Για την προτυποποίηση της γεωπληροφορίας, το 1994 συστάθηκε η Τεχνική Επιτροπή ISO 211 με τίτλο Geographic Information / Geomatics (ISO / TC211)³⁸. Το αντικείμενο των εργασιών της επιτροπής ήταν να θεσπίσει ένα δομημένο σύνολο προτύπων σχετικά με

³⁷ https://iho.int/uploads/user/pubs/bathy/B_12_Ed2.0.3_2020.pdf

³⁸ ISO/TC 211 - Geographic information/Geomatics, <https://www.iso.org/committee/54904.html>

αντικείμενα ή φαινόμενα που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη θέση στη Γη. Η επιτροπή ξεκίνησε εργασίες για την ανάπτυξη μιας σειράς διεθνών προτύπων σχετικά με τις γεωγραφικές πληροφορίες με την κωδική ονομασία 19100.

Την ίδια περίοδο (1994) ιδρύθηκε το Open Geospatial Consortium (OGC) ως ένας διεθνής οργανισμός, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, που αναπτύσσει ανοικτά πρότυπα για την παγκόσμια γεωχωρική κοινότητα.³⁹ Είναι μια διεθνής κοινοπραξία με πάνω από 520 εταιρείες, κρατικές υπηρεσίες και πανεπιστήμια, όπου τα πρότυπα αναπτύσσονται μέσω μιας διαδικασίας συναίνεσης και είναι ελεύθερα διαθέσιμα για χρήση, με στόχο να βελτιωθεί η κοινή χρήση των παγκόσμιων γεωχωρικών δεδομένων. Τα περισσότερα πρότυπα OGC έχουν ως βάση μια γενικευμένη αρχιτεκτονική που αναφέρεται ως «Αφαιρετική Προδιαγραφή» (αγγλ. Abstract Specification) (Εικόνα 2-3), η οποία περιγράφει ένα βασικό μοντέλο δεδομένων για την ψηφιακή καταγραφή και αναπαράσταση γεωγραφικών πληροφοριών. Με βάση αυτή την αρχιτεκτονική τα μέλη του OGC έχουν αναπτύξει και εξακολουθούν να αναπτύσσουν προδιαγραφές και πρότυπα που εξυπηρετούν ανάγκες διαλειτουργικότητας σε γεωχωρικές τεχνολογίες και συστήματα.

2.5.2. Επίπεδα Διαλειτουργικότητας και Εξειδίκευση Προτύπων

Η προτυποποίηση όπως αναφέρθηκε, αποτελεί προϋπόθεση για τη διαλειτουργικότητα (αγγλ. interoperability) σε όλο το εύρος των δραστηριοτήτων που αφορούν συνδυαστική χρήση πληροφοριών. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας⁴⁰, η διακυβέρνηση της διαλειτουργικότητας αφορά τέσσερις τομείς (Εικόνα 2-4):

- Νομικό
- Οργανωτικό
- Σημασιολογικό
- Τεχνικό



Εικόνα 2-4. Τομείς Διαλειτουργικότητας (EC 2017)

και ανάλογα με τον βαθμό με τον οποίο εμβαθύνουν στην διαλειτουργικότητα των συστημάτων λογισμικού, τα πρότυπα μπορούν να ταξινομηθούν σε τρία επίπεδα:

- Γενικά Πρότυπα (αγγλ. Generic Standards)
- Ειδικά Πρότυπα ως Προφίλ Εφαρμογών (αγγλ. Application Profiles)
- Προδιαγραφές Προϊόντων (αγγλ. Product Specifications)

³⁹<http://www.opengeospatial.org/>

⁴⁰https://ec.europa.eu/isa2/news/new-european-interoperability-framework-coming-soon_en

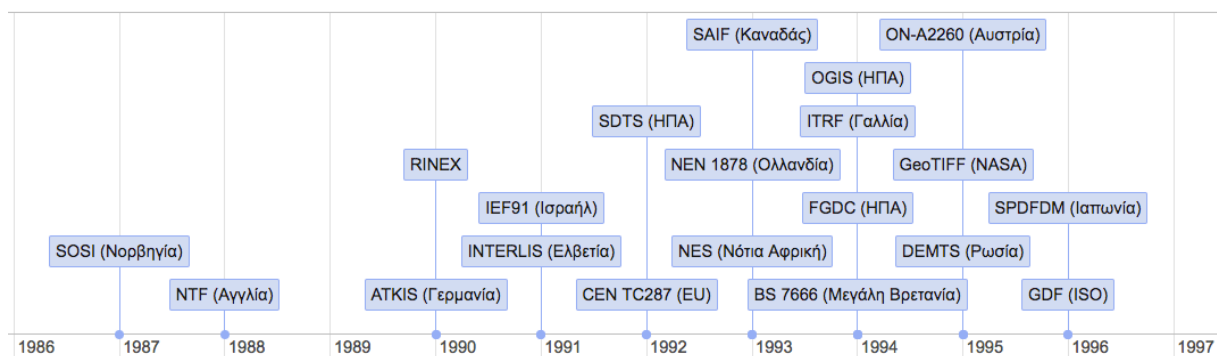
2.5.3. Παράμετροι Προτύπων Γεωχωρικών Πληροφοριών

Το πεδίο εφαρμογής ενός προτύπου μεταφοράς γεωχωρικών πληροφοριών αφορά τον καθορισμό των δομών δεδομένων, τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων, τη χρήση ενιαίας κωδικοποίησης για τη μεταβιβαζόμενη πληροφορία, την ομοιόμορφη τεκμηρίωση της πληροφορίας που αναφέρεται στα δεδομένα (metadata information). Ο σχεδιασμός ενός προτύπου γίνεται σε τρία (3) επίπεδα, το επίπεδο εννοιών (θεωρητική δομή προτύπου), το επίπεδο δομών (λογική δομή προτύπου) και το επίπεδο υλοποίησης (φυσική δομή προτύπου).

Το εννοιολογικό σχήμα ενός προτύπου για γεωγραφικά δεδομένα καλύπτει τη γεωμετρία (σχήμα και θέση αντικειμένων), την τοπολογία (σχέσεις αντικειμένων), τη χαρτογραφική απόδοση (αγγλ. portrayal), τα περιγραφικά δεδομένα (αγγλ. features και attributes) και τα μεταδεδομένα (αγγλ. metadata). Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη καθώς και την εξέλιξη των προτύπων είναι τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως οι Διεθνείς Οργανισμοί και οι Εθνικοί Φορείς, οι κατασκευαστές των πληροφοριακών συστημάτων και οι τελικοί χρήστες.

2.5.4. Χρονολόγιο Ανάπτυξης Προτύπων

Κατά τη δεκαετία του 1990 αναπτύχθηκαν σημαντικά εθνικά και διεθνή πρότυπα για τη μεταφορά των γεωχωρικών δεδομένων (Aalders H, 1998; Knoor H., 2000). Ακολουθεί χρονολόγιο (Εικόνα 2-5) στο οποίο αποτυπώνεται ενδεικτικά η αρχική δημοσίευσή τους σύμφωνα με τις πηγές.



Εικόνα 2-5. Χρονολόγιο Δημοσίευσης Προτύπων Γεωγραφικών Πληροφοριών

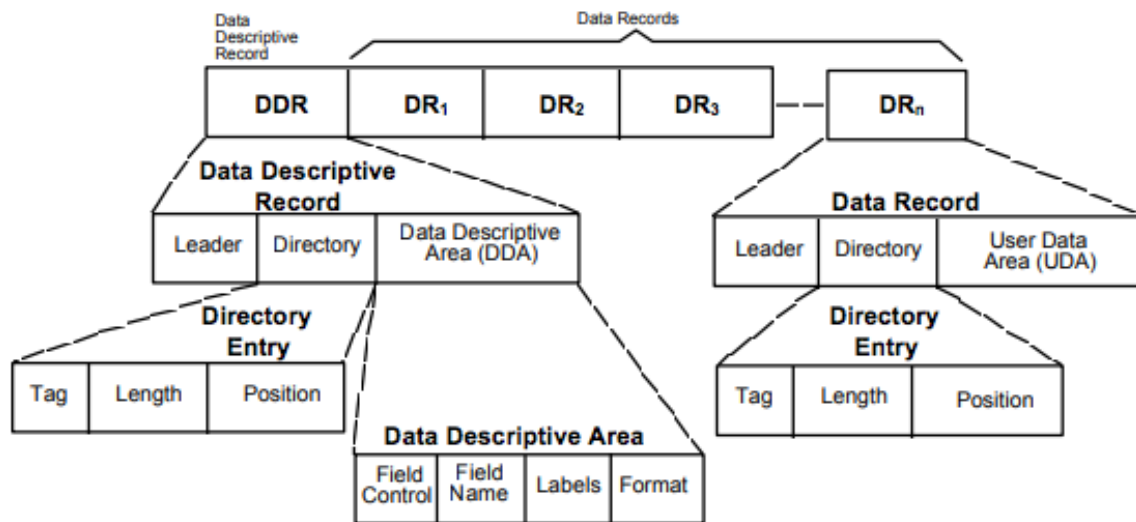
2.5.5. Διεθνή πρότυπα Γεωχωρικών Πληροφοριών

Από το μακρύ κατάλογο των προτύπων, διακρίνονται λόγω της διάδοσής τους και της πληρότητάς τους, τα εξής πρότυπα:

- ISO 8211: Specification for a data descriptive file for information interchange
- DIGEST: Digital Geographic Information Exchange Standard
- ISO 19100: Geographic Information Standards
- IHO S-57: IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data
- IHO S-100: IHO Universal Hydrographic Data Model

- ISO/IEC 8211

Το ISO 8211 είναι ένα αναγνωρισμένο πρότυπο για την κωδικοποίηση ψηφιακών πληροφοριών σε μέσα αποθήκευσης ή για την ηλεκτρονική μετάδοσή τους. Παρέχει ένα τυπικό μέσο για την οργάνωση πληροφοριών σε μια μεταφορά, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει αποδεκτή και να αποκωδικοποιηθεί εύκολα. Ένα αρχείο ISO 8211 καλείται *Data Descriptive File* (DDF) (Εικόνα 2-6). Αποτελείται από δύο τύπους εγγραφών. Το *Data Descriptive Record* (DDR) περιέχει τη δομή και την περιγραφή των δεδομένων. Τα *Data Records* (DRs) περιέχουν τα πραγματικά δεδομένα. Υπάρχει πάντα ένα DDR σε ένα αρχείο και ένα ή περισσότερα DRs.



Εικόνα 2-6. Δομή ISO 8211 Data Descriptive File (SDTS Handbook)

2.6. Προτυποποίηση Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών

Στις αρχές της δεκαετίας του '80, σχεδόν παράλληλα με την ταχεία ανάπτυξη των γεωχωρικών τεχνολογιών ξεκίνησε η ανάπτυξη των Ηλεκτρονικών Ναυτιλιακών Χαρτών (ENC) και των αντίστοιχων συστημάτων εμφάνισής τους. Με μεγάλη έμφαση στην ποιότητα των δεδομένων, λόγω του στόχου της ασφαλούς ναυσιπλοΐας, προσεγγίσθηκε πολύ προσεκτικά από τον IHO η διαδικασία εφαρμογής των ENC.

2.6.1. Επιτροπής Ανταλλαγής Ψηφιακών Δεδομένων (CEDD)

Το πρώτο βήμα ήταν η σύσταση της Επιτροπής για την Ανταλλαγή Ψηφιακών Δεδομένων (CEDD - Committee on the Exchange of Digital Data) το 1985 (Εικόνα 2-7). Η επιτροπή είχε σκοπό να πραγματοποιήσει έρευνα με βάση το τότε υπάρχον λογισμικό για την παραγωγή ENC και τις υπάρχουσες μορφές δεδομένων, να αναλύσει τα διάφορα σύνολα υδρογραφικών δεδομένων και να προτείνει μια τυποποιημένη μορφή ανταλλαγής δεδομένων.

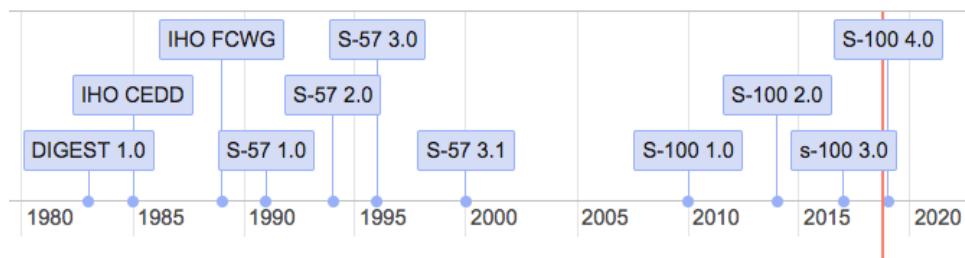
Η επιτροπή CEDD, υπό την προεδρία της Εθνικής Επιτροπής Έρευνας για τον Ωκεανό των Ηνωμένων Πολιτειών (National Ocean Survey), και βασισμένη σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρία της Αμερικανικής Υπηρεσίας Χαρτογράφησης Άμυνας (αγγλ. Defense Mapping Agency, συντ. DMA) και της Καναδικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας (αγγλ. Canadian

Hydrographic Service, συντ. CHS), εργάστηκε για πέντε χρόνια με στόχο την προθεσμία του Μαΐου του 1987. Αρκετές συναντήσεις εκπροσώπων των κρατών μελών πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη και δοκιμάστηκαν μαγνητικές ταινίες με δεδομένα σε υδρογραφικά γραφεία σε όλο τον κόσμο, και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν ενσωματώθηκαν στο τελικό παραδοτέο. Ο επιλεγμένος μορφότυπος ήταν πολύ απλός, χρησιμοποιούσε δεδομένα σημείων, γραμμικά, εμβιά και κειμένου, μαζί με κωδικούς αντικειμένων και τα χαρακτηριστικά στα οποία βασίζονται, αλλά επέκτεινε σημαντικά, τις υφιστάμενες τυποποιημένες λίστες συμβόλων και συντομογραφιών του IHO (Lists of Symbols and Abbreviations) (IHO, 2020c).

Στο 13ο Διεθνές Υδρογραφικό Συνέδριο στο Μονακό τον Μάιο του 1987 παρουσιάστηκε η πρώτη τυποποιημένη μορφή που περιέγραφε τη βασική δομή των δεδομένων και όριζε μια νέα μορφή ανταλλαγής δεδομένων DX-87. Ο IHO ενέκρινε την έκθεση της επιτροπής για την ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων. Η έκθεση περιελάμβανε το μορφότυπο CEDD για τη ανταλλαγή πληροφοριών ναυτικής χαρτογράφησης σε ψηφιακή μορφή μεταξύ των υδρογραφικών γραφείων των κρατών μελών. Η περιγραφή των δομών δεδομένων αναβαθμίστηκε πολύ γρήγορα με τη μορφή προσθήκης ορισμού των τοπολογικών σχέσεων και κωδικών για τον ορισμό αντικειμένων, με αποτέλεσμα μια νέα μορφή ανταλλαγής, DX-90 (Kerr, 1990).

2.6.2. Χρονολόγιο Εξέλιξης Προτύπων Μεταφοράς Δεδομένων

Κατά την ίδια περίοδο που πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη εξέλιξη, ήταν υπό διερεύνηση δύο επιπλέον θέματα σχετικά με τα υδροχωρικά δεδομένα: η έλευση του λεγόμενου «ηλεκτρονικού χάρτη» και η σύνταξη της έκτης έκδοσης του Γενικού Βαθμετρικού Χάρτη των Ωκεανών (GEBCO), ο οποίος παραγόταν, από κοινού από τον IHO και τη Διεθνή Ωκεανογραφική Επιτροπή (IOC). Ο αντίκτυπος του πρώτου ήταν τεράστιος στην υδρογραφική κοινότητα, η οποία μόλις το 1985 ολοκλήρωσε τις διαδικασίες και τους μορφότυπους για την παραγωγή των διεθνών εκδόσεων (αγγλ. INT charts) του προτύπου S-4 των συμβατικών χαρτών σε μεσαίες και μεγάλες κλίμακες. Ειδικότερα για το GEBCO, η μελέτη που έγινε ήταν σε συνέχεια από την επιτυχημένη ολοκλήρωση της πέμπτης έκδοσης, η οποία διατίθετο σε συμβατική μορφή ως βαθμετρικοί χάρτες, και εστίασε στη δυνατότητα παροχής στους μελλοντικούς χρήστες των πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή.



Εικόνα 2-7. Χρονολόγιο εξέλιξης Προτύπων Μεταφοράς Υδροχωρικών Δεδομένων

2.7. Μεταφορά Υδρογραφικών Δεδομένων

Το S-57 είναι το πρότυπο του ΙΗΟ για τη μεταφορά δεδομένων ENC, το οποίο εφαρμόστηκε αποτελεσματικά σε ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης από το τέλος του προηγούμενου αιώνα. Καθώς σχεδιάστηκε τη δεκαετία του '80, έχει περιορισμούς σε σχέση με τις σύγχρονες απαιτήσεις της ναυτιλίας, όπως για παράδειγμα, δεν έχει δυνατότητα χειρισμού δεδομένων χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι περιορισμοί, ο ΙΗΟ ασχολήθηκε στη συνέχεια με την αναθεώρησή του και οι σχετικές εργασίες οδήγησαν στην ανάπτυξη του γενικού προτύπου S-100 που περιλαμβάνει δυνατότητες για πρόσθετο περιεχόμενο και νέους μορφότυπους ανταλλαγής δεδομένων.

2.7.1. Εξέλιξη του Προτύπου S-57

Το πρότυπο μεταφοράς για ψηφιακά υδρογραφικά δεδομένα δημοσιεύθηκε στην ειδική έκδοση (αγγλ. Special Publication) με αριθμό 57 ή S-57. Το πρότυπο ήταν παραδοτέο της Επιτροπής Υδρογραφικών Απαιτήσεων για Πληροφοριακά Συστήματα (Committee on Hydrographic Requirements for Information Systems – CHRIS) και η 1η έκδοση του Προτύπου ανακοινώθηκε στη 14η Διεθνή Υδρογραφική Διάσκεψη στο Μονακό, το 1992. Ο στόχος ήταν η καθιέρωση μιας αποτελεσματικής μεθόδου ανταλλαγής υδρογραφικών δεδομένων και επεκτάθηκε στο πρόβλημα ανάπτυξης ενός συνόλου δεδομένων για την εφαρμογή των επίσημων ENC στα νέα συστήματα ECDIS. Το S-57 1.0 χρησιμοποίησε τη μεθοδολογία εφαρμογής του Διεθνούς Προτύπου ISO 8211.

Η ανάγκη αναβάθμισης της πρώτης έκδοσης του S-57 αποκαλύφθηκε γρήγορα με τη μορφή μιας προδιαγραφής που θα περιγράψει λεπτομερώς όλα τα υδρογραφικά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο, δηλ. τον κατάλογο αντικειμένων (S-57 Παράρτημα Α Κατάλογος Αντικειμένων). Ένα παράδειγμα του καταλόγου αντικειμένων και ιδιοτήτων μπορεί να βρεθεί στο διαδίκτυο⁴¹. Ο κατάλογος αντικειμένων αποτελείται από δύο κεφάλαια και ορίζει τις ιδιότητες των αντικειμένων και των κατηγοριών τους (ορίζονται περίπου 190 ιδιότητες).

Η έκδοση S-57 3.0 εκδόθηκε το Νοέμβριο του 1996. Μία από τις σημαντικότερες καινοτομίες ήταν το σύστημα ενημέρωσης δεδομένων των ENC και της SENC. Το σύστημα αυτό επέτρεψε την απόφαση του ΙΜΟ για δυνατότητα πλοήγησης με χρήση επίσημων δεδομένων ENC σύμφωνα με τη Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας, όπου τα δεδομένα συντηρούνται με χρήση μηχανισμού ενημέρωσης όπως περιγράφεται στο πρότυπο S-57 έκδοση 3.0 (Pais, 1998). Λόγω του μεγάλου αριθμού αλλαγών, αποφασίστηκε το S-57 3.0 να παραμείνει αμετάβλητο για χρονικό διάστημα τεσσάρων (4) ετών, προκειμένου να υπάρχει χρόνος για εφαρμογή από τα Υδρογραφικά Γραφεία και τους κατασκευαστές ECDIS.

Σε αυτή την περίοδο εφαρμογής, τα Υδρογραφικά Γραφεία σημείωσαν επιπρόσθετες ιδιότητες που θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στον Κατάλογο Αντικειμένων και έτσι συμφωνήθηκε να εκδοθεί μια νέα επιμέρους έκδοση S-57 3.1, η οποία θα περιλαμβάνει 38

⁴¹<http://www.s-57.com>

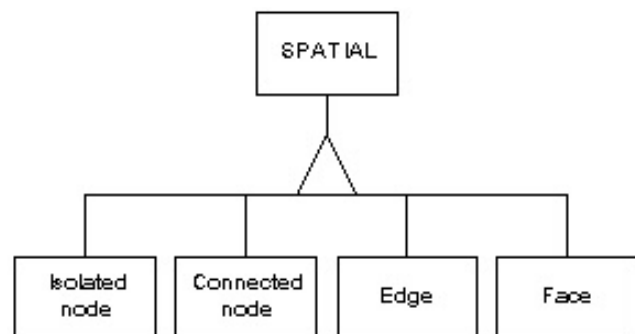
νέες τιμές ιδιοτήτων στον κατάλογο αντικειμένων. Το S-57 3.1 κυκλοφόρησε επίσημα το Νοέμβριο του 2000 και παρέμεινε αμετάβλητο για 2 χρόνια. Εν συνεχεία, ο IHO δημοσίευσε δύο περιορισμένου εύρους αναθεωρήσεις σε συνεργασία με τους κατασκευαστές ECDIS. Η πρώτη εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 2007 (S-57 3.1.1) και η δεύτερη τον Ιούνιο του 2009 (S-57 3.1.2).

2.7.2. Μοντέλο δεδομένων Προτύπου S-57

Το μοντέλο δεδομένων S-57 χαρακτηρίζεται από αντικειμενοστραφή προσέγγιση για τη μοντελοποίηση των υδρογραφικών δεδομένων. Κάθε οντότητα του πραγματικού κόσμου περιγράφεται από ένα αντικείμενο που ανήκει σε μια συγκεκριμένη κλάση. Κάθε αντικείμενο έχει ένα σύνολο ιδιοτήτων που σχετίζονται με αυτό. Υπάρχουν δύο είδη αντικειμένων, τα αντικείμενα οντοτήτων (αγγλ. feature objects) και τα χωρικά αντικείμενα (αγγλ. spatial objects). Τα αντικείμενα οντοτήτων χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ένα πραγματικό φαινόμενο όπως ένας φάρος, ένας σημαντήρας, μια χερσαία έκταση, μια θαλάσσια περιοχή και ούτω καθεξής. Ένα χωρικό αντικείμενο χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει μια θέση στην επιφάνεια της γης όπως ένα σημείο, το οποίο ονομάζεται απομονωμένος κόμβος (αγγλ. isolated node) στο μοντέλο δεδομένων S-57, περιλαμβάνοντας τις συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους.

Κάθε αντικείμενο οντότητας συσχετίζεται με ένα χωρικό αντικείμενο το οποίο υποδεικνύει τη θέση του. Και τα δύο είδη αντικειμένων έχουν επιμέρους ιδιότητες που συνδέονται με αυτά (αγγλ. attributes). Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο σημαντήρα έχει επιμέρους ιδιότητα το χρώμα. Ένα χωρικό αντικείμενο όπως ένας απομονωμένος κόμβος, έχει ιδιότητα την ακρίβεια θέσης. Αυτά τα δύο είδη αντικειμένων είναι τα εννοιολογικά δομικά στοιχεία ενός συνόλου δεδομένων, το οποίο ονομάζεται κυψέλη ή κελί (αγγλ. cell) στο πρότυπο S-57.

Υπάρχουν τέσσερις τύποι χωρικών αντικειμένων (βλ. **Εικόνα 2-8**), οι απομονωμένοι κόμβοι (αγγλ. isolated nodes) και οι συνδεδεμένοι κόμβοι (αγγλ. connected nodes) που αντιπροσωπεύουν σημεία, οι ακμές (αγγλ. edges) που αντιπροσωπεύουν γραμμές και οι επιφάνειες (αγγλ. faces) που αντιπροσωπεύουν περιοχές (IHO, 2000).



Εικόνα 2-8. Αντικείμενα Προτύπου S-57 (IHO 2000)

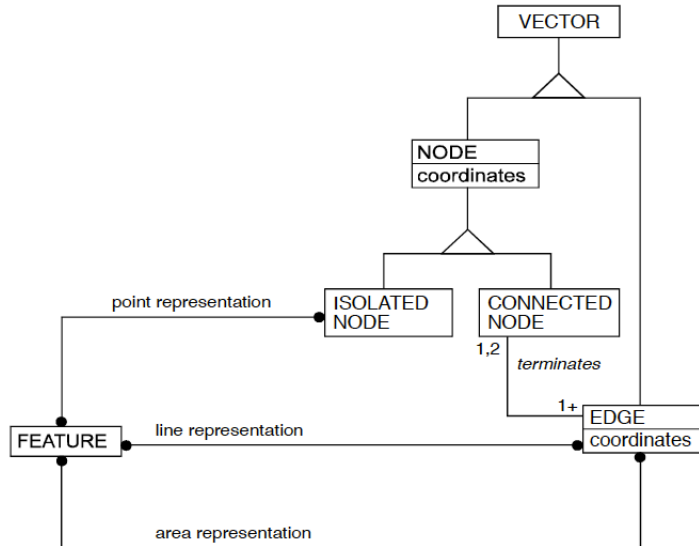
2.7.3. Επίπεδα Τοπολογίας Προτύπου S-57

Υπάρχουν τέσσερα τοπολογικά μοντέλα που ορίζονται στο πρότυπο που χρησιμοποιούν διαφορετικές σχέσεις σε διαφορετικούς τύπους χωρικών αντικειμένων για κωδικοποίηση της γεωμετρίας. Τα επίπεδα τοπολογίας είναι:

- χαρτογραφικό спаγγέτι (αγγλ. cartographic spaghetti)
- τοπολογία αλυσίδας κόμβων (αγγλ. chain-node)

- τοπολογία επίπεδου γράφου (αγγλ. planar graph) και
- πλήρη τοπολογία (αγγλ. full topology)

Κάθε επίπεδο τοπολογίας υποστηρίζει ένα συγκεκριμένο σύνολο χωρικών αντικειμένων. Η προδιαγραφή προϊόντος για τα ENC του προτύπου S-57 ακολουθεί το επίπεδο τοπολογίας 2 (αλυσιδωτός κόμβος) και στην **Εικόνα 2-9** αποτυπώνεται το σχετικό μοντέλο.



Εικόνα 2-9. Τοπολογία Δεδομένων HNX (IHO 2000)

2.7.4. Μορφότυπος Αρχείων S-57

Ο μορφότυπος S-57 μπορεί να αποθηκεύσει τοπολογικές πληροφορίες και ως εκ τούτου συχνά δεν είναι δυνατόν να περιγραφεί η γεωμετρία ως ένα χώρο-αντικείμενο, αλλά η γεωμετρία ενός αντικειμένου οντότητας πρέπει να διασπαστεί σε περισσότερα αντικείμενα με πρόσθετες σχέσεις μεταξύ τους. Στις **Εικόνες 2-10** έως **2-13** αποτυπώνεται η δυαδική μορφή ενός ENC αρχείου, η μετατροπή του σε μορφότυπο GML, μια απλή χαρτογραφική απόδοση σε GIS καθώς και τελική χαρτογραφική απόδοση με εφαρμογή κανόνων χαρτογραφικής απόδοσης με βάση το πρότυπο S-52.

- Η συμπερίληψη του μοντέλου δεδομένων εντός του μορφότυπου περιόριζε την ευελιξία και τη δυνατότητα χρήσης και άλλων μηχανισμών για τη μεταφορά δεδομένων.
- Δεν ήταν ένα σύγχρονο πρότυπο που είναι ευρέως αποδεκτό στον τομέα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Λόγω αυτών και άλλων ελλείψεων, η επιτροπή του ΙΗΟ για τις υδρογραφικές απαιτήσεις σχετικά με τα πληροφοριακά συστήματα (τότε CHRIS, σήμερα HSSC⁴²) είχε προγραμματίσει μια εκ βάθους αναθεώρηση του S-57 ήδη από τον Νοέμβριο του 2000. Με την πάροδο όμως των ετών και τη χρήση του S-57, πολλοί ταυτίστηκαν με την τυπική προδιαγραφή προϊόντος ENC. Αυτή η παρανόηση οδήγησε στο συμπέρασμα πολλών συμμετεχόντων στην κοινότητα ECDIS ότι με την αναθεώρηση του προτύπου θα υπάρξουν ριζικές αλλαγές στους ENC, επηρεάζοντας έτσι την υπάρχουσα παραγωγή. Δεδομένου ότι αυτό δεν ήταν η πρόθεση, ο ΙΗΟ αντικατέστησε το όνομα του σχεδιαζόμενου S-57 4.0 το 2005 σε S-100.

2.8. Χαρτογραφική Απόδοση Αντικειμένων HNX

Παράλληλα με το πρότυπο S-57, ο ΙΗΟ εξέλιξε ένα πρότυπο για την παρουσίαση του περιεχομένου των ENC στα συστήματα ECDIS (Προδιαγραφές για το Περιεχόμενο του Χάρτη και την Απόδοση του σε συστήματα ECDIS) που δημοσιεύτηκε στην ειδική έκδοση με αριθμό 52 ή S-52. Τον Νοέμβριο του 1988 δημιουργήθηκε ομάδα εργασίας για τη συντήρηση χρωμάτων και συμβόλων (Colors and Symbols Maintenance Working Group – CSMWG) και την ανάπτυξη της πρώτης έκδοσης. Μετά από δύο χρόνια έρευνας και δοκιμών τον Ιούνιο του 1990 παρουσιάστηκε το S-52 1.0.

Ο στόχος του S-52 ήταν να συμβάλλει στην ασφαλή λειτουργία των συστημάτων ECDIS με εξασφάλιση μιας βάσης καθώς και συμπληρωματικών επιπέδων απόδοσης για τα δεδομένα ENC, τα πρότυπα συμβόλων, τα χρώματα και την τυποποιημένη συσχέτισή τους με τα αντικείμενα και τις ιδιότητές τους και την κατάλληλη συμβατότητα με τα σύμβολα έντυπων χαρτών όπως τυποποιείται στις προδιαγραφές του ΙΗΟ, διασφαλίζοντας ότι:

- η χαρτογραφική απόδοση είναι ξεκάθαρη,
- δεν υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την έννοια των χρωμάτων και των συμβόλων, καθώς επίσης, την καθιέρωση ενός κοινά αποδεκτού μοντέλου χαρτογραφικής απόδοσης των ναυτικών χαρτών σε συστήματα ECDIS που θα είναι οικείο από τους ναυτιλλόμενους και να μπορεί να αναγνωριστεί αμέσως χωρίς να δημιουργεί σύγχυση.

2.9. Νέα Σειρά Υδροχωρικών Προτύπων

Η ιδέα του Universal Hydrographic Data Model (S-100) προτάθηκε το 2005 και η πρώτη έκδοση ολοκληρώθηκε και δημοσιεύτηκε το 2010. Αρχικά αναπτύχθηκε από την Ομάδα

⁴² <https://iho.int/en/hssc>

Εργασίας “Transfer Standards Maintenance and Applications Development (TSMAD)” του ΙΗΟ με ενεργό συμμετοχή από εκπροσώπους υδρογραφικών υπηρεσιών, βιομηχανία και πανεπιστήμια (Alexander et al., 2007). Το S-100 1.0.0 κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2010 το οποίο υποστηρίζει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα υδρογραφικών πηγών δεδομένων, προϊόντων και χρηστών. Κάθε δημοσίευση που θα κυκλοφορήσει στη συνέχεια θα ακολουθήσει τη σειρά S-1nn, έτσι ώστε η έκδοση μιας νέας προδιαγραφής προϊόντος να ακολουθεί σχετική ονοματολογία, π.χ. S-101 (Ward & Greenslade, 2011). Από το 2015, η ανάπτυξη του S-100 συνεχίστηκε από την ομάδα εργασίας S-100WG και τις επιμέρους ομάδες εργασίας των προδιαγραφών προϊόντων (δηλ. S-101PT κ.ά.).

Το S-100 είναι συμβατό με τα διεθνή χωρικά πρότυπα, ειδικά με τη σειρά γεωγραφικών προτύπων ISO 19100 και επιτρέπει έτσι την ευκολότερη ενσωμάτωση υδροχωρικών δεδομένων σε γεωχωρικές λύσεις. Τα περισσότερα μέρη του S-100 έχουν αναπτυχθεί με αναφορά σε σχετικά πρότυπα της σειράς ISO 19100 και μπορούν να εκληφθούν ως προφίλ των προτύπων αυτών. Επομένως, τα δεδομένα S-100 έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των τυπικών γεωχωρικών πληροφοριών, που παρέχουν βασικές προϋποθέσεις για την ανταλλαγή και τη διαλειτουργικότητα των υδροχωρικών πληροφοριών, τη σύνθεση και επεξεργασία ετερογενών δεδομένων πολλαπλών πηγών για την παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών ηλεκτρονικής πλοήγησης.

Μέσω της θεωρητικής μελέτης του S-100, γίνεται κατανοητή η σύνθεση και λειτουργία του μοντέλου δεδομένων (βλέπε Κεφάλαιο 3). Η «Γλώσσα Εννοιολογικού Σχήματος» (αγγλ. *Concept Schema Language*) και το «Μοντέλο Γενικών Οντοτήτων» (αγγλ. *General Feature Model*) παρέχουν μια ενοποιημένη γλώσσα και κανόνες για την ανάγνωση του μοντέλου δεδομένων, τη χρήση του S-100 και την ανάπτυξη προδιαγραφών προϊόντων δεδομένων συμβατών με το S-100. Το «Γεωμετρικό Σχήμα» (αγγλ. *Geometry Schema*) παρέχει μια τυπική δομή χωρικών δεδομένων, η οποία αποτελεί σημαντική βάση για να διασφαλιστεί ότι οι ναυτικοί χάρτες μπορούν να αναλυθούν χωρικά χρησιμοποιώντας εργαλεία ΣΓΠ. Επίσης, ο κατάλογος οντοτήτων και ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων παρέχουν μια νέα, επεκτάσιμη και ευέλικτη προσέγγιση για παραγωγή, ανάπτυξη, ανταλλαγή και χρήση υδροχωρικών δεδομένων.

2.9.1. Προδιαγραφές Προϊόντων Δεδομένων

Τα πρότυπα προϊόντα δεδομένων που βασίζονται στο S-100 ονομάζονται προδιαγραφές προϊόντων δεδομένων S-100 (Ward et al., 2009). Η Επιτροπή Υδρογραφικών Υπηρεσιών και Προτύπων (Hydrographic Services and Standards Committee - HSSC) του ΙΗΟ προκειμένου να διαχειριστεί την ανάπτυξη προϊόντων με βάση το S-100 και να ελαχιστοποιήσει την επικάλυψη και να ενθαρρύνει τη συνέπεια, εκχώρησε αριθμούς της μορφής S-XXX για την ανάπτυξη προϊόντων που εξαρτώνται από το S-100, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2-1**. Τα προϊόντα δεδομένων σχεδιάζονται για να καλύψουν το σύνολο των πληροφοριών ασφαλείας που απαιτούνται για τη θαλάσσια πλοήγηση. Με την υπέρθεση προϊόντων δεδομένων S-100 σε υπόβαθρο S-101 ENC, μπορούν να πραγματοποιηθούν πιο πολύπλοκες λειτουργίες ασφαλούς πλοήγησης από τους χρήστες, το οποίο είναι η κύρια απαίτηση λειτουργίας των προδιαγραφών προϊόντων δεδομένων S-100 (Astle & Schwarzberg, 2013).

Λόγω της εγγενούς δυνατότητας επέκτασης χρήσης του S-100 σε διάφορες δραστηριότητες στο θαλάσσιο χώρο, το μητρώο γεωχωρικών πληροφοριών S-100 (S-99) (IHO, 2012b) δεν περιορίζεται πλέον σε δεδομένα από υδρογραφικές έρευνες, αλλά περιλαμβάνει πολλαπλά πεδία που σχετίζονται με τη θάλασσα όπως ναυτιλιακά βοηθήματα, μετεωρολογία, ύδατα στην ενδοχώρα κ.ά. Ο IHO έχει ορίσει συγκεκριμένο εύρος κωδικών προϊόντων δεδομένων για κάθε τομέα, όπως S-1XX για τον τομέα υδρογραφικής έρευνας και S-2XX για τον τομέα ναυτιλιακών βοηθημάτων που εποπτεύει η Διεθνή Ένωση Φαρικών Αρχών (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities – IALA), κ.λπ.

Πίνακας 2-1. Προδιαγραφές Προϊόντων S-100 (έως το 2022)

Κωδικός Προδιαγραφής	Αρμόδια Αρχή	
S-101 Electronic Nautical Chart (ENC)	International Hydrographic Organization (IHO) (S-101–S-199)	
S-102 Bathymetric Surface		
S-103 Sub-surface Navigation		
S-104 Water Level Information for Surface Navigation		
S-111 Surface Currents		
S-121 Maritime Limits and Boundaries		
S-122 Marine Protected Areas		
S-123 Radio Services		
S-124 Navigational Warnings		
S-125 Navigational Services		
S-126 Physical Environment		
S-127 Marine Traffic Management		
S-128 Catalogues of Nautical Products		
S-129 Under Keel Clearance Management (UKCM)		
S-201 Aids to Navigation Information	International Association of Light Authorities (IALA) (S-201–S-299)	
S-210 Inter-VTS Exchange Format		
S-211 Port Call Message Format		
S-230 Application Specific Messages		
S-240 DGNSS Station Almanac		
S-245 eLoran ASF Data		
S-246 eLoran Station Almanac		
S-247 Differential eLoran Reference Station Almanac		
S-401 IEHG Inland ENC		Inland ENC Harmonization Group (IEHG) (S-401–S-402)
S-402 IEHG Bathymetric Inland ENC		
S-411 JCOMM Ice Information		
S-412 JCOMM Weather Overlay		

S-421 Route Exchange	Tech. Commission for Oceanography and Marine Meteorology (WMO/IOC) (S-411–S412)
S-501 Additional Military Layers	International Electrotechnical Commission / IEC TC80 NATO Geospatial Maritime Working Group (GMWG) (S-501–525)

Τα σύνολα δεδομένων που συμμορφώνονται με προδιαγραφές προϊόντων δεδομένων S-100 ονομάζονται προϊόντα δεδομένων S-100, τα οποία αποτελούνται από:

- σύνολα δεδομένων (datasets),
- κατάλογο οντοτήτων (features catalogue),
- κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης (portrayal catalogue, δεν είναι υποχρεωτικό),
- και άλλα αρχεία (support files, δεν είναι υποχρεωτικά),

οι δε πάροχοι των προϊόντων πρέπει να παραδίδουν όλα τα παραπάνω στους τελικούς χρήστες. Οι προδιαγραφές προϊόντος S-101 Electronic Navigational Chart (Ηλεκτρονικού Ναυτιλιακού Χάρτη) και S-102 Bathymetric Surface (Βαθυμετρική Επιφάνεια) είναι οι δύο πρώτες που αναπτύχθηκαν.

2.9.2. S-101 Πρότυπο Ηλεκτρονικού Ναυτικού Χάρτη

Το S-101 έρχεται ουσιαστικά να αντικαταστήσει το πρότυπο S-57. Η πρόεδρος της Ομάδας Εργασίας S100WG του IHO δημοσίευσε ένα αναλυτικό άρθρο ως εισαγωγή στις προδιαγραφές του νέου προϊόντος (Powell, 2011). Το S-101 εισάγει νέες έννοιες, όπως κατάλογος οντοτήτων και χαρτογραφικής απόδοσης αυτών, σύνθετες ιδιότητες οντοτήτων, σύνθετους τύπους γεωμετρίας και τύπους πληροφοριών. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν στο S-101 να υποστηρίζει δυναμικό περιεχόμενο ENC, επιτρέποντας την έξυπνη ολοκληρωμένη πλοήγηση στα συστήματα ECDIS με υπέρθεση στην οθόνη δεδομένων από άλλα προϊόντα S-100. Η πρώτη έκδοση των προδιαγραφών προϊόντος S-101 κυκλοφόρησε το 2018 για δοκιμαστικούς σκοπούς.

2.9.3. S-102 Πρότυπο Βαθυμετρικών Επιφανειών

Με την έλευση της ηλεκτρονικής πλοήγησης και των τεχνολογικών εξελίξεων στα συστήματα μέτρησης, η χρήση βαθυμετρίας υψηλής ανάλυσης (αγγλ. high-resolution bathymetry) έχει καταστεί απαραίτητη για την ενίσχυση δυνατοτήτων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την θάλασσα. Η παροχή και χρήση ανάλογων δεδομένων σε τυποποιημένη μορφή είναι απαραίτητη για την πλοήγηση με ακρίβεια και αποτελεί σημαντική βάση για πολλές άλλες θαλάσσιες εφαρμογές. Το προϊόν βαθυμετρικών επιφανειών S-102 αποτελείται ουσιαστικά από δεδομένα πλέγματος που αναπτύχθηκαν με βάση το S-100.

Ένα προϊόν βαθυμετρικής επιφάνειας S-102 είναι ένα ψηφιακό βαθυμετρικό μοντέλο (ΨΜΒ), το οποίο αντιπροσωπεύει το βυθό σε δομή πλέγματος (grid). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο επίπεδο σε σύστημα πλοήγησης ή ως αυτόνομο προϊόν. Η

πρώτη έκδοση των προδιαγραφών προϊόντος S-102 κυκλοφόρησε το 2012 και η έκδοση 2.0.0 το 2019. Η μορφή κωδικοποίησης είναι η HDF5 και ενώ είναι καλά δομημένη, εξακολουθούν να γίνονται περαιτέρω έρευνες και δοκιμές.

2.10. Υπηρεσίες Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης

Πρόσφατα (τέλη 2022) η υποεπιτροπή Πλοήγησης, Επικοινωνιών - Έρευνας και Διάσωσης (Navigation, Communications and Search and Rescue - NCSR) της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (Maritime Safety Committee - MSC) του IMO ολοκλήρωσε τις αναθεωρήσεις των προτύπων απόδοσης ECDIS που περιέχονται στο ψήφισμα MSC.232(82) του 2006, εισάγοντας ενημερώσεις για την αναγνώριση νέων τεχνολογιών και των προτύπων της σειράς S-100. Έγιναν αναθεωρήσεις ώστε να συμπεριληφθεί ορολογία που αναγνωρίζει τις Υπηρεσίες Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης (αγγλ. *Electronic Navigational Data Services*, συντ. ENDS), και σε αντικατάσταση του όρου SENC, ως βάσης δεδομένων ειδικού σκοπού ναυτικών πληροφοριών, καθώς και να ενσωματωθούν αναφορές στα πιο πρόσφατα πρότυπα του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) για δεδομένα ηλεκτρονικής πλοήγησης. Η λειτουργικότητα πολλαπλών επιπέδων δεδομένων πλοήγησης συμπεριλήφθηκε μέσω της εισαγωγής του όρου ENDS και το βασικό επίπεδο (υπόβαθρο) θα είναι ο Ηλεκτρονικός Ναυτιλιακός Χάρτης S-101.

2.10.1. Αυτοματοποίηση διαδικασιών ενός πλου

Η προσπάθεια που καταβάλλεται για ένα σχέδιο πλου ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την διαδρομή πλεύσης, και σε κάποιες περιπτώσεις δύναται να είναι μια χρονοβόρα χειροκίνητη διαδικασία, αν πρέπει να συγκεντρωθούν πληροφορίες από πολλές πηγές που δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμες. Η έννοια της ηλεκτρονικής πλοήγησης στοχεύει στη βελτίωση της συνδεσιμότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και ενδιαφερομένων, επιτρέποντας νέους τύπους υπηρεσιών και διάδοση πληροφοριών σε όλους τους ναυτιλιακούς φορείς. Επιτρέπει στους ναυτιλλόμενους να λαμβάνουν τις σχετικές πληροφορίες εγκαίρως και συχνά αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται να αναζητούν τις πληροφορίες. Επίσης, εξετάζει την αυτόματη ανταλλαγή πληροφοριών από πλοίο σε πλοίο (Viljanen, 2020).

Το λογισμικό προγραμματισμού πλου που υποστηρίζεται από τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να βοηθήσει στο έργο του υπεύθυνου σχεδιασμού του πλου. Στο εγγύς μέλλον, με τους ρυθμούς που εξελίσσεται η τεχνολογία και η διαλειτουργικότητα των συστημάτων, θα είναι δυνατή η πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες από ένα μόνο σύστημα. Με τον τρόπο αυτό ο χρόνος που αφιερώνεται σε στάδια αξιολόγησης και προγραμματισμού θα μειωθεί σημαντικά και το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας θα μπορούσε να γίνεται από το Κέντρο Επιχειρήσεων Στόλου (KEPIX, αγγλ. Fleet Operations Center) στη στεριά αφήνοντας στους αξιωματικούς του πλοίου περισσότερο χρόνο για εργασίες προστιθέμενης αξίας. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται και τα αυτόνομα σκάφη και η επαυξημένη πραγματικότητα δύναται να αποτελούν το μέλλον στη ναυτιλία, ο σχεδιασμός πλου από τη στεριά θα γίνεται σταδιακά πραγματικότητα (Contarinis & Nakos, 2018).

Σύμφωνα με εμπειρία από πρόσφατα ερευνητικά προγράμματα η αναδυόμενη τεχνολογία αναμένεται να μετασχηματίσει τα στάδια της διαδικασίας ενός πλου στο εγγύς μέλλον

(Hetland, 2019). Η ηλεκτρονική πλοήγηση έχει ήδη αρχίσει να βελτιώνει την απόδοση των διαδικασιών και θα έχει ως αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση χρόνου για τους πλοηγούς κατά την προετοιμασία των ναύλων, που σημαίνει αυξημένη αποδοτικότητα και κατά συνέπεια εξοικονόμηση κόστους. Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία ενός πλου αφορά τέσσερα στάδια:

- Στάδιο αξιολόγησης πληροφοριών

Το πρώτο βήμα, γνωστό ως στάδιο αξιολόγησης, είναι η συλλογή όλων των σχετικών πληροφοριών για το επερχόμενο ταξίδι. Ο ναυτιλλόμενος πρέπει να εξετάσει ποιες πληροφορίες είναι σχετικές και πού να τις βρει. Αυτό απαιτεί πολύ χρόνο, καθώς υπάρχει τεράστιος αριθμός πληροφοριών και πόρων που διατίθενται σε διάφορα βιβλία και εκδόσεις. Η πρόκληση της συλλογής όλων των σχετικών ναυτικών πληροφοριών από πολλές διαφορετικές πηγές μπορεί να είναι περίπλοκη και χρονοβόρα. Επιπλέον, ο ναυτιλλόμενος πρέπει να βεβαιωθεί ότι όλα τα δεδομένα είναι ενημερωμένα. Άλλη σημαντική παράμετρος είναι να γνωρίζει πως να χρησιμοποιεί αυτούς τους πόρους και να κατανοεί πώς να ερμηνεύονται και να εφαρμόζονται οι πληροφορίες με τον σωστό τρόπο. Η ψηφιοποίηση έχει ήδη αρχίσει να βελτιώνει την κατάσταση, και οι πληροφορίες δύνανται να είναι ψηφιακές και διαθέσιμες κατά παραγγελία. Οι ενημερώσεις θα είναι απρόσκοπτες και αυτόματες, μετατρέποντας το στάδιο αξιολόγησης από μια χειροκίνητη και χρονοβόρα εργασία σε μια ασφαλέστερη, ευκολότερη και αυτοματοποιημένη διαδικασία.

- Στάδιο σχεδιασμού

Κατά την έναρξη του σταδίου σχεδιασμού, ο ναυτιλλόμενος συνήθως χρησιμοποιεί ένα φύλλο του λογισμικού Excel για να προετοιμάσει με μη αυτόματο τρόπο ένα λεπτομερές σχέδιο για το ταξίδι. Καθώς πρέπει να συμπληρωθούν πολλές πληροφορίες για κάθε σημείο της διαδρομής, όπως γεωγραφικό πλάτος και μήκος, απόσταση της καρίνας από τον βυθό (αγγλ. Under Keel Clearance - συντ. UKC), διόρθωση θέσης, αλλαγές πορείας και ταχύτητας, ρυθμό στροφής, ENCs, παλιρροιακά δεδομένα, προειδοποιήσεις πλοήγησης στη θαλάσσια περιοχή (αγγλ. NavArea Warnings), NAVTEX και πολλά άλλα, η διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα.

Με την αυτόματη καταγραφή και υπολογισμούς ναυτικών πληροφοριών, η τεχνολογία ηλεκτρονικής πλοήγησης θα καταστήσει το στάδιο του σχεδιασμού πιο αποτελεσματικό, ακριβές και ασφαλέστερο. Όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες θα συμπληρώνονται αυτόματα για κάθε σημείο, και οι ψηφιακοί έλεγχοι ασφαλείας θα διασφαλίζουν την ασφάλεια του πλοίου και του πληρώματος αναλύοντας τη διαδρομή και συγκρίνοντας τα δεδομένα πλοήγησης με το βύθισμα, καθώς και άλλες προδιαγραφές του σκάφους, όπως το πλάτος του. Στο εγγύς μέλλον αναμένεται ότι το στάδιο σχεδιασμού θα είναι μια πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία. Καθώς η τεχνολογία βελτιστοποίησης διαδρομής ωριμάζει, το μόνο που πρέπει να κάνει ο ναυτιλλόμενος είναι να εισάγει στο σύστημα τον προορισμό και να δημιουργηθεί άμεσα ένα πλήρες σχέδιο για το ταξίδι. Η ηλεκτρονική πλοήγηση θα οδηγήσει σε σημαντικά πλεονεκτήματα για τις ναυτιλιακές εταιρείες, καθώς θα απλοποιήσει και θα βελτιώσει τη διαδικασία δημιουργίας ασφαλούς, συμμορφούμενης και ακριβούς τεκμηρίωσης του σχεδίου πλου.

- Στάδιο εκτέλεσης

Κατά την εκτέλεση ενός πλου, οι αναφορές προς αρχές και λιμεναρχεία παραμένουν ένα σημαντικό διοικητικό βάρος για τους αξιωματικούς του πλοίου. Υπάρχουν δεκάδες διαφορετικές αναφορές που χρειάζεται να υποβάλει ένα πλοίο σε ένα ταξίδι, πολλές από τις οποίες περιέχουν ίδιες πληροφορίες. Το ερευνητικό έργο SESAME-2⁴³, διερεύνησε την έννοια των πυλών Single Window, που σημαίνει ότι οι ναυτιλλόμενοι να μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια ενιαία πύλη για να υποβάλουν όλα τα έγγραφά τους για ενημέρωση λιμένων και αρχών. Το έργο επεδίωξε να αναπτύξει ένα σύστημα που θα επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ συστημάτων χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης. Με άλλα λόγια, μια αυτόματη αναφορά πλοίων που θα εξοικονομήσει πολύτιμο χρόνο στους αξιωματικούς της γέφυρας.

Στο μέλλον, υπάρχει επίσης μεγάλη δυνατότητα χρήσης της επαυξημένης πραγματικότητας (αγγλ. Augmented Reality - AR) για την ενίσχυση της επίγνωσης της κατάστασης από τους πλοηγούς, εμφανίζοντας πληροφορίες από το ECDIS και άλλα συστήματα πληροφοριών απευθείας στο οπτικό τους πεδίο. Παραδείγματα τέτοιων πληροφοριών θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν ταχύτητα, πληροφορίες παλίρροιας, σημαντήρες, δεδομένα καιρού, οδηγίες για την είσοδο σε μεγάλες λιμάνια και χρήση καυσίμων. Σε καταστάσεις όπου ο καιρός είναι ομιχλώδης, θα δίνεται η δυνατότητα στους πλοηγούς να κοιτούν μπροστά, με πληροφορίες που θα τους κρατούν ενημερωμένους για τη διαδρομή, θαλάσσια κίνηση, απόσταση από τη στεριά, βάθος, κινδύνους πλοήγησης, κ.ά.

- Στάδιο παρακολούθησης

Όταν ο πλους βρίσκεται σε εξέλιξη, ο ναυτιλλόμενος είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση της ασφάλειας. Ανεξάρτητα από το πόσες ώρες ένας ναυτιλλόμενος παρακολουθεί προσεκτικά αξιολογώντας όλες τις δυνατές πληροφορίες, υπάρχει πάντα η πιθανότητα οι συνθήκες να αλλάξουν. Οι απροσδόκητες καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν θα μπορούσαν να είναι ξαφνικές αλλαγές στον καιρό, ατυχήματα, μετατόπιση φορτίου, ασθένεια, τραυματισμοί ή απροσδόκητες τεχνικές δυσκολίες που απαιτούν αλλαγή διαδρομής ή αναζήτηση για λιμάνι καταφυγής. Με καλύτερη συνδεσιμότητα μεταξύ πλοίου και των επίγειων σταθμών είναι δυνατό για τα ΚΕΠΙΧ να βοηθήσουν το πλοίο σε περίπτωση που προκύψουν απροσδόκητες καταστάσεις. Με την υποστήριξη μιας χερσαίας ομάδας, οι ναυτιλιακές εταιρείες θα έχουν καλύτερη παρακολούθηση της προόδου του πλοίου κατά την προκαθορισμένη διαδρομή, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερο έλεγχο και αυξημένη ασφάλεια.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός των ΚΕΠΙΧ είναι επίσης ένα από τα βήματα προς τα αυτόνομα πλοία. Κατά τη διάρκεια του ευρωπαϊκού προγράμματος ENABLE-S3⁴⁴, διερευνήθηκε η έννοια των «γεφυρών με βάση τη στεριά» και εξετάστηκε η εγκυρότητα του

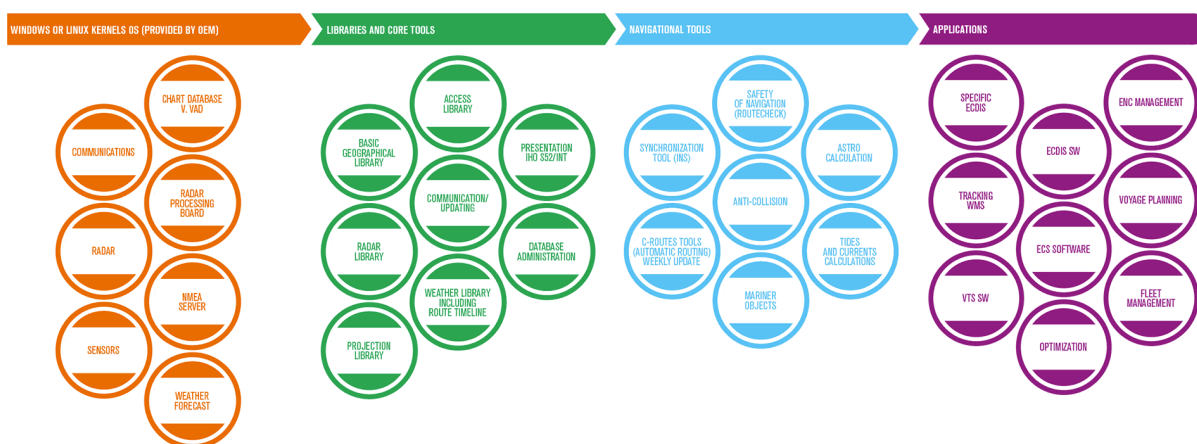
⁴³ <https://sesamesolution2.org/>

⁴⁴ European Initiative to Enable Validation for Highly Automated Safe and Secure Systems (ENABLE-S3) <https://enable-s3.eu/>

λογισμικού μιας έννοιας απομακρυσμένης γέφυρας. Το έργο βασίστηκε στη συνεχή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ σκαφών και στεριάς, και διερεύνησε τη δυνατότητα μεταφοράς βασικών λειτουργιών πλοήγησης από το πλήρωμα του πλοίου σε ομάδες που βρίσκονται στο ναυτιλιακό γραφείο. Με άλλα λόγια, στο μέλλον οι χερσαίοι χειριστές θα μπορούν να πλοηγούν πλοία στη θάλασσα.

2.10.2. Εφαρμογοκεντρική Προσέγγιση (App centric & Service Oriented)

Η μετάβαση της βιομηχανίας ηλεκτρονικών για τη ναυσιπλοΐα από μια προσέγγιση που βασίζεται στο ολοκληρωμένο σύστημα σε μια προσέγγιση που βασίζεται στην ανάπτυξη ειδικών εφαρμογών (Bergmann, 2015) και υπηρεσιών αποτελεί μια σχετική επανάσταση στην ανάπτυξη λογισμικού για τη ναυτιλία και επιτρέπει την ταχύτερη καινοτομία (Εικόνα 2-14).



Εικόνα 2-14. Η εφαρμογοκεντρική προσέγγιση⁴⁵

Η ιδέα για τα συστήματα πλοήγησης που υποστήριζαν μέχρι πρόσφατα τη ναυσιπλοΐα επί των πλοίων ήταν κατασκευασμένα με τη λογική πως το σύστημα είναι μονολιθικό, έχει δηλαδή αναπτυχθεί, δοκιμαστεί, εγκριθεί, εγκατασταθεί και από τότε χρησιμοποιείται με χωρίς ή λίγες τροποποιήσεις. Εξετάζοντας άλλες βιομηχανίες, έχει καθιερωθεί ένα καθεστώς λειτουργίας λογισμικού και συστημάτων που επιτρέπει ταχύτερες ενημερώσεις. Ειδικότερα, η ανάπτυξη συστημάτων πληροφορικής κινείται περισσότερο προς την αρθρωτή προσέγγιση, ενσωματώνοντας μεμονωμένα στοιχεία για ευκολότερη εφαρμογή και παράδοση με περιορισμένο αντίκτυπο σε όλο το σύστημα. Αυτή η έννοια αναφέρεται συχνά ως «εφαρμογοκεντρική» (αγγλ. app centric). Η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής ναυσιπλοΐας (αγγλ. e-navigation) αναζητά τρόπους βελτίωσης της λειτουργίας διασφαλίζοντας παράλληλα τη σταθερότητα του συστήματος για τα στοιχεία πλοήγησης που χρησιμοποιεί ο ναυτιλλόμενος στη γέφυρα. Κύρια πτυχή της υιοθέτησης των νέων συστημάτων θα είναι η ικανότητα μετατροπής δεδομένων σε πληροφορίες σε κάθε δεδομένη

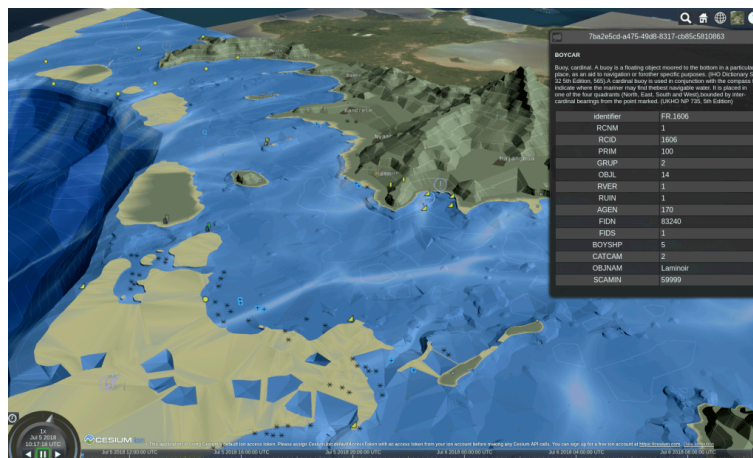
⁴⁵<http://www.e-navigation.com/News/the-app-centric-approach> (accessed 31.01.2018)

κατάσταση, δημιουργώντας γνώση για βέλτιστες αποφάσεις αυξάνοντας τις δυνατότητες του ναυτιλλόμενου (Bergmann, 2015).

Η πρωτοβουλία e-Navigation επικεντρώνεται περισσότερο σε εφαρμογές και υπηρεσίες που βασίζονται σε εκτενή ανταλλαγή δεδομένων. Η ολοκλήρωση των συστημάτων γέφυρας μαζί με ταχύτερους ρυθμούς δεδομένων και ένας αυξανόμενος αριθμός αισθητήρων θα αυξήσουν τη συνδεσιμότητα του πλοίου. Τα μεγαλύτερα κανάλια εύρους ζώνης στη σύνδεση σταθμού στεριάς με τα πλοία θα επιτρέψουν την πιο εκτεταμένη ανταλλαγή δεδομένων, η οποία με τη σειρά της θα βελτιώσει τη διαχείριση των πλοίων και των στόλων καθώς και τη βελτιστοποίηση του πλου σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, τα αυξημένα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο θα συμβάλουν στη βελτίωση των λειτουργιών.

- Τρισδιάστατη Χαρτογραφική απόδοση (3D)

Οι αυξανόμενες δυνατότητες των προγραμμάτων περιήγησης διαδικτύου (αγγλ. web browsers) και η αυξανόμενη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript και των frameworks που έχουν αναπτυχθεί για δυναμικές λειτουργίες έχουν αντίκτυπο στην ανάπτυξη συστημάτων GIS που βασίζονται στο διαδίκτυο. Ενώ στις παραδοσιακές εφαρμογές Web GIS η συσκευή του τελικού χρήστη ασχολείται με τη δημιουργία μοντέλων αναπαράστασης, οι σύγχρονες γεωγραφικά ενεργοποιημένες βιβλιοθήκες JavaScript, για παράδειγμα Cesium, Leaflet, NASA Web World Wind, OpenLayers έχουν εκτεταμένες δυνατότητες, καθιστώντας τις ικανές να κάνουν εκτεταμένες εργασίες, όπως, πολύπλοκες γεωγραφικές αναλύσεις (Farkas, 2017).



Εικόνα 2-15. Τρισδιάστατη χαρτογραφική απόδοση ENC χάρτη με Cesium JS (Sorel, 2018).

Η τρισδιάστατη χαρτογραφική απόδοση των ENC δύναται να γίνει με τη βιβλιοθήκη Cesium (Sorel, 2018) (Εικόνα 2-15), μια JavaScript βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα για τρισδιάστατες (3D) εικονικές σφαίρες και χάρτες. Μια εικονική σφαίρα είναι ένα τρισδιάστατο (3D) μοντέλο λογισμικού για την αναπαράσταση της γης ή κάποιου άλλου πλανήτη. Μια εικονική σφαίρα παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα ελεύθερης κίνησης στο εικονικό περιβάλλον, αλλάζοντας τη γωνία και τη θέση προβολής. Σε σύγκριση με μια συμβατική σφαίρα, οι εικονικές σφαίρες έχουν την πρόσθετη ικανότητα να αναπαραστήσουν πολλές διαφορετικές όψεις στην επιφάνεια της Γης. Αυτές οι όψεις μπορεί

να είναι γεωγραφικά φυσικά χαρακτηριστικά, όπως δρόμοι ή αφαιρετικές παραστάσεις δημογραφικών μεγεθών όπως πληθυσμός, κ.ά.

- **Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality)**

Στο παρελθόν πολλά ναυτικά ατυχήματα προκλήθηκαν από ανθρώπινα σφάλματα, όπως είναι η ανεπαρκής παρακολούθηση ή λάθη στο χειρισμό των πλοίων. Τα συστήματα πλοήγησης περιλαμβάνουν τεχνολογίες πληροφορικής για την παροχή διαφόρων ειδών πληροφοριών για ασφαλή πλοήγηση. Παρά τις προσπάθειες αυτές, δεν σημειώθηκε στον αναμενόμενο βαθμό μείωση των θαλάσσιων ατυχημάτων, επειδή τα συστήματα πλοήγησης παρέχουν πάρα πολλές πληροφορίες οι οποίες δεν είναι καλά οργανωμένες.

Η δυνατότητα επιλεκτικής απόδοσης πληροφοριών πλοήγησης είναι πιο σημαντική από την ποσότητα των πληροφοριών που διατίθενται και απαιτείται έρευνα ώστε να καταστεί κατανοητό ποιες είναι οι κατάλληλες πληροφορίες, ώστε να επιτραπεί ορθή και έγκαιρη λήψη αποφάσεων. Τεχνολογίες Augmented Reality (AR) δύνανται να υιοθετούνται για την απόδοση των πληροφοριών, καθώς το AR είναι τεχνολογία που συνδυάζει αποτελεσματικά εικονική πραγματικότητα γύρω από τον πραγματικό κόσμο.



Εικόνα 2-16. Το Ulstein Bridge Vision (Luras, 2016).

Η τεχνολογία AR έχει ξεκινήσει να χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, καθώς μπορεί να παρέχει πληροφορίες πιο αποτελεσματικά στους χρήστες (Luras, 2016). Για παράδειγμα η εταιρεία Ulstein σχεδιάζει συστήματα πλοήγησης βασισμένα στην τεχνολογία AR όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2-16**.

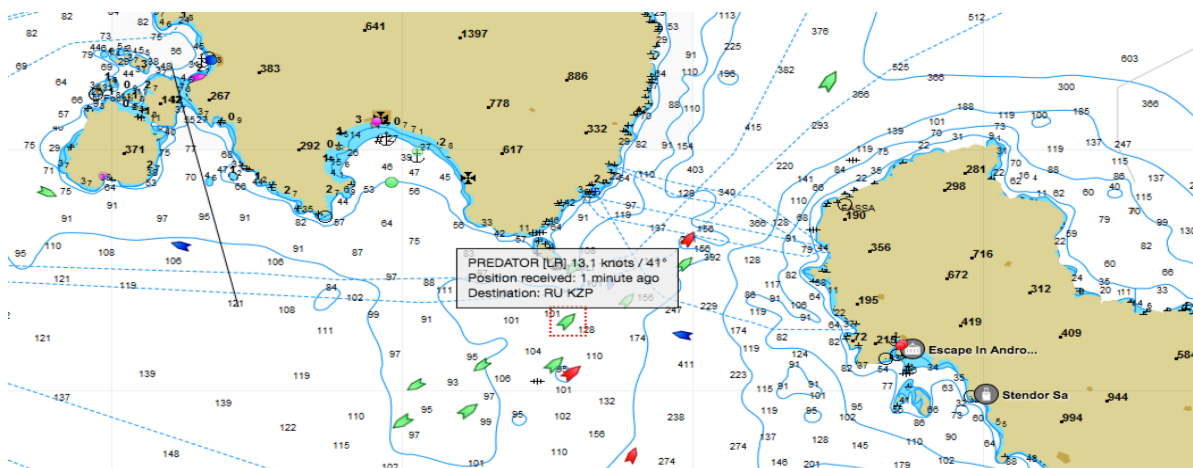
- **Χαρτογραφική απόδοση πληροφοριών ταυτοποίησης πλοίων AIS σε συστήματα HNX**

Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση κρίσεων στον θαλάσσιο χώρο όπως, ναυτικά ατυχήματα, διαδικασίες έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα (αγγλ. Search and Rescue - SAR), πειρατεία, τρομοκρατία, παράνομη διακίνηση όπλων κλπ., απαιτείται η συστηματική παρακολούθηση και ανάλυση της ναυτιλιακής κυκλοφορίας στις θαλάσσιες περιοχές των κρίσεων με την υποτύπωση των πληροφοριών των συστημάτων AIS στα συστήματα ECDIS.

Το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης Πλοίων AIS (Automatic Identification System) είναι ένα πληροφοριακό και τηλεπικοινωνιακό σύστημα, το οποίο με τη χρήση σύγχρονων

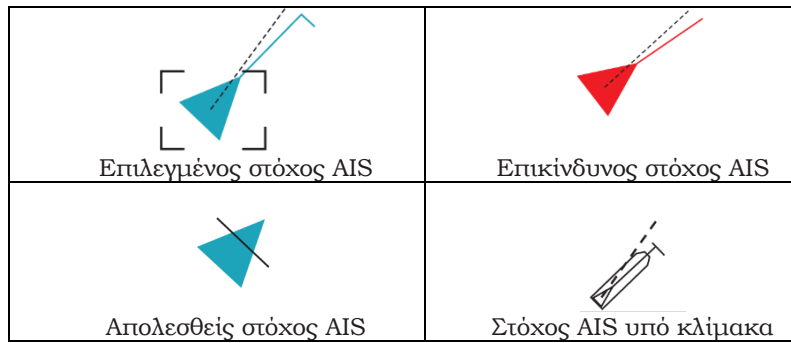
τεχνολογιών ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών δικτύων, παρέχει τη συνολική εικόνα της ναυτιλιακής κίνησης μιας παράκτιας περιοχής (**Εικόνα 2-16**). Ο βασικός σκοπός του AIS είναι η πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων. Εν τούτοις το AIS πέραν της βασικής αυτής αποστολής, παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης, αποτύπωσης και ανάλυσης της ναυτιλιακής κυκλοφορίας προς υποβοήθηση της διαχείρισης κρίσεων στο θαλάσσιο χώρο, όπως: ναυτικά ατυχήματα, έρευνες διάσωσης στη θάλασσα (SAR), πειρατεία, τρομοκρατία κ.ά.

Οι βασικές πληροφορίες που εκπέμπει το AIS είναι: η ταυτότητα (όνομα) του πλοίου, το μήκος του πλοίου, οι γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του πλοίου, τα στοιχεία της κίνησης του (πορεία και ταχύτητα), καθώς και άλλες συμπληρωματικές πληροφορίες, όπως: βύθισμα του πλοίου, λιμένας προορισμού κλπ. Αθροιστικά, τα συνολικά στοιχεία που συγκροτούν την πληροφορία AIS υπερβαίνουν τα είκοσι. Με τη διασύνδεση του AIS στα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη ECS και ECDIS, οι πληροφορίες του AIS για τις θέσεις και τις κινήσεις των πλοίων, απεικονίζονται στους ηλεκτρονικούς ναυτιλιακούς χάρτες των συστημάτων ECS και ECDIS, με ειδικά τυποποιημένα χαρτογραφικά σύμβολα (**Εικόνα 2-18**), ενώ οι πλήρεις πληροφορίες για το κάθε πλοίο απεικονίζονται με τη μορφή πίνακα (**Εικόνα 2-19**) όταν αυτό ζητηθεί από την χειριστή του ECS ή του ECDIS.

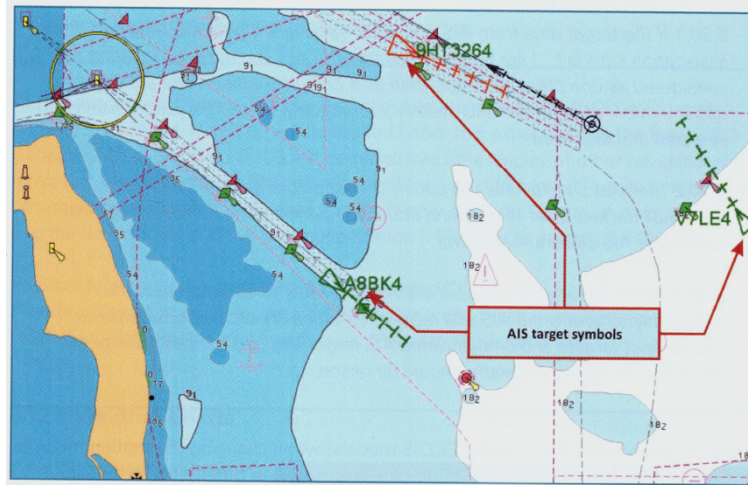


Εικόνα 2-17. Χαρτογραφική απόδοση ναυτιλιακής κίνησης στενού Κάβο Ντόρο με σύστημα AIS

Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των κρίσεων στον θαλάσσιο χώρο, ο IMO έχει προωθήσει την δορυφορική δικτυοκεντρική διαχείριση των πληροφοριών ναυτιλιακής κίνησης τύπου AIS με την ανάπτυξη του Συστήματος Αναγνώρισης και Παρακολούθησεως Πλοίων Μεγάλης Εμβέλειας (LRIT). Με το σύστημα LRIT επιδιώκεται η σύνθεση, προς όφελος κρατικών υπηρεσιών, υπηρεσιών ασφαλείας και εξουσιοδοτημένων κέντρων ελέγχου-παρακολούθησεως, πλήρους εικόνας της ναυτιλιακής κυκλοφορίας σε παγκόσμια κλίμακα. Οι πληροφορίες του LRIT, μπορούν, όπως και οι πληροφορίες του AIS, να απεικονίζονται στους ηλεκτρονικούς χάρτες ENC των συστημάτων ECS και ECDIS.



Εικόνα 2-18. Παραδείγματα τυποποιημένων συμβόλων χαρτογραφικής απόδοσης στόχων AIS σε ηλεκτρονικό ναυτιλιακό χάρτη ENC (Παλληκάρης κ.ά., 2016, σελ. 137).



Εικόνα 2-19. Χαρτογραφική απόδοση στόχων AIS σε σύστημα ECDIS (Becker-Heins, 2014).

2.10.3. Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας (Maritime Connectivity Platform)

Η ιδέα της Πλατφόρμας Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας (αγγλ. *Maritime Cloud* ή πιο πρόσφατα *Maritime Connectivity Platform*, συντ. MCP) (Εικόνα 2-20) προέκυψε ως «ένα πλαίσιο επικοινωνίας που επιτρέπει την αποτελεσματική, ασφαλή, αξιόπιστη και απρόσκοπτη ηλεκτρονική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των εξουσιοδοτημένων φορέων της ναυτιλίας σε όλα τα διαθέσιμα συστήματα επικοινωνίας», βάσει της στρατηγικής για την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα του IMO.

Η αποστολή της MCP είναι να καταστήσει δυνατή μια ανοικτή και ουδέτερη πλατφόρμα για το ναυτιλιακό τομέα που διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών εύκολα και με ασφάλεια σε διάφορους διαύλους επικοινωνίας, όπως το διαδίκτυο, δορυφορικές ή ψηφιακές ασύρματες διασυνδέσεις. Θα επιτρέψει τη διασύνδεση ετερογενών συστημάτων λογισμικού επί των διαφόρων τύπων πλοίων, σε υπεράκτιες πλατφόρμες ή στην ξηρά, συμπεριλαμβανομένων των ειδικών συστημάτων εγκεκριμένου τύπου (π.χ. ECDIS) καθώς και των περισσότερων προσωπικών συσκευών, όπως smartphones, tablets, σύμφωνα με τυποποιημένες διεπαφές, πρωτόκολλα και δικαιώματα για τον έλεγχο πρόσβασης.



Εικόνα 2-20. Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας⁴⁶

Η MCP έχει τρία κύρια βασικά συστατικά (αγγλ. components):

- μητρώο ταυτοτήτων, για την ταυτοποίηση των χρηστών,
- μητρώο υπηρεσιών, για την εύκολη αναζήτηση των αναγκαίων υπηρεσιών,
- υπηρεσία ανταλλαγής μηνυμάτων, για την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ κέντρων επιχειρήσεων και πλοίων στη θάλασσα, ανεξαρτήτως του μέσου επικοινωνίας.

Καθώς ο φυσικός κόσμος ψηφιοποιείται ολοένα και περισσότερο, η σταθερή πρόοδος της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών και οι συνεχώς αυξανόμενες ποσότητες δεδομένων θα συνεχίσουν να οδηγούν σε άνευ προηγουμένου αλλαγές. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και οι παραδοσιακές βιομηχανίες όπως η ναυτιλία θα υποστούν μεγάλες αλλαγές. Η ηλεκτρονική πλοήγηση θα μεταμορφώσει όλα τα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού και εκτέλεσης πλόων και θα αυξήσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να εξοικονομηθούν ώρες, να μειωθεί το κόστος, να αποφευχθούν ατυχήματα και να εξαλειφθούν τυχόν περιορισμοί. Η ηλεκτρονική πλοήγηση θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο να καταστεί η ναυτιλία πιο πράσινη και πιο βιώσιμη.

⁴⁶<https://efficiensea2.org/solution/maritime-connectivity-platform/>

3. ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

3.1. Γενικευμένο Μοντέλο Υδρογραφικών Δεδομένων (S-100)

Το S-100 είναι το γενικευμένο μοντέλο υδρογραφικών δεδομένων (αγγλ. Universal Hydrographic Data Model) (IHO έκδοση 5.0.0, 2022), το οποίο λειτουργεί ως πρότυπο πλαίσιο και ορίζει:

- Ένα περιεκτικό πρότυπο για την ψηφιακή περιγραφή θαλάσσιων φαινομένων σε πολλαπλές και διακριτές προδιαγραφές προϊόντων με κωδικοποίηση S-xxx.
- Ένα σύνολο μορφότυπων δεδομένων, όπως ISO8211, HDF5 και GML, στους οποίους μπορούν να κωδικοποιηθούν σύνολα δεδομένων για εισαγωγή σε συστήματα πλοήγησης.
- Ένα σύνολο μητρώων όπου αποθηκεύονται έννοιες οντοτήτων, στοιχεία χαρτογραφικής απόδοσης, προδιαγραφές προϊόντων και κανόνες τεκμηρίωσης.
- Δομές μεταδεδομένων σύμφωνα με το ISO19115.
- Ένα γενικό μοντέλο οντοτήτων που περιγράφει πώς είναι δομημένες οι θεμελιώδεις οντότητες που αποτελούν σύνολα δεδομένων S-100 μαζί με τη γεωμετρία τους.
- Μια δομή καταλόγου οντοτήτων που επιτρέπει στις εγγραφές να συσχετίζονται και να μεταφέρονται σε μια καθορισμένη, επικυρώσιμη μορφή XML.
- Προδιαγραφή για μηχανισμό χαρτογραφικής απόδοσης, ικανό να εκφράζει τους κανόνες σχεδίασης που απαιτούνται για τους ηλεκτρονικούς ναυτιλιακούς χάρτες.

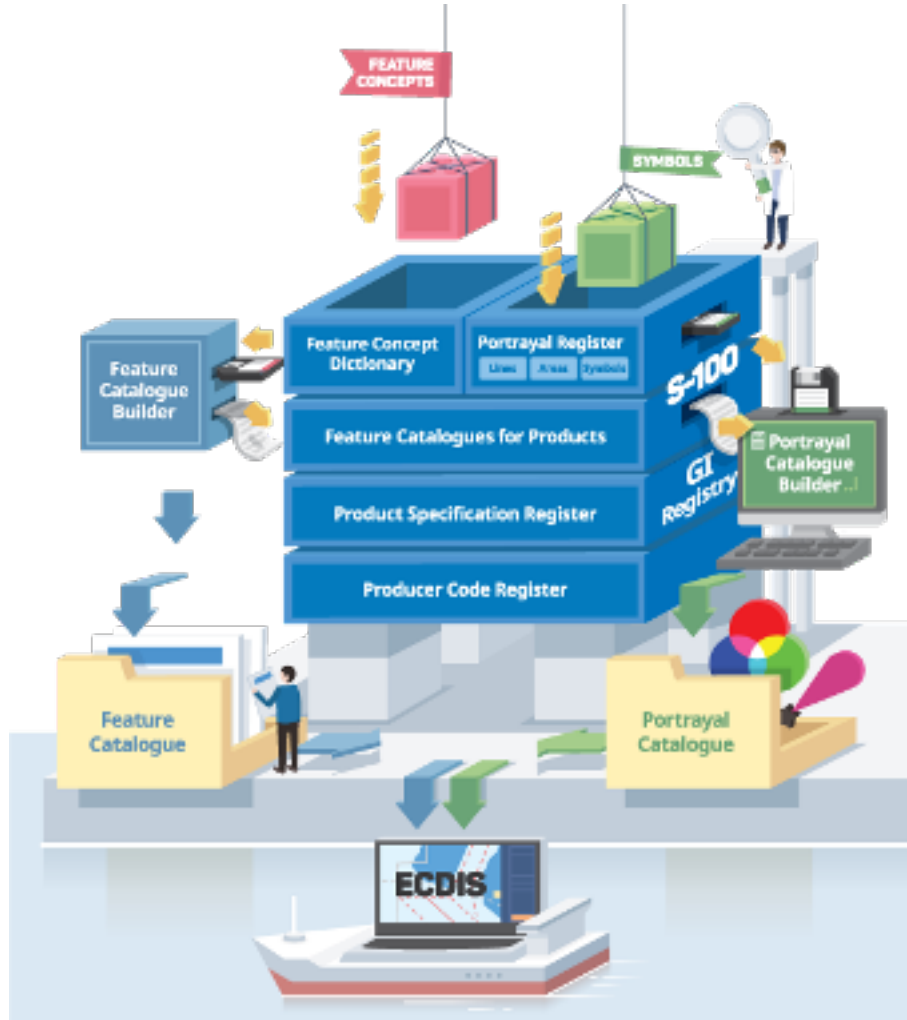
Μία από τις βασικές καινοτομίες του S-100 είναι η ιδέα του «Universal Hydrographic Data Model». Αφορά μια θεμελιώδη εξέλιξη σε σχέση με το προηγούμενο καθεστώς, δηλαδή ότι το S-100 παρέχει ένα γενικό ("Universal") σύνολο εργαλείων και καθοδήγησης για τη μοντελοποίηση ("Data Model") και την προδιαγραφή θαλάσσιων και υδρογραφικών ("Hydrographic") οντοτήτων σε προδιαγραφές προϊόντων ("Product Specifications") (Contarinis et al., 2020). Αυτή η ιδέα επεκτείνει τον τομέα των προτύπων του IHO από καθαρά εστιασμένα σε ναυτιλιακούς χάρτες (βλέπε S-57) σε οποιονδήποτε θαλάσσιο τομέα ή πεδίο με την εφαρμογή μιας προδιαγεγραμμένης διαδικασίας μοντελοποίησης, τον ορισμό τυχόν νέων εννοιών με την εισαγωγή τους στο γεωχωρικό μητρώο των IHO και τη χρήση αυτών των εννοιών σε προδιαγραφές προϊόντων με μια σειρά κατάλληλων μορφών δεδομένων. Το S-100 καθώς είναι μοντέλο δεδομένων δεν προσδιορίζει τα ίδια τα πραγματικά θαλάσσια γεωχωρικά (υδροχωρικά) δεδομένα, αλλά παρέχονται οδηγίες για τους συντάκτες των εκάστοτε προδιαγραφών προϊόντων μέσω της δημοσίευσης S-97 για τον προσδιορισμό αυτών. Τρία θεωρούνται τα βασικά χαρακτηριστικά του S-100 που σχετίζονται με την ανάπτυξη και την εφαρμογή που είναι (IHO, 2021b):

1. Η ιδέα της εφαρμογής ενός γενικευμένου «καθολικού» μοντέλου
2. Οι πολλαπλές προδιαγραφές προϊόντος
3. Η δυνατότητα για αναγνωσιμότητα από μηχανή σε μηχανή

3.1.1. Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών S-100

Ο ΙΗΟ έχει αναπτύξει μια online υποδομή που ονομάζεται Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών S-100 (αγγλ. S-100 GI Registry) που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το πρότυπο S-100 (ΙΗΟ, 2012a), και το οποίο περιλαμβάνει επιμέρους μητρώα, όπως:

- λεξικό εννοιών οντοτήτων (αγγλ. feature concept dictionary, FCD)
- κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων (αγγλ. portrayal catalogue)
- μητρώο κωδικών παραγωγών (δηλ. υδρογραφικές υπηρεσίες) του ΙΗΟ



Εικόνα 3-1. Υποδομή S-100⁴⁷

Το μητρώο παρέχει την υποδομή και τους μηχανισμούς που απαιτούνται για τη διαχείριση και τη συντήρηση των επιμέρους μητρώων καθώς και για την επέκτασή τους, ενώ το S-100 παρέχει το σχήμα και τις γενικές διαδικασίες διαχείρισης. Είναι διαθέσιμο στον παγκόσμιο ιστό στη διεύθυνση <https://registry.iho.int> και υλοποιείται με βάση τις διαδικασίες που έχουν οριστεί και είναι διαχειριζόμενο από την Υδρογραφική Υπηρεσία της Κορέας (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency - KHOA) (Εικόνα 3-1). Η

⁴⁷ <https://iho.int/en/s-100-infrastructure> (πηγή KHOA)

υποδομή S-100, της οποίας η ραχοκοκαλιά είναι το Μητρώο, λειτουργεί εδώ και μερικά χρόνια και εκτός από τις διάφορες ομάδες εργασίας του IHO, το χρησιμοποιούν διάφοροι οργανισμοί για να προτείνουν τις ιδέες τους (Choi et al., 2017). Το Μητρώο περιέχει αρκετές χιλιάδες έννοιες που βρίσκονται σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής τους.

3.1.2. Δομή Προτύπου S-100

Το πρότυπο S-100 στην τελευταία του έκδοση (5.0.0) περιλαμβάνει δεκαοκτώ ενότητες (βλέπε **Πίνακα 3-1**), οι οποίες αποτελούν επιμέρους πρότυπα που παρέχουν στους χρήστες τα κατάλληλα εργαλεία και το πλαίσιο για την ανάπτυξη και τη συντήρηση δεδομένων, προϊόντων και μητρώων που σχετίζονται με το υδροχωρικό πεδίο. Αυτά τα πρότυπα καθορίζουν, για υδρογραφικές και συναφείς πληροφορίες, μεθόδους και εργαλεία για τη διαχείριση δεδομένων, την επεξεργασία, την ανάλυση, την πρόσβαση, την χαρτογραφική απόδοση και τη μεταφορά αυτών των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή μεταξύ διαφορετικών χρηστών, συστημάτων και τοποθεσιών.

Το S-100 καθορίζει τις διαδικασίες που θα ακολουθούνται για την ανταλλαγή υδρογραφικών και συναφών γεωχωρικών δεδομένων μεταξύ των εθνικών υδρογραφικών γραφείων καθώς και μεταξύ άλλων οργανισμών και για τη διανομή σε κατασκευαστές, ναυτιλλόμενους και άλλους χρήστες δεδομένων. Ο στόχος τους είναι ότι, από κοινού, τα επιμέρους πρότυπα θα αποτελέσουν ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη εφαρμογών που χρησιμοποιούν υδροχωρικές πληροφορίες.

Πίνακας 3-1. Ενότητες S-100 (έκδοση 4.0.0, Δεκέμβριος 2018) (IHO, 2022).

Τίτλος Ενότητας	Αριθμός	Πρότυπο Αναφοράς ISO 19100
Conceptual Schema Language (ελλ. Γλώσσα Εννοιολογικού Σχήματος)	Ενότητα 1	ISO 19103:2005, Conceptual schema language ISO
Management of IHO Geospatial Information Registers (ελλ. Διαχείριση Μητρώων Γεωχωρικών Πληροφοριών IHO)	Ενότητα 2	ISO 19135:2005, Procedures for registration of items of geographic information
Feature Concept Dictionary Registers (ελλ. Μητρώα Λεξικών Εννοιολογικών Οντοτήτων)	Ενότητα 2a	ISO 19135:2005, Procedures for registration of items of geographic information ISO 19126:2009, Feature concept dictionaries and registers
Portrayal Register (ελλ. Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης)	Ενότητα 2b	ISO 19135:2005, Procedures for registration of items of geographic information ISO 19126:2009, Feature concept dictionaries and registers ISO 19117:2012, Portrayal
General Feature Model and Rules for Application Schema (ελλ. Γενικό Εννοιολογικό Μοντέλο και Κανόνες για το Σχήμα Εφαρμογής)	Ενότητα 3	ISO 19109:2005, Rules for application schema

Metadata (ελλ. Μεταδεδομένα)	Ενότητα 4a	ISO 19115-1:2014, Metadata. Amended by Amendment 1, 2018
Metadata for Imagery and Gridded Data (ελλ. Μεταδεδομένα για Εικόνες και Δεδομένα Πλέγματος)	Ενότητα 4b	ISO 19115-1:2014, Metadata – Ενότητα 1: Fundamentals, Amendment 1, 2018 ISO 19115-2:2009. Metadata – Ενότητα 2: Extensions for imagery and gridded data
Metadata – Data Quality (ελλ. Μεταδεδομένα - Ποιότητα Δεδομένων)	Ενότητα 4c	ISO 19113, Quality principles ISO 19114, Quality evaluation procedures ISO 19138, Quality measures
Feature Catalogue (ελλ. Κατάλογος Οντοτήτων)	Ενότητα 5	ISO 19110:2005, Methodology for feature cataloguing
Coordinate Reference Systems (ελλ. Συστήματα Αναφοράς Συντεταγμένων)	Ενότητα 6	ISO 19111:2007, Spatial referencing by coordinates
Spatial Schema (ελλ. Χωρικό Σχήμα)	Ενότητα 7	ISO 19107:2003, Spatial schema
Imagery and Gridded Data (ελλ. Δεδομένα Εικόνων και Πλεγμάτων)	Ενότητα 8	ISO 19123:2007, Geographic Schema for coverage geometry functions ISO 19129, Geographic Imagery, Gridded and Coverage Framework
Portrayal (ελλ. Χαρτογραφική Απόδοση)	Ενότητα 9	
Portrayal (Lua)	Ενότητα 9a	Υλοποίηση Lua Portrayal
Encoding Formats (ελλ. Μορφότυποι Κωδικοποίησης)	Ενότητα 10	
ISO/IEC 8211 Encoding (ελλ. Κωδικοποίηση ISO / IEC 8211)	Ενότητα 10a	ISO/IEC 8211:1994, Specification descriptive file for information structure implementations
GML Encoding (ελλ. Κωδικοποίηση GML)	Ενότητα 10b	ISO 19136:2007 Geographic Geography Markup Language
HDF5 Encoding (ελλ. Κωδικοποίηση HDF5)	Ενότητα 10c	HDF5 Data Model and File
Product Specifications (ελλ. Προδιαγραφές Προϊόντων)	Ενότητα 11	ISO 19131:2008 Geographic Data product specifications
Maintenance Procedures (ελλ. Διαδικασίες Συντήρησης)	Ενότητα 12	
Scripting Language (ελλ. Γλώσσα Προγραμματισμού)	Ενότητα 13	Παρέχει προδιαγραφές προϊόντος υποστήριξης γλώσσας προγραμματισμού
Online Communication Exchange (ελλ. Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων)	Ενότητα 14	Καθορίζει την ηλεκτρονική ανταλλαγή για τα S-100 σετ δεδομένων (αγγλ. datasets)

Encryption and Data Protection (ελλ. Κρυπτογράφηση και Προστασία Δεδομένων)	Ενότητα 15	Καθορίζει κρυπτογράφηση και προϊόντα που βασίζονται στο S-100
Interoperability Catalogue Model (ελλ. Μοντέλο Καταλόγου Διαλειτουργικότητας)	Ενότητα 16	Καθορίζει ένα πλαίσιο για τη δημιουργία κανόνων για τη διαλειτουργικότητα των προϊόντων δεδομένων S-100
Harmonised Portrayal of S-100 Product (ελλ. Εναρμονισμένη Χαρτογραφική Απόδοση Προϊόντων S-100)	Ενότητα 16α	Καθορίζει τις αρχές για την εναρμόνιση της χαρτογραφικής απόδοσης και άλλων λειτουργιών παρουσίασης σε διαφορετικά προϊόντα δεδομένων που βασίζονται στο S-100
Discovery Metadata for Information Exchange Catalogues (ελλ. Μεταδεδομένα Αναγνώρισης για Καταλόγους Ανταλλαγής Πληροφοριών)	Ενότητα 17	Παρέχει προδιαγραφή για την περιγραφή και τη δημιουργία καταλόγων ανταλλαγής που επιτρέπουν στους χρήστες να αναγνωρίζουν και να διαχειρίζονται το περιεχόμενο των συνόλων ανταλλαγής S-100
Language Packs (ελλ. Πολυγλωσσική Υποστήριξη)	Ενότητα 18	Παρέχει τη γενική μεθοδολογία για την εφαρμογή πολυγλωσσικής υποστήριξης

3.1.3. Σχέση με άλλα Πρότυπα

Ως γνωστό, τα πρότυπα έχουν γενικό στόχο να ενσωματώνουν τη χρήση μεθόδων και διαδικασιών βέλτιστων πρακτικών. Περιλαμβάνουν κατευθύνσεις σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής αποτελεσματικών μεθόδων παραγωγής και βελτιστοποίησης της ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών και επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών μέσω της χρήσης κοινά αποδεκτών διεπαφών. Αντίστοιχα και το πρότυπο S-100 προσπαθεί να επιτύχει τους παραπάνω στόχους και επιπλέον παρέχει το πλαίσιο που δύναται να χρησιμοποιηθεί από ενδιαφερόμενους για να αναπτύξουν τα δικά τους γεωχωρικά προϊόντα και υπηρεσίες (Park & Park, 2014). Το πρότυπο S-100 έχει αναπτυχθεί με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε μέσω της χρήσης του προγενέστερου προτύπου μεταφοράς IHO για ψηφιακά υδρογραφικά δεδομένα (S-57). Επιπλέον παρέχει ένα θεωρητικό πλαίσιο οντοτήτων που βασίζονται στη σειρά προτύπων ISO 19100, τα οποία χρησιμοποιούνται ως προδιαγραφές για σύγχρονες δραστηριότητες ανάπτυξης γεωχωρικών προτύπων, ευθυγραμμίζεται στενά και με άλλες σχετικές πρωτοβουλίες, όπως του Open Geospatial Consortium (OGC) (Kresse & Fadaie, 2004; Astle & Schwarzberg, 2013; Contarinis et al., 2020).

3.1.4. S-100 ως Προφίλ των προτύπων ISO 19100

Η έννοια των προφίλ στα πρότυπα ISO συνίσταται στην προσαρμογή των βασικών (γενικών) προτύπων έτσι ώστε να πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις για ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής. Ένα προφίλ είναι ένα σύνολο ενός ή περισσότερων προτύπων και, κατά περίπτωση, του προσδιορισμού επιλεγμένων όρων, κλάσεων, υποσυνόλων, επιλογών και παραμέτρων αυτών των βασικών προτύπων, που είναι απαραίτητα για την επίτευξη μιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Το ISO 19106 περιγράφει δύο επίπεδα συμμόρφωσης για τη δημιουργία προφίλ στη σειρά προτύπων ISO 19100. Κάθε μέρος του S-100 τεκμηριώνει το επίπεδο που χρησιμοποιείται στη δήλωση συμμόρφωσης για αυτό το μέρος.

Το S-100 είναι ένα σύνολο προφίλ των προτύπων ISO TC 211 για γεωγραφικές πληροφορίες και η σχέση μεταξύ των ενοτήτων του S-100 και των προτύπων ISO παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-1. Πολλές από τις βασικές έννοιες ορίζονται στη σειρά προτύπων ISO 19100 και η εφαρμογή τους από το S-100 είναι επιλεκτική και περιεκτική. Τα πρότυπα ISO παρέχουν βάση σχεδιασμού για πολλά από τα στοιχεία του S-100, όπως το Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (General Feature Model - GFM), τη γεωμετρία, τον κατάλογο οντοτήτων και το γενικό γεωχωρικό μητρώο του IHO. Απώτερος στόχος του S-100 είναι ωστόσο να παρέχεται ένα αυτόνομο και ολοκληρωμένο πλαίσιο, το οποίο μπορεί να γίνει κατανοητό και να εφαρμοστεί με ελάχιστες εξωτερικές αναφορές, ως ένα κεντρικό σημείο για τους κατασκευαστές συστημάτων ECDIS και συναφών συστημάτων υπηρεσιών ηλεκτρονικής πλοήγησης.

3.2. Γλώσσα Εννοιολογικού Σχήματος (Conceptual Schema Language)

Η πρώτη ενότητα του προτύπου ορίζει την γλώσσα του εννοιολογικού σχήματος (αγγλ. Conceptual Schema Language) και τους βασικούς τύπους δεδομένων για χρήση στο πλαίσιο της σειράς προτύπων S-100 από την κοινότητα των μελών του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO), άλλων συναφών οργανισμών και λοιπών ενδιαφερομένων (κατασκευαστές ECDIS και λογισμικού). Το S-100 έχει τεκμηριωθεί χρησιμοποιώντας την αντικειμενοστραφή γλώσσα σχεδιασμού γνωστή ως UML. Το UML είναι ακρωνύμιο της Unified Modeling Language (ελλ. Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης), μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές μοντελοποίησης επιχειρησιακών διαδικασιών και είναι ένας διεθνής τυποποιημένος συμβολισμός για τον καθορισμό, την οπτικοποίηση και την τεκμηρίωση ανάπτυξης λογισμικού. Η ενότητα προσδιορίζει τον συνδυασμό διαγραμμάτων δομών (structure diagrams) της UML και ένα σύνολο βασικών ορισμών τύπου δεδομένων ως γλώσσα εννοιολογικού σχήματος για τις προδιαγραφές των γεωγραφικών πληροφοριών. Η UML διαμορφώθηκε από το Object Management Group (OMG) ως αποτέλεσμα σύγκλισης πρακτικών από διάφορα συστήματα σημειογραφίας και έχει γίνει πλέον το de facto πρότυπο μοντελοποίησης. Η UML συνδυάζει τις βέλτιστες πρακτικές από έννοιες μοντελοποίησης δεδομένων, όπως, διαγράμματα σχέσεων οντοτήτων, ροών εργασίας, μοντελοποίησης αντικειμένων και υποσυστημάτων (Medvidovic et al., 2002).

Σύμφωνα με το S-100, τα θαλάσσια φαινόμενα μοντελοποιούνται στις προδιαγραφές προϊόντος μέσω ενός περιγραφικού πλαισίου που βασίζεται στην γλώσσα UML και τους κανόνες που ορίζονται στο S-100. Τα μοντέλα χτίζονται χρησιμοποιώντας ένα υποσύνολο των δομών της UML και στη συνέχεια μεταφράζονται σε στιγμιότυπα καταλόγου οντοτήτων, συνήθως μαζί με έναν συνοδευτικό κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσής τους. Αν και η UML ορίζει εννέα τύπους διαγραμμάτων, στο S-100 έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις τύποι, τα διαγράμματα κλάσης, αντικειμένων και πακέτων. Τα διάφορα επιμέρους Σχήματα Εφαρμογών (αγγλ. Application Schemas) είναι στιγμιότυπα του βασικού σχήματος του S-100. Η θεμελιώδης αρχή σχεδιασμού είναι ότι το S-100 είναι δυναμικό, συμβατό όχι μόνο με ένα βασικό σύνολο προδιαγραφών προϊόντων IHO, αλλά με το σύνολο των θαλάσσιων γεωχωρικών δεδομένων που δύναται να εκφράζονται από το μοντέλο του S-100 (Contarinis et al., 2020).

3.2.1. Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (Unified Modeling Language)

Η UML είναι μια τυποποιημένη γλώσσα μοντελοποίησης γενικού σκοπού στον τομέα της μηχανικής λογισμικού και περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών γραφικής σημειογραφίας για τη δημιουργία αφηρημένων μοντέλων συγκεκριμένων συστημάτων. Χρησιμοποιείται για τη γραφική αναπαράσταση, τον προσδιορισμό, το λογικό και τεχνικό σχεδιασμό και την τεκμηρίωση των στοιχείων ενός συστήματος λογισμικού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης, από την ανάλυση απαιτήσεων έως τον έλεγχο ενός ολοκληρωμένου συστήματος. Αποτελείται από ένα σύνολο προσυμφωνημένων όρων, συμβόλων και διαγραμμάτων που επιτρέπουν:

- Την αποτύπωση των ορίων ενός συστήματος και των βασικών λειτουργιών του, χρησιμοποιώντας «*παραδείγματα χρήσης*» (αγγλ. use-cases) και «*δράστες*» (αγγλ. actors).
- Την επεξήγηση της πραγματοποίησης των παραδειγμάτων χρήσης με «*διαγράμματα αλληλεπίδρασης*».
- Την αναπαράσταση μιας στατικής δομής ενός συστήματος χρησιμοποιώντας «*διαγράμματα κλάσεων*».
- Τη δημιουργία προτύπων για τη συμπεριφορά των αντικειμένων με «*διαγράμματα καταστάσεων*».
- Τη δημιουργία προτύπων της ροής διεργασιών με «*διαγράμματα δραστηριοτήτων*»,
- Την αποτύπωση της αρχιτεκτονικής με «*διαγράμματα συστατικών*» και «*ανάπτυξης*».
- Την επέκταση της λειτουργικότητας με «*στερεότυπα*».

Η UML στο S-100 χρησιμοποιείται με τρόπο που είναι συμβατός με την έκδοση UML 2, ενώ όλα τα μοντέλα περιέχουν πλήρεις ορισμούς των οντοτήτων, συσχετίσεων και κατάλληλων ορισμών τύπου δεδομένων.

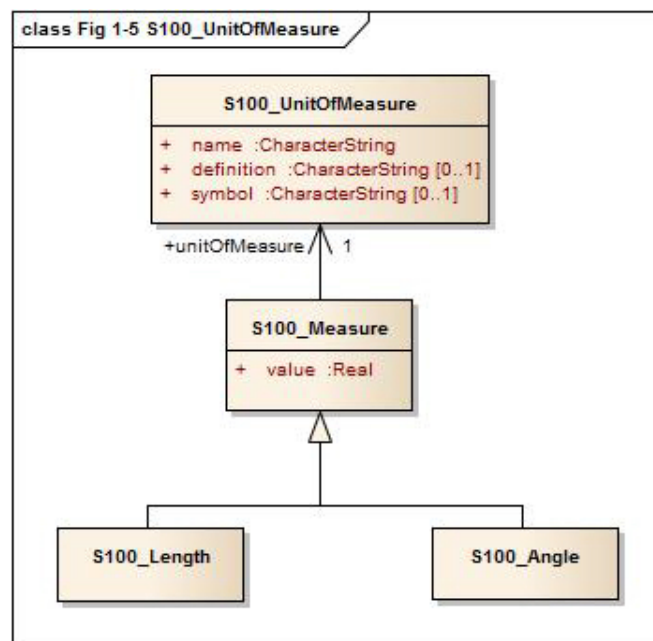
3.2.2. Διαγράμματα Κλάσεων

Μια κλάση είναι μια περιγραφή ενός συνόλου αντικειμένων που μοιράζονται τις ίδιες ιδιότητες, λειτουργίες, μεθόδους, σχέσεις, συμπεριφορά και περιορισμούς. Μια κλάση αντιπροσωπεύει μια έννοια που μοντελοποιείται, αφορά προδιαγραφή και όχι την εφαρμογή της. Ανάλογα με το είδος του μοντέλου, η ιδέα μπορεί να βασίζεται στον πραγματικό κόσμο (για ένα εννοιολογικό μοντέλο) ή μπορεί να βασίζεται στην υλοποίηση μεταξύ εννοιών συστήματος ανεξάρτητων πλατφόρμας (για μοντέλα προδιαγραφών) ή εννοιών συστήματος συγκεκριμένης πλατφόρμας (για μοντέλα υλοποίησης). Ένα διάγραμμα κλάσης UML είναι ένα στατικό διάγραμμα που περιγράφει τη δομή ενός μοντέλου δεδομένων με τα στοιχεία του Πίνακα 3-2.

Πίνακας 3-2. Στοιχεία Διαγραμμάτων Κλάσεων (IHO, 2022).

Στοιχείο	Περιγραφή
Ιδιότητες (αγγλ. Attributes)	Οι ιδιότητες πρέπει να έχουν ένα μοναδικό όνομα στο πλαίσιο μιας τάξης. Έχουν ορατότητα (δημόσιες, προστατευμένες, ιδιωτικές, παράγωγες)

<p>Βασικοί Τύποι Δεδομένων (αγγλ. Basic data types)</p>	<p>Πρωτογενείς τύποι (αγγλ. Primitive types): Integer, Real, Boolean, CharacterString, Date, Time, DateTime</p> <p>Σύνθετοι τύποι (αγγλ. Complex types): UnlimitedInteger, Matrix, S100_Multiplicity, S100_NumericRange, S100_UnitOfMeasure, S100Measure, S100_Length, S100_Angle</p>
<p>Τύποι Λίστας (αγγλ. Enumerated types)</p>	<p>Μια λίστα έγκυρων αναγνωριστικών μνημονικών λέξεων.</p>
<p>Σχέσεις και Συσχετίσεις (αγγλ. Relationships and Associations)</p>	<p>Τύποι σχέσεων: Συσχέτιση (Association), Γενίκευση (Generalisation), Εξάρτηση (Dependency), Βελτίωση (Refinement), Συσσωμάτωση (Aggregation), Σύνθεση (Composition)</p> <p>Πολλαπλότητα: Ακριβώς ένα, πολλά - προαιρετικά μηδέν ή περισσότερα, προαιρετικά μηδέν ή ένα, τουλάχιστον ένα, δεδομένο αριθμό</p>
<p>Στερεότυπα (αγγλ. Stereotypes)</p>	<p>Interface, Type, Enumeration, MetaClass, DataType</p>
<p>Προαιρετικό, υπό όρους, υποχρεωτικό (αγγλ. Optional, conditional, mandatory)</p>	<p>Όλες οι ιδιότητες είναι υποχρεωτικές από προεπιλογή. Η προεπιλεγμένη πολλαπλότητα για συσχετίσεις είναι 0 .. * και για τις ιδιότητες είναι 1.</p>
<p>Ονομασία και χώρος ονομάτων (αγγλ. Naming and name space)</p>	<p>Ακριβή χρήση και κατανοητά τεχνικά ονόματα για κλάσεις και ιδιότητες. Όλες οι κλάσεις πρέπει να έχουν μοναδικά ονόματα. Τα ονόματα των κλάσεων ξεκινούν με κεφαλαία γράμματα. Οι ιδιότητες ξεκινούν με πεζά γράμματα.</p>



Εικόνα 3-2. Παράδειγμα Κλάσης Σύνθετου Τύπου (S100_UnitOfMeasure) (IHO, 2022)

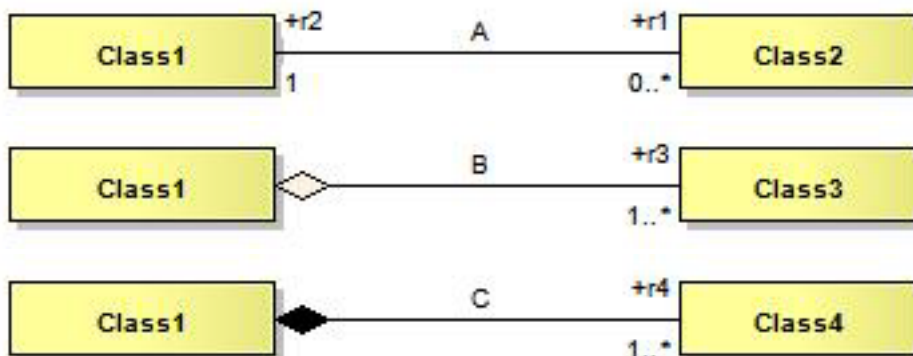
Στα διαγράμματα κλάσεων (**Εικόνα 3-2**) χρησιμοποιούνται γεωμετρικά σχήματα ως συμβολισμοί για τα αντικείμενα, τις κλάσεις και τις συσχετίσεις. Τα αντικείμενα της ίδιας κλάσης αναπαρίστανται με ένα γεωμετρικό σχήμα. Επιπρόσθετα, γραμμές διαφόρων τύπων χρησιμοποιούνται για να συνδέουν αυτά τα σχήματα και να υποδηλώνουν έτσι τον τρόπο που κληρονομούν τις ιδιότητές τους το ένα από το άλλο, πως συνεργάζονται ή εξαρτώνται μεταξύ τους. Εκτός από τα διαγράμματα, πίνακες βοηθούν στην επεξήγηση του νοήματος των οντοτήτων, των συσχετίσεων, των λειτουργιών και των περιορισμών μια κλάσης. Στο πρότυπο S-100 ένας πίνακας προσδιορίζεται για κάθε κλάση, με στήλες που περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3-3).

Πίνακας 3-3. Στοιχεία Πινάκων Κλάσεων (IHO, 2022).

Στήλη	Περιγραφή
Όνομα Ρόλου (αγγλ. Role Name)	Δυνατές ιδιότητες: Κλάση (αγγλ. Class), Ιδιότητα (αγγλ. Attribute), Συσχέτιση (αγγλ. Association), Απαρίθμηση (αγγλ. Enumeration), Νόημα (αγγλ. Literal)
Όνομα (αγγλ. Name)	Όνομα της ιδιότητας
Περιγραφή (αγγλ. Description)	Περιγραφή της ιδιότητας
Πολλαπλότητα (αγγλ. Multiplicity)	Αριθμός των εμφανίσεων της ιδιότητας στην κλάση
Τύπος Δεδομένων (αγγλ. Data Type)	Όνομα του τύπου δεδομένων της ιδιότητας
Σχόλια (αγγλ. Remarks)	Επιπρόσθετες πληροφορίες για τις ιδιότητες π.χ. περιορισμούς, συνθήκες

3.2.3. Συσχετίσεις

Μια συσχέτιση στη γλώσσα UML είναι η σημασιολογική σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων κλάσεων που περιλαμβάνει συνδέσεις μεταξύ των στιγμιότυπών τους. Εκτός από μια συνηθισμένη συσχέτιση, η UML ορίζει δύο ειδικούς τύπους συσχετίσεων που ονομάζονται Συσσωμάτωση και Σύνθεση. Οι τρεις τύποι έχουν διαφορετική σημασιολογία (**Εικόνα 3-3**).

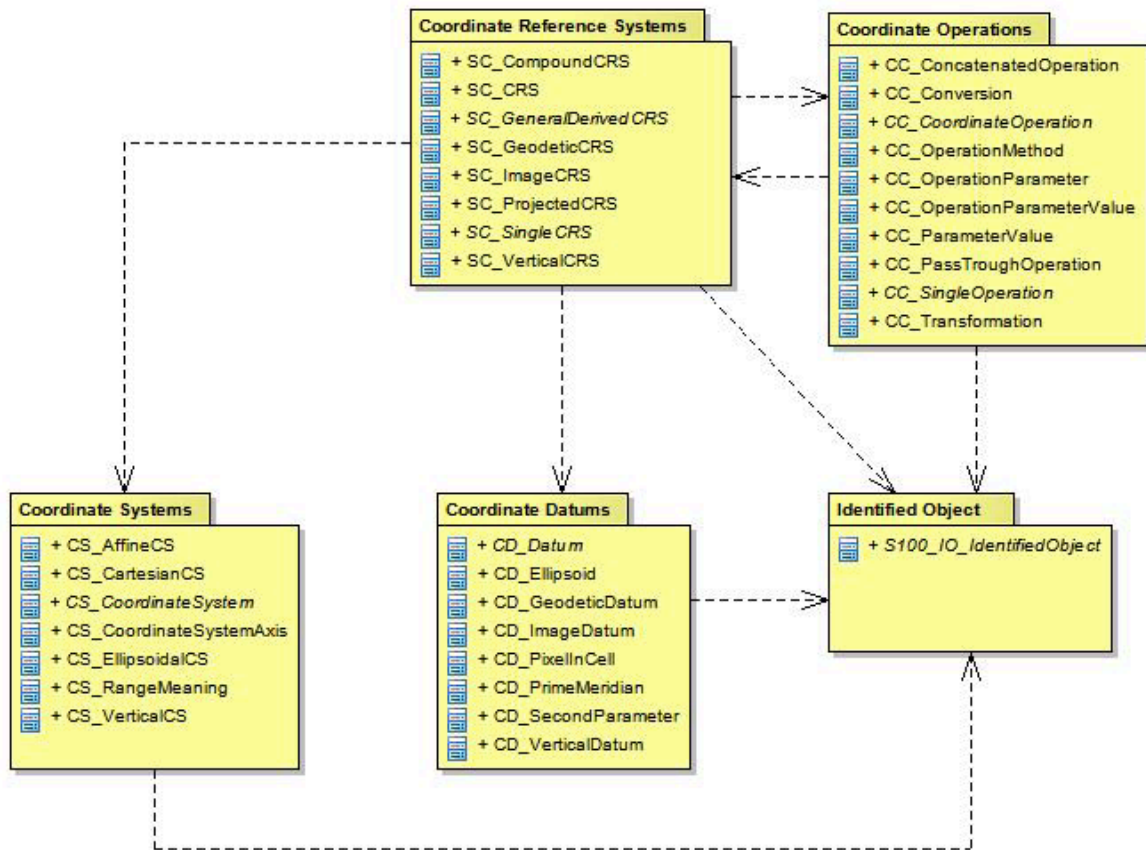


Εικόνα 3-3. Τύποι εξάρτησης Κλάσεων: Συσχέτιση, Συσσωμάτωση, Σύνθεση (IHO, 2022).

Ειδικότερα η σχέση μεταξύ κλάσεων (βλέπε **Εικόνα 3-3** μπορεί να εξειδικευθεί σε:

- «Συσχέτιση» (αγγλ. association), ένα τύπος εξάρτησης που υπονοεί πραγματική συνύπαρξη στη μνήμη στιγμιοτύπων των συμμετεχουσών κλάσεων κατά τον χρόνο εκτέλεσης.
- «Συσσωμάτωση» (αγγλ. aggregation), τύπος συσχέτισης ο οποίος σημαίνει ότι το ένα αντικείμενο μπορεί να περιέχει στιγμιότυπα της άλλης κλάσης ως ιδιότητές του.
- «Σύνθεση» (αγγλ. composition), ένα πιο ισχυρό τύπος συσσωμάτωσης που υπονοεί πως ο χρόνος ζωής των αντικειμένων είναι κοινός (δημιουργούνται και καταστρέφονται στη μνήμη ταυτόχρονα).

Καθεμία από αυτές τις σχέσεις συμβολίζεται οπτικά με μια διαφορετική απόληξη της γραμμής μεταξύ των συμμετεχουσών κλάσεων (βλέπε **Εικόνα 3-3**), ενώ μπορεί να υπάρχουν και εξαρτήσεις οι οποίες δεν είναι καν συσχετίσεις (π.χ. όταν ένα αντικείμενο καλεί μία στατική μέθοδο κάποιας άλλης κλάσης).



Εικόνα 3-4. Παράδειγμα Δομής Πακέτων S-100 (IHO, 2022).

3.2.4. Διαγράμματα Πακέτων

Ένα διάγραμμα πακέτων είναι ένα λογικό ‘δοχείο’ (αγγλ. container) για την ομαδοποίηση δευτερευόντων πακέτων, κλάσεων και των συσχετίσεών τους και χρησιμοποιείται για την απλοποιημένη αναπαράσταση κάποιου σύνθετου σχήματος. Τα πακέτα είναι δομές UML που δίνουν τη δυνατότητα να οργανωθούν τα στοιχεία ενός μοντέλου σε ομάδες (**Εικόνα**

3-4). Τα πακέτα απεικονίζονται ως φάκελοι αρχείων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε από τα διαγράμματα UML, αν και είναι πιο συνηθισμένα στα διαγράμματα χρήσης και στα διαγράμματα κλάσεων, επειδή αυτά τα μοντέλα έχουν την τάση να μεγαλώνουν (Ambler, 2004).

3.2.5. Σημειογραφία Ιδιοτήτων

Η σημειογραφία των ιδιοτήτων (αγγλ. attributes) σύμφωνα με τη UML έχει τη μορφή:

optορατότηταopt όνομα : optπακέτο ::opt optτύποςopt opt[πολλαπλότητα]opt opt= αρχική τιμήopt opt{γνώρισμα}opt

(αγγλ. optvisibilityopt name : optpackage ::opt opttypeopt opt[multiplicity]opt opt= initial valueopt opt{propertystring}opt)

όπου ο συμβολισμός opt προέρχεται από το αγγλικό “optional” και σημαίνει προαιρετικό.

Μια ιδιότητα πρέπει να είναι μοναδική στο πλαίσιο μιας κλάσης και των υπερτύπων της, αλλιώς είναι παράγωγη ιδιότητα, δηλαδή ιδιότητα που επαναπροσδιορίζεται από ένα υπέρτυπο. Η ορατότητα των ιδιοτήτων φαίνεται από τα σύμβολα στον **Πίνακα 3-4**. Η προστατευμένη και ιδιωτική ορατότητα συνήθως δεν χρησιμοποιείται στις τυπικές προδιαγραφές. Τα ίδια σύμβολα ορατότητας χρησιμοποιούνται και για συσχετίσεις.

Πίνακας 3-4. Ορατότητα Ιδιοτήτων (IHO, 2022)

Σύμβολο	Περιγραφή
+	Δημόσια ορατότητα (αγγλ. Public visibility)
#	Προστατευμένη ορατότητα (αγγλ. Protected visibility)
-	Ιδιωτική ορατότητα (αγγλ. Private visibility)
/	Παράγωγη ιδιότητα (αγγλ. Derived Attribute)

Όλες οι ιδιότητες πρέπει να τυποποιηθούν και ο τύπος πρέπει να προέρχεται από καθορισμένους τύπους. Ένας τύπος πρέπει πάντα να καθορίζεται και δεν υπάρχει προεπιλεγμένος τύπος. Επίσης εάν δεν δοθεί ρητή πολλαπλότητα, θεωρείται ότι είναι 1. Μια ιδιότητα μπορεί να έχει μια προεπιλεγμένη τιμή, η οποία χρησιμοποιείται όταν δημιουργείται ένα αντικείμενο αυτού του τύπου. Οι προεπιλεγμένες τιμές καθορίζονται από ρητές προεπιλεγμένες τιμές στον ορισμό της UML ιδιότητας. Ως γνωρίσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες τιμές:

- readOnly - η τιμή της ιδιότητας δεν μπορεί να αλλάξει και πρέπει να αρχικοποιηθεί.
- ordered (ελλ. ταξινομημένο) - ισχύει για ιδιότητες πολλαπλότητας άνω της μιας στις οποίες η σειρά των στοιχείων έχει νόημα και πρέπει να διατηρηθεί.

Ακολουθούν σχετικά παραδείγματα σημειογραφίας ιδιοτήτων στο S-100:

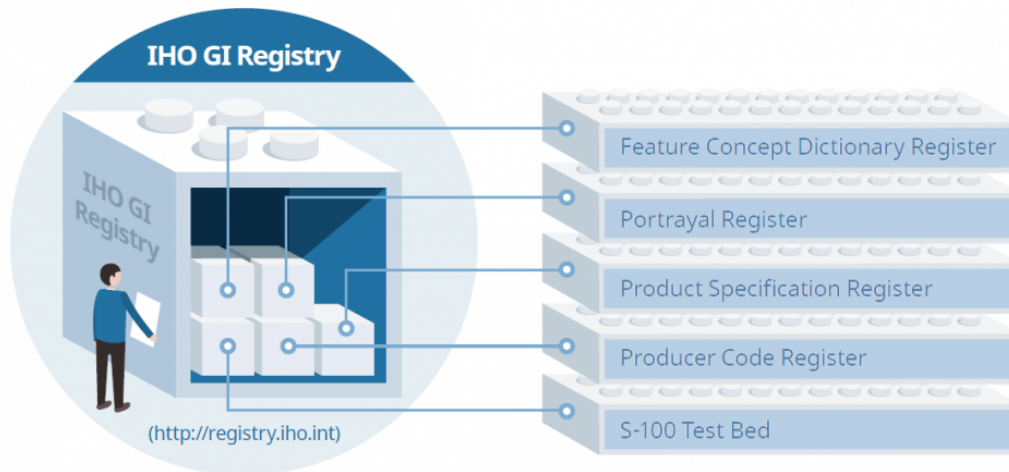
+ center: Point = (0,0) {readOnly}

+ origin: Το σημείο [0..1] // πολλαπλότητα 0..1 σημαίνει ότι είναι προαιρετικό

+ controlPoints : Point [2..*] {ordered}

3.3. Διαχείριση Μητρώων Γεωχωρικών Πληροφοριών (S-99)

Η ενότητα 2 του S-100 αφορά τη διαχείριση (Εικόνα 3-6) Μητρώων Γεωχωρικών Πληροφοριών του IHO. Ειδικότερα, τα Μητρώα Εννοιών Οντοτήτων (αγγλ. Feature Concept), Χαρτογραφικής Απόδοσης (αγγλ. Portrayal) και Μεταδεδομένων (αγγλ. Metadata) είναι διαχειριζόμενες λίστες ή λεξικά στοιχείων (Εικόνα 3-5). Επιλογές από τα τρία αυτά Μητρώα χρησιμοποιούνται για τον ορισμό Καταλόγων Οντοτήτων (αγγλ. Feature Catalogues) και Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (αγγλ. Portrayal Catalogues) που χρησιμοποιούνται στις επιμέρους Προδιαγραφές Προϊόντων.

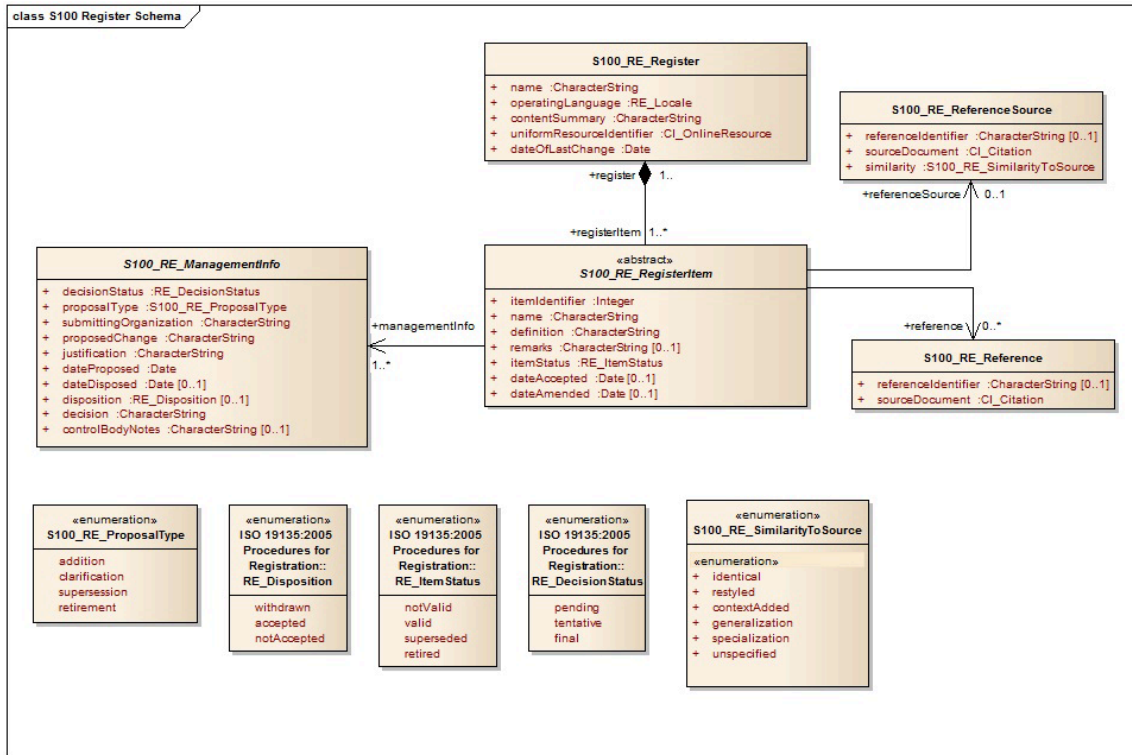


Εικόνα 3-5. Συσχέτιση Γενικού με Επιμέρους Μητρώα (IHO, 2012b).

3.3.1. Μητρώα Εννοιών & Τομείς (Domains)

Εντός των Μητρώων Εννοιών Οντοτήτων, Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων και Μεταδεδομένων κάθε καταχώρηση εκχωρείται σε έναν αναγνωρισμένο Τομέα (αγγλ. Domain). Ο σκοπός του καθορισμού Τομέων και ενός σχετικού *Φορέα Ελέγχου Τομέα* είναι να διασφαλιστεί ότι λαμβάνεται η άποψη των βασικών ενδιαφερομένων, όπως αντιπροσωπεύονται από τους Τομείς, σε οποιοσδήποτε μεταγενέστερες προτάσεις εισαγωγής νέων ή προσαρμογής στοιχείων που περιέχονται σε ένα επιμέρους μητρώο.

Το Μητρώο Εννοιών Οντοτήτων περιλαμβάνει τομείς για ναυτικούς χάρτες, ναυτικές εκδόσεις, ENC εσωτερικής ναυσιπλοΐας, κάλυψη θαλάσσιου πάγου και υπερθέσεις θαλάσσιων πληροφοριών (Marine Information Overlays - MIO). Και άλλοι τομείς θαλάσσιων δεδομένων αναμένεται να συμπεριληφθούν στο μέλλον, καθώς το Μητρώο εκτιμάται πως θα επεκτείνεται και θα χρησιμοποιείται ευρύτερα (IHO, 2022).



Εικόνα 3-6. Σχήμα Μητρώου Γεωχωρικών Πληροφοριών S-100 (IHO, 2022).

3.3.2. Μητρώο Προδιαγραφών Προϊόντων

Το *Μητρώο Προδιαγραφών Προϊόντων* (αγγλ. Product Specification Register) είναι μια λίστα προδιαγραφών προϊόντων με βάση το S-100 που δημιουργήθηκε από αναγνωρισμένους οργανισμούς και περιγράφει μεταπληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο, το σκοπό, την έκδοση και τη διαθεσιμότητα αυτών των προδιαγραφών προϊόντων. Περιλαμβάνει επίσης τις προδιαγραφές προϊόντων που είχαν αναπτυχθεί στο παρελθόν για το πρότυπο S-57 (IHO, 2012b).

3.3.3. Μητρώο Κωδικών Παραγωγών Δεδομένων

Το *Μητρώο Κωδικών Παραγωγών Δεδομένων* (αγγλ. Data Producer Code Register) είναι η εγκεκριμένη λίστα των κωδικών που μπορούν, εάν απαιτείται, να οριστούν στις προδιαγραφές προϊόντων για την αναγνώριση των παραγωγών ενός συγκεκριμένου προϊόντος δεδομένων, για παράδειγμα Υδρογραφικές Υπηρεσίες για κωδικούς παραγωγών ENC δεδομένων. Το *Μητρώο Κωδικών Παραγωγών Δεδομένων* ενσωματώνει τους κωδικούς παραγωγών ENC που αναφέρονται ήδη στη δημοσίευση IHO S-62. Η δημοσίευση IHO S-62 ονομάζεται πλέον List of Data Producer Codes, είναι ουσιαστικά αντίγραφο των περιεχομένων του μητρώου κωδικών παραγωγού δεδομένων και είναι διαθέσιμο απευθείας από το Μητρώο GI και από τη σελίδα δημοσιεύσεων στον ιστότοπο του IHO. Μια αναγνώσιμη από μηχανή έκδοση XML των κωδικών είναι διαθέσιμη για χρήση σε συστήματα με τη δημοσίευση της Προδιαγραφής Προϊόντος S-101 (ENC). Το Μητρώο Κωδικού Παραγωγού Δεδομένων υποδιαιρείται ως εξής:

- Κωδικοί παραγωγού που έχουν χορηγηθεί σε κρατικές αρχές και φορείς για χρήση σε προϊόντα που έχουν εγκριθεί από το εκάστοτε κράτος μέλος

- Λοιποί Κωδικοί Παραγωγού

3.4. Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (General Feature Model)

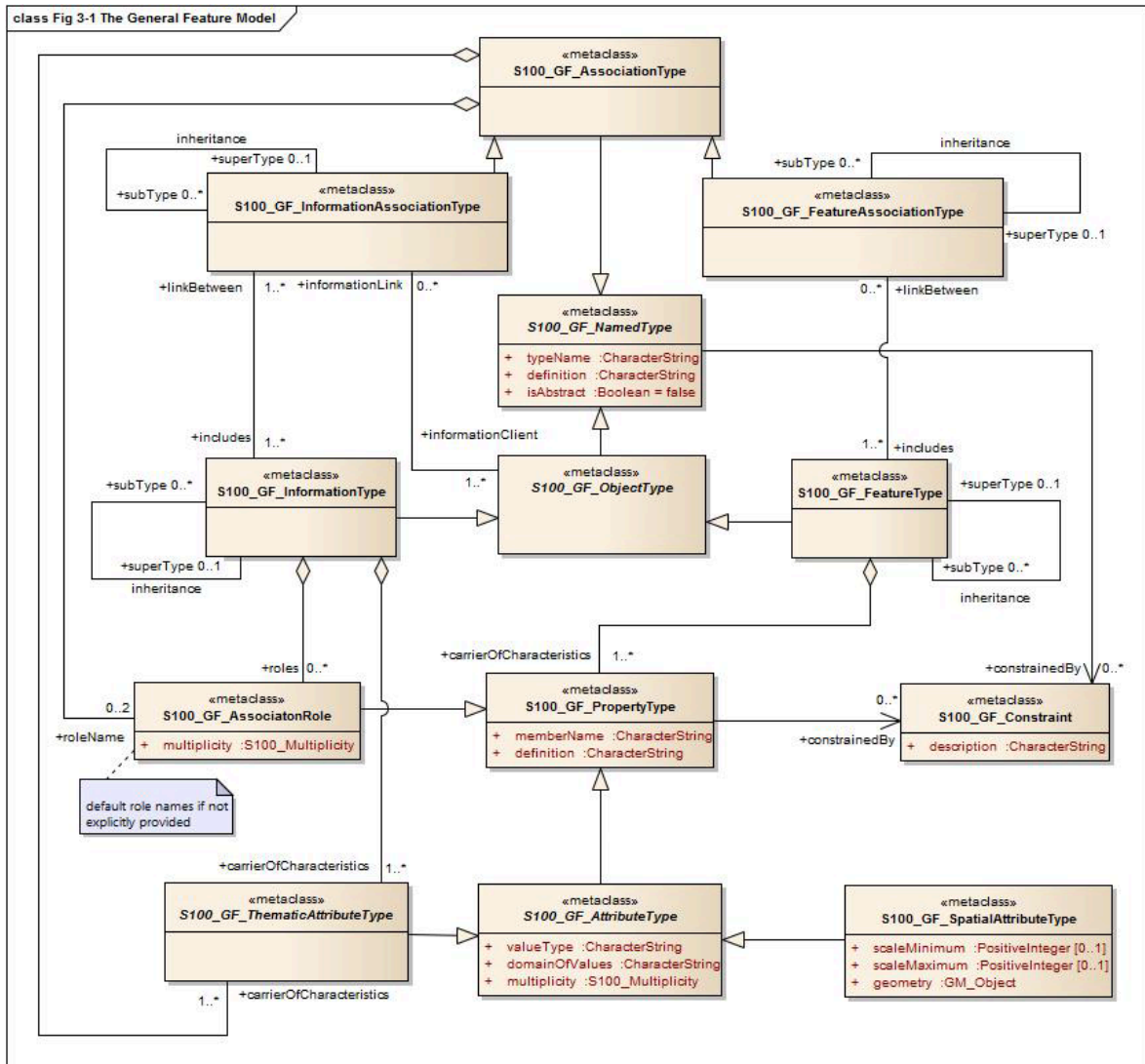
Στην ενότητα 3 του προτύπου S-100 παρουσιάζεται το Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (General Feature Model - GFM) και εισάγονται οι κανόνες για την ανάπτυξη ενός σχήματος εφαρμογής που είναι θεμελιώδες στοιχείο οποιασδήποτε προδιαγραφής προϊόντος που βασίζεται στο S-100. Το GFM είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο για τις οντότητες, τις ιδιότητες και τις συσχετίσεις τους, καθώς και της έννοιας του πληροφοριακού τύπου. Το S-100 GFM (Εικόνα 3-7) είναι ένα προφίλ του GFM που παρουσιάζεται στο ISO 19109 για τους κανόνες για Σχήματα Εφαρμογών Γεωχωρικών Πληροφοριών.

Το πεδίο εφαρμογής αυτής της ενότητας περιλαμβάνει:

- 1) Εννοιολογική μοντελοποίηση των οντοτήτων και των ιδιοτήτων τους,
- 2) Μοντελοποίηση του τύπου πληροφοριών και των ιδιοτήτων τους,
- 3) Ορισμό του σχήματος εφαρμογής,
- 4) Κανόνες για το σχήμα εφαρμογής.

- ISO 19109

Το ISO 19109 ορίζει τους κανόνες για τη δημιουργία και την τεκμηρίωση σχημάτων εφαρμογών (αγγλ. application schemas), συμπεριλαμβανομένων των αρχών για τον ορισμό οντοτήτων (ISO, 2005). Το πρότυπο περιγράφει ένα πλαίσιο μεταμοντέλου για τον ορισμό των οντοτήτων και των σχημάτων εφαρμογών. Ένα σχήμα εφαρμογής ορίζει μια επίσημη περιγραφή της δομής δεδομένων και καθορίζει τους σχετικούς τελεστές για τον χειρισμό και την επεξεργασία δεδομένων από μια εφαρμογή. Τα σχήματα εφαρμογών είναι σημαντικά για τη διαλειτουργικότητα δεδομένων και εφαρμογών. Το ISO 19109 καθορίζει το Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (GFM), το οποίο είναι ένα μοντέλο εννοιών που απαιτούνται για την ταξινόμηση των εννοιών του πραγματικού κόσμου. Οι βασικές έννοιες του GFM είναι οι τύποι οντοτήτων, οι ιδιότητες τους και οι συσχετίσεις τους. Ένα δημοφιλές προϊόν του ISO 19109 είναι το πρότυπο ISO 19136:2007 που αφορά την κωδικοποίηση γεωγραφικών πληροφοριών GML (συντ. Geography Markup Language) που θα αναφερθεί και στη συνέχεια.



Εικόνα 3-7. Το S-100 Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (IHO, 2022).

3.4.1. Αντικείμενα

Το περιεχόμενο των δεδομένων μιας γεωγραφικής εφαρμογής ορίζεται σύμφωνα με την αντίληψη των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου και στο πλαίσιο των απαιτήσεων μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Το περιεχόμενο είναι δομημένο ως προς τα αντικείμενα και το πρότυπο S-100 εξετάζει δύο τύπους αντικειμένων:

- 1) Οντότητες (αγγλ. features), οι οποίες καθορίζονται μαζί με τις ιδιότητές τους. Οι οντότητες έχουν χωρικές και θεματικές ιδιότητες.
- 2) Πληροφορίες (αγγλ. information) που χρησιμοποιούνται για τη συσχέτιση πληροφοριών μεταξύ οντοτήτων και άλλων πληροφοριών. Οι πληροφορίες έχουν μόνο θεματικές ιδιότητες.

Οι ορισμοί για τους τύπους των αντικειμένων τηρούνται σε έναν Κατάλογο Οντοτήτων (αγγλ. Feature Catalogue) και το GFM λειτουργεί ως εννοιολογικό μοντέλο για τον κατάλογο αυτό.

3.4.2. Τύποι Οντοτήτων

Μία οντότητα (αγγλ. feature) είναι μια αφηρημένη αναπαράσταση φυσικών αντικειμένων και φαινομένων του πραγματικού κόσμου. Οι οντότητες έχουν δύο δυνατότητες αναφοράς, ως τύπος οντότητας και ως στιγμιότυπο οντότητας. Ένας τύπος οντότητας είναι μια κλάση και ορίζεται σε έναν Κατάλογο Οντοτήτων. Ένα στιγμιότυπο οντότητας είναι μια μεμονωμένη εμφάνιση του τύπου οντότητας και αναπαρίσταται ως ένα συγκεκριμένο αντικείμενο σε ένα σύνολο δεδομένων. Μία οντότητα (δύναται να ονομάζεται στα αγγλικά και ως entity), στο πλαίσιο της επιστήμης της γεωγραφικής πληροφορίας, είναι ένα διακριτό φυσικό αντικείμενο ή φαινόμενο που υπάρχει σε μια τοποθεσία στον χώρο και με κλίμακα συναφή με τη γεωγραφία της τοποθεσίας, δηλαδή της θέσης πάνω στην επιφάνεια της Γης. Είναι ένας από τους βασικούς τύπους φαινομένων που αναπαρίστανται ως γεωγραφική πληροφορία σε χάρτες, συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, εικόνες τηλεπισκόπησης, στατιστικές και άλλες μορφές χωρικής επικοινωνίας. Οι αναπαραστάσεις γεωχωρικών αντικειμένων αποτελούνται από περιγραφές της φύσης, της χωρικής μορφής, της θέσης, των οντοτήτων και των ιδιοτήτων τους (Mennis et al., 2000). Με άλλα λόγια μία οντότητα είναι ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό του χώρου, είτε είναι φυσικά ορατό (π.χ. ένα δέντρο ή ένα κτίριο) είτε υπάρχει μόνο αφηρημένα (π.χ. μια χώρα ή μια μητροπολιτική περιοχή).

Ως οντότητα νοείται ένα αντικείμενο από την άποψη του χρήστη, που περιέχεται σε ένα ΣΓΠ, το οποίο μπορεί να περιγραφεί με σαφήνεια μέσω γεωχωρικών δεδομένων και να αναγνωριστεί και να αναφερθεί στον πραγματικό κόσμο. Την οντότητα συνήθως αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο φυσικό, γεωμετρικό ή εννοιολογικά προδιορισμένο αντικείμενο της Γης, και με αυτή την έννοια είναι μοναδικό στον πραγματικό κόσμο και έχει συγκεκριμένη ταυτότητα. Μία οντότητα μπορεί να είναι στοιχειώδης ή και αυθαίρετα πολύπλοκη και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (ιδιότητες) της μπορεί να είναι τόσο αριθμητικά (π.χ. γεωμετρικές πληροφορίες) όσο και ποιοτικά (π.χ. ένδειξη ονόματος ή τύπου εδάφους). Κάθε οντότητα μπορεί να αντιστοιχιστεί σε μια συγκεκριμένη κλάση αντικειμένου.

3.4.3. Τύποι Πληροφορίας

Ένας τύπος πληροφορίας είναι μια κλάση αντικειμένου που ορίζεται σε έναν Κατάλογο Οντοτήτων και είναι μια αναγνωρίσιμη περίπτωση πληροφορίας σε ένα σύνολο δεδομένων (αγγλ. dataset). Για παράδειγμα, μια υποσημείωση χάρτη μπορεί να μοντελοποιηθεί ως τύπος πληροφορίας. Οι τύποι πληροφοριών έχουν μόνο θεματικές ιδιότητες ιδιοτήτων. Ένα στιγμιότυπο ενός τύπου πληροφορίας μπορεί να συσχετιστεί με ένα ή περισσότερα στιγμιότυπα οντοτήτων ή άλλα στιγμιότυπα τύπου πληροφοριών.

3.4.4. S-100 Κλάσεις

Όπως σημειώθηκε, το GFM είναι η βάση για την ταξινόμηση τύπων οντοτήτων και πληροφοριών καθώς και των ιδιοτήτων τους. Το GFM λειτουργεί επίσης ως βάση για τη δομή των καταλόγων οντοτήτων (αγγλ. feature catalogues). Ας δούμε συνοπτικά τις κλάσεις που περιλαμβάνει:

- **S100_GF_NamedType**

Η κλάση S100_GF_NamedType δεν προέρχεται από το ISO 19109 αλλά εισάγεται ειδικά για το S-100 GFM. Είναι μια αφηρημένη υπερ-κλάση των κλάσεων S100_GF_ObjectType και S100_GF_AssociationType. Η πρόθεση για την εισαγωγή αυτής της κλάσης είναι να δειχθούν τα κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τύπων αντικειμένων και τύπων συσχέτισης. Και οι δύο τύποι είναι βασικά αναγνωρίσιμα αντικείμενα των σχημάτων δεδομένων S-100.

- **S100_GF_ObjectType**

Όμοια, η κλάση S100_GF_ObjectType δεν υλοποιείται από το ISO 19109 αλλά εισάγεται ειδικά για το S-100 GFM. Είναι μια αφηρημένη υπερ-κλάση των κλάσεων S100_GF_FeatureType και S100_GF_InformationType. Ο σκοπός της εισαγωγής αυτής της κλάσης είναι να δειχθούν τα κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τύπων οντοτήτων και τύπων πληροφοριών, ιδίως τη δυνατότητα αυτών των κλάσεων να συνδέονται με τύπους πληροφοριών μέσω μιας συσχέτισης πληροφοριών.

- **S100_GF_FeatureType**

Η κλάση S100_GF_FeatureType είναι μια υλοποίηση της κλάσης ISO 19109 GF_FeatureType. Διαφέρει από την κλάση ISO καθώς είναι υποτύπος της κλάσης S100_GF_NamedType και δεν πραγματώνει τους συσχετισμούς *Γενίκευσης* και *Εξειδίκευσης* με την κλάση GF_InheritanceRelation. Αντίθετα, η κλάση έχει σχέση με τον εαυτό της μέσω των ρόλων subType (*υπόΤυπο*) και superType (*υπέρΤυπο*). Η κλάση GF_InheritanceRelation δεν πραγματώνεται στο S-100 GFM. Η πολλαπλότητα του superType είναι 0..1 που σημαίνει ότι μία οντότητα μπορεί να έχει το πολύ ένα superType. Αυτό γίνεται για να αποτραπεί η πολλαπλή κληρονομικότητα στο S-100. Η πολλαπλότητα του ρόλου carrierOfCharacteristics με το S100_GF_PropertyType (που είναι η υλοποίηση στο S-100 του GF_PropertyType του ISO) αλλάζει από 0..* σε 1..*. Μία οντότητα S-100 πρέπει να έχει ιδιότητες.

- **S100_GF_InformationType**

Το S100_GF_InformationType είναι η κλάση για τύπους πληροφοριών εντός του S-100. Ένας τύπος πληροφορίας είναι ένα αναγνωρίσιμο αντικείμενο που μπορεί να συσχετιστεί με οντότητες προκειμένου να μεταφέρει πληροφορίες για αυτά. Ένα παράδειγμα τύπου πληροφορίας μπορεί να είναι το υπόμνημα ενός χάρτη. Οι τύποι πληροφοριών μπορούν επίσης να συσχετιστούν μεταξύ τους. Αυτό θα μπορούσε να γίνει όταν υπάρχουν περαιτέρω συμπληρωματικές πληροφορίες που σχετίζονται με τον τύπο πληροφοριών ή όπου υπάρχει ανάγκη μετάφρασης των πληροφοριών. Για παράδειγμα, ένα κύριο αντικείμενο πληροφοριών που φέρει ένα υπόμνημα χάρτη μπορεί να περιέχει κείμενο στα Αγγλικά και ένα συσχετισμένο αντικείμενο συμπληρωματικών πληροφοριών μπορεί να φέρει το ίδιο κείμενο σε άλλη γλώσσα.

- **S100_GF_FeatureAssociationType**

Η κλάση S100_GF_FeatureAssociationType δεν υλοποιείται από το ISO 19109 αλλά εισάγεται ειδικά για το S-100 GFM. Ο λόγος είναι ότι στο S-100 διακρίνονται δύο τύποι

συσχετισμών, οι συσχετισμοί οντοτήτων και πληροφοριών. Είναι και τα δύο σημασιολογικά διαφορετικά στο γενικό μοντέλο. Αυτή η κλάση περιγράφει τη συσχέτιση οντοτήτων. Ένας συσχετισμός οντοτήτων είναι η περιγραφή της σχέσης μεταξύ δύο στιγμιότυπων τύπων οντοτήτων. Μπορεί να χαρακτηριστεί από θεματικές ιδιότητες και έχει συνήθως δύο ρόλους. Οι ρόλοι περιγράφουν τα άκρα της σχέσης αφού μια τέτοια σχέση συνήθως δεν είναι συμμετρική.

- **S100_GF_InformationAssociationType**

Η κλάση S100_GF_InformationAssociationType δεν προέρχεται από το ISO 19109 αλλά εισάγεται ειδικά για το S-100 GFM. Αυτή η κλάση περιγράφει τη συσχέτιση πληροφοριών. Μια συσχέτιση πληροφορίας είναι η περιγραφή της σχέσης μεταξύ ενός αυθαίρετου αντικειμένου και ενός τύπου πληροφοριών που παρέχει πρόσθετες πληροφορίες για αυτό το αντικείμενο. Η σχέση μπορεί να χαρακτηριστεί από θεματικές ιδιότητες και ένα ρόλο.

3.4.5. S-100 Ιδιότητες

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των ιδιοτήτων των τύπων οντοτήτων και πληροφοριών σύμφωνα με το S-100 GFM (Εικόνα 3-8).

- **S100_GF_ThematicAttributeType**

Η κλάση S100_GF_ThematicAttributeType είναι μια υλοποίηση της κλάσης ISO 19109 GF_ThematicAttributeType. Οι θεματικοί τύποι ιδιοτήτων φέρουν περιγραφικά χαρακτηριστικά αντικειμένων διαφορετικά από αυτά που καθορίζονται στο ISO 19109 με τους ακόλουθους τρόπους:

1) Το GF_ThematicAttributeType ορίζεται στο ISO 19109 ως συγκεκριμένη κλάση. Η υλοποίηση του S-100 GFM είναι μια αφηρημένη κλάση με δύο συγκεκριμένες υποκλάσεις την S100_GF_SimpleAttributeType και την S100_GF_ComplexAttributeType.

2) Ειδικά, οι χρονικές πληροφορίες θα έχουν τον τύπο τιμής οριζόμενο από τους τύπους Date, Time, DateTime, S100_TruncatedDate ή σύνθετες δομές που χρησιμοποιούν συνδυασμούς των αρχέτυπων χρονικών τύπων.

- **S100_GF_ComplexAttributeType**

Η κλάση S100_GF_ComplexAttributeType εισάγεται στο S-100 GFM. Οι σύνθετες ιδιότητες είναι μια σύνθεση άλλων ιδιοτήτων, είτε απλών, είτε σύνθετων.

- **S100_GF_SimpleAttributeType**

Η κλάση S100_GF_SimpleAttributeType εισάγεται στο S-100 GFM. Ένας απλός τύπος ιδιοτήτων που φέρει ένα περιγραφικό χαρακτηριστικό ενός ονομαζόμενου τύπου.

- **S100_GF_SpatialAttributeType**

Η κλάση S100_GF_SpatialAttributeType είναι μια υλοποίηση της κλάσης ISO 19109 GF_SpatialAttributeType. Είναι ένας χωρικής ιδιότητας που έχει ως τύπο τιμής ένα GM_Object. Το GM_Object και οι δευτερεύοντες τύποι του ορίζονται στο χωρικό σχήμα, στην ενότητα 7 του S-100 προτύπου.

4α). Οι σύνθετες θεματικά ιδιότητες ορίζονται σε Κατάλογο Οντοτήτων (αγγλ. Feature Catalogue).

- **GF_QualityAttributeType**

Η κλάση ISO 19109 GF_QualityAttributeType δεν υλοποιείται ρητά στο S-100 GFM. Οι τύποι ποιοτικών μεταδεδομένων μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας σύνθετες θεματικά ιδιότητες που υλοποιούν τύπους από την ενότητα των ποιότητας δεδομένων του S-100 (ενότητα 4γ). Οι σύνθετες θεματικά ιδιότητες ορίζονται σε Κατάλογο Οντοτήτων.

- **GF_LocationAttributeType**

Η κλάση ISO 19109 GF_LocationAttributeType δεν υλοποιείται στο S-100 GFM.

- **S100_TruncatedDateAttributeType**

Η κλάση S100_TruncatedDateAttributeType προορίζεται για τη μοντελοποίηση τιμών ημερομηνίας με δυνατότητα για ένα ή περισσότερα από τα πιο επιμέρους στοιχεία να παραλείπονται. Αυτό επιτρέπει τη χρήση επιμέρους ημερομηνιών, για παράδειγμα, για επαναλαμβανόμενες περιόδους.

- **S100_GF_CodelistAttributeType**

Η κλάση S100_GF_CodelistAttributeType εισάγεται στο S-100 GFM για τη μοντελοποίηση των λιστών κωδικών (αγγλ. codelists) του S-100. Οι ιδιότητες μιας λίστας κωδικών συσχετίζεται είτε με μια απαρίθμηση (αγγλ. enumeration), για λίστες κωδικών ανοιχτής απαρίθμησης, είτε με ένα λεξικό (αγγλ. dictionary) για λίστες κωδικών ανοιχτών και κλειστών λεξικών, αλλά όχι και με τα δύο. Η δομή του λεξικού πρέπει να ορίζεται από μια εξωτερική προδιαγραφή.

- **S100_GF_EnumerationType**

Το S100_GF_EnumerationType και το S100_GF_EnumerantClass μαζί μοντελοποιούν τις απαριθμήσεις που ορίζουν τις επιτρεπόμενες τιμές για μια ιδιότητα απαρίθμησης και τη σημασιολογία τους. Ένα στιγμιότυπο ενός τύπου απαρίθμησης μπορεί να ορίσει το σύνολο των επιτρεπόμενων τιμών για μια ιδιότητα απαρίθμησης ή λίστας κωδικών ή και τα δύο.

3.4.6. Σχέσεις μεταξύ ονομασμένων τύπων (Named Types)

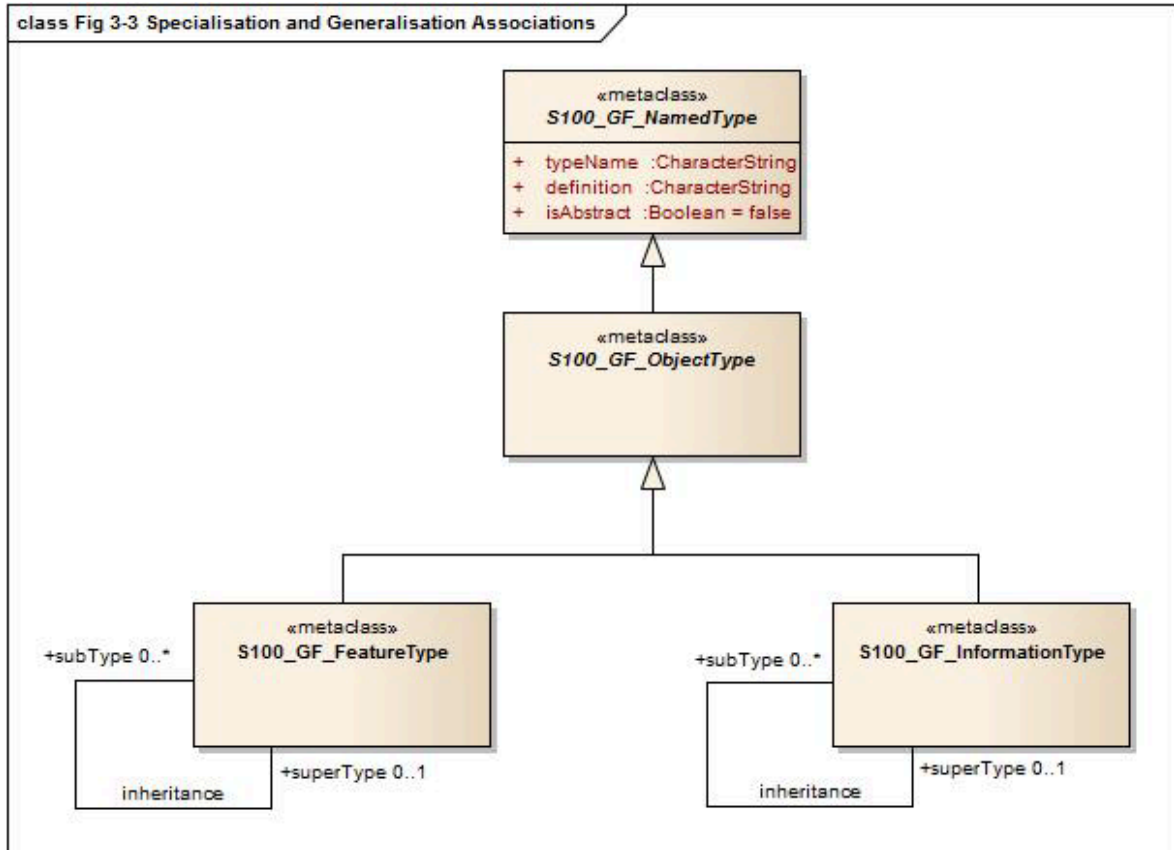
Οι σχέσεις μεταξύ τύπων αντικειμένων ταξινομούνται ως εξής (Εικόνα 3-9):

- 1) Γενίκευση / Εξειδίκευση τύπων οντοτήτων και τύπων πληροφοριών.
- 2) Συσχετισμοί μεταξύ τύπων οντοτήτων και τύπων πληροφοριών.

- **GF_InheritanceRelation**

Η κλάση GF_InheritanceRelation δεν υλοποιείται στο S-100 GFM, αλλά η κληρονομικότητα των αντικειμένων επιτρέπεται μέσω χρήσης μιας πανομοιότυπης συσχέτισης στις κλάσεις S100_GF_FeatureType και S100_GF_InformationType (βλ. Εικόνα 3-9). Η πολλαπλότητα του άκρου superType της συσχέτισης είναι τέτοια που ένας υποτύπος μπορεί να έχει μόνο έναν υπερτύπο. Αυτό γίνεται για να αποτραπεί η

μοντελοποίηση πολλαπλής κληρονομικότητας. Ο συσχετισμός σχέσης κληρονομικότητας μοντελοποιείται στο επίπεδο της συγκεκριμένης κλάσης παρά στην αφηρημένη κλάση S100_GF_NamedType. Αυτό αποτρέπει την κληρονομικότητα ενός τύπου οντότητας από έναν τύπο πληροφορίας και αντίστροφα. Οι συσχετίσεις κληρονομικότητας υπάρχουν μόνο μεταξύ ονομασμένων τύπων (κλάσεις) και όχι μεταξύ στιγμιτύπων ονομασμένων τύπων, δηλαδή τις οντότητες που εμφανίζονται σε ένα σύνολο δεδομένων (αγγλ. dataset).



Εικόνα 3-9. Συσχέτιση Εξειδίκευσης και Γενίκευσης (IHO, 2022).

- **S100_GF_AssociationType**

Οι συσχετίσεις ορίζονται από την κλάση S100_GF_AssociationType με δύο ρόλους και έναν ορισμό. Οι κατηγορίες ISO 19109 GF_AggregationType, GF_SpatialAssociationType και GF_TemporalAssociationType δεν υλοποιούνται ρητά στο S-100 GFM. Αυτές οι κλάσεις δύνανται να χρησιμοποιηθούν μόνο εάν επιτρέπεται σε μια συσχέτιση να φέρει ιδιότητες. Στο ISO 19109 GFM επιτέπεται καθώς το GF_AssociationType είναι ένας δευτερεύων τύπος του GF_FeatureType., ενώ στο S-100 το S100_GF_AssociationType δεν είναι δευτερεύων τύπος του S100_GF_FeatureType.

- **Συσχετίσεις με τύπους πληροφοριών**

Στο S-100 GFM εισάγεται συσχέτιση μεταξύ των S100_GF_ObjectType και S100_GF_InformationType . Ο ρόλος AdditionalInformation είναι ο προεπιλεγμένος για αυτήν τη συσχέτιση και σημαίνει ότι είναι διαθέσιμες πρόσθετες πληροφορίες για έναν ονομασμένο τύπο.

3.4.7. S-100 Ρόλοι

Η έννοια του ρόλου χρησιμοποιείται για να επεξηγήσει μια συσχέτιση και τα σχήματα εφαρμογών δύνανται να καθορίζουν ονόματα στα άκρα μιας συσχέτισης που ονομάζονται *ρόλοι*. Εάν τα ονόματα δεν παρέχονται ρητά, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες προεπιλογές.

1) Εάν μόνο στο ένα άκρο μιας συσχέτισης δοθεί ένα ρητό όνομα «<rolename>», το άλλο άκρο θα έχει το προεπιλεγμένο όνομα «<inv_<rolename>».

2) Εάν σε κανένα άκρο συσχέτισης δεν δοθεί ρητό όνομα, το προεπιλεγμένο όνομα ρόλου είναι «<the <target class name>» στο οποίο η κλάση προορισμού αναφέρεται από την κλάση προέλευσης.

3) Οι παραπάνω κανόνες ενδέχεται να μην έχουν ως αποτέλεσμα ένα ξεχωριστό όνομα για κάθε άκρο συσχέτισης σε ένα σχήμα εφαρμογής, και οι προδιαγραφές προϊόντος ενδέχεται να ορίζουν διαφορετικούς ή πρόσθετους κανόνες, εάν χρειάζεται.

4) Εάν είναι επιθυμητό να υπάρχουν προκαθορισμένα ονόματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δύο ακόλουθες προεπιλογές αντί για αυτές που αναφέρονται παραπάνω:

α. Ο ρόλος «<additionalInformation>» είναι ένα προεπιλεγμένο όνομα ρόλου για συσχετίσεις από οντότητες σε τύπους πληροφοριών.

β. Οι συσχετίσεις οντοτήτων με οντότητες ή πληροφοριών με πληροφορίες με δυνατότητα πλοήγησης προς μία μόνο κατεύθυνση μπορούν να χρησιμοποιούν τα προεπιλεγμένα ονόματα άκρων «<πηγή>» (αγγλ. source) και «<στόχος>» (αγγλ. target). Επίσης, το όνομα «<associatedWith>» μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα δύο άκρα μιας αμφίδρομης συσχέτισης.

3.5. Μεταδεδομένα (Metadata)

Το σχήμα μεταδεδομένων που ορίζεται στην ενότητα 4 του S100 είναι ένα σχήμα εφαρμογής για σύνολα μεταδεδομένων. Τα μεταδεδομένα ως γνωστό είναι δεδομένα που περιγράφουν και τεκμηριώνουν δεδομένα. Τα μεταδεδομένα για γεωχωρικά δεδομένα παρέχουν συνήθως πληροφορίες σχετικά με την ταυτοποίηση, την έκταση, την ποιότητα, τις χωρικές και χρονικές πτυχές, τη χωρική αναφορά και την κατανομή τους. Οι τύποι μεταδεδομένων υλοποιούνται ως σύνθετες ιδιότητες που υλοποιούν κανόνες από την ενότητα 4 του S-100. Επομένως, οι ιδιότητες μεταδεδομένων είναι θεματικοί τύποι ιδιοτήτων.

Το προφίλ μεταδεδομένων S-100 που περιγράφονται στις ενότητες 4α, 4β και 4γ του προτύπου παρέχουν προδιαγραφές για την περιγραφή, την επικύρωση και την ανταλλαγή μεταδεδομένων σχετικά με γεωχωρικά σύνολα δεδομένων που παράγονται συνήθως από υδρογραφικούς οργανισμούς. Σκοπός είναι η δημιουργία αρχείων μεταδεδομένων που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την αναγνώριση, τη χωρική και χρονική έκταση, την ποιότητα, το σχήμα εφαρμογής, το χωρικό σύστημα αναφοράς και τη διανομή των υδροχωρικών δεδομένων. Το προφίλ μεταδεδομένων γενικά εφαρμόζεται για την καταλογογράφηση του συνόλου δεδομένων, τις εργασίες του ποιοτικού ελέγχου και την

πλήρη περιγραφή των γεωγραφικών και μη γεωγραφικών πόρων (Kavadas & Tsoulos, 2008).

Αν και προορίζονται κυρίως για την περιγραφή ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή άλλων πόρων, όπως, χάρτες, εικόνες, έγγραφα κειμένου και μη γεωγραφικούς πόρους. Στο S-100 προβλέπεται η περιγραφή των οντοτήτων, ιδιοτήτων και των τύπων τους, συνόλων δεδομένων, σειρών δεδομένων, μη γεωχωρικών συνόλων δεδομένων, λογισμικού και υπηρεσιών. Σημειώνεται ότι αυτό το προφίλ δεν περιορίζεται στους πόρους που αναφέρονται στον κατάλογο κωδικών του ISO 19115-1 MD_ScopeCode <<Codelist>> και μπορεί να επεκταθεί για να συμπεριλάβει πρόσθετους πόρους εφόσον απαιτηθεί.

Το προφίλ μεταδεδομένων S-100 βασίζεται στα πρότυπα ISO 19115-1 και 19115-2 για μεταδεδομένα εικόνων και δεδομένα δομής πλέγματος. Λαμβάνεται επίσης υπόψη η εφαρμογή μεταδεδομένων ISO 19115-3 για σχήματα XML για θεμελιώδεις έννοιες. Το ISO 19115-1 παρέχει μια αφηρημένη δομή για την περιγραφή γεωχωρικών πληροφοριών ορίζοντας στοιχεία μεταδεδομένων και καθιερώνοντας ένα κοινό σύνολο ορολογίας, ορισμών και διαδικασιών επέκτασης μεταδεδομένων. Το ISO 19115-3 παρέχει μια εφαρμογή επεκτάσιμης γλώσσας σήμανσης (XML) του ISO 19115-1 και οδηγίες για την ανάπτυξη προφίλ καθώς και επιμέρους επεκτάσεων. Η ενότητα αφορά προγραμματιστές και αναλυτές εφαρμογών μεταδεδομένων και παρέχει βασική κατανόηση των αρχών και των συνολικών απαιτήσεων για την τυποποίηση των γεωχωρικών πληροφοριών. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα πρότυπα που αναφέρονται στην ενότητα 4α αναφορικά με τις κανονιστικές αναφορές (Hua & Weiss, 2011; ISO, 2003b).

Το πρότυπο ISO 19130 “*Sensor and data model for imagery and gridded data*” (ελλ. μοντέλο δεδομένων για εικόνες και πλέγματα δεδομένων από αισθητήρες), είναι ένα σημαντικό πρότυπο που σχετίζεται με το ISO 19115-2, καθώς καθορίζει τις πληροφορίες που απαιτούνται για την υποστήριξη του γεωεντοπισμού γεωαναφερόμενων εικόνων, συμπεριλαμβανομένης της περιγραφής των αισθητήρων και των σχετικών φυσικών πληροφοριών που ορίζονται από ένα μοντέλο αισθητήρων, λειτουργίες εντοπισμού θέσης και σημεία ελέγχου στο έδαφος. Περιγράφει πώς συνδέονται λογικά οι μετρήσεις των αισθητήρων και οι πληροφορίες γεωεντοπισμού και δύναται να περιγράψει αισθητήρες και το μοντέλο δεδομένων για απαιτήσεις υδρογραφικών ηχοβολιστικών συστημάτων (σόναρ) και τα σχετικά μεταδεδομένα (Jin et al., 2020).

3.5.1. Σκοπός και προβλεπόμενη χρήση

Σύμφωνα με το S-100 τα μεταδεδομένα μπορούν να ικανοποιήσουν μια σειρά από χρήσεις (βλέπε **Εικόνα 3-10**):

1) *Ανάκτηση δεδομένων* (αγγλ. Data Discovery), αναφορικά με συνοπτικές περιγραφές περιεχομένου και ποιότητας, στοιχεία επικοινωνίας, φυσική διανομή και ηλεκτρονικές διευθύνσεις (URL) για προβολή στο διαδίκτυο.

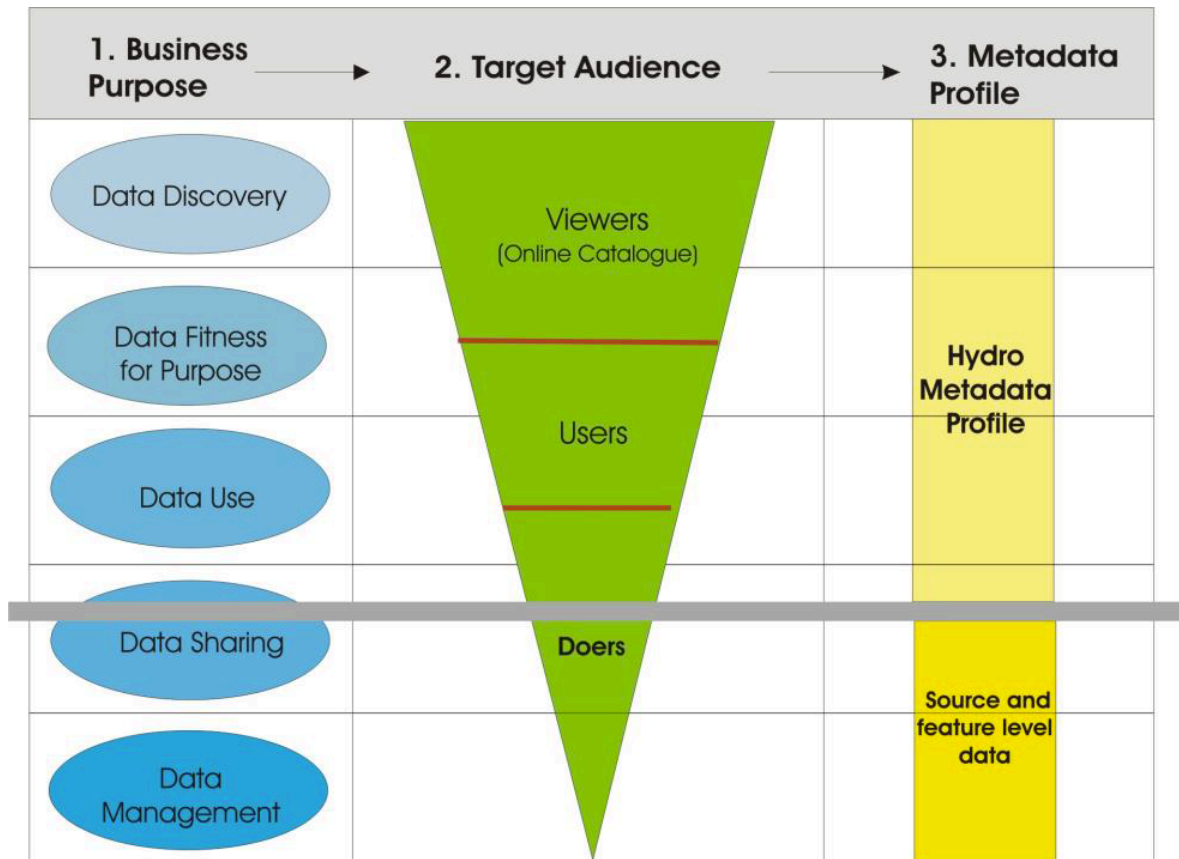
2) *Χρήση δεδομένων* (αγγλ. Data Fitness for Purpose), αναφορικά με αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την κάλυψη δεδομένων, τη συντήρηση, το περιεχόμενο και τις

λεπτομέρειες της δημιουργίας των δεδομένων. Επίσης δύναται να περιλαμβάνουν πρόσθετες λεπτομέρειες επικοινωνίας, διανομής και ποιότητας.

3) *Καταλληλότητα δεδομένων* (αγγλ. Data Use), που περιλαμβάνουν πρόσθετες λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση, τους περιορισμούς, τη μορφή, την ηλικία και την έκταση. Αυτό το επίπεδο μεταδεδομένων βοηθά τον χρήστη να προσδιορίσει την καταλληλότητα των δεδομένων για χρήση.

4) *Διαμοιρασμό δεδομένων* (αγγλ. Data Sharing), με λεπτομέρειες σχετικά με το περιεχόμενο των δεδομένων, τους μορφότυπους μεταφοράς και τη χωρική αναπαράσταση.

5) *Διαχείριση δεδομένων* (αγγλ. Data Management), που αφορά το πιο λεπτομερές επίπεδο μεταδεδομένων, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για τα καθεστάτα ποιότητας δεδομένων και τα αποτελέσματα δοκιμών ποιότητας δεδομένων. Αυτός ο τύπος μεταδεδομένων είναι σημαντικός όταν ανταλλάσσονται δεδομένα μεταξύ οργανισμών.



Εικόνα 3-10. Σκοπός Μεταδεδομένων (IHO, 2022).

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των τύπων μεταδεδομένων που απαιτούνται από διαφορετικούς τύπους χρηστών και το εύρος του προφίλ μεταδεδομένων. Κάθε προδιαγραφή προϊόντος που βασίζεται στο S-100 θα πρέπει να περιγράφει την πηγή και τα μεταδεδομένα σε επίπεδο οντοτήτων που απαιτούνται για την υποστήριξη της χρήσης, του διαμοιρασμού και της διαχείρισης δεδομένων. Οι απαιτήσεις για πιο ολοκληρωμένα μεταδεδομένα, όπως απεικονίζονται από τους «Doers», οι οποίοι απαιτούν περαιτέρω αναφορές για να είναι εφικτή η επιλογή πηγής και η ανάλυση των χαρακτηριστικών.

3.6. Κατάλογος Οντοτήτων (Feature Catalogue)

Η ενότητα 5 του S-100 παρέχει ένα πλαίσιο για την οργάνωση και την αναφορά της ταξινόμησης των φαινομένων του πραγματικού κόσμου σε ένα σύνολο γεωχωρικών δεδομένων. Καθορίζει τη μεθοδολογία για την ταξινόμηση των τύπων οντοτήτων και καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται σε έναν *Κατάλογο Οντοτήτων* και παρουσιάζονται στους χρήστες μέσω ενός συνόλου (σετ) γεωχωρικών δεδομένων. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στη δημιουργία καταλόγων τύπων οντοτήτων σε τομείς που δεν είχαν καταγραφεί προηγουμένως, καθώς και στην αναθεώρηση υπαρχόντων καταλόγων οντοτήτων για συμμόρφωση με το πρότυπο. Η ενότητα αφορά τον ορισμό των γεωχωρικών αντικειμένων σε επίπεδο τύπου, και δεν αφορά την αναπαράσταση στιγμιοτύπων κάθε τύπου. Εφαρμόζεται για την καταλογογράφηση τύπων οντοτήτων που δύναται να αναπαρίστανται σε ψηφιακή μορφή. Οι αρχές του μπορούν να επεκταθούν στην καταλογογράφηση και άλλων μορφών γεωγραφικών δεδομένων. Σύμφωνα με το S-100 κατάλογος οντοτήτων θα πρέπει να ορίζεται για κάθε προδιαγραφή προϊόντος.

3.6.1. Βασικές Απαιτήσεις

Ένας κατάλογος οντοτήτων που βασίζεται στο S-100 παρουσιάζει την αφαιρετική διάσταση της πραγματικότητας που αναπαρίσταται σε ένα ή περισσότερα σύνολα γεωχωρικών δεδομένων ως μια καθορισμένη ταξινόμηση φαινομένων. Το βασικό επίπεδο ταξινόμησης στον Κατάλογο Οντοτήτων είναι ο τύπος οντοτήτων. Οι οντότητες και οι ιδιότητές τους συνδέονται στον Κατάλογο Οντοτήτων, ενώ οι ορισμοί των οντοτήτων και των ιδιοτήτων προέρχονται από ένα λεξικό εννοιών οντοτήτων. Ο κατάλογος οντοτήτων πρέπει να είναι διαθέσιμος σε ηλεκτρονική μορφή (για παράδειγμα XML) για οποιοδήποτε σύνολο γεωχωρικών δεδομένων που περιέχει οντότητες. Ένας κατάλογος οντοτήτων μπορεί επίσης να συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές αυτής της ενότητας του S-100 ανεξάρτητα από οποιοδήποτε υφιστάμενο σύνολο γεωγραφικών δεδομένων.

Οι τύποι οντοτήτων είναι το βασικό επίπεδο ταξινόμησης στον Κατάλογο Οντοτήτων. Εκτός από τα κοινά χαρακτηριστικά, ορίζουν έναν τύπο χρήσης οντοτήτων για την κατηγοριοποίησή τους. Οι τύποι οντοτήτων μπορούν να συσχετιστούν με άλλους τύπους οντοτήτων μέσω συσχετίσεων οντοτήτων. Αυτό θα οριστεί από σχέσεις οντοτήτων που καθορίζουν τη συσχέτιση καθώς και τον ρόλο που χρησιμοποιείται για τη σχέση με τον άλλο τύπο οντότητας. Ένας κατάλογος οντοτήτων αποτελείται γενικά από έναν κατάλογο ονομασμένων τύπων, ένα κατάλογο ιδιοτήτων για ονομασμένους τύπους και πληροφορίες σχετικά με το πώς συνδέονται μεταξύ τους. Επιπλέον, περιέχει έναν κατάλογο πηγών για τους ορισμούς του. Το μοντέλο βασίζεται κυρίως στο πρότυπο ISO 19110, αλλά υπάρχουν σχετικές επεκτάσεις και διαφορές.

Υπάρχουν δύο κύριες επεκτάσεις στους τύπους οντοτήτων, που είναι οι τύποι πληροφοριών και οι σύνθετες ιδιότητες. Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευελιξία στη μοντελοποίηση των δεδομένων σε ένα σύνολο δεδομένων, είναι απαραίτητο να οριστούν σύνθετες δομές πληροφοριών. Και οι δύο επεκτάσεις επιτρέπουν τη δημιουργία τέτοιων δομών. Οι σύνθετες ιδιότητες ορίζουν σύνθετα χαρακτηριστικά για έναν ονομασμένο τύπο, ενώ οι τύποι πληροφοριών δύναται να διαμοιρασθούν.

Σε αντίθεση με τους τύπους οντοτήτων, που είναι μια αφαίρεση των φαινομένων του πραγματικού κόσμου, οι τύποι πληροφοριών είναι απλώς δομημένα μέρη πληροφοριών με δυνατότητα πολλαπλής χρήσης. Σε ένα σύνολο γεωχωρικών δεδομένων θα συσχετιστούν με τύπους οντοτήτων ή με άλλους τύπους πληροφοριών, καθώς και οι δύο τύποι, οντότητες και πληροφορίες δύνανται να έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Αυτό επιτυγχάνεται με την εξαγωγή και των δύο τύπων από μια κοινή αφηρημένη βασική κλάση, τον ονομασμένο τύπο. Οι σύνθετες ιδιότητες είναι ένα άθροισμα άλλων ιδιοτήτων που μπορεί να είναι είτε απλές είτε σύνθετες. Η διάταξη του περιεχομένου του καταλόγου οντοτήτων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το μέσο διαμοιρασμού, για παράδειγμα έντυπο έγγραφο, XML, ιστοσελίδα, κ.ά.

3.6.2. Ονομασμένοι Τύποι (αγγλ. Named Types)

Οι τύποι οντοτήτων και πληροφοριών κληρονομούνται από την αφηρημένη κλάση S100_FC_NamedType. Αυτή η κλάση περιγράφει όλα τα κοινά χαρακτηριστικά, για παράδειγμα, το όνομα και τον ορισμό του αντίστοιχου τύπου. Επιπλέον, ορίζεται ένας κωδικός για κάθε τύπο. Αυτός ο κωδικός θα χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση ενός στιγμιότυπου ενός ονομασμένου τύπου σε ένα σύνολο γεωχωρικών δεδομένων. Εάν ο ορισμός έχει ληφθεί από ένα λεξικό εννοιών οντοτήτων, η αναφορά αυτή δίνεται επίσης.

Οι τύποι οντοτήτων και πληροφοριών μπορούν να προέρχονται από άλλους τύπους οντοτήτων ή πληροφοριών. Αυτό περιλαμβάνει τη δυνατότητα ορισμένοι τύποι να είναι πολύ γενικοί (αφηρημένοι), που σημαίνει ότι δεν μπορούν να υπάρχουν παρόμοιοι τύποι σε ένα σύνολο δεδομένων. Οι ονομασμένοι τύποι μπορούν να χαρακτηριστούν από ιδιότητες και πρόσθετες πληροφορίες που δύνανται να είναι διαθέσιμες από τύπους πληροφοριών που σχετίζονται με αυτούς. Το πρώτο ορίζεται από συσχετίσεις ιδιοτήτων, ενώ το δεύτερο επιτυγχάνεται με συσχετίσεις πληροφοριών.

3.6.3. Κληρονομικότητα

Στη μοντελοποίηση δεδομένων, η κληρονομικότητα είναι ένας τρόπος σχηματισμού νέων τύπων χρησιμοποιώντας τους τύπους που έχουν ήδη καθοριστεί. Οι νέοι τύποι, γνωστοί ως παράγωγοι τύποι (ή υπότυποι), αναλαμβάνουν (ή κληρονομούν) ιδιότητες τύπων που προϋπάρχουν, οι οποίοι αναφέρονται ως βασικοί τύποι (ή υπέρτυποι). Οι παράγωγοι τύποι μπορεί να ορίζουν νέες πρόσθετες ιδιότητες, αλλά και να αλλάζουν υπάρχουσες ιδιότητες, όπου οι τελευταίες καλούνται υπερισχύουσες. Η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιείται για την εκχώρηση μοναδικών τιμών ιδιοτήτων σε υπότυπους, όπως το όνομα και ο ορισμός, αλλά η υπερισχύση χαρακτηριστικών όπως οι συσχετίσεις σε ιδιότητες θα πρέπει να αποφεύγεται με τη συμπερίληψη κοινών χαρακτηριστικών στον υπέρτυπο.

Στο πλαίσιο ενός καταλόγου οντοτήτων, τόσο οι τύποι οντοτήτων, όσο και οι τύποι πληροφοριών μπορούν να προέρχονται από άλλους τύπους οντοτήτων ή πληροφοριών. Αλλά ένας τύπος οντότητας δεν μπορεί να προέλθει από έναν τύπο πληροφορίας ή το αντίστροφο. Οι ιδιότητες και οι συσχετισμοί που ορίζονται για τον υπέρτυπο θα ανήκουν επίσης στον υπότυπο. Ο ορισμός του υπότυπου συνήθως επαναπροσδιορίζεται. Στο πλαίσιο του προτύπου S-100, η κληρονομικότητα είναι πάντα απλή, που σημαίνει ότι κάθε τύπος δεν μπορεί να προέρχεται από περισσότερους από έναν υπέρτυπους. Για παράδειγμα, οι κεντρικοί και οι πλευρικοί σημαντήρες μπορούν να προέρχονται από ένα σημαντήρα

(αφηρημένου) τύπου. Ο υπέρτυπος ορίζει γενικά χαρακτηριστικά όπως το χρώμα, το σχήμα, το όνομα και συσχετίσεις με φανούς ή άλλα καταφανή σημεία. Οι παραγόμενοι τύποι προσθέτουν ειδικές πληροφορίες που ισχύουν μόνο για τον εξειδικευμένο τύπο, όπως η κατηγορία του βασικού σημαντήρα ή η κατηγορία του πλευρικού σημαντήρα αντίστοιχα.

3.6.4. Σχέση με προδιαγραφές προϊόντος

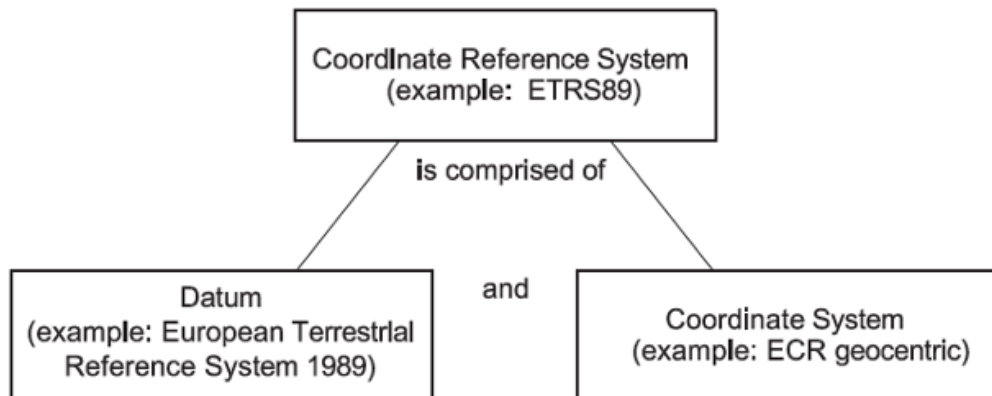
Η κληρονομικότητα είναι κοινή πρακτική στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό και για σχετικές υλοποιήσεις. Γενικά, η ανάγκη για κληρονομικότητα αυξάνεται με μεγάλο αριθμό εννοιών που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μια έννοια υψηλότερου επιπέδου ή καθώς περισσότερα χαρακτηριστικά μοιράζονται μεταξύ παρόμοιων τύπων ή ακόμα και αν πολλοί διαφορετικοί τύποι μοιράζονται ορισμένα χαρακτηριστικά.

Το πλεονέκτημα της κληρονομικότητας στους *Καταλόγους Οντοτήτων* είναι κυρίως η δομική απλοποίηση και κατά συνέπεια η απλούστερη επεξεργασία, καθώς δεν χρειάζεται να εφαρμοστούν αφηρημένοι τύποι και ιεραρχίες κληρονομικότητας. Επίσης, στις προδιαγραφές προϊόντων που βασίζονται στο S-100, οι κληρονομημένες απαριθμημένες ιδιότητες μπορούν να έχουν διαφορετικές λίστες επιτρεπόμενων τιμών για διαφορετικούς υπότυπους.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν πιθανές αυξήσεις στον όγκο του καταλόγου οντοτήτων, ειδικά σε περιπτώσεις όπου πολλές οντότητες ή τύποι πληροφοριών έχουν κοινές ιδιότητες ή συσχετίσεις, καθώς και η αυξημένη πολυπλοκότητα για τη συντήρησή τους. Για παράδειγμα αν χρειάζεται να γίνει ενημέρωση σε μια ιδιότητα σε έναν υπέρτυπο, θα χρειαστεί να γίνει και σε κάθε υπότυπο σε όλα τα επίπεδα, και αυτό θα πρέπει να ελεγχθεί πριν από την δημοσίευση του καταλόγου οντοτήτων.

3.7. Συστήματα Αναφοράς Συντεταγμένων (Coordinate Reference Systems)

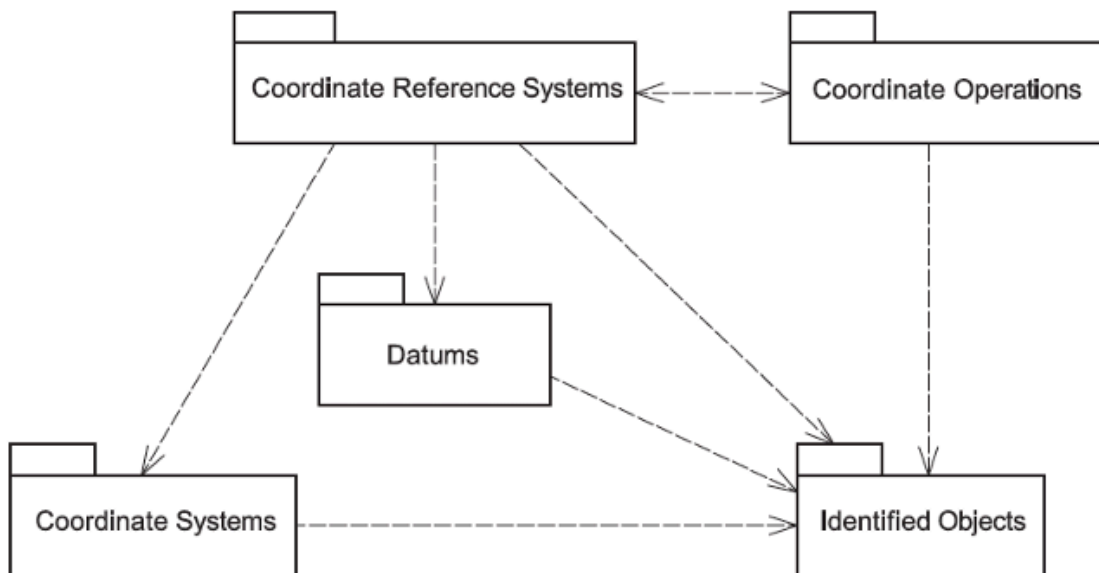
Η ενότητα 6 του S-100 αφορά Συστήματα Αναφοράς Συντεταγμένων (αγγλ. Coordinate Reference Systems - CRS) για παραγωγούς και χρήστες υδρογραφικών πληροφοριών. Η θέση ενός αντικειμένου στο πρότυπο S-100 ορίζεται μέσω συντεταγμένων. Αυτές οι συντεταγμένες συσχετίζουν μία οντότητα με μια θέση στη Γη.



Εικόνα 3-11. Εννοιολογικό Μοντέλο Συστήματος Αναφοράς Συντεταγμένων (ISO, 2007a)

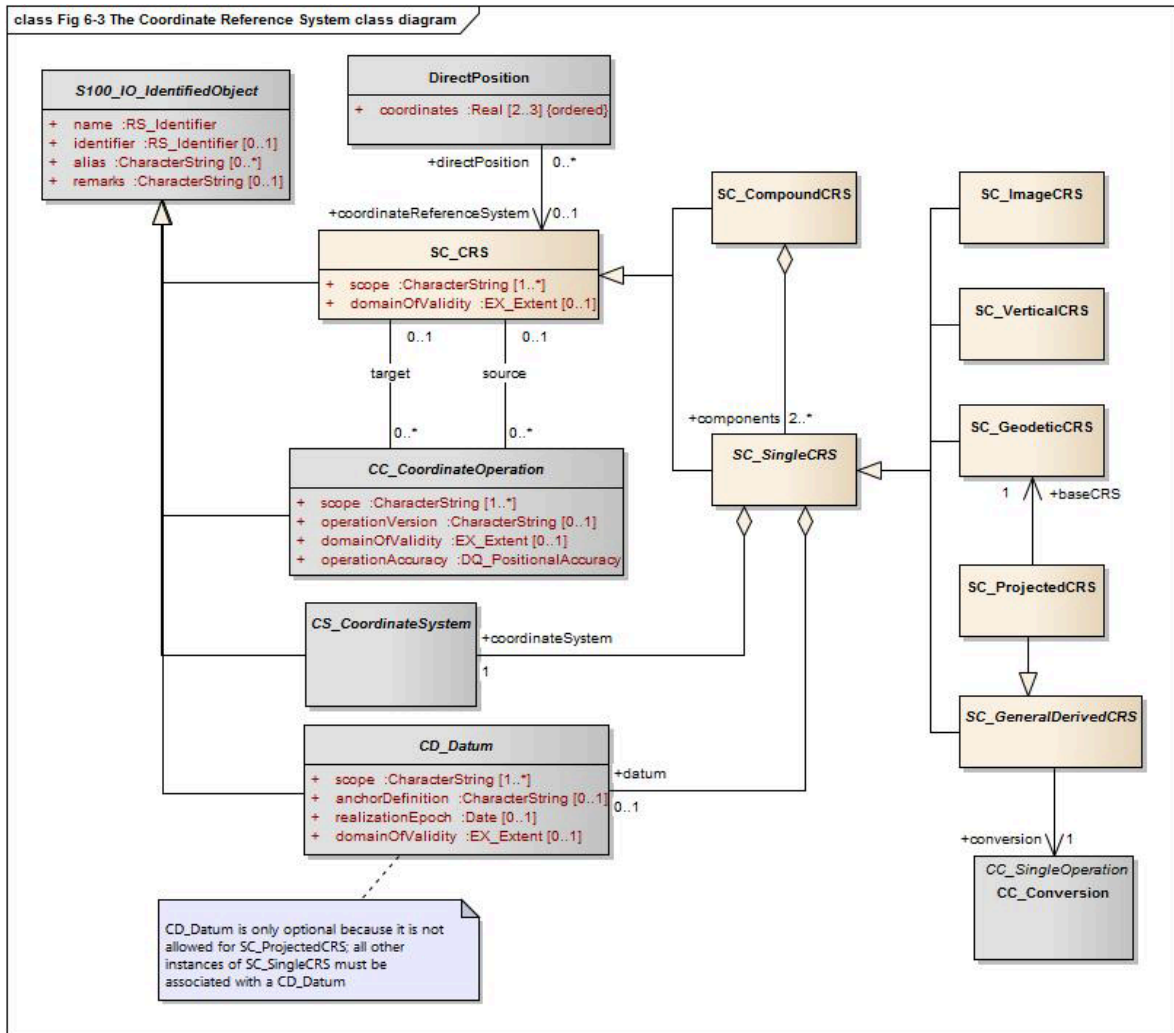
Στο S-100 περιγράφονται όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τον πλήρη καθορισμό της αναφοράς μέσω συστημάτων συντεταγμένων και γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς (αγγλ. datums). Ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων είναι ένα σύστημα συντεταγμένων που σχετίζεται με τον πραγματικό κόσμο με βάση ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (βλέπε **Εικόνα 3-11**).

Η σχετική ενότητα ορίζει το εννοιολογικό σχήμα για την περιγραφή της χωρικής αναφοράς από συντεταγμένες. Περιγράφει τα ελάχιστα δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό μιας μονοδιάστατης, δισδιάστατης ή τρισδιάστατης αναφοράς χωρικών συντεταγμένων. Καθορίζει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον πλήρη ορισμό της χωρικής αναφοράς μέσω συστημάτων συντεταγμένων και δεδομένων. Περιγράφει τις πληροφορίες που απαιτούνται για τη μετατροπή συντεταγμένων από ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων σε άλλο και όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την περιγραφή των παραμέτρων και των μεθόδων των λειτουργιών συντεταγμένων. Αυτό περιλαμβάνει λειτουργίες για το μετασχηματισμό γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς και προβολές χαρτών. Οι σχετικές αρχές μπορούν να επεκταθούν και σε άλλες μορφές γεωγραφικών πληροφοριών, όπως, τοπογραφικούς και ναυτικούς χάρτες, καθώς και έγγραφα κειμένου.



Εικόνα 3-12. UML μοντέλο πακέτων και συσχετίσεων Συστημάτων Αναφοράς Συντεταγμένων (ISO, 2007a)

Τα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων, καθώς και μεμονωμένα στοιχεία για τον ορισμό τους, μπορούν να καταχωρηθούν σε μητρώο ή να οριστούν από έναν οργανισμό σε κάποιο έγγραφο. Στη σχετική ενότητα του προτύπου περιγράφεται ο τρόπος αναγνώρισης αυτών των στοιχείων. Ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων δεν αλλάζει με την πάροδο του χρόνου εντός του πεδίου εφαρμογής του προτύπου. Οι λειτουργίες συντεταγμένων περιλαμβάνουν προβολές και μετασχηματισμούς δεδομένων. Οι πληροφορίες ενός συστήματος αναφοράς συντεταγμένων μπορούν να παρουσιαστούν χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που ορίζονται σε αυτή την ενότητα ή με αναφορά σε ένα μητρώο πληροφοριών συστήματος αναφοράς συντεταγμένων (**Εικόνα 3-12**).



Εικόνα 3-13. Κλάση Συστήματος Αναφοράς Συντεταγμένων (IHO, 2022).

Η διαχείριση ενός μητρώου πληροφοριών συστήματος αναφοράς συντεταγμένων μπορεί να γίνει σύμφωνα με το ISO 19135-2, αλλά δεν υπάρχουν σχέδια για τον IHO να εφαρμόσει ένα μητρώο συστημάτων αναφοράς συντεταγμένων. Το πλέον διαδεδομένο μητρώο πληροφοριών συστήματος αναφοράς συντεταγμένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι το μητρώο δεδομένων γεωδαιτικών παραμέτρων EPSG (τα αρχικά προέρχονται από το European Petroleum Survey Group), το οποίο διαχειρίζεται η Υποεπιτροπή Γεωδαισίας της Επιτροπής Γεωματικής του IOGP (σύντμηση του International Association of Oil & Gas Producers). Οι πλήρεις ορισμοί ενός CRS μπορούν να επικοινωνηθούν μέσω του χώρου ονομάτων EPSG και ενός κωδικού, όπως 4326 (δηλαδή, EPSG:4326). Αυτός ο κωδικός εντός του χώρου ονομάτων EPSG προσδιορίζει το ελλειψοειδές σύστημα συντεταγμένων με βάση το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS84. Σημειώνεται πως η διαχείριση της βάσης δεδομένων EPSG δε γίνεται σύμφωνα με το ISO 19135. Το πακέτο στην **Εικόνα 3-13** περιγράφει τη βασική κλάση που χρησιμοποιείται για όλα τα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων και όλες τις παραγόμενες υποκλάσεις που υποστηρίζονται. Το διάγραμμα δείχνει επίσης τη σχέση με κλάσεις σε άλλα πακέτα.

Ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (CRS) δύναται να είναι είτε απλό (αλλιώς διακεκριμένο) CRS, είτε σύνθετο CRS.

3.7.1. Απλό (αγγλ. **Single**) CRS

Ένα απλό CRS ορίζεται από ένα σύστημα συντεταγμένων και ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Οι ακόλουθοι τύποι διακεκριμένων CRS υποστηρίζονται από το S-100.

- Γεωδαιτικό (αγγλ. **Geodetic**) CRS

Ένα γεωδαιτικό CRS σχετίζεται με ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Συνήθως χρησιμοποιεί ένα ελλειψοειδές σύστημα συντεταγμένων με γεωδαιτικό γεωγραφικό πλάτος, γεωδαιτικό γεωγραφικό μήκος και ύψος στο ελλειψοειδές εάν είναι τρισδιάστατο (3D). Ένα γεωδαιτικό CRS μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει ένα γεωαναφερμένο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Οι συντεταγμένες που αναφέρονται σε ένα καρτεσιανό σύστημα χρησιμοποιούνται σπάνια σε σύνολα δεδομένων, αλλά χρησιμοποιούνται συνήθως ως ενδιάμεσες συντεταγμένες κατά τη διαδικασία μετασχηματισμών.

- Προβολικό (αγγλ. **Projected**) CRS

Ένα προβολικό CRS είναι ένα παραγόμενο CRS από ένα γεωδαιτικό CRS ως βάση και χρησιμοποιώντας μια προβολή χάρτη για τη μετατροπή συντεταγμένων. Το υποκείμενο σύστημα συντεταγμένων είναι πάντα ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Τα προβολικά CRS χρησιμοποιούνται συνήθως για εθνικά συστήματα συντεταγμένων.

- Κατακόρυφο (αγγλ. **Vertical**) CRS

Ένα κατακόρυφο CRS είναι ένα μονοδιάστατο CRS για την αναφορά βάθους ή ύψους και σχετίζεται με ένα κατακόρυφο datum. Το ύψος στο ελλειψοειδές δεν μπορεί να αποτυπωθεί με κατακόρυφο CRS. Τα ύψη στα ελλειψοειδή αποτελούν αναπόσπαστο μέρος μιας πλειάδας τρισδιάστατων συντεταγμένων ενός γεωδαιτικού CRS και δεν μπορούν να υπάρχουν ανεξάρτητα.

- CRS Εικόνας (αγγλ. **Image**)

Ένα CRS εικόνας συσχετίζεται με ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς εικόνας που περιγράφει πώς σχετίζεται το σύστημα συντεταγμένων εικόνας με βάση την εικόνα. Αυτή η σχέση είναι ανεξάρτητη από το εάν η εικόνα είναι γεωαναφερμένη ή όχι. Η γεωαναφορά πραγματοποιείται μέσω μετατροπής της εικόνας CRS σε γεωδαιτικό ή προβολικό CRS.

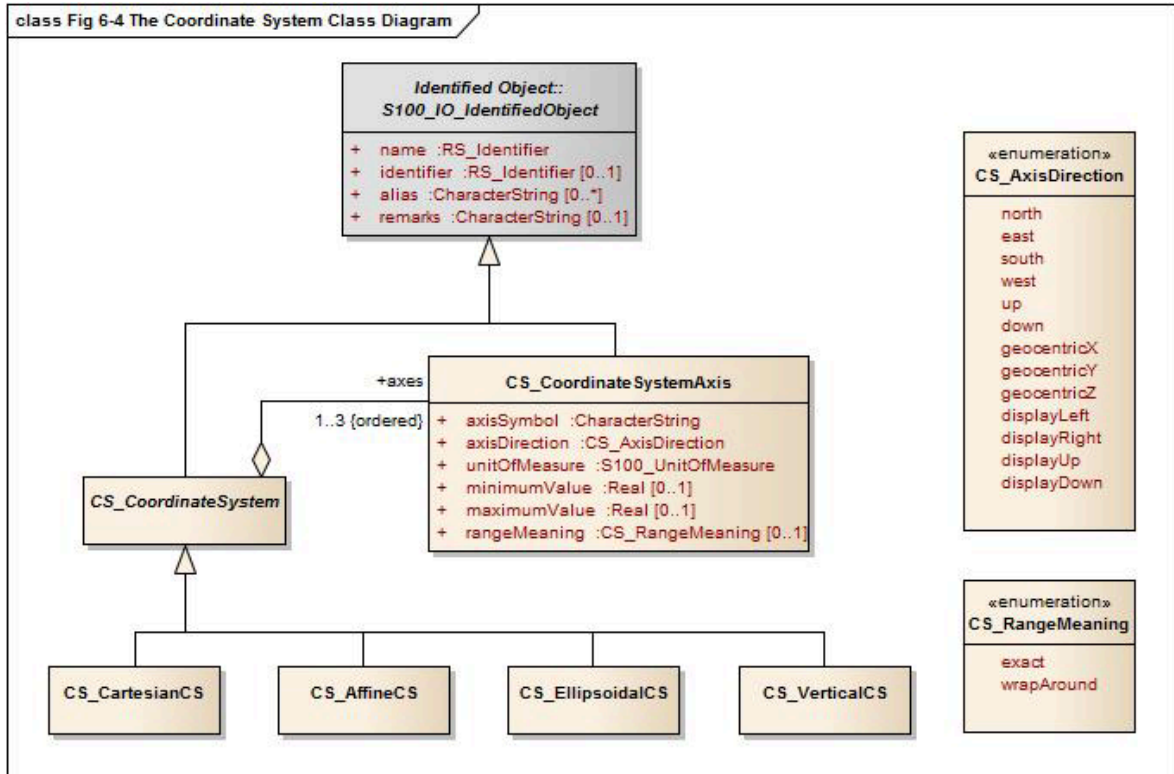
3.7.2. Σύνθετα (αγγλ. **Compound**) CRS

Ένα σύνθετο CRS είναι ένας συνδυασμός δύο ή περισσότερων διακεκριμένων CRS αν και η χρήση περισσότερων από δύο είναι πολύ σπάνια. Τα συστατικά ενός σύνθετου CRS είναι ανεξάρτητα. Δύο CRS είναι ανεξάρτητα όταν οι συντεταγμένες που συμμορφώνονται με αυτά δεν μπορούν να μετατραπούν από το ένα CRS στο άλλο με κάποια λειτουργία μετασχηματισμού συντεταγμένων. Ένα οριζόντιο και κατακόρυφο CRS, για παράδειγμα, είναι ανεξάρτητα, ενώ δύο κατακόρυφα CRS δεν είναι. Η ένθεση σύνθετων CRS δεν επιτρέπεται, που σημαίνει ότι όλα τα επιμέρους πρέπει να είναι διακεκριμένα CRS.

Κάθε θέση σε ένα σύνολο δεδομένων, που δίνεται με την κλάση `DirectPosition`, σχετίζεται με ένα CRS. Σε περίπτωση που σε ένα σύνολο δεδομένων χρησιμοποιούνται διαφορετικά κατακόρυφα datum, θα πρέπει για το καθένα να οριστεί ένα κατακόρυφο

σύστημα συντεταγμένων. Αυτά τα κατακόρυφα συστήματα συντεταγμένων μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως συστατικό σε ένα σύνθετο σύστημα συντεταγμένων για να περιγράψουν μια τρισδιάστατη συντεταγμένη.

Εάν μια προδιαγραφή προϊόντος δεδομένων επιτρέπει την επιλογή πολλαπλών γεωδαιτικών δεδομένων, θα πρέπει να καθοριστούν μέθοδοι μετασχηματισμού που επιτρέπουν τη χρήση των συνόλων δεδομένων μαζί σε μια εφαρμογή.



Εικόνα 3-14. Κλάση Συστήματος Συντεταγμένων (IHO, 2022).

Ένα σύστημα συντεταγμένων (Εικόνα 3-14) περιλαμβάνει μια μη επαναλαμβανόμενη, διατεταγμένη ακολουθία αξόνων συντεταγμένων. Ο αριθμός των αξόνων είναι ίσος με τον αριθμό των διαστάσεων του χώρου που περιγράφει η γεωμετρία του CRS. Η σειρά των αξόνων συντεταγμένων είναι όμοια με τη σειρά των συντεταγμένων σε κάθε σύνολο συντεταγμένων που περιγράφεται από ένα CRS, που χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα συντεταγμένων. Το πρότυπο ορίζει τέσσερις τύπους συστημάτων συντεταγμένων:

- 1) Καρτεσιανό (αγγλ. Cartesian)
- 2) Ομοπαράλληλο (αγγλ. Affine)
- 3) Ελλειψοειδές (αγγλ. Ellipsoidal)
- 4) Κατακόρυφο (αγγλ. Vertical)

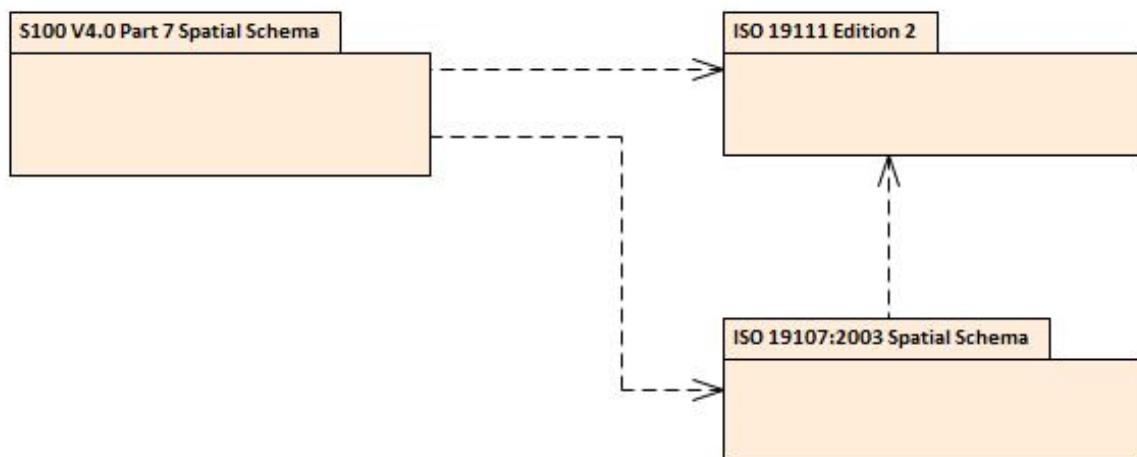
Κάθε άξονας ορίζεται από την κατεύθυνση, το εύρος τιμών και τη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται. Ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων είναι ένα δισδιάστατο ή τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων με ορθογώνιους ευθύγραμμους άξονες. Όλοι οι άξονες έχουν την ίδια μονάδα μήκους. Ένα ομοπαράλληλο σύστημα συντεταγμένων είναι είτε δισδιάστατο είτε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων με ευθύγραμμους άξονες που δεν είναι απαραίτητα ορθογώνιοι, όπου όλοι οι άξονες έχουν την ίδια μονάδα μήκους. Ένα

ελλειψοειδές σύστημα συντεταγμένων είναι ένα δισδιάστατο ή τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων που περιγράφει συντεταγμένες πάνω ή κοντά στην επιφάνεια ενός ελλειψοειδούς. Οι συντεταγμένες είναι το γεωδαιτικό γεωγραφικό πλάτος, το γεωδαιτικό μήκος και στην τρισδιάστατη περίπτωση, το ελλειψοειδές ύψος.

Το γεωδαιτικό γεωγραφικό πλάτος είναι η γωνία από το ισημερινό επίπεδο προς την κάθετο στο ελλειψοειδές μέσω ενός δεδομένου σημείου, με την κατεύθυνση προς βορρά να αντιμετωπίζεται ως θετική. Το γεωδαιτικό γεωγραφικό μήκος είναι η γωνία από το πρώτο επίπεδο του μεσημβρινού προς το μεσημβρινό επίπεδο ενός δεδομένου σημείου, προς με την κατεύθυνση προς ανατολάς να αντιμετωπίζεται ως θετική. Το ύψος από το ελλειψοειδές είναι η απόσταση ενός σημείου από το ελλειψοειδές μετρούμενη κατά μήκος της κάθετης από το ελλειψοειδές σε αυτό το σημείο, και είναι θετική αν είναι προς τα πάνω ή έξω από το ελλειψοειδές. Ένα κατακόρυφο σύστημα συντεταγμένων είναι ένα μονοδιάστατο σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των υψών ή των βαθών και συνήθως εξαρτάται από το βαρυτικό πεδίο της Γης.

3.8. Χωρικό Σχήμα (Spatial Schema)

Οι χωρικές απαιτήσεις του S-100 αποτελούν μέρος των απαιτήσεων του ISO 19107 «Γεωχωρικές πληροφορίες - Χωρικό σχήμα» (Εικόνα 3-15) που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την περιγραφή και τον χειρισμό των χωρικών οντοτήτων των γεωγραφικών αντικειμένων στα οποία βασίζεται το πρότυπο (ISO, 2003a). Η σχετική ενότητα περιέχει το υποσύνολο των κλάσεων του ISO 19107 που απαιτούνται για το S-100. Η τρέχουσα έκδοση του S-100 περιέχει μόνο γεωμετρία, και εάν υπάρξει μελλοντική απαίτηση για τοπολογία, τότε αυτή η ενότητα θα επεκταθεί για να καλύψει τις σχετικές απαιτήσεις.



Εικόνα 3-15. Σχέση χωρικού σχήματος S-100 με πακέτα ISO 19100 (IHO, 2022).

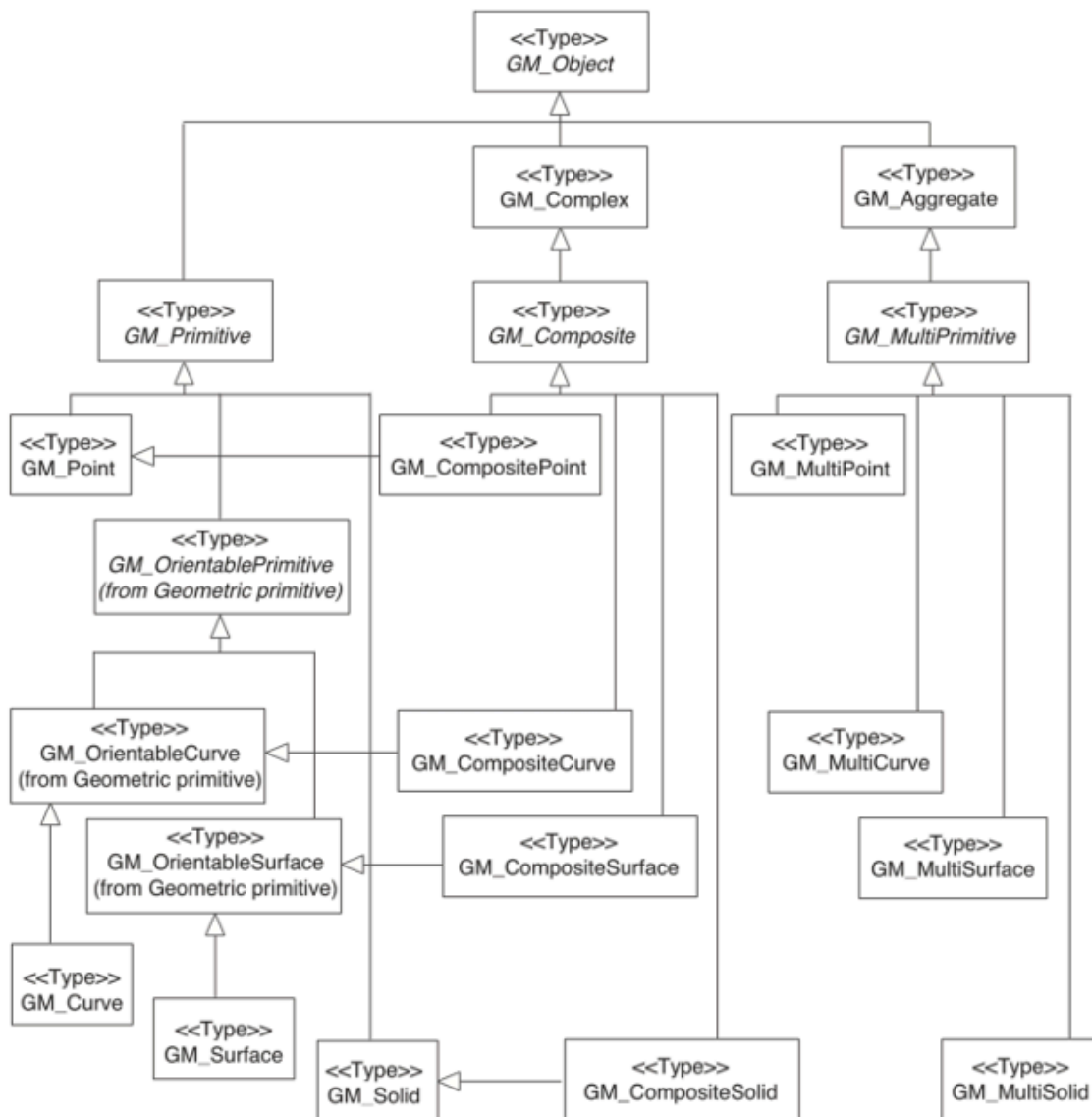
Πιο συγκεκριμένα η ενότητα προσδιορίζει:

1) Ένα υποσύνολο κλάσεων ISO 19107 που είναι οι ελάχιστες που απαιτούνται για την υποστήριξη χωρικών σχημάτων 0, 1, 2 και 2,5 διαστάσεων. Ως εκ τούτου, περιορίζεται στον καθορισμό μόνο δεδομένων και δεν περιλαμβάνει λειτουργίες.

2) Πρόσθετους περιορισμούς για προαιρετικά στοιχεία που επιβάλλονται σε αυτές τις κλάσεις.

3) Πρόσθετες κλάσεις για ορισμένα είδη καμπυλόγραμμης γεωμετρίας.

Το πρότυπο καθορίζει εννοιολογικά σχήματα για την περιγραφή των χωρικών χαρακτηριστικών των γεωγραφικών οντοτήτων και ένα σύνολο χωρικών λειτουργιών που συνάδουν με τα σχήματα αυτά και αφορούν «διανυσματική» (αγγλ. vector) γεωμετρία και τοπολογία. Ορίζει τυπικές χωρικές λειτουργίες για χρήση στην πρόσβαση, αναζήτηση, διαχείριση, επεξεργασία και ανταλλαγή δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών για χωρικά (γεωμετρικά και τοπολογικά) αντικείμενα.



Εικόνα 3-16. Ιεραρχία αντικειμένων ISO, ξεκινώντας από το GM_Object (Francois et al., 2010).

Λόγω της φύσης των γεωχωρικών πληροφοριών, οι γεωμετρικοί χώροι συντεταγμένων έχουν έως και τρεις χωρικές διαστάσεις, μία χρονική διάσταση και οποιονδήποτε αριθμό άλλων χωρικά εξαρτώμενων παραμέτρων όπως απαιτείται από τις εκάστοτε εφαρμογές.

Γενικά, η τοπολογική διάσταση των χωρικών προβολών των γεωμετρικών αντικειμένων είναι το πολύ τρεις.

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3-16**, ένα γεωμετρικό αντικείμενο του προτύπου ISO 19107 αντιπροσωπεύεται από το GM_Object, το οποίο ορίζει ένα σύνολο συναρτήσεων και μια προκύπτουσα ιεραρχία. Το πρότυπο ορίζει μια ιεραρχική δομή γεωμετρικών αντικειμένων. Το GM_Object μπορεί να περιγραφεί με διαφορετικούς τύπους όπως το αντικείμενο GM_Primitive ορίζει μόνο ένα αντικείμενο με τις ιδιότητες του, συγκεκριμένες μεθόδους και γεωαναφερμένη θέση (GM_DirectPosition). Υπάρχουν 4 κύρια GM_Primitive (GM_Point, GM_Curve, GM_Surface και GM_Solid) με 31 αντικείμενα συντεταγμένων (π.χ. GM_LineString, GM_Polygon, GM_Bezier, κ.λπ). Επίσης το GM_Aggregate είναι ένα σύνολο από GM_Primitive, το οποίο ορίζει μια νέα κλάση αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα GM_Aggregate είναι ένα σύνολο από GM_Point, GM_Curve και GM_Surface. Τα αντικείμενα αυτά δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους.

Στην **Εικόνα 3-17** απεικονίζονται τα αντικείμενα Γεωμετρίας σύμφωνα με το S-100. Το σύνθετο γεωμετρικό αντικείμενο (GM_Complex) ορίζει ένα αντικείμενο σε ένα σύνολο γεωμετρικών αρχέτυπων στοιχείων, τα οποία μοιράζονται ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων και μέρη των γεωμετριών τους. Για παράδειγμα, ένα σύνθετο αντικείμενο μπορεί να σχηματιστεί από ένα σύνολο GM_Curve και GM_Surface.

Είναι δυνατή η αποσύνθεση ενός GM_Complex σε ένα υποσύνολο από GM_Complexes. Κάθε αντικείμενο έχει συσχετισμένες συναρτήσεις (απόσταση, κέντρο, κ.α.) και γεωμετρική περιγραφή. Οι μαθηματικές μέθοδοι αυτών των συναρτήσεων ενδέχεται να διαφέρουν, ανάλογα με το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, οι μέθοδοι κατασκευής και οι παρεμβολές που χρησιμοποιούνται για γεωμετρικά αντικείμενα δεν περιγράφονται σε αυτό το πρότυπο. Αφήνονται στην εκτίμηση του χρήστη ή στην εκτέλεση σχετικής βιβλιοθήκης (Francois et al., 2010).

Το ISO 19107 παρέχει εννοιολογικά σχήματα για την περιγραφή και τον χειρισμό χωρικών χαρακτηριστικών των γεωχωρικών αντικειμένων. Περιγράφεται επίσης σχετικό σύνολο τελεστών. Πιο συγκεκριμένα οι κλάσεις συμμόρφωσης με το πρότυπο αφορούν:

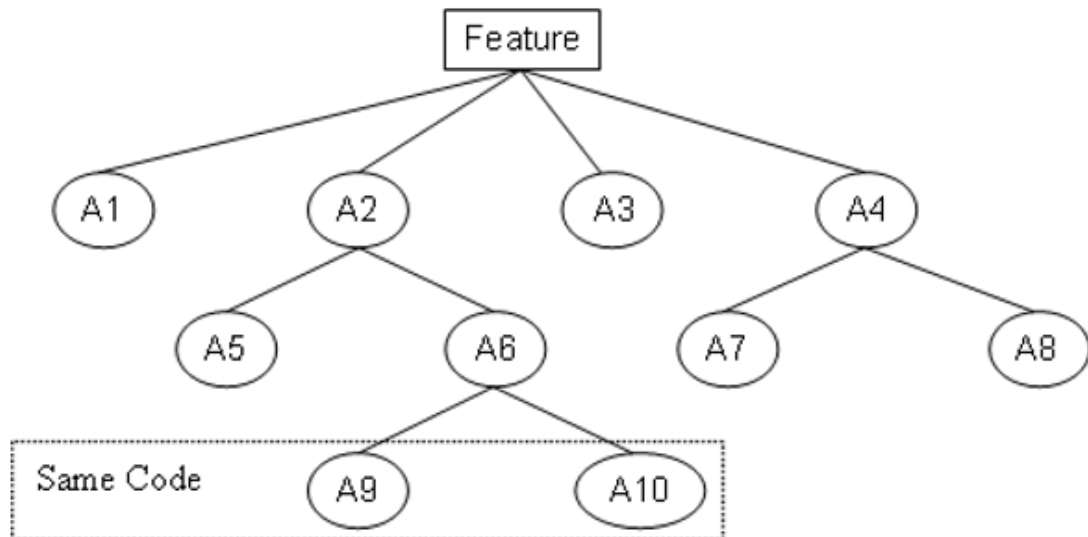
- Γεωμετρικά αρχέτυπα (αγγλ. Geometric primitives)
- Γεωμετρικά συμπλέγματα (αγγλ. Geometric complexes)
- Τοπολογικά συμπλέγματα (αγγλ. Topological complexes)
- Τοπολογικά συμπλέγματα με γεωμετρικές πραγματοποιήσεις (αγγλ. Topological complexes with geometric realisations)
- Λογικούς τελεστές (αγγλ. Boolean operators)

Το ISO 19107 περιγράφει τη γεωμετρία και την τοπολογία διανυσματικών οντοτήτων, καθώς και τρισδιάστατων οντοτήτων. Η γεωμετρία που περιγράφεται παρέχει ένα μέσο ποσοτικής περιγραφής οντοτήτων, για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας συντεταγμένες ή μαθηματικές συναρτήσεις. Η ταξινόμηση των τελεστών περιλαμβάνει επίσημο ορισμό και επιτρέπει συμβατές υλοποιήσεις.

3.9.1. Μορφότυπος Κωδικοποίησης ISO 8211

Το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 8211 με τίτλο «προδιαγραφή για ένα περιγραφικό αρχείο δεδομένων για ανταλλαγή πληροφοριών», είναι ένα μέσο ενθυλάκωσης δεδομένων. Παρέχει έναν μηχανισμό για τη μεταφορά δεδομένων που βασίζεται σε αρχεία. Η σχετική ενότητα του προτύπου καθορίζει τη μορφή ανταλλαγής που διευκολύνει τη μεταφορά αρχείων μεταξύ συστημάτων που περιέχουν εγγραφές (αγγλ. records) δεδομένων. Ειδικότερα, καθορίζει συγκεκριμένη δομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά αρχείων που περιέχουν τύπους δεδομένων και δομές δεδομένων ειδικών για το S-100.

Στο S-100 καθορίζεται η δομή του αρχείου ανταλλαγής σε επίπεδο εγγραφών και πεδίων. Προσδιορίζονται τα περιεχόμενα των φυσικών δομών που απαιτούνται για την υλοποίησή τους ως εγγραφές, πεδία (αγγλ. fields) και υποπεδία (αγγλ. subfields) δεδομένων. Η ομαδοποίηση των εγγραφών σε αρχεία ISO/IEC 8211 θεωρείται σχετιζόμενη με την εκάστοτε εφαρμογή και, επομένως, περιγράφεται στις σχετικές προδιαγραφές προϊόντος. Για την κωδικοποίηση χρησιμοποιείται μόνο η δυαδική (αγγλ. binary) μορφή ISO/IEC 8211.



Εικόνα 3-18. Σχέση Οντότητας και Ιδιοτήτων (IHO, 2022).

Στο S-100 οι ιδιότητες μπορεί να είναι είτε απλές είτε σύνθετες. Οι απλές ιδιότητες έχουν τιμές, ενώ οι σύνθετες ιδιότητες είναι ένα σύνολο άλλων ιδιοτήτων, είτε απλών είτε σύνθετων. Το διάγραμμα (Εικόνα 3-18) δείχνει ένα παράδειγμα τύπου οντότητας με απλές και σύνθετες ιδιότητες. Η οντότητα έχει τέσσερα ιδιότητες: A1, A2, A3 και A4. Τα A1 και A3 είναι απλές ιδιότητες. Τα A2 και A4 είναι σύνθετες ιδιότητες. Το A2 περιλαμβάνει δύο ιδιότητες (A5 και A6) όπου η A5 είναι μια απλή και η A6 είναι μια άλλη σύνθετη ιδιότητα. Οι A4 και A6 είναι δύο σύνθετες ιδιότητες, ενώ και οι δύο αποτελούνται από δύο απλές ιδιότητες.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των ιδιοτήτων είναι ο πληθάρημος (αγγλ. cardinality), το οποίο υποδεικνύει πόσες ιδιότητες του ίδιου είδους (ο ίδιος κωδικός σε έναν Κατάλογο Οντοτήτων) χρησιμοποιούνται στον ίδιο γονέα. Ο ίδιος γονέας σημαίνει ότι είναι όλες ιδιότητες ανώτατου επιπέδου ή ανήκουν στο ίδιο στιγμιότυπο μιας σύνθετης ιδιότητας. Στο

παραπάνω παράδειγμα, τα A9 και A10 υποτίθεται ότι έχουν τον ίδιο κωδικό. Με την έννοια του πληθάριθμου μεγαλύτερου από ένα, μια ιδιότητα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας ιδιοτήτων. Για την πρόσβαση σε μια ιδιότητα σε έναν τέτοιο πίνακα χρειάζεται όχι μόνο ο κωδικός αυτής της ιδιότητας αλλά και ο αύξων αριθμός του ευρετηρίου (αγγλ. index) αυτής της ιδιότητας. Σημειώνεται ότι η σειρά σε έναν τέτοιο πίνακα μπορεί να έχει νόημα και πρέπει να διατηρείται από την κωδικοποίηση.

3.9.2. Μορφότυπος Κωδικοποίησης GML

Το προφίλ S-100 GML καθορίζει τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε κωδικοποιήσεις GML για προϊόντα S-100. Το προφίλ ορίζει ένα υποσύνολο τύπων XML και GML όπου εξαιρεί οντότητες GML που δεν απαιτούνται από τα σύνολα δεδομένων S-100 GML. Το προφίλ GML δύναται να περιέχεται σε ένα μόνο αρχείο και έτσι μειώνεται η πολυπλοκότητα της πλήρους κωδικοποίησης GML σε ένα πιο διαχειρίσιμο επίπεδο. Ένα ξεχωριστό σχήμα XML ορίζει κοινά στοιχεία και τύπους που απαιτούνται για όλα τα σύνολα δεδομένων S-100 τα οποία κωδικοποιούν πληροφορίες βασισμένες σε οντότητες.

Ένα σχήμα εφαρμογής GML είναι ένα σχήμα XML που συμμορφώνεται με τους κανόνες για τα σχήματα εφαρμογών που δίνονται στην προδιαγραφή GML (ISO 19136). Ένα αρχείο GML είναι ένα XML αρχείο με ένα ριζικό στοιχείο (αγγλ. root element) που συμμορφώνεται με τους κανόνες για τα δεδομένα GML που καθορίζονται στην προδιαγραφή. Ειδικότερα, στο πλαίσιο του S-100 το ριζικό στοιχείο πρέπει να είναι ένα στοιχείο GML αφηρημένης οντότητας (αγγλ. AbstractFeature) ή λεξικό (αγγλ. Dictionary) ή σε μια ομάδα που υποκαθιστά οποιοδήποτε από αυτά τα στοιχεία (ISO, 2007c).

Το γεωμετρικό μοντέλο του GML ακολουθεί το πρότυπο ISO 19107 και συνεπώς το GML παρέχει κλάσεις από χωρίς διάσταση (0D) έως τρισδιάστατα (3D) γεωμετρικά θεμελιώδη στοιχεία, από μονοδιάστατες (1D) έως τρισδιάστατες (3D) σύνθετες γεωμετρικές (π.χ. CompositeSurface), και από χωρίς διάσταση (0D) έως τρισδιάστατες (3D) συσσωματώσεις γεωμετριών (π.χ. MultiSurface ή MultiSolid), οι οποίες αποτελούνται από γεωμετρικές που δε συνδέονται με κοινά όρια. Οι όροι «*σχήμα εφαρμογής GML*» και «*σχήμα εφαρμογής*» όπως χρησιμοποιούνται στη σχετική ενότητα του προτύπου σημαίνουν αντίστοιχα ένα σχήμα XML και ένα εννοιολογικό σχήμα. Το πρώτο μπορεί να είναι ένα αρχείο XSD που συμμορφώνεται με τους κανόνες σχήματος XML, ενώ το δεύτερο ένα διάγραμμα UML. Αυτοί οι όροι και οι ορισμοί συμμορφώνονται με το ISO 19101 και το ISO 19136. Το S-100 GML προφίλ υποστηρίζει τις κωδικοποιήσεις GML 3.2.1 βασικών γεωμετριών:

- Σημείο (αγγλ. Point)
- Αφηρημένη Καμπύλη (αγγλ. AbstractCurve)
- Καμπύλη (αγγλ. Curve)
- Προσανατολισμένη Καμπύλη (αγγλ. OrientableCurve)
- Τμήμα Γραμμής (αγγλ. LineStringSegment)
- Επιφάνεια (αγγλ. Surface)
- Γραμμή (αγγλ. LineString)
- Πολύγωνο (αγγλ. Polygon)

- Τόξο (ορίζεται ως S100_ArcByCenterPoint)
- Κύκλος (ορίζεται ως S100_CircleByCenterPoint)

Το προφίλ S-100 GML περιορίζει τις τιμές τύπου GM_CurveInterpolation και την κωδικοποίηση μιας καμπύλης σε ένα υποσύνολο γεωμετρικών καμπύλης GML. Σημειώνεται πως τα S100_ArcByCenterPoint και S100_CircleByCenterPoint διαφοροποιούνται από τα αρχέτυπα GML ArcByCenterPoint και CircleByCenterPoint.

3.9.3. Μορφότυπος Κωδικοποίησης HDF5

Το *Hierarchical Data Format 5* (HDF5) έχει αναπτυχθεί από το HDF Group⁴⁸ ως μορφή αρχείου για τη μεταφορά δεδομένων από εικόνες και πλέγματα δεδομένων. Η σχετική ενότητα καθορίζει μια συγκεκριμένη δομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση αρχείων που περιέχουν τύπους δεδομένων και δομές δεδομένων που συμμορφώνονται με το γενικό μοντέλο οντοτήτων S-100 GFM.

Το πρότυπο καθορίζει περιορισμούς και συμβάσεις που αφορούν κανόνες για τις μορφές δεδομένων S-100 HDF5. Επίσης από το πρότυπο εξαιρούνται λειτουργίες HDF5 που δεν απαιτούνται από δεδομένα S-100 HDF5. Το πεδίο εφαρμογής περιορίζεται στη μορφή δεδομένων και δεν περιλαμβάνει το σχήμα εφαρμογής, καθώς και οδηγίες για τον τρόπο ανάπτυξης προδιαγραφών προϊόντος ή κανόνες ονομασίας για οντότητες και ιδιότητες.

Η σουίτα τεχνολογίας HDF5 αποτελείται από ένα μοντέλο δεδομένων, μια βιβλιοθήκη και ένα μορφότυπο αρχείου για την αποθήκευση και τη διαχείριση δεδομένων. Υποστηρίζει ποικιλία τύπων δεδομένων και έχει σχεδιαστεί για ευέλικτη και αποτελεσματική χρήση (είσοδο / έξοδο) μεγάλου όγκου καθώς και σύνθετων δεδομένων. Το HDF5 είναι φορητό και επεκτάσιμο, επιτρέποντας στις εφαρμογές να εξελιχθούν στη χρήση του HDF5. Η σουίτα τεχνολογίας HDF5 περιλαμβάνει εργαλεία και εφαρμογές για διαχείριση, χειρισμό, προβολή και ανάλυση δεδομένων σε μορφή HDF5 (Folk et al., 2011).

Το μοντέλο δεδομένων HDF5 δεν έχει την απλότητα ενός σχεσιακού μοντέλου καθώς ορίζει δικά του σύνολα πληροφοριών. Ένα σύνολο πληροφοριών HDF5 (αγγλ. information set) είναι ένα κοντέινερ για συσχετισμούς μεταβλητών, ομάδων και τύπων πίνακα. Ένα αρχείο HDF5 περιέχει μεταβλητές πίνακα, ομάδες και τύπους που στο μοντέλο HDF5 είναι γνωστά ως σύνολα δεδομένων HDF5, ομάδες HDF5 και αντικείμενα τύπου δεδομένων HDF5, αντίστοιχα. Το μοντέλο δεδομένων HDF5 ορίζει απλούς και εκτεταμένους μηχανισμούς ζεύξης για τη δημιουργία συσχετίσεων μεταξύ στοιχείων πληροφοριών HDF5. Επίσης, το μοντέλο HDF5 έχει δυνατότητα για μεταδεδομένα των στοιχείων πληροφοριών HDF5 χρησιμοποιώντας ιδιότητες HDF5.

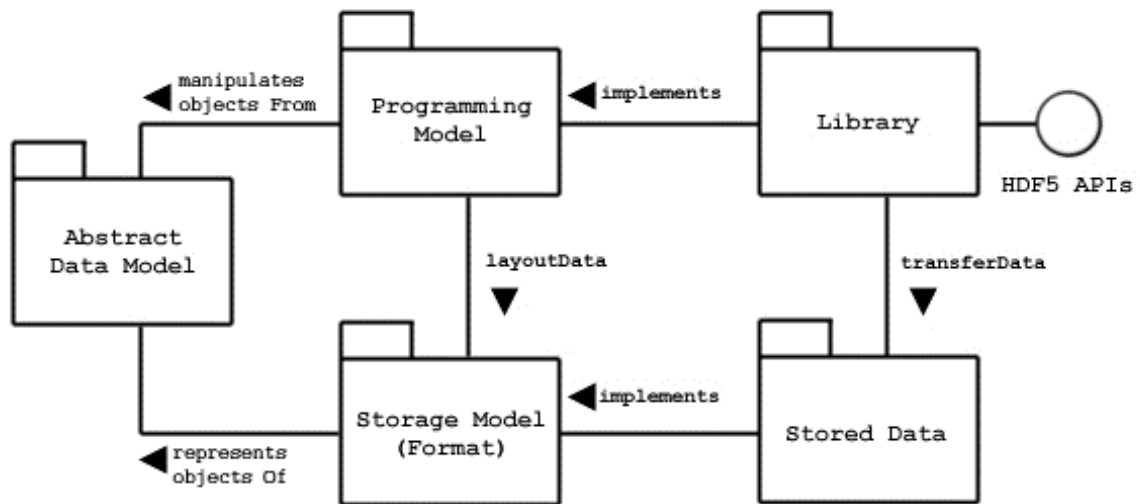
Το HDF5 χρησιμοποιεί μορφότυπο ανοιχτού κώδικα και επιτρέπει σε χρήστες, όπως ο IHO να συνεργάζονται με το HDF Group, όσον αφορά τις απαιτήσεις λειτουργικότητας ενώ

⁴⁸ <https://www.hdfgroup.org/>

επιτρέπει την ενσωμάτωση της εμπειρίας και των γνώσεων των χρηστών στο μορφότυπο HDF όταν χρειάζεται.

Το HDF5 είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη διαχείριση δεδομένων όπου η πολυπλοκότητα και η επεκτασιμότητα είναι σημαντικές παράμετροι. Δεδομένα σχεδόν οποιουδήποτε τύπου ή μεγέθους μπορούν να αποθηκευτούν σε HDF5 μορφότυπο, συμπεριλαμβανομένων πολύπλοκων δομών δεδομένων και τύπων δεδομένων. Το HDF5 καθώς είναι φορητό έχει υλοποιηθεί να τρέχει στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα. Είναι επεκτάσιμο, λειτουργεί σε υπολογιστικά περιβάλλοντα υψηλής ποιότητας και μπορεί να χειριστεί αντικείμενα δεδομένων σχεδόν οποιουδήποτε μεγέθους ή πολλαπλότητας. Μπορεί επίσης να αποθηκεύσει μεγάλες ποσότητες δεδομένων αποτελεσματικά και έχει ενσωματωμένη συμπίεση. Το HDF5 χρησιμοποιείται ευρέως από την ακαδημαϊκή κοινότητα και τη βιομηχανία.

Το HDF5 εφαρμόζει ένα μοντέλο για τη διαχείριση και την αποθήκευση δεδομένων. Το μοντέλο περιλαμβάνει ένα αφαιρετικό μοντέλο δεδομένων και ένα μοντέλο αποθήκευσης (τη μορφή δεδομένων) και βιβλιοθήκες για την υλοποίηση του αφαιρετικού μοντέλου και για τη χαρτογράφηση του μοντέλου αποθήκευσης σε διαφορετικούς μηχανισμούς αποθήκευσης. Η βιβλιοθήκη HDF5 παρέχει μια διεπαφή προγραμματισμού για υλοποίηση των μοντέλων. Η βιβλιοθήκη εφαρμόζει επίσης ένα μοντέλο μεταφοράς δεδομένων, δηλαδή αποτελεσματική μετακίνηση δεδομένων από μια αποθηκευμένη αναπαράσταση σε μια άλλη. Το ακόλουθο σχήμα απεικονίζει τις σχέσεις μεταξύ των μοντέλων και των σχετικών υλοποιήσεων.



Εικόνα 3-19. Αφαιρετικό Μοντέλο Δεδομένων HDF5 (IHO, 2022)

Το Αφαιρετικό Μοντέλο Δεδομένων (αγγλ. Abstract Data Model) HDF5 (Εικόνα 3-19) είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο δεδομένων, τύπων δεδομένων και οργάνωσης δεδομένων. Το μοντέλο είναι ανεξάρτητο από το μέσο αποθήκευσης ή το περιβάλλον προγραμματισμού. Το μοντέλο αποθήκευσης είναι μια τυπική αναπαράσταση για τα αντικείμενα του

αφαιρετικού μοντέλου δεδομένων, ενώ η προδιαγραφή μορφής αρχείου HDF5 καθορίζει το μοντέλο αποθήκευσης.

Το μοντέλο προγραμματισμού (αγγλ. Programming Model) είναι ένα μοντέλο του υπολογιστικού περιβάλλοντος το οποίο περιλαμβάνει πλατφόρμες από μικρά μεμονωμένα συστήματα έως μεγάλους πολυεπεξεργαστές και συμπλέγματα. Το μοντέλο προγραμματισμού χειρίζεται και δημιουργεί στιγμιότυπα, συμπληρώνει και ανακτά αντικείμενα από το αφαιρετικό μοντέλο δεδομένων.

Η βιβλιοθήκη (αγγλ. Library) είναι η υλοποίηση του προγραμματιστικού μοντέλου, η οποία εξάγει το HDF5 API ως διεπαφή. Εκτός από την υλοποίηση των αντικειμένων του αφαιρετικού μοντέλου δεδομένων, η βιβλιοθήκη διαχειρίζεται μεταφορές δεδομένων από μια αποθηκευμένη μορφή σε άλλη. Οι δυνατότητες μεταφοράς δεδομένων περιλαμβάνουν ανάγνωση από δίσκο σε μνήμη και εγγραφή από μνήμη σε δίσκο. Τα αποθηκευμένα δεδομένα (αγγλ. Stored Data) είναι η υλοποίηση του μοντέλου αποθήκευσης (αγγλ. Storage Model). Το μοντέλο αποθήκευσης αντιστοιχίζεται σε διάφορους μηχανισμούς αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένων αρχείων δίσκου, πολλαπλών αρχείων και μνήμη υπολογιστών.

Η βιβλιοθήκη HDF5 είναι κώδικας C που υλοποιεί το μοντέλο προγραμματισμού και το αφαιρετικό μοντέλο δεδομένων. Η βιβλιοθήκη καλεί το λειτουργικό σύστημα ή άλλο λογισμικό διαχείρισης αποθήκευσης για να αποθηκεύσει και να ανακτήσει τα μόνιμα δεδομένα. Η βιβλιοθήκη HDF5 μπορεί επίσης να συνδεθεί με πρόσθετο λογισμικό, όπως φίλτρα για συμπίεση. Η βιβλιοθήκη HDF5 συνδέεται με ένα πρόγραμμα εφαρμογής που μπορεί να είναι γραμμένο σε C, C++, Fortran ή Java που υλοποιεί αλγόριθμους και δομές δεδομένων και καλεί τη βιβλιοθήκη HDF5 για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων (Koranne, 2011).

Η βιβλιοθήκη HDF5 υλοποιεί τα αντικείμενα του αφαιρετικού μοντέλου δεδομένων HDF5. Μερικά από αυτά τα αντικείμενα περιλαμβάνουν ομάδες, σύνολα δεδομένων και ιδιότητες. Μια προδιαγραφή προϊόντος S-100 δύναται να αντιστοιχίζει τις δομές δεδομένων S-100 σε μια ιεραρχία αντικειμένων HDF5. Κάθε προδιαγραφή προϊόντος S-100 δύναται να δημιουργήσει μια αντιστοίχιση που θα ταιριάζει καλύτερα στους σκοπούς του. Τα αντικείμενα του αφαιρετικού μοντέλου δεδομένων HDF5 αντιστοιχίζονται στα αντικείμενα του μοντέλου αποθήκευσης HDF5 και αποθηκεύονται σε ένα μέσο αποθήκευσης. Τα αποθηκευμένα αντικείμενα περιλαμβάνουν κεφαλίδες (αγγλ. header blocks), ελεύθερες λίστες, δεδομένα, δέντρα αναζήτησης και άλλα αντικείμενα. Κάθε σύνολο δεδομένων αποθηκεύεται ως ένα ή περισσότερα μπλοκ κεφαλίδων και δεδομένων.

3.10. Προδιαγραφές Προϊόντων Δεδομένων S-100

Τα συμβατά με το S-100 συστήματα πλοήγησης θα πρέπει να έχουν συμβατότητα με ένα σύνολο προδιαγραφών προϊόντων που συμμορφώνονται με τις βασικές προδιαγραφές του S-100. Αυτές οι προδιαγραφές προϊόντος σχηματίζουν ένα σύνολο αλληλοσυνδεμένων προϊόντων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν τη διεπαφή με τον τελικό χρήστη. Ο πυρήνας ενός συστήματος πλοήγησης αποτελείται από τα προϊόντα δεδομένων πλοήγησης S-101 (Electronic Navigational Chart - ENC), S-102 (Bathymetric Surface), S-

104 (Water Level Information for Surface Navigation), S-111 (Surface Currents) και S-128 (Catalogue of Nautical Products) που παρέχουν το «ισοδύναμο» της τρέχουσας βάσης δεδομένων S-57 ENC (IHO, 2021b).

Τα δεδομένα S-101 μπορούν στη συνέχεια να ενισχηθούν με δεδομένα από ένα σύνολο επιπρόσθετων προϊόντων δεδομένων πλοήγησης, όπως S-122 (Marine Protected Areas), S-123 (Marine Radio Services), S-124 (Navigational Warnings), S-126 (Marine Physical Environment), S-127 (Marine Traffic Management), S-129 (Under Keel Clearance Management), S-131 (Marine Harbour Infrastructure).

Η προδιαγραφή προϊόντος δεδομένων S-100 είναι μια τεχνική περιγραφή που ορίζει με ακρίβεια ένα προϊόν (ύδρο)χωρικών δεδομένων. Περιγράφει όλες τις οντότητες, τις ιδιότητες και τις σχέσεις μιας δεδομένης εφαρμογής και την αντιστοίχισή τους σε ένα σύνολο δεδομένων. Περιλαμβάνει πληροφορίες για την αναγνώριση των δεδομένων καθώς και πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή των δεδομένων, το σύστημα αναφοράς, θέματα ποιότητας, συλλογής, συντήρησης, μεταφοράς δεδομένων και μεταδεδομένα. Δύναται να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές περιστάσεις, από διαφορετικά μέρη και για διαφορετικούς λόγους.

Η σχετική ενότητα του S-100 περιγράφει τις προδιαγραφές προϊόντων δεδομένων για υδρογραφικές απαιτήσεις για προϊόντα και υπηρεσίες γεωχωρικών δεδομένων. Ο στόχος είναι να παρέχει μια σαφή και παρόμοια δομή για τη σύνταξη οποιασδήποτε προδιαγραφής προϊόντος δεδομένων. Το προφίλ θα πρέπει είναι σύμφωνο με όλα τα άλλα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο του προτύπου S-100.

Οι προδιαγραφές προϊόντων θα πρέπει να έχουν τεκμηρίωση αναγνώσιμη από τον άνθρωπο. Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνουν αρχεία αναγνώσιμα από μηχανή για πληροφορίες όπως ο κατάλογος οντοτήτων, το σχήμα της εφαρμογής και οι παράμετροι CRS. Εκτός από ένα έγγραφο που είναι αναγνώσιμο από τον άνθρωπο, είναι δυνατό να δημιουργηθεί και μια αναγνώσιμη από μηχανή σύνοψη (π.χ. XML) της προδιαγραφής προϊόντος. Μια προδιαγραφή προϊόντος δεδομένων ορίζει τις απαιτήσεις για ένα προϊόν δεδομένων και αποτελεί τη βάση για την παραγωγή ή την απόκτηση δεδομένων. Η προδιαγραφή προϊόντος δεδομένων περιλαμβάνει ενότητες που καλύπτουν τις ακόλουθες πτυχές του προϊόντος δεδομένων, όπως υιοθετήθηκαν από το ISO 19131 (ISO, 2007b):

- α) Επισκόπηση (αγγλ. Overview)
- β) Πεδίο προδιαγραφών (αγγλ. Specification scopes)
- γ) Αναγνώριση προϊόντος δεδομένων (αγγλ. Data product identification)
- δ) Περιεχόμενο και δομή δεδομένων (αγγλ. Data content and structure)
- ε) Συστήματα αναφοράς (αγγλ. Reference systems)
- στ) Ποιότητα δεδομένων (αγγλ. Data quality)
- ζ) Λήψη δεδομένων (αγγλ. Data Capture)
- η) Μορφότυπος προϊόντος δεδομένων (αγγλ. Data product format)

- i) Παράδοση προϊόντος δεδομένων (αγγλ. Data product delivery)
- ι) Μεταδεδομένα (αγγλ. Metadata)
 - ια) Συντήρηση Δεδομένων (αγγλ. Data Maintenance)
 - ιβ) Χαρτογραφική Απόδοση (αγγλ. Portrayal)
 - ιγ) Πρόσθετες πληροφορίες (αγγλ. Additional Information)

Η ενότητα για την καταγραφή δεδομένων δύναται να καλυφθεί από έναν οδηγό κωδικοποίησης, όπως για παράδειγμα τον *Οδηγό Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων* (αγγλ. Data Classification and Encoding Guide) (IHO, 2020f) για την προδιαγραφή προϊόντος S-101 (ENC).

Όπως έχει αναφερθεί, το S-100 παρέχει ένα πλαίσιο επιμέρους προτύπων που επιτρέπει τη δημιουργία τυποποιημένων προδιαγραφών προϊόντος για μοντελοποίηση υδρογραφικών δεδομένων, παρέχοντας έτσι ουσιαστική διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών προτύπων δεδομένων και συστημάτων. Το S-97 είναι ένα ειδικότερο κείμενο οδηγιών που προορίζεται για προγραμματιστές και διαχειριστές προδιαγραφών προϊόντος που χρησιμοποιούν το πρότυπο πλαίσιο S-100.

Ο βασικός στόχος του S-97 είναι να βοηθήσει στη δημιουργία εναρμονισμένων Προδιαγραφών Προϊόντος που χρησιμοποιούνται στο οικοσύστημα της Ηλεκτρονικής Πλοήγησης (e-Navigation) και αφορά όλες τις Προδιαγραφές Προϊόντος που έχουν δημιουργηθεί για χρήση σε συστήματα ηλεκτρονικής πλοήγησης που καθορίζονται από τον ΙΜΟ, τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα, όπως τα συστήματα ECDIS. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το S-100 έχει επίσης ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που μπορούν να επεκταθούν πέρα από την ηλεκτρονική πλοήγηση. Το Μέρος Α του S-97 είναι μια αναλυτική περιγραφή των διαφόρων στοιχείων μιας τυπικής Προδιαγραφής Προϊόντος που βασίζεται σε S-100. Το Μέρος Β περιγράφει τα βήματα και τις δραστηριότητες που εμπλέκονται στη δημιουργία μιας Προδιαγραφής Προϊόντος που βασίζεται σε S-100 και περιγράφει τη συνολική διαδικασία, με συγκεκριμένες δραστηριότητες και καθήκοντα και περιλαμβάνει κατευθύνσεις για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων κατά την ανάπτυξη της Προδιαγραφής Προϊόντος. Το Μέρος Γ περιγράφει τα μέτρα ποιότητας δεδομένων που κρίνονται κατάλληλα για χρήση στις Προδιαγραφές Προϊόντος που βασίζονται στο S-100.

3.11. S-101 Κατάλογος Οντοτήτων (Feature Catalogue)

Όπως αναφέρθηκε, για κάθε προδιαγραφή προϊόντος (S-*nnn*) ορίζεται ένας κατάλογος οντοτήτων, ο οποίος είναι ένα έγγραφο XML που περιγράφει το περιεχόμενο ενός προϊόντος δεδομένων και συμμορφώνεται με το Σχήμα Καταλόγου Οντοτήτων S-100. Χρησιμοποιεί τύπους στοιχείων, για παράδειγμα, οντότητες και ιδιότητες, από ένα ή περισσότερα λεξικά εννοιών οντοτήτων. Το βασικό επίπεδο ταξινόμησης είναι ανά τύπο οντοτήτων και τύπο πληροφοριών. Ένας κατάλογος οντοτήτων θα πρέπει να είναι διαθέσιμος σε ηλεκτρονική μορφή για οποιοδήποτε σύνολο γεωχωρικών δεδομένων που περιέχει οντότητες.

Η προδιαγραφή προϊόντος S-101 για δεδομένα ENC περιλαμβάνει Κατάλογο Οντοτήτων που αναπτύχθηκε από ειδικούς με γνώση των δεδομένων ENC (Park et al., 2013). Περιγράφει τους τύπους οντοτήτων, τους τύπους πληροφοριών, τις ιδιότητες, τις τιμές ιδιοτήτων, τους συσχετισμούς και τους ρόλους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ENC. Ο κατάλογος είναι διαθέσιμος σε έγγραφο XML που μπορεί να ληφθεί από τον ιστότοπο του IHO. Το Παράρτημα A του S-101 που ονομάζεται Οδηγός Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων (IHO, 2020f), αποτελεί μια αναγνώσιμη από τον άνθρωπο ερμηνεία του Καταλόγου Οντοτήτων. Στο ακόλουθο **Πίνακα 3-5** παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του καταλόγου και το σχετικό πλήθος αυτών.

Πίνακας 3-5. Στοιχεία Καταλόγου Οντοτήτων S-101 (IHO, 2018a).

Στοιχείο	Πλήθος
S100_FC_FeatureTypes	184
S100_FC_InformationTypes	5
S100_FC_SimpleAttributes	218
S100_FC_ComplexAttributes	41
S100_FC_FeatureAssociations	16
S100_FC_InformationAssociations	2
S100_FC_Roles	13

3.11.1. Τύποι Οντοτήτων

Οι τύποι οντοτήτων της προδιαγραφής S-101 είναι τρεις:

- Γεωχωρικές (αγγλ. **Geographic**) Οντότητες

Οι τύποι γεωχωρικών αντικειμένων αποτελούν το βασικό περιεχόμενο ενός ENC και ορίζονται πλήρως από σχετικές ιδιότητες και τύπους (γεω)πληροφοριών. Κάθε περιοχή πρέπει να καλύπτεται πλήρως από ένα σύνολο οντοτήτων γεωμετρικού (αρχέτυπου) τύπου επιφάνειας που δεν επικαλύπτονται μεταξύ τους (αγγλ. *Skin of the Earth*). Η γεωμετρία των ορίων που συμπίπτουν μεταξύ των οντοτήτων του *Skin of the Earth* σε ένα σύνολο δεδομένων δεν πρέπει να αντιγράφεται. Οι τύποι οντοτήτων που το αποτελούν παρατίθενται ακολούθως:

- Περιοχή Βάθους (αγγλ. Depth Area)
- Περιοχή Βυθοκόρησης (αγγλ. Dredged Area)
- Περιοχή Ξηράς (αγγλ. Land Area)
- Μη ερευνημένη περιοχή (αγγλ. Unsurveyed Area)
- Περιοχή αποβάθρας (αγγλ. Dock Area)
- Κλειστή λεκάνη (αγγλ. Lock Basin)

- **Μέτα-Οντότητες**

Οι μέτα-οντότητες περιέχουν πληροφορίες για άλλες οντότητες σε ένα σύνολο δεδομένων. Οι πληροφορίες που ορίζονται από μεταδεδομένα αντικαθιστούν τις προεπιλεγμένες τιμές μεταδεδομένων που ορίζονται από τις περιγραφικές εγγραφές του συνόλου δεδομένων. Η απόδοση μεταδεδομένων σε μεμονωμένες οντότητες υπερισχύει της απόδοσης σε μέτα-οντότητες.

- **Χαρτογραφικές Οντότητες**

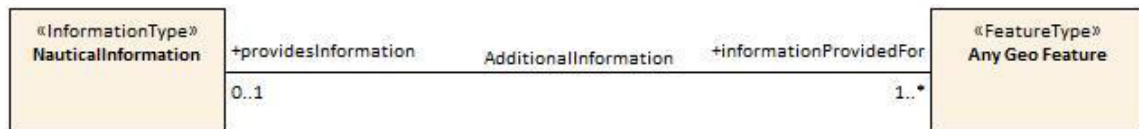
Οι χαρτογραφικές οντότητες αφορούν στο υποσύνολο των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου που πρόκειται να απεικονιστούν και περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τη χαρτογραφική αναπαράστασή τους, συμπεριλαμβανομένου της ετικέτας (αγγλ. label) ή υποστηρικτικού κειμένου.

3.11.2. Σχέσεις Οντοτήτων

Μια σχέση οντοτήτων συνδέει στιγμιότυπα ενός τύπου οντότητας με στιγμιότυπα του ίδιου ή διαφορετικού τύπου οντότητας. Υπάρχουν τέσσερις τύποι σχέσεων καθορισμένων οντοτήτων στο S-101 ως ακολούθως.

- **Συσχέτιση Πληροφοριών (Information Association)**

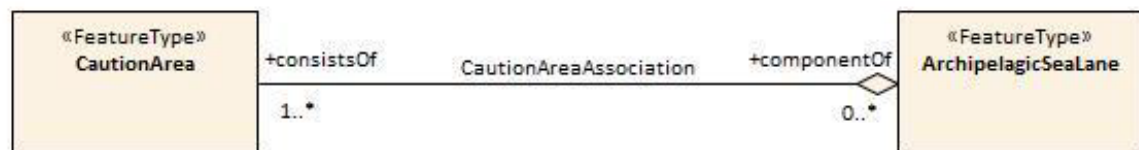
Μια συσχέτιση πληροφοριών χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σχέση μεταξύ ενός τύπου οντότητας ή τύπου πληροφοριών από τη μία πλευρά και ενός τύπου πληροφοριών από την άλλη πλευρά. Για παράδειγμα ένας τύπος Ναυτικών Πληροφοριών παρέχει πρόσθετες πληροφορίες σε οποιαδήποτε γεωγραφική οντότητα χρησιμοποιώντας έναν συσχετισμό πληροφοριών που ονομάζεται «πρόσθετες πληροφορίες» (Εικόνα 3-20).



Εικόνα 3-20. Συσχέτιση Πληροφοριών (IHO, 2018a).

- **Συσχέτιση Αντικειμένων (Feature Association)**

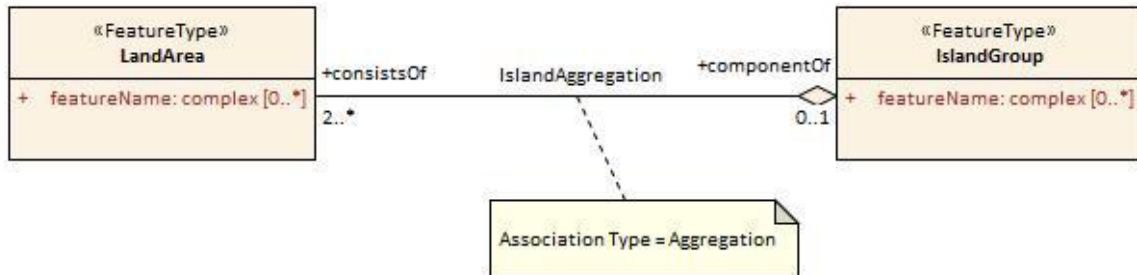
Ένας συσχετισμός αντικειμένων χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σχέση μεταξύ δύο τύπων οντοτήτων που περιλαμβάνει συνδέσεις μεταξύ των στιγμιότυπων τους. Για παράδειγμα μια Περιοχή Προσοχής (αγγλ. Caution Area) παρέχει πρόσθετες πληροφορίες προσοχής στο αντικείμενο Archipelagic Sea Lane. Ένας συσχετισμός με το όνομα Συσχέτιση Περιοχής Προσοχής (αγγλ. CautionAreaAssociation) χρησιμοποιείται για τη συσχέτιση των δύο οντοτήτων (Εικόνα 3-21).



Εικόνα 3-21. Συσχέτιση Αντικειμένων (IHO, 2018a).

- **Συσσωμάτωση (Aggregation)**

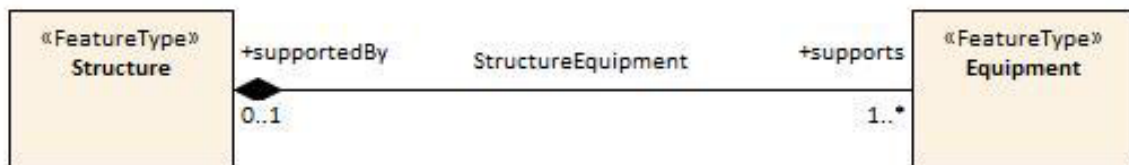
Η συσσωμάτωση είναι μια σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων τύπων οντοτήτων όπου η συσσωμάτωση αποτελείται από συστατικά οντοτήτων. Για παράδειγμα μία οντότητα ομάδας νησιών μπορεί να αποτελείται από πολλαπλές οντότητες περιοχής ξηράς για να υποδείξει το όνομα μιας ομάδας νησιών (Εικόνα 3-22).



Εικόνα 3-22. Συσσωμάτωση (IHO, 2018a).

- **Σύνθεση (Composition)**

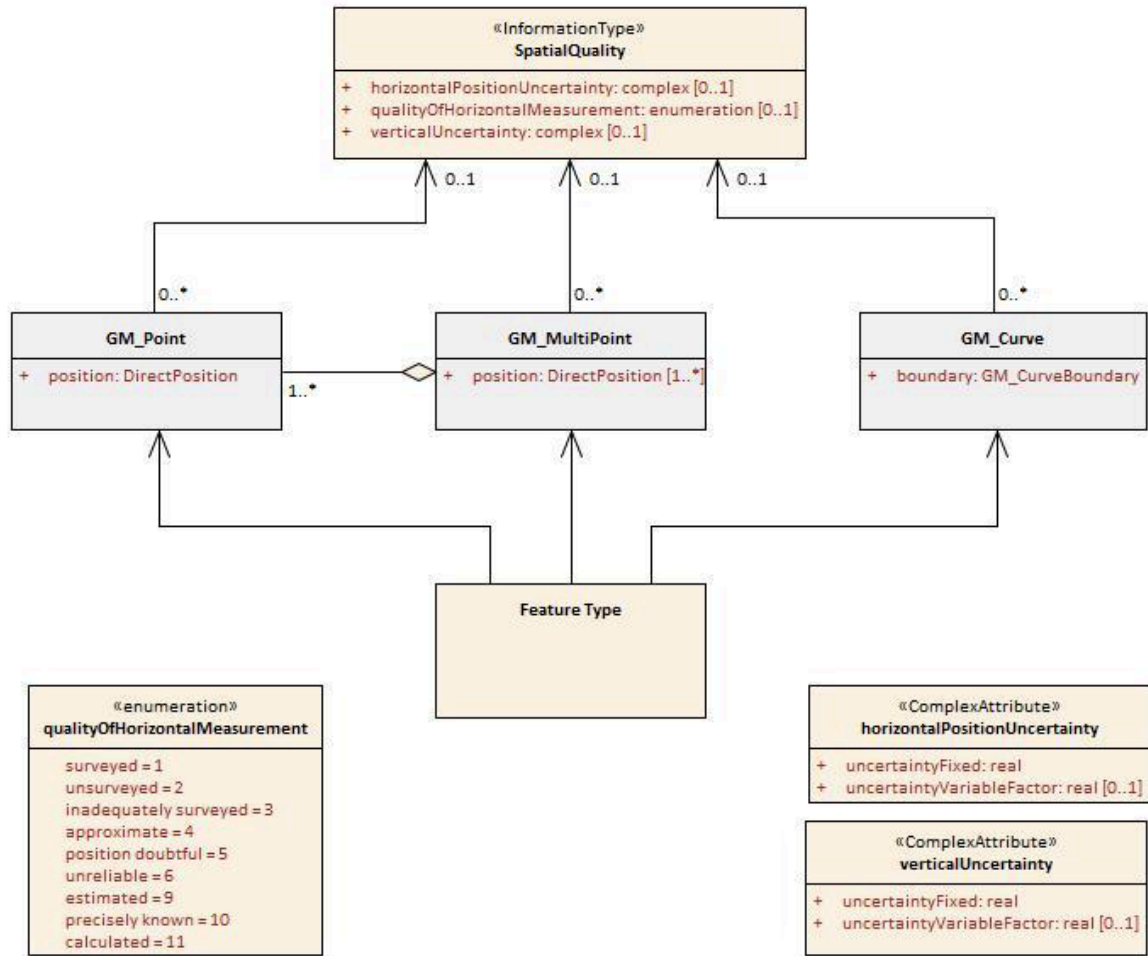
Μια σύνθεση είναι μια ισχυρή συσσωμάτωση. Σε μια σύνθεση, εάν μία σύνθετη οντότητα διαγραφεί, τότε διαγράφονται και όλες οι οντότητές της. Για παράδειγμα, όταν ένας τύπος οντότητας όπως ένας φάρος διαγραφεί, τότε όλοι οι τύποι γεωαντικειμένων που το συνθέτουν, όπως, φώτα και σήματα ομίχλης, πρέπει να διαγραφούν καθώς αποτελούν τη Σύνθεση Δομή/Εξοπλισμού (βλέπε Εικόνα 3-23).



Εικόνα 3-23. Σύνθεση (IHO, 2018a).

3.11.3. Τύποι Πληροφοριών

Οι τύποι πληροφοριών ορίζουν αναγνωρίσιμα τμήματα πληροφοριών σε ένα σύνολο δεδομένων που μπορούν να διαμοιραστούν χρησιμοποιώντας συσχετίσεις πληροφοριών. Οι τύποι πληροφοριών έχουν ιδιότητες αλλά δεν έχουν γεωμετρία.



Εικόνα 3-24. Τύπος Πληροφορίας Χωρική Ποιότητα (IHO, 2018a)

Για παράδειγμα, οι ιδιότητες χωρικής ποιότητας περιέχονται σε μια κατηγορία πληροφοριών που ονομάζεται χωρική ποιότητα (Εικόνα 3-24). Μόνο σημεία, πολλαπλά σημεία και καμπύλες μπορούν να συσχετιστούν με τη χωρική ποιότητα. Επί του παρόντος, δεν έχει εντοπιστεί περίπτωση χρήσης για τη συσχέτιση επιφανειών με χαρακτηριστικά χωρικής ποιότητας, επομένως αυτό δεν επιτρέπεται. Επίσης, η κατακόρυφη αβεβαιότητα δεν επιτρέπεται για καμπύλες, καθώς αυτή η διάσταση δεν υποστηρίζεται από καμπύλες.

3.11.4. Ιδιότητες

Το S-101 ορίζει τις ιδιότητες είτε ως απλές είτε ως σύνθετες.

- Απλές Ιδιότητες

Το S-101 χρησιμοποιεί επτά τύπους απλών ιδιοτήτων, όπως παρατίθενται στον Πίνακα 3-6:

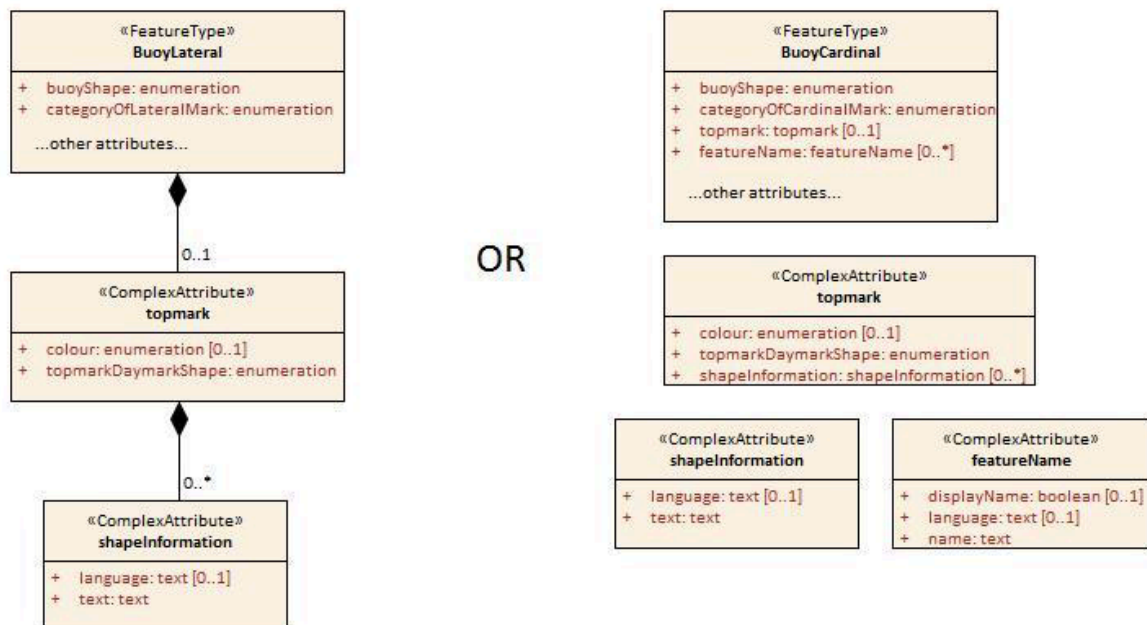
Πίνακας 3-6. Τύποι Απλών Ιδιοτήτων (IHO, 2018a).

Τύπος	Ορισμός
Boolean	η τιμή είναι μια λογική τιμή είτε "True" ή "False"

Integer	η τιμή είναι ένας ακέραιος αριθμός
Real	η τιμή είναι ένας αριθμός κινητής υποδιαστολής
Enumeration	η τιμή είναι ένας κατάλογος προκαθορισμένων τιμών (λίστα απαριθμήσεων)
Text	η τιμή είναι γενικό κείμενο που ορίζεται ως <code>CharacterString</code>
Truncated Date	η τιμή είναι μια ημερομηνία σύμφωνα με το Γρηγοριανό ημερολόγιο και επιτρέπει την παροχή μερικών ημερομηνιών
Time	η τιμή είναι ώρα 24 ωρών, μπορεί να περιέχει μια ζώνη ώρας

- Σύνθετες Ιδιότητες

Οι σύνθετες ιδιότητες είναι συσσωματώσεις άλλων ιδιοτήτων που είναι είτε απλές είτε σύνθετες. Η συσσωμάτωση ορίζεται μέσω δεσμεύσεων ιδιοτήτων. Οι δεσμεύσεις σύνθετων ιδιοτήτων αντιπροσωπεύονται στο UML από μια σύνθεση (αριστερή **Εικόνα 3-25**, *BuoyLateral* / *topmark* και *topmark* / *shapeInformation* συνθέσεις) ή μία τοπική ιδιότητα (δεξιά **Εικόνα 3-25**, οντότητα *BuoyCardinal*, σύνθετες ιδιότητες *topmark*, *shapeInformation* και *featureName*). Το S-101 χρησιμοποιεί τη σύμβαση στη δεξιά **Εικόνα 3-25**.



Εικόνα 3-25. Παραδείγματα Σύνθετης Ιδιότητας (IHO, 2018a).

Στο αριστερό παράδειγμα, η σύνθετη ιδιότητα *topmark* έχει τρεις δευτερεύουσες ιδιότητες, μία από τις οποίες, το *shapeInformation*, είναι από μόνη της σύνθετη. Η οντότητα *Buoy Lateral* μπορεί προαιρετικά να περιλαμβάνει ένα στιγμιότυπο *topmark*. Στο παράδειγμα δεξιά, η οντότητα *Buoy Cardinal* μπορεί προαιρετικά να περιλαμβάνει ένα στιγμιότυπο *topmark* (όπως στο αριστερό παράδειγμα) και ένα ή περισσότερα στιγμιότυπα *featureName*.

3.11.5. Γεωμετρικά Αρχέτυπα Οντοτήτων

Το επιτρεπόμενο γεωμετρικό αρχέτυπο (αγγλ. primitive), για κάθε τύπο οντότητας ορίζεται στον Κατάλογο Οντοτήτων. Επιτρεπόμενα γεωμετρικά αρχέτυπα είναι το σημείο, η γραμμή και η επιφάνεια. Κάθε χωρική τιμή πρέπει να αναφέρεται σε τουλάχιστον ένα στιγμιότυπο οντότητας. Ο Πίνακας στο **Παράρτημα Α** συνοψίζει τα επιτρεπόμενα γεωμετρικά αρχέτυπα για κάθε τύπο οντότητας (IHO, 2018a).

4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ENC

4.1. Χαρτογραφική Απόδοση Γεωχωρικών Πληροφοριών

Η χαρτογραφία αφορά την αναπαράσταση γεωχωρικών πληροφοριών για τις οποίες η θέση αποτελεί ουσιαστικά το πλέον σημαντικό στοιχείο. Η δημιουργία σωστών χαρτών είναι μια εξαιρετικά σύνθετη και πολύ-παραμετρική διεργασία (Varshney, 2012). Η χαρτογραφία ορίστηκε ως επιστήμη στο Διεθνές Συμβούλιο για την Επιστήμη (International Council for Science - ICSU) στην 31η Γενική Συνέλευσή του, η οποία διεξήχθη στη Νέα Ζηλανδία το 2014 (από 30/08 έως 03/09), όπου και αποφασίστηκε να αναγνωριστεί ως 32η επιστήμη. Στο πλαίσιο αυτό, η Διεθνής Χαρτογραφική Ένωση (Cartographic Association - ICA) χρίστηκε Πλήρες Διεθνές Επιστημονικό Μέλος της Ένωσης (ICSU) (Νάκος, 2021). Ο ρόλος και οι εφαρμογές της χαρτογραφίας διευρύνονται διαρκώς καθώς υπάρχουν νέα αντικείμενα προς αναπαράσταση και ανάγκη για νέες μεθόδους για χαρτογραφική απόδοση και κατανόηση γεωχωρικών πληροφοριών και φαινομένων. Ο εκτεταμένος ρόλος της χαρτογραφίας οδηγεί διαρκώς σε νέες προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της έρευνας για τη βέλτιστη οπτικοποίηση των πληροφοριών στα διάφορα θεματικά πεδία (Fairbairn et al., 2001; Hardy & Field, 2011).

4.1.1. Χαρτογραφική Απόδοση Οντοτήτων ENC

Η χαρτογραφική απόδοση (αγγλ. portrayal) στους ηλεκτρονικούς ναυτιλιακούς χάρτες ειδικότερα, έχει σκοπό να συμβάλει στην ασφαλή λειτουργία συστημάτων θαλάσσιας πλοήγησης και πιο συγκεκριμένα να επιτευχθεί:

- Καθιέρωση ενός κοινά αποδεκτού προτύπου για τη χαρτογραφική απόδοση, το οποίο να είναι οικείο στους ναυτιλλόμενους και να μπορεί να αναγνωριστεί αμέσως χωρίς σύγχυση.
- Χρήση πρότυπων συμβόλων, χρωμάτων και τυποποιημένη αντιστοίχισή τους σε γεωχωρικές οντότητες.
- Κατάλληλη συμβατότητα με σύμβολα έντυπων χαρτών, όπως τυποποιούνται στις προδιαγραφές του IHO (Δημοσίευση IHO S-4).
- Διασφάλιση βασικών και συμπληρωματικών επιπέδων εμφάνισης για τα δεδομένα του ENC.
- Περιορισμούς στην κλίμακα απόδοσης των δεδομένων.
- Διασφάλιση ότι στην οθόνη του συστήματος η απόδοση θα είναι ευανάγνωστη και σαφής.
- Χρήση ενός κοινά αποδεκτού μοντέλου χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων (π.χ. S-100) για εξασφάλιση της διαλειτουργικότητας.

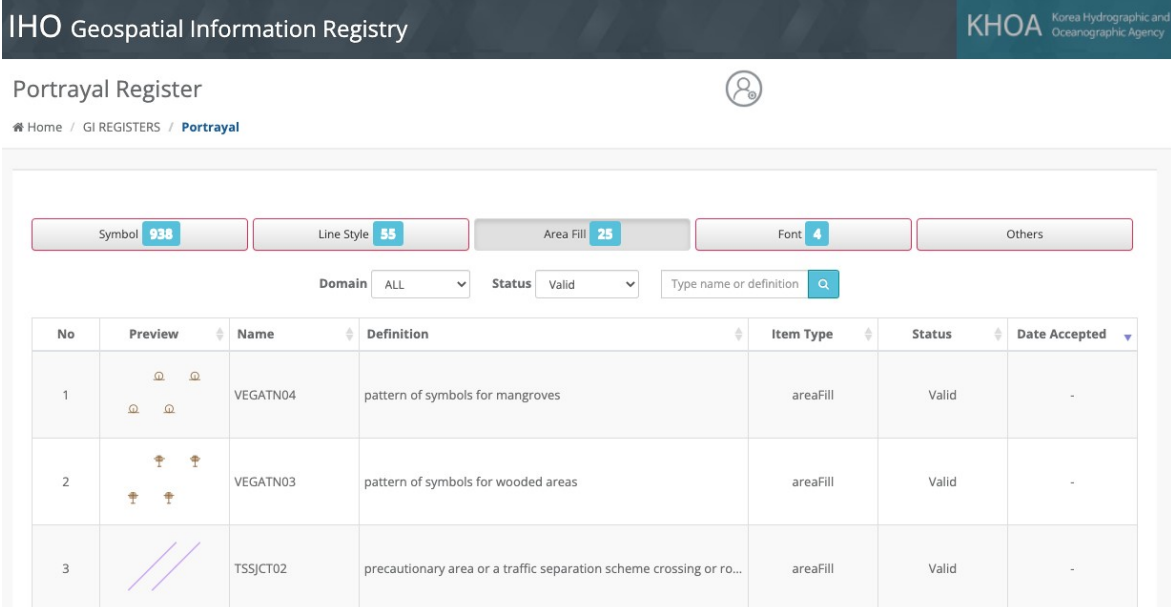
Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, ο IHO εξέλιξε για πολλά χρόνια το πρότυπο S-52 (IHO, 2015) για την απόδοση του περιεχομένου ENC σύμφωνα με τις προδιαγραφές (*Performance Standards*) του IMO για τα συστήματα ECDIS (IMO, 2006). Οι κατασκευαστές συστημάτων ECDIS βασίζονται στο πρότυπο αυτό για να αναπτύσσουν λογισμικό, και συγκεκριμένα στη βιβλιοθήκη του S-52 που ονομάζεται *Presentation Library*

(η πιο πρόσφατη έκδοση της οποίας είναι η 4.0) (IHO, 2020d). Η βιβλιοθήκη περιέχει οδηγίες για τον μηχανισμό σχεδίασης σε συστήματα ECDIS σχετικά με τον τρόπο εμφάνισης συμβόλων, χρωμάτων και στυλ γραμμών στην οθόνη.

Η χαρτογραφική απόδοση στους ENC με βάση το πρότυπο S-101 καλύπτεται από το μοντέλο χαρτογραφικής απόδοσης όπως ορίζεται στο πρότυπο S-100. Αυτό το μοντέλο αντικατοπτρίζει τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται ένας κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. portrayal catalogue) για χρήση σε συστήματα θαλάσσιας πλοήγησης. Ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης με τη σειρά του ορίζει τον συμβολισμό και τους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης για κάθε συνδυασμό οντοτήτων/ιδιοτήτων που περιέχεται σε ένα κατάλογο οντοτήτων (αγγλ. feature catalogue).

4.1.2. Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το γενικό Μητρώο του IHO αποτελείται από επιμέρους μητρώα, ένα από τα οποία αφορά τη χαρτογραφική απόδοση οντοτήτων (αγγλ. Portrayal Register) το οποίο είναι ανοιχτά διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στην ηλεκτρονική διεύθυνση <https://registry.iho.int/portrayal/list.do> (Εικόνα 4-1).

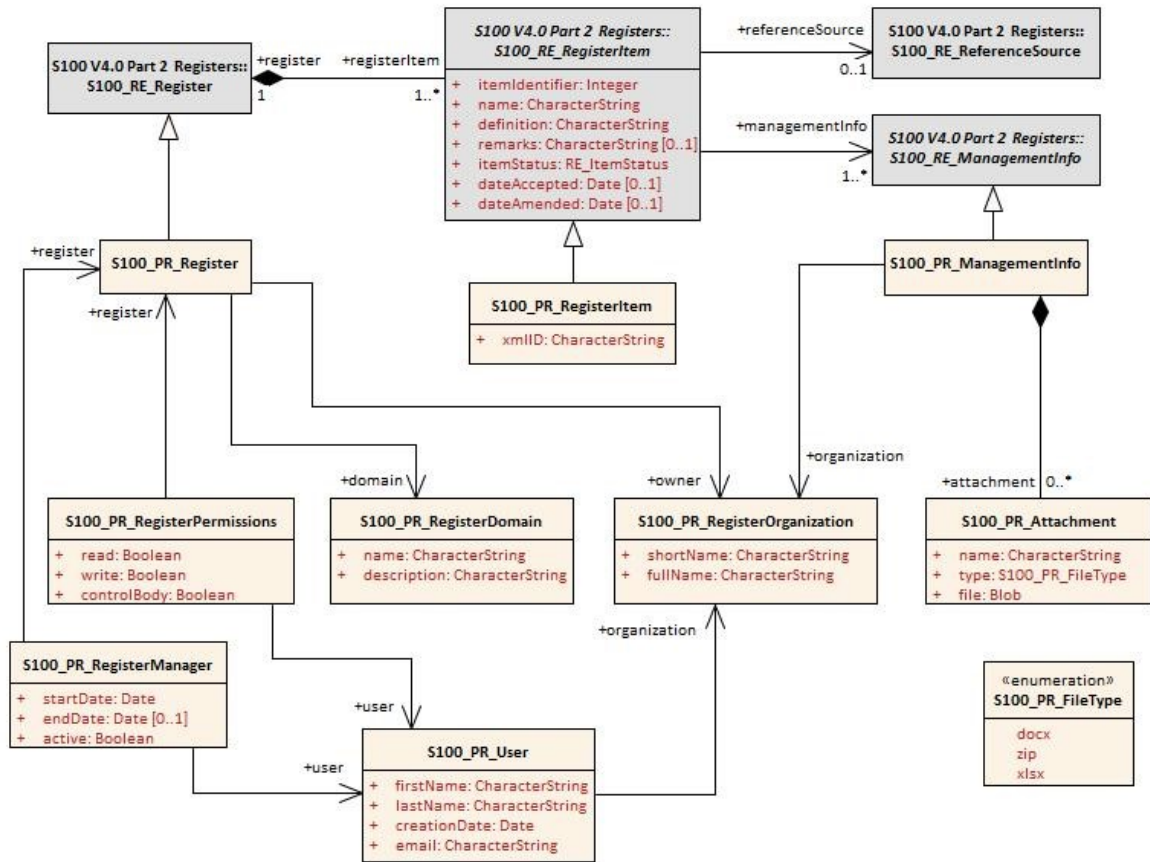


No	Preview	Name	Definition	Item Type	Status	Date Accepted
1		VEGATN04	pattern of symbols for mangroves	areaFill	Valid	-
2		VEGATN03	pattern of symbols for wooded areas	areaFill	Valid	-
3		TSSJCT02	precautionary area or a traffic separation scheme crossing or ro...	areaFill	Valid	-

Εικόνα 4-1. Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων IHO.

Στο Μητρώο καθορίζεται η χαρτογραφική απόδοση των οντοτήτων, η οποία είναι ανεξάρτητη από τα δεδομένα αλλά στενά συνδεδεμένη με αυτά. Οι ιδιότητες των οντοτήτων (αγγλ. attributes) μέσα στο σύνολο δεδομένων οδηγούν τη διαδικασία χαρτογραφικής απόδοσης, καθώς είναι δυνατόν να υπάρχουν διαφορετικές αποδόσεις για την ίδια οντότητα. Η χρήση του μητρώου για την αποθήκευση πληροφοριών χαρτογραφικής απόδοσης διευκολύνει τον IHO να διαχειρίζεται και να επεκτείνει πολλαπλά προϊόντα βασισμένα στο S-100, τα οποία μπορούν να διατεθούν για χρήση σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Μέσω του Μητρώου διευκολύνεται η ευρύτερη χρήση των καταχωρημένων πληροφοριών καθιστώντας τα δημόσια διαθέσιμα και αυξάνει τη δυνατότητα εφαρμογής τους από νέους χρήστες (IHO, 2022). Στις Εικόνες 4-2 και 4-3 παρουσιάζονται τα μοντέλα δεδομένων

διαχείρισης και πληροφοριών του Μητρώου Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων σύμφωνα με το πρότυπο S-100.



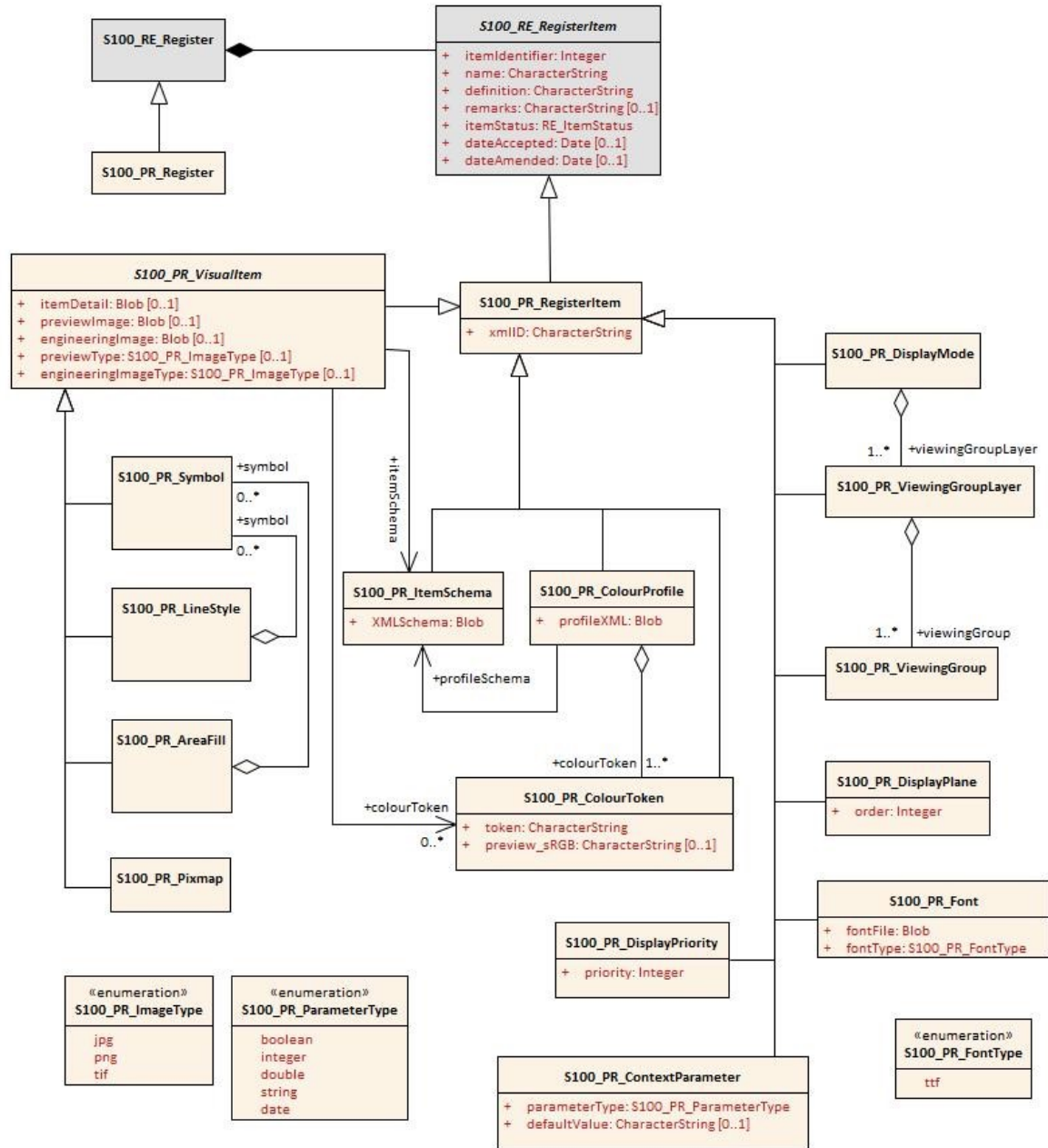
Εικόνα 4-2. Μοντέλο Διαχείρισης Μητρώου Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Register Management Model) (IHO, 2022)

Το Μητρώο Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων καθορίζει ανεξάρτητα σύνολα ορισμών σημειακών συμβόλων, μοτίβων συμβόλων, σύνθετων στυλ γραμμών και χρωματικών συμβόλων. Επιπλέον, το μητρώο χαρτογραφικής απόδοσης μπορεί να υποδιαιρεθεί σε διαφορετικά θεματικά πεδία και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία καταλόγων χαρτογραφικής απόδοσης. Σε αντίθεση με έναν κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης, το μητρώο δεν καθορίζει τους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης ούτε συνδέει τη χαρτογραφική απόδοση με μια οντότητα. Σημειώνεται πως τα μητρώα πληροφοριών χαρτογραφικής απόδοσης δύνανται να χρησιμεύσουν ως πηγές αναφοράς για παρόμοια μητρώα που έχουν δημιουργηθεί από άλλες κοινότητες γεωχωρικών πληροφοριών. Οι ακόλουθοι τύποι δύνανται να καταχωρηθούν στο μητρώο χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων:

- Pixmap
- Colour Token
- Colour Profile
- Symbol
- Line Style
- Area Fill
- Font
- Display Plane
- Context Parameter
- Symbol Schema
- Line Style Schema
- Area Fill Schema
- Pixmap Schema
- Colour Profile Schema

- Viewing Group
- Viewing Group Layer
- Display Mode
- Cascading Style Sheet
- Display priority

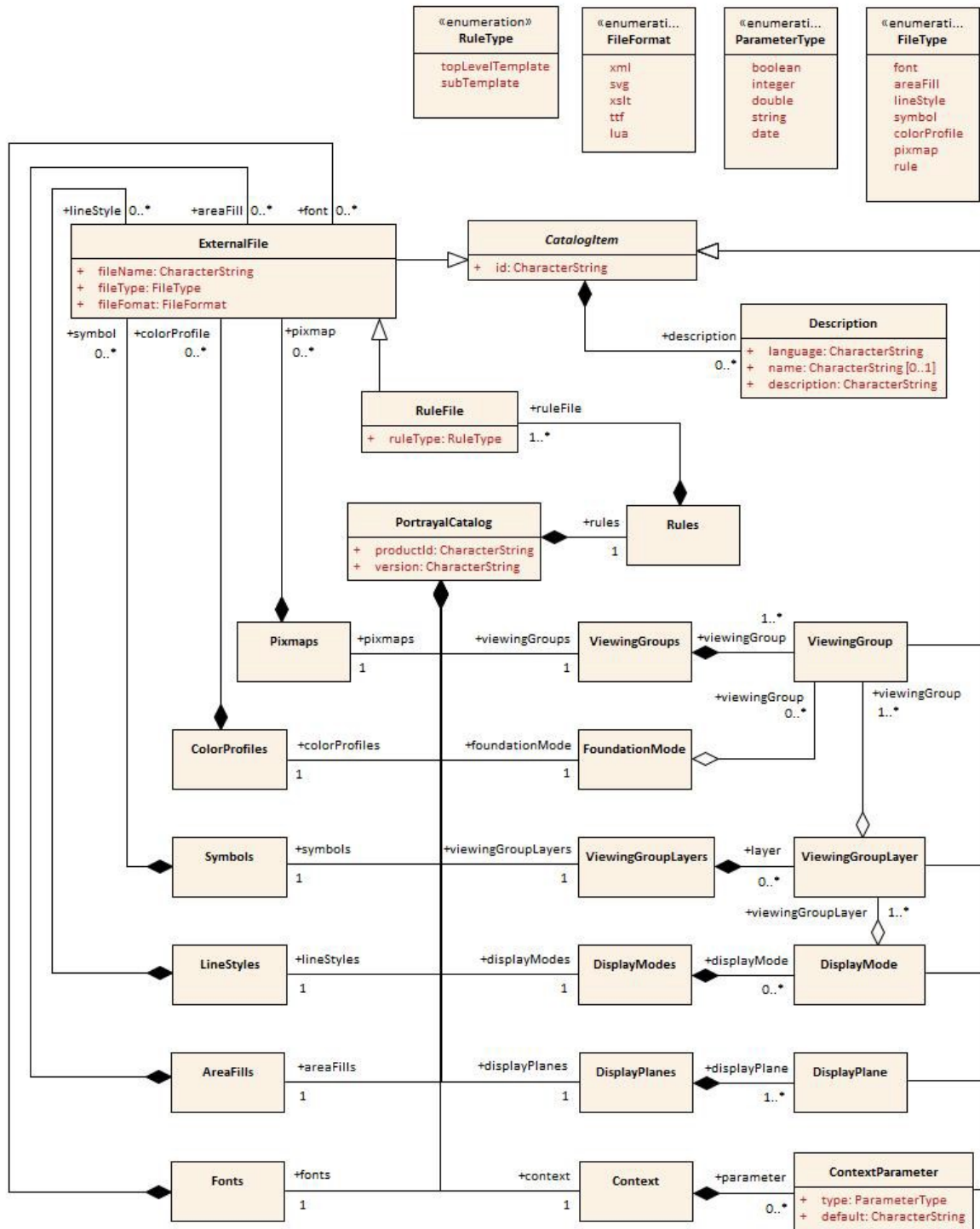
Στην παρούσα φάση (αρχές 2023) στο Μητρώο έχουν καταχωρηθεί μεταξύ άλλων 935 Σύμβολα (αγγλ. Symbols), 55 Στυλ Γραμμών (αγγλ. Line Styles) και 25 Γεμίσματα Περιοχών (αγγλ. Area Fills).



Εικόνα 4-3. Μοντέλο Πληροφοριών Μητρώου Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Register Information Model) (IHO, 2022)

Η βασική ιδέα στο S-100 συνίσταται στο ότι τα δεδομένα οντοτήτων μοντελοποιούνται με έμφαση στο περιεχόμενο και η χαρτογραφική απόδοση μιας οντότητας επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κανόνες ή συναρτήσεις, οι οποίες αντιστοιχίζουν το περιεχόμενο στα κατάλληλα σύμβολα και χαρακτηριστικά εμφάνισης. Αυτή η ιδέα επιτρέπει την εμφάνιση

του ίδιου περιεχομένου με διαφορετικούς τρόπους και επιτρέπει τη διατήρηση των κανόνων χαρτογραφικής απόδοσης αντιστοίχισης χωρίς να χρειάζεται να τροποποιηθούν όλα τα δεδομένα περιεχομένου.



Εικόνα 4-4. Πακέτο Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης (IHO, 2022)

Ένας Κατάλογος Χαρτογραφικής Απόδοσης (αγγλ. Portrayal Catalogue) περιγράφει λειτουργίες χαρτογραφικής απόδοσης που αντιστοιχίζουν τις οντότητες σε συμβολισμό, περιέχει επίσης ορισμούς συμβόλων, ορισμούς χρωμάτων, παραμέτρους χαρτογραφικής απόδοσης και έννοιες διαχείρισης χαρτογραφικής απόδοσης, όπως, ομάδες προβολής

(**Εικόνα 4-4**). Ο στόχος του S-100 είναι να παράσχει έναν μηχανισμό, όπου για ένα δεδομένο προϊόν, ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης να δύναται να αποσταλεί ως αρχείο δεδομένων σε αναγνώσιμη από το υπολογιστικό σύστημα μορφή, έτσι ώστε μια συμβατή υλοποίηση να μπορεί να εμφανίζει τα δεδομένα οντοτήτων ενός προϊόντος χρησιμοποιώντας το σχετικό *Κατάλογο Χαρτογραφικής Απόδοσης*.

Το πρότυπο S-100 στην ενότητα 9 καθορίζει τα μοντέλα, τις δομές και τους μορφότυπους για έναν αναγνώσιμο από υπολογιστικό σύστημα κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης. Σκοπός είναι ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης να υφίσταται και να παραδίδεται χωριστά από τα σετ δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να εισαχθεί και να ερμηνευτεί προκειμένου να αντιστοιχίζει αντικείμενα οντοτήτων που ορίζονται σύμφωνα με το Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (GFM) σε εντολές σχεδίασης και συμβολισμό.

Το περιεχόμενο του καταλόγου χαρτογραφικής απόδοσης ορίζεται ως μέρος μιας προδιαγραφής προϊόντος χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό και τις δομές που ορίζονται στο S-100. Μια προδιαγραφή προϊόντος πρέπει να περιλαμβάνει ένα σχήμα εισόδου προερχόμενο από το αφηρημένο σχήμα, ένα σύνολο κανόνων αντιστοίχισης, ένα σύνολο συμβόλων, στυλ γραμμής, χρώματα κ.λπ. και να το καθιστά διαθέσιμο για χρήση σε σύνολα δεδομένων του προϊόντος. Η ενότητα περιλαμβάνει μηχανισμούς χαρτογραφικής απόδοσης δισδιάστατων (2D) διανυσματικών δεδομένων σύμφωνα με το GFM καθώς και δεδομένα κάλυψης. Στην τρέχουσα έκδοση δεν περιλαμβάνει εντολές σχεδίασης και δομές συμβόλων προοριζόμενων για τρισδιάστατη (3D) χαρτογραφική απόδοση. Επίσης δεν περιλαμβάνει τη δημιουργία αναφορών, ωστόσο η προσέγγιση της έκθεσης του περιεχομένου σε κανόνες αντιστοίχισης θα μπορούσε να εφαρμοστεί για τη δημιουργία αρχείου σε μορφή κειμένου ή html. Η προδιαγραφή είναι σύμφωνη με το ISO 19117:2012 και ειδικότερα με το Παράρτημα A (Abstract test suite).

4.2. Κατάλογος Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (Portrayal Catalogue)

Ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων S-101 περιέχει τους μηχανισμούς για τα ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης (π.χ. ECDIS), ώστε να απεικονίζουν τις πληροφορίες που βρίσκονται στα S-101 ENC. Ο κατάλογος είναι σε μορφή XML, το οποίο συμμορφώνεται με το σχήμα καταλόγου χαρτογραφικής απόδοσης S-100 και είναι δομημένο ως εξής:

```

Root ---- (περιέχει τον κατάλογο με το όνομα "portrayal_catalogue.xml")
|
|-- Pixmaps (περιέχει αρχεία XML που περιγράφουν pixel maps)
|
|-- ColorProfiles (περιέχει αρχεία XML με προφίλ χρώματος και φύλλα στυλ CSS2)
|
|-- Σύμβολα (περιέχει αρχεία SVG με σύμβολα)
|
|-- LineStyles (περιέχει αρχεία XML με στυλ γραμμής)
|
|-- AreaFills (περιέχει γεμίσματα περιοχών αρχείων XML)
    
```

- | -- Γραμματοσειρές (περιέχει αρχεία γραμματοσειράς TrueType)
- | -- Κανόνες (περιέχει αρχεία με κανόνες που αντιστοιχούν οντότητες σε εντολές σχεδίασης)

Στον **Πίνακα 4-1** παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του καταλόγου χαρτογραφικής απόδοσης της προδιαγραφής S-101 και το σχετικό πλήθος αυτών σύμφωνα με την έκδοση 1.0.2 (IHO, 2022c).

Πίνακας 4-1. Στοιχεία Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).

Στοιχείο	Πλήθος	Παρατηρήσεις
alertCatalog	1	
colorProfiles	3	day, dusk, and night color palettes
styleSheets	3	day, dusk and night styleSheets
symbols	580	
lineStyles	56	
areaFills	26	
viewingGroups	144	
foundationMode	19	viewingGroups
viewingGroupLayers	27	
displayModes	3	
displayPlanes	2	overRadar, underRadar
contextParameters	13	
rules	209	

4.2.1. Ομάδες Προβολής (Viewing Groups)

Η *Ομάδα Προβολής* (αγγλ. Viewing Group) είναι μια έννοια για τον έλεγχο του περιεχομένου της οθόνης. Λειτουργεί ως διακόπτης για οποιαδήποτε εντολή σχεδίασης έχει εκχωρηθεί στην αντίστοιχη ομάδα προβολής. Η έννοια μπορεί να θεωρηθεί ως φίλτρο στη λίστα εντολών σχεδίασης. Οι Ομάδες Προβολών στον Κατάλογο Χαρτογραφικής Απόδοσης S-101 παρατίθενται στο Παράρτημα Β (IHO, 2022c).

4.2.2. Επίπεδα Ομάδων Προβολών (Viewing Group Layers)

Οι ομάδες προβολής μπορούν να συναθροισθούν σε *Επίπεδα Ομάδων Προβολών* (αγγλ. Viewing Group Layers) και στον **Πίνακα 4-2** παρατίθενται τα επίπεδα στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης του S-101 στην έκδοση 1.0.2.

Πίνακας 4-2. Επίπεδα Ομάδων Προβολών στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).

_id	Όνομα	Περιγραφή	Ομάδες Προβολών
1	Display Base	Base Display elements	11000, 11010, 11030, 11040, 11050, 11060, 12000, 12010, 12200, 12210, 12400, 12410, 12420, 13000, 13010, 13030, 14000, 14010, 14050

2	Drying Line	Standard Display elements	22010
3	Buoys, beacons, aids to navigation	Standard Display elements	21010, 21020, 22200, 22210, 22220, 22240, 27000, 27010, 27011, 27020, 27030, 27025, 27040, 27050, 27060, 27070, 27080, 27200, 27210, 27230
3a	Buoys, beacons, structures	Standard Display elements	21010, 21020, 22200, 22210, 22220, 22240, 27000, 27010, 27011, 27020, 27025, 27030, 27040, 27050, 27060, 27080, 27200, 27210, 27230
3b	Lights	Standard Display elements	27070
4	Boundaries and limits	Standard Display elements	23030, 26050, 26220, 26240, 26250
5	Prohibited and restricted areas	Standard Display elements	26000, 26010, 26040
6	Chart scale boundaries	Standard Display elements	21030
7	Cautionary notes	Standard Display elements	26150
8	Ships' routing systems and ferry routes	Standard Display elements	25010, 25020, 25030, 25040, 25060
9	Archipelagic sea lanes	Standard Display elements	26260
10	Miscellaneous (Standard)	Standard Display elements	21000, 21060, 22000, 23000, 23010, 24000, 24010, 24020, 24050, 25000, 26200, 26210, 28000, 28010, 28020, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115
10a	Chart (Standard)	Miscellaneous chart Standard Display elements	21000, 21060, 22000, 23000, 23010, 24000, 24010, 24020, 24050, 25000, 26200, 26210, 28000, 28010, 28020
10b	Alert Highlights (Standard)	Toggles graphical highlighting of detected alerts	101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115
11	Spot soundings	Other Display elements	33010
12	Submarine cables and pipelines	Other Display elements	34030, 34070
13	All isolated dangers	Other Display elements	34050, 34051
14	Magnetic variation	Other Display elements	31080
15	Depth contours	Other Display elements	33020
16	Seabed	Other Display elements	34010, 34020, 33040
17	Tidal	Other Display elements	33050, 33060
18	Miscellaneous (Other)	Other Display elements	31000, 31010, 31020, 31011, 31030, 31031, 31032, 31040, 32000, 32010, 32030, 32050, 32070, 32200, 32220, 32240, 32250, 32270, 32400, 32410, 32440, 33000, 33021, 33022, 34000, 35000, 36000, 36010, 36020, 36040, 36050, 38000, 38010, 38030, 38200, 38210
101	Important Text	Important Text	11
102	Other Text	Text other than important text	21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
102a	Names	Geographic Names - e.g. Anchorages, Buoys, Bridges, Docks, Lights, etc.	21, 26, 29

102b	Light description	Light description string	23
102c	All other chart text	All chart text from "Other" not controlled via "Names" or "Light description"	24, 25, 27, 28, 30

4.2.3. Λειτουργίες Εμφάνισης (Display Modes)

Τα Επίπεδα Ομάδων Προβολών δύνανται να συναθροισθούν σε *Λειτουργίες Εμφάνισης* (αγγλ. Display Modes) και στον **Πίνακα 4-3** παρατίθενται οι Λειτουργίες Εμφάνισης στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης S-101 στην έκδοση 1.0.2.

Πίνακας 4-3. Λειτουργίες Εμφάνισης στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης S-101 (IHO, 2022c).

Όνομα	Περιγραφή	viewingGroupLayers
Base	Always on display	1
Standard	ECDIS default display	1, 2, 3, 3a, 3b, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 10a, 10b
Other	Displays all features in the SENC	1, 2, 3, 3a, 3b, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 10a, 10b, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

4.2.4. Επίπεδα Εμφάνισης (Display Planes)

Τα *Επίπεδα Εμφάνισης* (αγγλ. Display Planes) είναι μια έννοια για τον διαχωρισμό του αποτελέσματος των συναρτήσεων χαρτογραφικής απόδοσης σε ξεχωριστές λίστες. Παράδειγμα αποτελεί ο διαχωρισμός των πληροφοριών χάρτη που σχεδιάζονται κάτω από την οθόνη ραντάρ καθώς και των πληροφοριών χάρτη πάνω από την οθόνη ραντάρ (*OverRadar & UnderRadar*).

4.2.5. Προτεραιότητες Εμφάνισης (Display Priorities)

Οι *Προτεραιότητες Εμφάνισης* (αγγλ. Display Priorities) ελέγχουν τη σειρά με την οποία επεξεργάζονται τα αποτελέσματα των λειτουργιών χαρτογραφικής απόδοσης. Πρώτα θα υποβληθούν σε επεξεργασία προτεραιότητες με μικρότερες αριθμητικές τιμές. Οι εντολές που έχουν ίση προτεραιότητα εμφάνισης ταξινομούνται έτσι ώστε οι εντολές περιοχής να αποδίδονται πρώτα, ακολουθούμενες από εντολές γραμμής, μετά εντολές σημείου και, τέλος, εντολές κειμένου. Εάν η προτεραιότητα εμφάνισης είναι ίση μεταξύ του ίδιου τύπου εντολής (περιοχή, γραμμή, σημείο ή κείμενο), χρησιμοποιείται κάποιο άλλο ουδέτερο κριτήριο για την σειρά των εντολών.

4.2.6. Επιλογές Χρήστη (Context Parameters)

Οι ακόλουθες παράμετροι αφορούν τις επιλογές των χρηστών που χρησιμοποιούνται από τις λειτουργίες των συστημάτων ECDIS (**Πίνακας 4-4**):

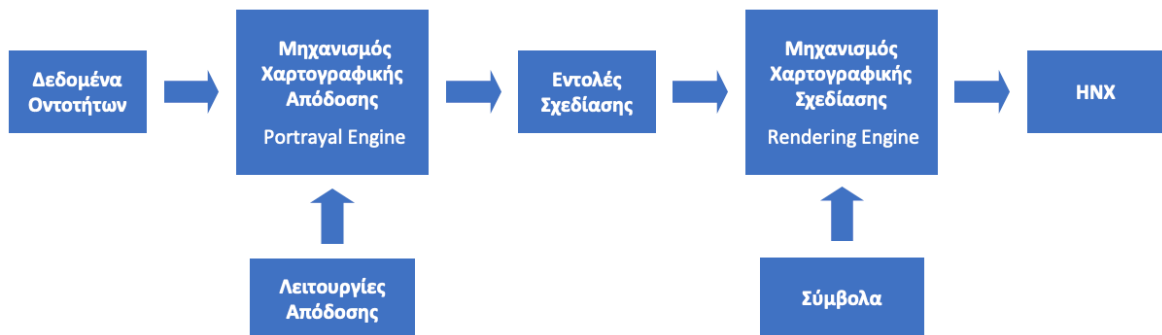
Πίνακας 4-4. Επιλογές Χρήστη (Context Parameters) (IHO, 2020d)

Παράμετρος	Περιγραφή
SAFETY_DEPTH	- selected safety depth (meters) (IMO, 2006)
SHALLOW_CONTOUR	- selected shallow water contour (meters) (προαιρετική)

SAFETY_CONTOUR	- selected safety contour (meters) (IMO, 2006)
DEEP_CONTOUR	- selected deep water contour (meters) (optional)
TWO_SHADES	- flag indicating selection of two depth shades (on/off)
SHALLOW_PATTERN	- flag indicating selection of shallow water highlight (on/off) (προαιρετική)
SHIPS_OUTLINE	- flag indicating selection of ship's scale symbol (on/off) (IMO, 2006)
DISTANCE_TAGS	- selected spacing of "distance to run" tags at a route (nm)
TIME_TAGS	- selected spacing of time tags at the pasttrack (min)
FULL_SECTORS	- show full length light sector lines

4.3. Γενικό Μοντέλο Χαρτογραφικής Απόδοσης

Ένα σύστημα πλοήγησης διαθέτει δεδομένα οντοτήτων στην εσωτερική του βάση δεδομένων που πρέπει να αναπαρασταθούν. Ο μηχανισμός χαρτογραφικής απόδοσης του συστήματος (αγγλ. system portrayal engine) μετατρέπει τα δεδομένα οντοτήτων σε εντολές σχεδίασης. Ως εντολές σχεδίασης ορίζονται οι πληροφορίες χαρτογραφικής απόδοσης, που είναι απαραίτητες για τη χαρτογραφική αναπαράσταση ενός συνόλου γεωχωρικών δεδομένων, οι οποίες δημιουργούνται από συγκεκριμένες λειτουργίες χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. portrayal functions). Το πρότυπο S-100 ορίζει μηχανισμό χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. portrayal engine) βασισμένο σε αυτές τις λειτουργίες που σχετίζονται με τις εκάστοτε προς χαρτογραφική απόδοση οντότητες. Τα διαφορετικά στιγμιότυπα οντοτήτων αποδίδονται χαρτογραφικά με βάση τις πληροφορίες γεωμετρίας και των ιδιοτήτων τους. Η σχέση μεταξύ των στιγμιότυπων οντοτήτων, των ιδιοτήτων και της υποκείμενης χωρικής γεωμετρίας καθορίζεται από την εκάστοτε προδιαγραφή προϊόντος που βασίζεται στο Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων (GFM) του S-100.



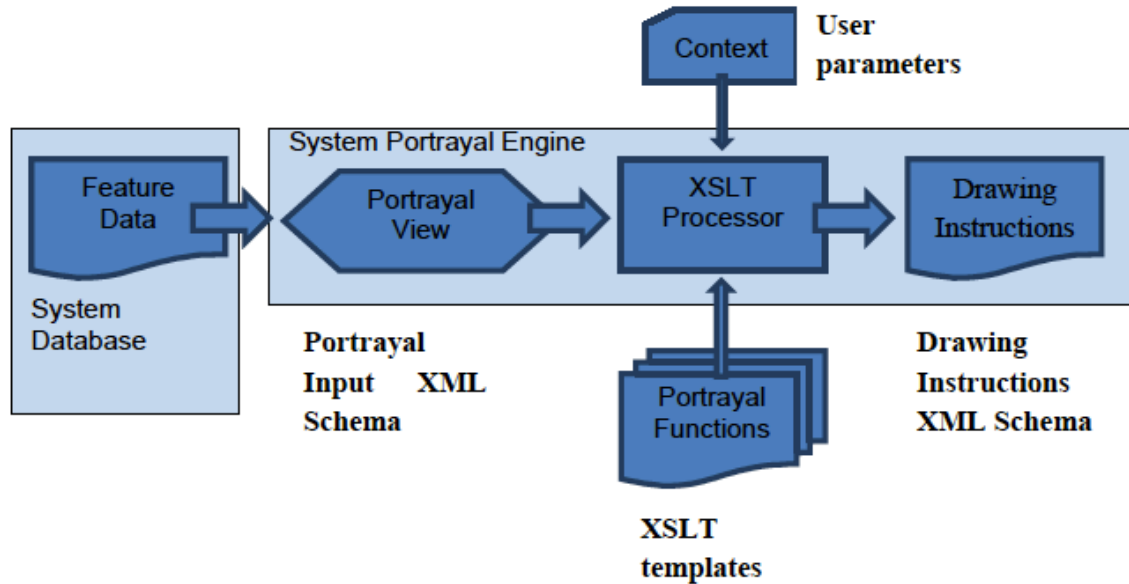
Εικόνα 4-5. Γενικό Μοντέλο Χαρτογραφικής Απόδοσης (General portrayal model) (IHO, 2022).

Το Γενικό Μοντέλο Χαρτογραφικής Απόδοσης του S-100 παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα (Εικόνα 4-5). Ο μηχανισμός χαρτογραφικής απόδοσης καθιστά δυνατή τη χαρτογραφική απόδοση του ίδιου συνόλου δεδομένων με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τις επιλογές χρήστη (βλέπε προηγούμενη παράγραφο). Οι εντολές σχεδίασης είναι ενδιάμεσα δεδομένα που παράγονται από τον μηχανισμό χαρτογραφικής απόδοσης για τη δημιουργία του χάρτη. Κατά τη διαδικασία σχεδίασης (αγγλ. rendering process), ο μηχανισμός σχεδίασης χρησιμοποιεί τους ορισμούς συμβόλων για να δημιουργήσει οπτικό αποτέλεσμα σύμφωνα με τη συσκευή εξόδου. Οι εντολές σχεδίασης περιλαμβάνουν αναφορές σε ορισμούς συμβόλων, πληροφορίες προτεραιότητας και φιλτραρίσματος και

επεξεργάζονται περαιτέρω από το μηχανισμό χαρτογραφικής σχεδίασης για την παραγωγή του τελικού χάρτη. Οι ορισμοί συμβόλων περιέχουν τις λεπτομέρειες όλων των γραφικών στοιχείων που χρειάζονται γ χαρτογραφική απόδοση.

4.3.1. Μηχανισμός Χαρτογραφικής Απόδοσης

Η Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης στο πρότυπο S-100 παρουσιάζεται διαγραμματικά στην **Εικόνα 4-6**.



Εικόνα 4-6. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης (Portrayal process) (IHO, 2022).

- Επεξεργαστής XSLT

Η λειτουργικότητα του μηχανισμού χαρτογραφικής απόδοσης συστήματος ορίζεται με βάση το πρότυπο XSLT. Κατά τη διαδικασία χαρτογραφικής απόδοσης, τα δεδομένα οντοτήτων εισάγονται ως XML περιεχόμενο σε έναν XSLT επεξεργαστή (αγγλ. processor). Ο επεξεργαστής XSLT εφαρμόζει την καλύτερη δυνατή αντιστοίχιση προτύπου ή συνάρτησης χαρτογραφικής απόδοσης σε κάθε οντότητα. Η συνάρτηση χαρτογραφικής απόδοσης χρησιμοποιεί προκαθορισμένη λογική για να μετατρέψει το περιεχόμενο των οντοτήτων εισόδου μαζί με πληροφορίες συστήματος σε εντολές σχεδίασης που εξάγονται ως XML.

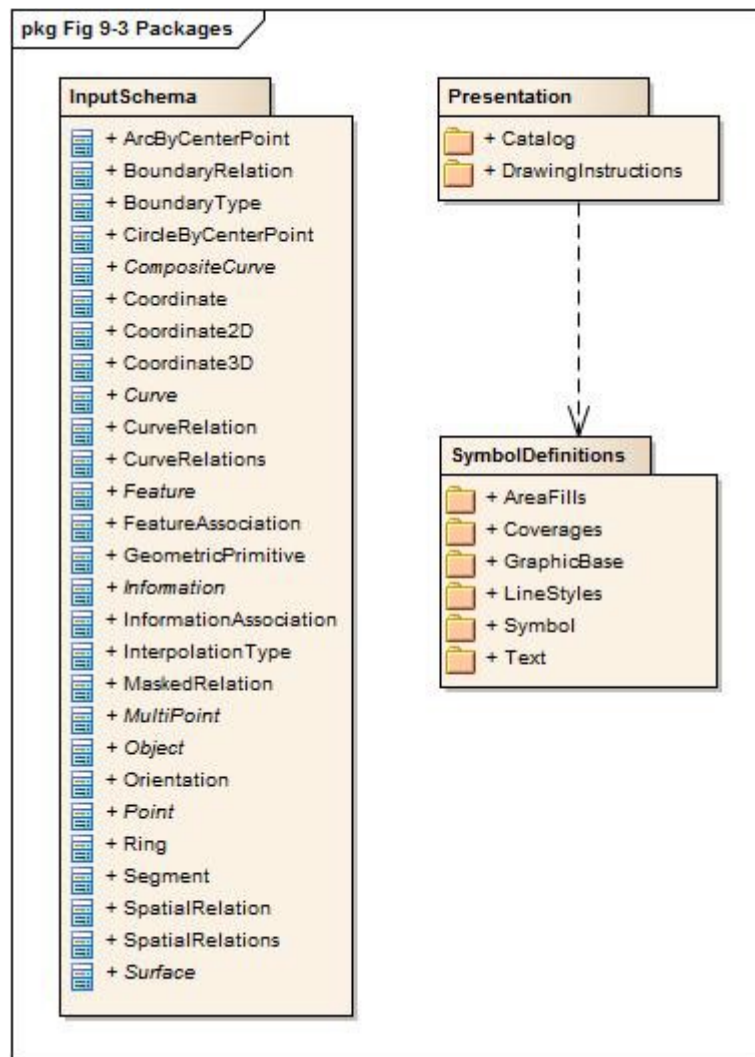
- Γλώσσα XSLT

Η XSL (EXtensible Stylesheet Language) είναι μια γλώσσα “styling” για XML. Η δηλωτική γλώσσα XSLT (*XSL Transformations*) αφορά μετασχηματισμούς XSL. Ένας επεξεργαστής XSLT μετατρέπει την είσοδο XML σε έξοδο XML. Οι παράμετροι συστήματος και χρήστη τροφοδοτούν τον επεξεργαστή XSLT για χρήση από τις συναρτήσεις χαρτογραφικής απόδοσης. Οι συναρτήσεις χαρτογραφικής απόδοσης στο XSLT μπορούν να κυμαίνονται από απλή αναζήτηση ή πρότυπα (αγγλ. templates) καλύτερης αντιστοίχισης έως πολύπλοκη υπό όρους λογική. Το XSLT λειτουργεί σε ένα δέντρο κόμβων XML, ωστόσο υπάρχουν υλοποιήσεις που διασυνδέουν τον επεξεργαστή XSLT απευθείας με εσωτερικές δομές ή πίνακες σχεσιακών βάσεων δεδομένων.

Αν και υπάρχουν νεότερες εκδόσεις XSLT (<http://www.w3.org/TR/xslt>), η XSLT 1.0 έχει επιλεγεί για την προδιαγραφή χαρτογραφικής απόδοσης του S-100 ως η πιο συχνά υποστηριζόμενη. Η προδιαγραφή καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι συναρτήσεις μετασχηματισμού χαρτογραφικής απόδοσης, οι οποίες είναι αναγνώσιμες από υπολογιστικό σύστημα, υλοποιούνται ως πρότυπα XSLT που μεταφέρονται σε αρχεία XSL. Εφόσον το XSLT έχει οριστεί να εφαρμόζεται σε XML αρχεία και να παράγει νέα XML αρχεία, τα σχήματα εισόδου και εξόδου XML ορίζονται ως μέρος της προδιαγραφής S-100. Ένας συμβατός μηχανισμός χαρτογραφικής απόδοσης συστήματος (π.χ. σύστημα ECDIS) πρέπει να λειτουργεί με συνέπεια αναφορικά με τους μετασχηματισμούς XSLT προκειμένου να επεξεργάζεται τα αναγνώσιμα από υπολογιστικό σύστημα αρχεία XSL και να παράγει ισοδύναμα αποτελέσματα.

4.3.2. Επισκόπηση Πακέτων Χαρτογραφικής Απόδοσης

Το ακόλουθο διάγραμμα αποτυπώνει τα πακέτα για την εφαρμογή του σχετικού προτύπου (Εικόνα 4-7).



Εικόνα 4-7. UML Πακέτα Χαρτογραφικής Απόδοσης Οντοτήτων (ΙΗΟ, 2022)

Το πακέτο *InputSchema* περιγράφει τα δεδομένα εισαγωγής στον μηχανισμό χαρτογραφικής απόδοσης (επεξεργαστής XSLT). Το πακέτο *Παρουσίασης* (αγγλ.

Presentation) περιλαμβάνει δύο υποπακέτα, όπου το πρώτο περιγράφει τη δομή του καταλόγου χαρτογραφικής απόδοσης και το δεύτερο περιγράφει τις εντολές σχεδίασης. Οι εντολές σχεδίασης είναι η έξοδος του μηχανισμού χαρτογραφικής απόδοσης (επεξεργαστής XSLT). Το πακέτο Symbol Definitions περιγράφει τα γραφικά που χρησιμοποιούνται για τη χαρτογραφική απόδοση.

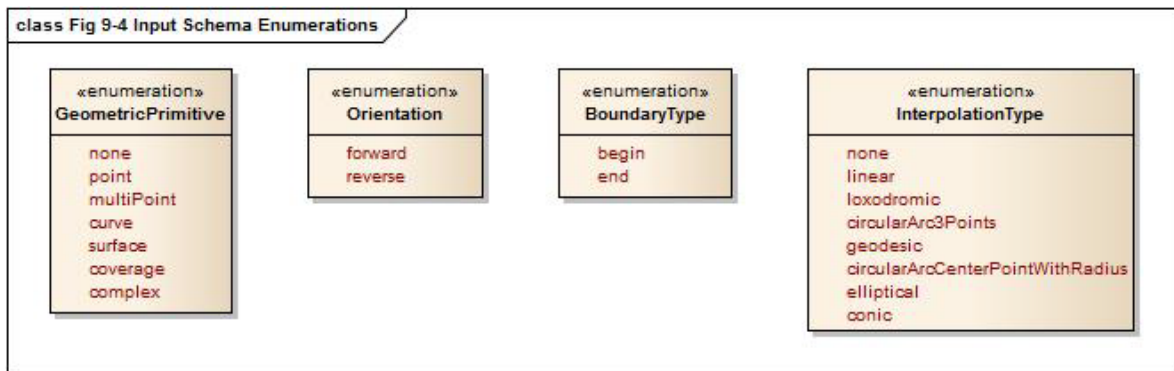
4.3.3. Σχήμα εισαγωγής δεδομένων (Data input schema)

Το σχήμα εισαγωγής δεδομένων περιγράφει πως πρέπει να παρουσιάζονται τα δεδομένα στον επεξεργαστή XSLT. Τα δεδομένα μπορούν να μετατραπούν σε ένα έγγραφο XML ή σε μια σχετική δεντρική δομή, για παράδειγμα σε ένα HTML DOMtree. Στο πρότυπο περιγράφονται οι βασικοί τύποι, ενώ οι πραγματικοί τύποι οντοτήτων ενός προϊόντος δεδομένων προσδιορίζονται σε ένα σχήμα που αποτελεί μέρος της εκάστοτε προδιαγραφής προϊόντος. Οι τύποι δεδομένων του σχήματος αντιστοιχούν στους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης της αντίστοιχης προδιαγραφής προϊόντος.

Όλοι οι τύποι οντοτήτων σε ένα προϊόν πρέπει να βασίζονται στους τύπους που καθορίζονται σε αυτό το σχήμα. Το σχήμα περιέχει επίσης τύπους δεδομένων για χωρικά αντικείμενα και για συσχετίσεις. Όποτε τέτοιοι τύποι δεν επαρκούν για ένα συγκεκριμένο προϊόν δεδομένων, μπορούν να προκύψουν κατάλληλοι τύποι από τους τύπους του προτύπου. Αυτό μπορεί να ισχύει για χώρο-αντικείμενα που πρέπει να έχουν συσχετισμούς με ποιοτικούς τύπους πληροφοριών.

4.3.4. Λίστα Απαριθμήσεων (Enumerations)

Για χρήση σε αυτό το Σχήμα ορίζονται οι τύποι λίστας απαριθμήσεων που παρουσιάζονται στην **Εικόνα 4-8**.



Εικόνα 4-8. Λίστες Απαριθμήσεων σχήματος εισαγωγής (αγγλ. Input Schema Enumerations) (IHO, 2022)

- GeometricPrimitive

Η λίστα απαρίθμησης *GeometricPrimitive* περιγράφει τον τύπο του γεωμετρικού αρχέτυπου που χρησιμοποιείται από ένα αντικείμενο οντότητας. Εάν το αντικείμενο χρησιμοποιεί διαφορετικά γεωμετρικά αρχέτυπα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η τιμή Complex.

```
<xs:simpleType name="GeometricPrimitive">
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:enumeration value="None"/>
```

```

<xs:enumeration value="Point"/>
<xs:enumeration value="MultiPoint"/>
<xs:enumeration value="Curve"/>
<xs:enumeration value="Surface"/>
<xs:enumeration value="Coverage"/>
<xs:enumeration value="Complex"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

- Orientation

Η λίστα απαρίθμησης *Προσανατολισμού* (αγγλ. *Orientation*) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του προσανατολισμού μιας αναφερόμενης γεωμετρίας που χρησιμοποιείται από ένα αντικείμενο οντότητας ή από μια σύνθετη καμπύλη.

```

<xs:simpleType name="Orientation">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="Forward"/>
<xs:enumeration value="Reverse"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

- BoundaryType

Η λίστα απαρίθμησης *BoundaryType* περιγράφει τον τύπο ενός τοπολογικού ορίου.

```

<xs:simpleType name="BoundaryType">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="Begin"/>
<xs:enumeration value="End"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

- InterpolationType

Η λίστα απαρίθμησης *InterpolationType* περιγράφει τη μαθηματική μέθοδο παρεμβολής μεταξύ δύο σημείων ελέγχου σε ένα ευθύγραμμο τμήμα. Οι μέθοδοι εξαρτώνται από το υποκείμενο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων και δεν ισχύουν όλες οι μέθοδοι για όλα τα συστήματα. Οι προδιαγραφές του εκάστοτε προϊόντος προσδιορίζουν τις λεπτομέρειες χρήσης της παρεμβολής.

```

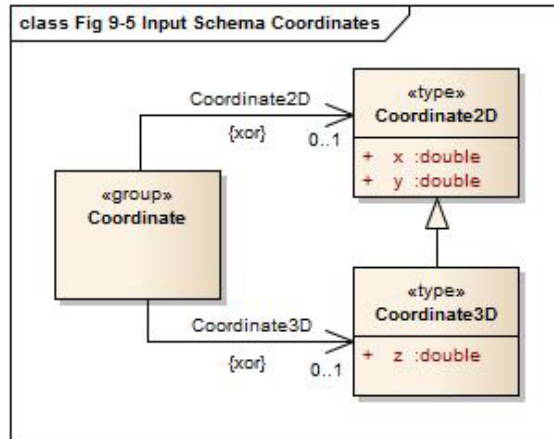
<xs:simpleType name="InterpolationType">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="None"/>
<xs:enumeration value="Linear"/>
<xs:enumeration value="Loxodromic"/>
<xs:enumeration value="CircularArc3Points"/>
<xs:enumeration value="Geodesic"/>
<xs:enumeration value="CircularArcCenterPointWithRadius"/>
<xs:enumeration value="Elliptical"/>
<xs:enumeration value="Conic"/>

```

</xs:restriction>
</xs:simpleType>

4.3.5. Συντεταγμένες

Για την παρουσίαση των συντεταγμένων στον επεξεργαστή XSLT, χρησιμοποιούνται οι τύποι που απεικονίζονται στην **Εικόνα 4-9**.



Εικόνα 4-9. Κλάση για το Σχήμα Εισαγωγής Συντεταγμένων (IHO, 2022)

Οι τύποι *Coordinate2D* και *Coordinate3D* είναι για μια απλή ακολουθία στοιχείων συντεταγμένων. Ορίζονται ως ακολούθως:

```

<xs:complexType name="Coordinate2D">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="x" type="xs:double"/>
    <xs:element name="y" type="xs:double"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="Coordinate3D">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="Coordinate2D">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="z" type="xs:double"/>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
    
```

4.3.6. Χωρικά αντικείμενα (Spatial objects)

Τα χωρικά αντικείμενα σε ένα σύνολο δεδομένων φέρουν τη γεωμετρική θέση ενός αντικειμένου οντότητας. Οι ακόλουθοι τύποι υποστηρίζονται από το πρότυπο S-100:

- Σημείο (αγγλ. *Point*)
- Πολλαπλά σημεία (αγγλ. *MultiPoint*)
- Καμπύλη (αγγλ. *Curve*)
- Σύνθετη καμπύλη (αγγλ. *Composite curve*)
- Επιφάνεια (αγγλ. *Surface*)

Όλοι οι τύποι είναι αφηρημένοι και πρέπει να υπό-κατηγοριοποιηθούν στα σχήματα προϊόντος και δύνανται να προστεθούν επί πλέον ιδιότητες στους παραγόμενους τύπους. Τέτοιες ιδιότητες μπορεί να συσχετίζονται με τύπους πληροφοριών ποιότητας ή άλλες συσχετίσεις. Ιδιότητες δεν επιτρέπονται για χωρικά αντικείμενα από το GFM. Όλοι οι τύποι προέρχονται από τον τύπο *Object*, που σημαίνει ότι έχουν ένα αναγνωριστικό.

4.4. Επεξεργασία χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. **Portrayal processing**)

Όπως αναφέρθηκε, για την επεξεργασία της χαρτογραφικής απόδοσης, το πρότυπο S-100 βασίζεται στην έκδοση XSLT 1.0 που αποτελεί σύσταση του W3C. Η XSLT είναι μια γλώσσα που εκφράζεται ως ένα καλά διαμορφωμένο έγγραφο XML. Ο επιδιωκόμενος σκοπός της χρήσης XSLT στη χαρτογραφική απόδοση είναι να μετατρέψει τα δεδομένα σε εντολές σχεδίασης. Εφόσον η XSLT εκφράζεται σε XML, είναι χρήσιμη ως γλώσσα μετασχηματισμού αναγνώσιμη από υπολογιστικό σύστημα. Η XSLT χρησιμοποιεί πρότυπα υποδείγματα (αγγλ. *templates*) για την επεξεργασία κόμβων στο δέντρο εισόδου XML και τη δημιουργία κόμβων ως XML εξόδου. Υπάρχουν δύο τύποι πρότυπων υποδειγμάτων, το πρότυπο αντιστοίχισης (αγγλ. *matching template*) και το ονομασμένο πρότυπο (αγγλ. *named template*).

- Πρότυπα Αντιστοίχισης (Matching Templates - XPath)

Η XSLT χρησιμοποιεί τη γλώσσα XPath (XML Path Language) για την εύρεση στοιχείων σε ένα έγγραφο XML (<http://www.w3.org/TR/xpath/>). Τα πρότυπα υποδείγματα αντιστοίχισης χρησιμοποιούν την XPath 1.0 για να καθορίσουν ποια στοιχεία στο έγγραφο εισόδου πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία. Η δυνατότητα εύρεσης διαδρομής την καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υφίσταται μια ιεραρχία περιεχομένου, όπως ένθετες σύνθετες ιδιότητες (αγγλ. *nested complex attributes*). Μόνο ένα πρότυπο αντιστοίχισης δύναται να ταιριάζει σε ένα στοιχείο από το έγγραφο εισόδου. Τα πρότυπα αντιστοίχισης έχουν μια ενσωματωμένη μέθοδο υπολογισμού προτεραιότητας και επίλυσης αντιθέσεων που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει ποια θα χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που πολλά πρότυπα ταιριάζουν με το ίδιο στοιχείο. Οι αριθμοί προτεραιότητας δύναται να εκχωρηθούν ρητά ως ιδιότητα ενός αντίστοιχου προτύπου προκειμένου να παρακάμψουν την προεπιλεγμένη συμπεριφορά επίλυσης αντιθέσεων.

- Ονομασμένα Πρότυπα (Named Templates)

Τα ονομασμένα πρότυπα δύνανται να καλούνται από κάποιο άλλο πρότυπο μαζί με τα προς επεξεργασία δεδομένα. Τα ονομασμένα πρότυπα μπορούν να έχουν παραμέτρους για μορφοποίηση ή άλλες λειτουργίες που χρησιμοποιούνται συνήθως σε έναν μετασχηματισμό. Ένα ονομασμένο πρότυπο δύναται επίσης να αυτοαποκαλείται (αναδρομή), κάτι που μπορεί να είναι χρήσιμο για λειτουργίες όπως η ανάλυση συμβολοσειρών. Ένα πρότυπο μπορεί να κάνει βρόγχο σε ένα σύνολο κόμβων που ταιριάζουν με μια έκφραση XPath χρησιμοποιώντας ένα στοιχείο εντολής "xsl:applytemplates" ή "xsl:for-each". Οι κόμβοι μπορούν επίσης να ταξινομηθούν πριν από την επεξεργασία τους. Η επεξεργασία υπό όρους είναι διαθέσιμη χρησιμοποιώντας μια απλή εντολή "xsl:if" ή μια εντολή "xsl:choose". Η εντολή επιλογής επιτρέπει τη δοκιμή ενός συνόλου εκφράσεων έτσι ώστε να υποβάλλεται σε επεξεργασία μόνον η πρώτη αντιστοίχιση και, εάν δεν βρεθεί αντιστοίχιση,

χρησιμοποιείται μια προαιρετική πρόταση για τον χειρισμό μιας προεπιλογής. Αυτό είναι χρήσιμο για τον έλεγχο των δεδομένων απαρίθμησης, έτσι ώστε να δημιουργείται διαφορετική έξοδος ανάλογα με την τιμή απαρίθμησης.

- Μεταβλητές XSLT

Η XSLT περιλαμβάνει τη δυνατότητα μεταβίβασης παραμέτρων σε ανώτερο επίπεδο και πρόσβασης σε οποιοδήποτε από τα πρότυπα. Οι παράμετροι δύνανται να είναι χρήσιμες για την παροχή πληροφοριών στον μετασχηματισμό. Δύνανται να υπάρχουν μεταβλητές στην XSLT, που μπορούν να εκχωρηθούν δεδομένα μόνο ως μέρος του ορισμού τους, σε αντίθεση με άλλες γλώσσες όπου οι μεταβλητές μπορούν να εκχωρηθούν εκ νέου κάθε φορά. Οι μεταβλητές είναι χρήσιμες για τη συλλογή δεδομένων ή αποτελεσμάτων αποφάσεων που μπορούν να περάσουν ως παράμετροι σε άλλο πρότυπο ή να χρησιμοποιηθούν σε δηλώσεις υπό όρους. Η XSLT δύναται να περιλαμβάνει ή να εισάγει άλλα έγγραφα XSLT. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να είναι χρήσιμη για τη διαχείριση προτύπων και την επαναχρησιμοποίηση προτύπων από πολλαπλά έγγραφα XSLT ανώτατου επιπέδου.

- Παράδειγμα χρήσης XSLT

Παρατίθεται το ακόλουθο παράδειγμα για την οντότητα BeaconCardinal:

```
<BeaconCardinal id="2">
  <s100:Point ref="3"/>
  <categoryOfCardinalMark>3</categoryOfCardinalMark>
</BeaconCardinal>
<BeaconCardinal id="3">
  <s100:Point ref="3"/>
  <categoryOfCardinalMark>2</categoryOfCardinalMark>
</BeaconCardinal>
```

Ακολουθεί ένα απλό πρότυπο αντιστοίχισης XSLT που χρησιμοποιείται ως συνάρτηση χαρτογραφικής απόδοσης:

```
<xsl:template match="BeaconCardinal">
  <!-- Αυτό είναι ένα σχόλιο. Αυτό το υπόδειγμα αντιστοιχεί έναν κόμβο BeaconCardinal και το σώμα του υποδείγματος μπορεί να εξετάσει δεδομένα και αποτελέσματα εξόδου -->
</xsl:template>
```

Το παραπάνω πρότυπο θα χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία όλων των αντικειμένων BeaconCardinal. Η εντολή επιλογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία υπό όρους εντός του προτύπου.

```
<xsl:template match="BeaconCardinal">
  <xsl:choose>
    <xsl:when test="categoryOfCardinalMark = '2'">
      <!-- Output symbol for BeaconCardinal categoryOfCardinalMark =2 here-->
    </xsl:when>
    <xsl:when test="categoryOfCardinalMark = '3'">
      <!-- Output symbol for BeaconCardinal categoryOfCardinalMark =3 here-->
    </xsl:when>
    <xsl:otherwise>
```



```

        <!-- Output default symbol here -->
    </xsl:otherwise>
</xsl:choose>
</xsl:template>

```

Ενώ μια πιο προηγμένη έκφραση XPath μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιωθεί η αντιστοίχιση, ως ακολούθως:

```

<xsl:template match="BeaconCardinal[categoryOfCardinalMark=2] ">
    <!--This is a comment. Output symbol for BeaconCardinal categoryOfCardinalMark =2 here -->
</xsl:template>

```

4.4.1. Γλώσσα Επέκτασης Lua

Γενικότερα, οι γλώσσες επέκτασης (αγγλ. *scripting languages*) δύνανται να επεκτείνουν ή να τροποποιούν τις δυνατότητες μιας εφαρμογής λογισμικού. Όταν χρησιμοποιούνται με αυτόν τον τρόπο, ο κώδικας που είναι γραμμένος στη γλώσσα επέκτασης αναφέρεται γενικά ως «*script*». Γράφοντας *scripts*, ο προγραμματιστής ή και ο τελικός χρήστης μπορεί να εφαρμόσει νέες ή βελτιωμένες λειτουργίες χωρίς να τροποποιήσει την εφαρμογή.

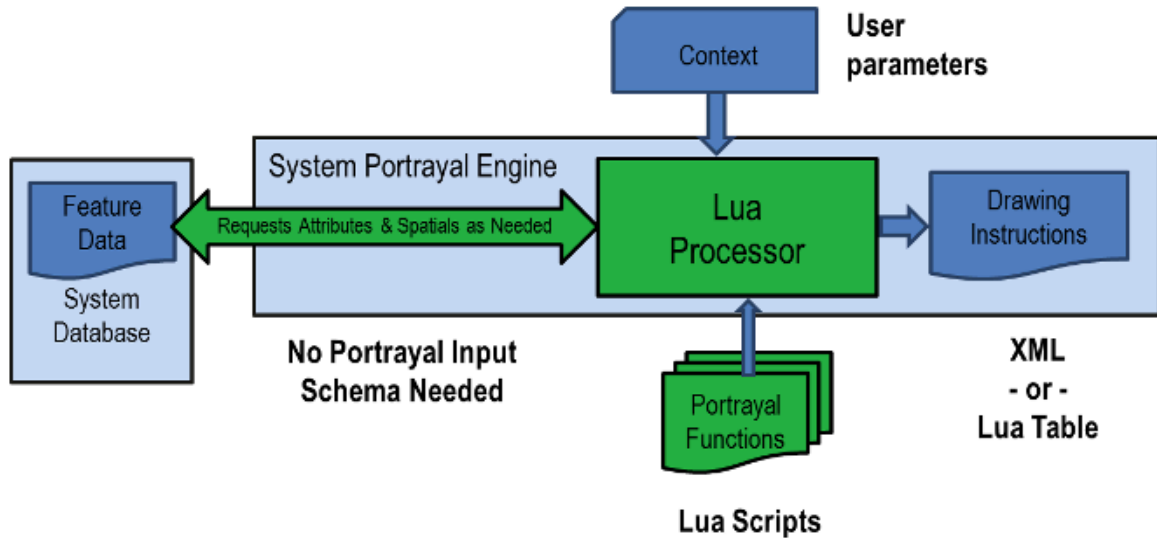
Αρχικά η διαδικασία χαρτογραφικής απόδοσης στο S-100 (**Εικόνα 4-5**) χρησιμοποίησε την XSLT ως γλώσσα επέκτασης για την επεξεργασία της χαρτογραφικής απόδοσης για εφαρμογές που αποδίδουν δεδομένα S-100. Όπως αναφέρθηκε, ο μηχανισμός χαρτογραφικής απόδοσης περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή XSLT και ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης παρέχει XSLT “*scripts*” και υποστηρικτικά αρχεία που μεταφράζουν τα στιγμιότυπα οντοτήτων του S-100 σε οδηγίες σχεδίασης. Στη συνέχεια, η εφαρμογή ερμηνεύει τις οδηγίες σχεδίασης προκειμένου να αποδώσει μια χαρτογραφική απόδοση.

Ακολούθησαν βελτιώσεις που αποσκοπούσαν στη διευκόλυνση της ανάπτυξης και της εφαρμογής ειδοποιήσεων (αγγλ. *Alerts*) και ενδείξεων (αγγλ. *Indications*), καθώς και της διαλειτουργικότητας προϊόντων (αγγλ. *Product Interoperability*). Οι βελτιώσεις επιτρέπουν την απλή εφαρμογή των διαδικασιών συμβολισμού υπό όρους στο S-101 (*Conditional Symbology Procedures - CSP*) και απλοποιούν την ανάπτυξη προϊόντων για όλους τους τύπους προϊόντων που βασίζονται στο S-100. Οι αλλαγές αφορούσαν την αντικατάσταση της χρήσης της XSLT 1.0 ως γλώσσας χαρτογραφικής απόδοσης S-100 και την κατάργηση του σχήματος εισόδου χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. *portrayal input schema*).

Στην έκδοση 4.0.0 του προτύπου S-100 συμπεριλήφθηκε ως γλώσσα επέκτασης εφαρμογής η *scripting* γλώσσα Lua, με κύριους λόγους πως:

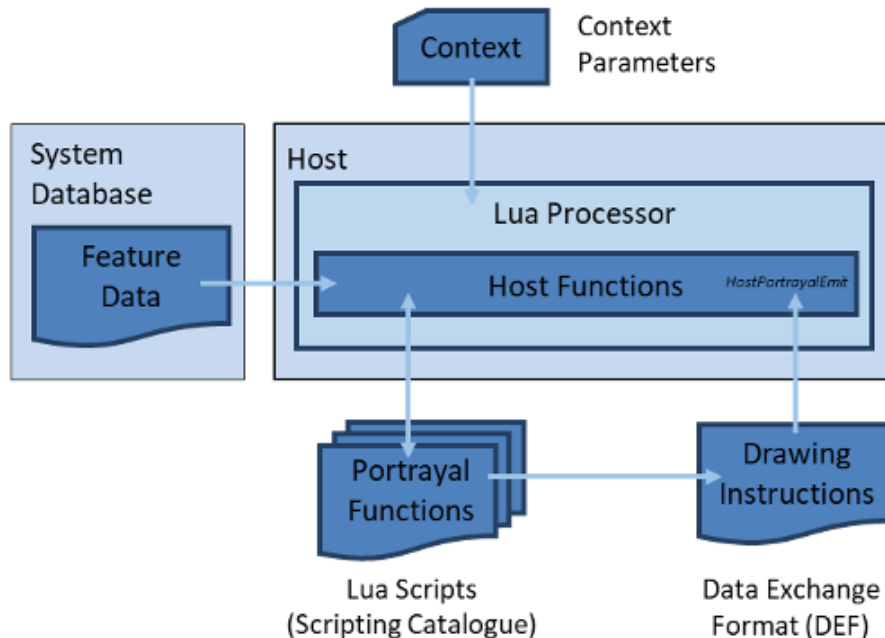
- Αναπτύχθηκε για χρήση ως γλώσσα επέκτασης και χρησιμοποιείται ευρέως για τον σκοπό αυτό σε υπολογιστές, κινητές συσκευές και ενσωματωμένες πλατφόρμες, με διαφορετικές αρχιτεκτονικές υλικού και λειτουργικά συστήματα.
- Είναι γραμμένη σε ANSI C, μεταγλωττίζεται χωρίς τροποποίηση σε όλες τις γνωστές πλατφόρμες, και ως C++.
- Έχει απλή σύνταξη αλλά είναι ισχυρή και στιβαρή.

- Είναι εύκολο να ενσωματωθεί τόσο σε νέες όσο και σε υπάρχουσες εφαρμογές και είναι πλήρως τεκμηριωμένη. Η Lua μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα με εφαρμογές γραμμένες σε C, C++, C#, Java, Python, Basic κ.λπ.
- Διαθέτει άδεια ελεύθερου λογισμικού MIT.



Εικόνα 4-10. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης με γλώσσα Lua (SPAWAR Atlantic, 2016).

Με την υιοθέτηση της γλώσσας Lua η διαδικασία χαρτογραφικής απόδοσης διαμορφώθηκε όπως στην **Εικόνα 4-10** (αρχική πρόταση της ομάδας εργασίας) και στην **Εικόνα 4-11**, όπως συμπεριλήφθηκε στην ενότητα 9α του προτύπου S-100.

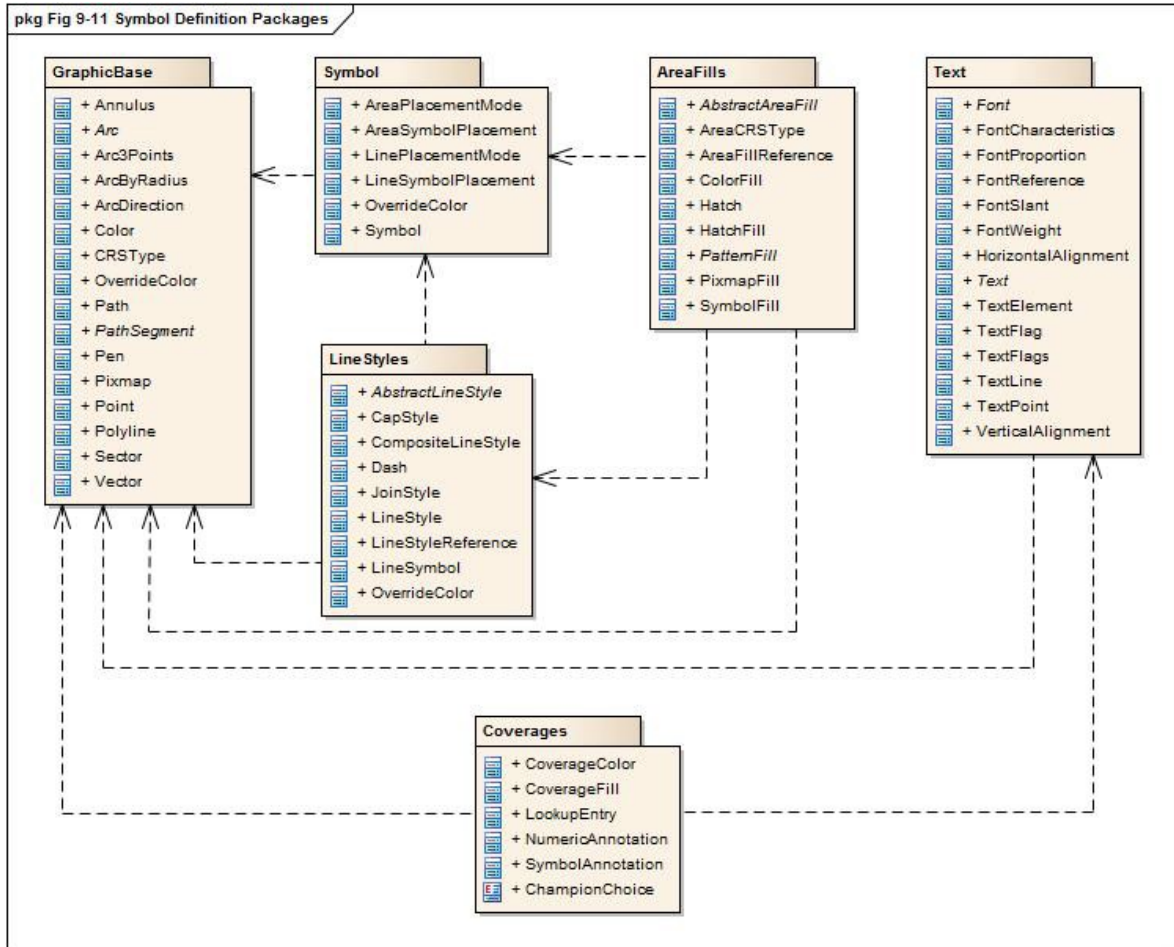


Εικόνα 4-11. Διαδικασία Χαρτογραφικής Απόδοσης με χρήση Lua Scripts (IHO, 2022).

Στην ενότητα 13 του S-100 ορίζεται ένας πρότυπος μηχανισμός για την υποστήριξη scripting σε προϊόντα που βασίζονται στο S-100. Ο μηχανισμός προβλέπει την επεξεργασία σετ δεδομένων μέσω script αρχείων γραμμένων στη γλώσσα προγραμματισμού Lua.

4.5. Πακέτα Ορισμού Συμβολισμών

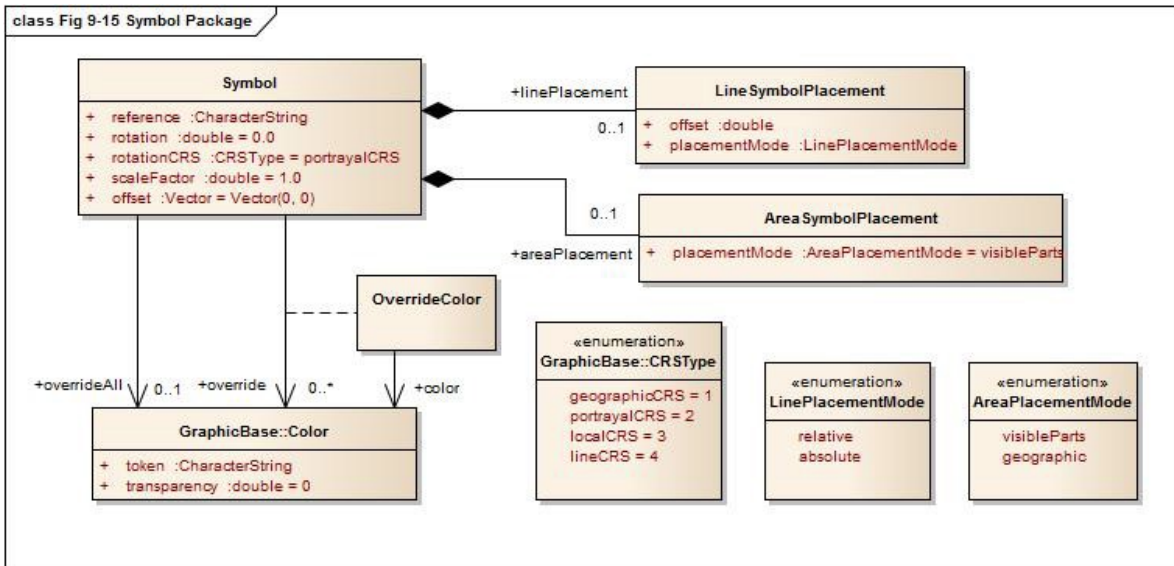
Το πακέτο *SymbolDefinition* (Εικόνα 4-12) περιλαμβάνει τα γραφικά αρχέτυπα που χρησιμοποιούνται για τη χαρτογραφική απόδοση, δηλ. *Symbols*, *LineStyle*s, *AreaFills*, *Text* και *Coverages*. Οι ορισμοί των συμβολισμών περιέχουν τις λεπτομέρειες όλων των γραφικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη χαρτογραφική απόδοση. Οι συμβολισμοί ορίζονται σε εξωτερικά αρχεία χρησιμοποιώντας SVG (Scalable Vector Graphics) μορφότυπο, που είναι μια XML μορφής διανυσματική εικόνα για δισδιάστατα γραφικά με δυνατότητα για κίνηση και διαδραστικότητα.



Εικόνα 4-12. Πακέτα Ορισμών Συμβολισμών S-100 Part 9 (IHO, 2022).

4.5.1. Μοντέλο Συμβόλων

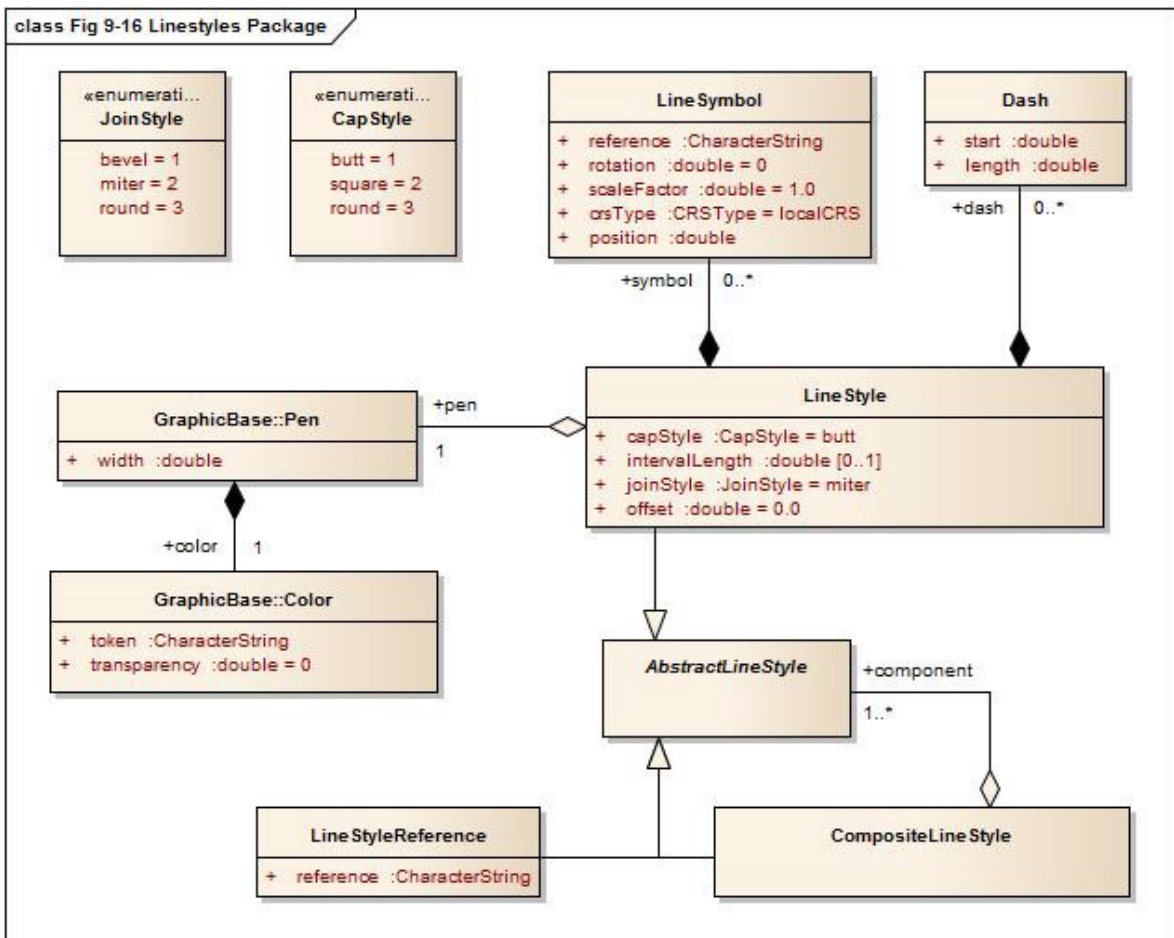
Το ακόλουθο πακέτο περιέχει το μοντέλο ενός απλού συμβόλου και τους συσχετισμούς του με άλλα γραφικά αρχέτυπα (Εικόνα 4-13). Ο ορισμός του ίδιου του γραφικού ορίζεται μέσω της ιδιότητας “*reference*” από εξωτερικό αρχείο σύμφωνα με την προδιαγραφή SVG 1.1.



Εικόνα 4-13. Πακέτο Μοντέλου Συμβόλου S-100 Part 9 (IHO, 2022).

4.5.2. Μοντέλο Συμβολισμού Γραμμών

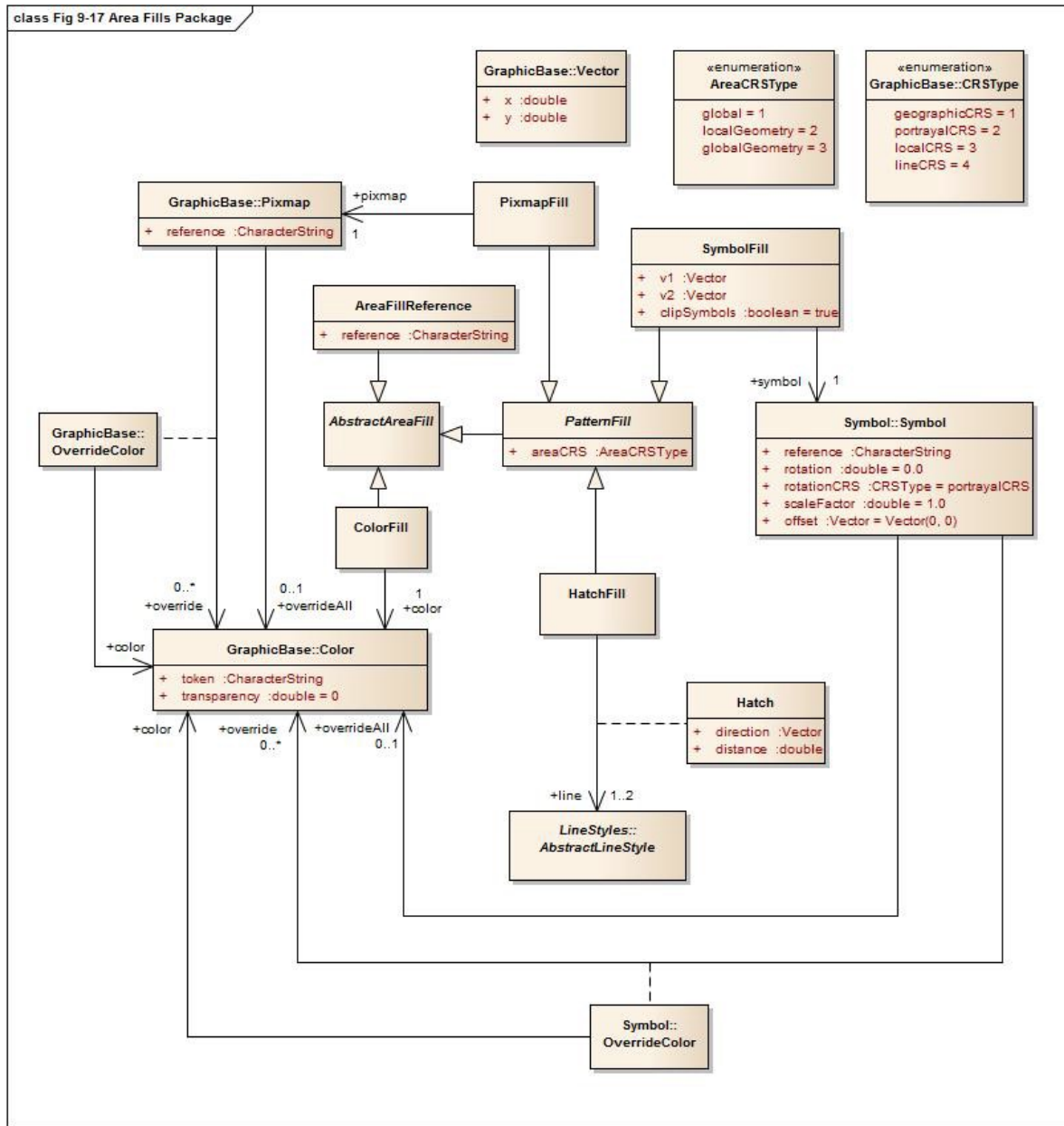
Το ακόλουθο πακέτο περιγράφει το μοντέλο συμβολισμού γραμμών (Εικόνα 4-14).



Εικόνα 4-14. Πακέτο Μοντέλου Συμβολισμού Γραμμών S-100 Part 9 (IHO, 2022).

4.5.3. Μοντέλο Συμβολισμού Περιοχών

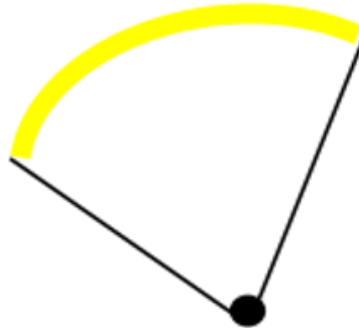
Το ακόλουθο πακέτο περιγράφει το μοντέλο συμβολισμού περιοχών (Εικόνα 4-15).



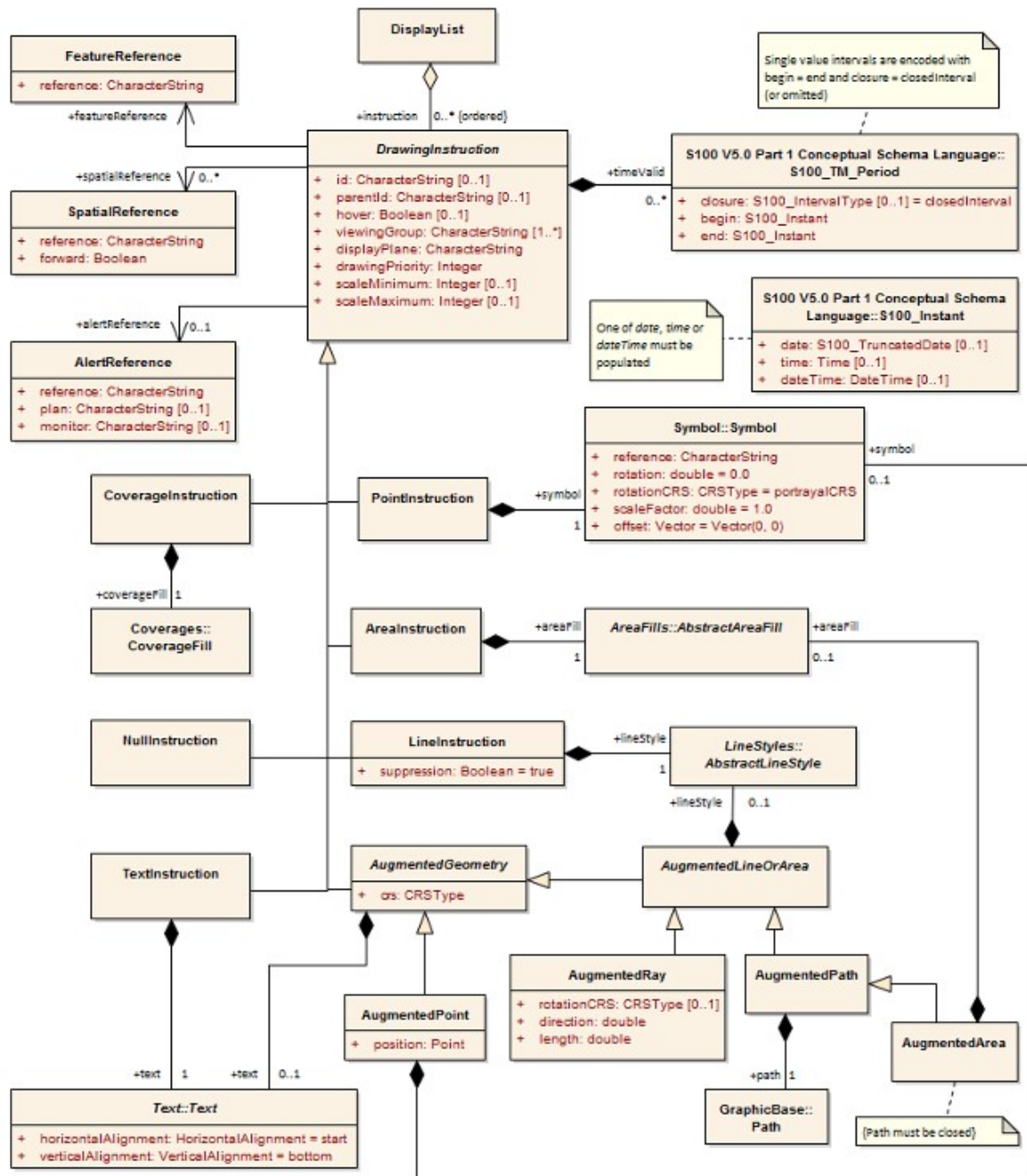
Εικόνα 4-15. Πακέτο Μοντέλου Συμβολισμού Περιοχών S-100 Part 9 (IHO, 2022).

4.6. Εντολές Σχεδίασης

Όπως αναφέρθηκε, το αποτέλεσμα του μηχανισμού χαρτογραφικής απόδοσης είναι ένα σύνολο Εντολών Σχεδίασης (αγγλ. *Drawing Instructions*), οι οποίες συνδέουν τον τύπο της οντότητας με μια αναφορά συμβολισμού. Η γεωμετρία είτε λαμβάνεται από τον τύπο οντότητας, είτε μπορεί να δημιουργηθεί από τις συναρτήσεις χαρτογραφικής απόδοσης. Το τελευταίο υποστηρίζεται από την έννοια της επαυξημένης γεωμετρίας (αγγλ. *augmented geometry*), όπως για παράδειγμα για τους τομείς ενός φανού (Εικόνα 4-16).



Εικόνα 4-16. Οντότητα Σημείου με επαυξημένες γεωμετρίες S-100 (IHO, 2022)



Εικόνα 4-17. Μοντελοποίηση Εντολών Σχεδίασης (IHO, 2022)

Το πακέτο *Drawing Instructions* (Εικόνα 4-17) περιέχει κλάσεις που περιγράφουν το αποτέλεσμα των συναρτήσεων χαρτογραφικής απόδοσης. Οι εντολές εμφάνισης συνδέουν τους τύπους οντοτήτων και τη γεωμετρία τους με τα γραφικά στοιχεία από το πακέτο *Symbol Definition*. Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει το σχετικό μοντέλο των Εντολών Σχεδίασης.

4.6.1. Συστήματα αναφοράς συντεταγμένων χαρτογραφικής απόδοσης (Portrayal CRS)

Όπως συζητήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα συστήματα χωρικής αναφοράς (*spatial reference systems* - SRSs) ή αναφοράς συντεταγμένων (αγγλ. *coordinate reference systems* - CRSs) αφορούν κάποιο τοπικό, περιφερειακό ή παγκόσμιο σύστημα που βασίζεται σε συντεταγμένες και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέσης γεωχωρικών οντοτήτων. Ένα CRS καθορίζει συνήθως μια συγκεκριμένη προβολή χάρτη, καθώς και μετασχηματισμούς μεταξύ διαφορετικών CRSs. Στην ενότητα αυτή τα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων αναφέρονται μόνο στη γεωμετρία χαρτογραφικής απόδοσης. Υπάρχουν διαφορετικά CRSs που σχετίζονται με τη χαρτογραφική απόδοση:

- Γεωγραφικό CRS (αγγλ. *Geographic CRS*)
- CRS Χαρτογραφικής Απόδοσης (αγγλ. *Portrayal CRS*)
- Τοπικό CRS (αγγλ. *Local CRS*)
- CRS Γραμμής (αγγλ. *Line CRS*)
- CRS Περιοχής (αγγλ. *Area CRS*)
- CRS Πλακιδίων (αγγλ. *Tile CRS*)
- CRS Μοτίβων (αγγλ. *Hatch CRS*)

Τα Γεωγραφικά CRS εφαρμόζονται στο απεικονιζόμενο γεωχωρικό σύνολο δεδομένων. Δύναται να αντιστοιχηθούν μέσω μαθηματικών συναρτήσεων μετασχηματισμού ή και ομοπαράλληλου μετασχηματισμού με το CRS Χαρτογραφικής Απόδοσης. Το CRS Χαρτογραφικής Απόδοσης ορίζει τις συντεταγμένες στη συσκευή εξόδου, για παράδειγμα σε μια οθόνη ή pixel map.

Τα σύμβολα γραμμής έχουν δύο είδη συστημάτων αναφοράς συντεταγμένων. Το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων γραμμής (*Line CRS*), που είναι ένα μη καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων 2 αξόνων. Ο άξονας x ακολουθεί τη γεωμετρία της γραμμής και ο άξονας y είναι κάθετος στη γεωμετρία της καμπύλης. Αυτό το σύστημα αναφοράς επιτρέπει τον καθορισμό του πλάτους των γραμμών, των μετατοπίσεων και των συμβόλων που ακολουθούν τη γεωμετρία της γραμμής. Το δεύτερο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων είναι ένα τοπικό καρτεσιανό σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (αγγλ. *Local CRS*) που ορίζεται για κάθε θέση κατά μήκος μιας καμπύλης. Αυτό το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων έχει έναν άξονα x που εφάπτεται στην καμπύλη και έναν άξονα κάθετο στον άξονα x.

Ένα σύμβολο περιοχής ορίζει συστήματα αναφοράς συντεταγμένων για τα όριά του και για το εσωτερικό του. Τα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων ορίων είναι αντίστοιχα με αυτά που ορίζονται για τα σύμβολα γραμμής. Το εσωτερικό του συμβόλου περιοχής έχει το δικό του σύστημα αναφοράς συντεταγμένων. Επίσης για σχέδια με πλακίδια και

διανυσματικά μοτίβα ορίζονται κατά περίπτωση συστήματα αναφοράς (*Tile CRS* και *Hatch CRS* αντίστοιχα).

4.6.2. Μηδενική εντολή (Null Instruction)

Το *Null Instruction* είναι μια εντολή που δείχνει ότι ένα χαρακτηριστικό δεν απεικονίζεται σκόπιμα.

4.6.3. Εντολές Σημείου (Point Instructions)

Η Εντολή Σημείου (αγγλ. *Point Instruction*) καθορίζει το σχέδιο ενός συμβόλου. Το σύμβολο μπορεί να παραμετροποιηθεί αναφορικά με την περιστροφή, την κλιμάκωση και την μετατόπιση. Οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *Symbol* (IHO, 2022).

- Γεωμετρία Σημείου (Point Geometry)

Όταν η Εντολή Σημείου αναφέρεται από γεωμετρία σημείου, το σύμβολο σχεδιάζεται με βάση τη θέση του.

- Γεωμετρία Πολλαπλών Σημείων (Multi Point)

Στη περίπτωση εντολής που αφορά πολλά σημεία, το σύμβολο επαναλαμβάνεται χρησιμοποιώντας κάθε θέση γεωμετρίας των Πολλαπλών Σημείων.

- Γεωμετρία καμπύλης

Σε περίπτωση που η εντολή αφορά καμπύλη, το σύμβολο σχεδιάζεται σε κάθε αναφερόμενη καμπύλη είτε από τη χωρική αναφορά (αγγλ. *spatialReference*), είτε εάν αυτό δεν χρησιμοποιείται, απευθείας από τον τύπο οντότητας. Η τοποθέτηση του συμβόλου ελέγχεται από το στοιχείο *linePlacement* του συμβόλου. Οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *Symbol* (IHO, 2022).

- Γεωμετρία Επιφανειών

Σε περίπτωση που η εντολή αφορά επιφάνεια, το σύμβολο σχεδιάζεται σε αντιπροσωπευτική θέση εντός της επιφάνειας. Η θέση καθορίζεται από το στοιχείο *areaPlacement* του συμβόλου. Οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *Symbol* (IHO, 2022).

4.6.4. Εντολές Γραμμής (Line Instructions)

Η εντολή γραμμής ορίζει το σχέδιο του στυλ της προς χαρτογραφική απόδοση γραμμής. Τα στυλ γραμμών περιλαμβάνουν απλά και σύνθετα στυλ γραμμής. Το στυλ γραμμής μπορεί να παραμετροποιηθεί και οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *LineStyles*. Η γεωμετρία ορίζεται από τους αναφερόμενους χωρικούς τύπους και υποστηρίζεται μόνο η γεωμετρία καμπύλης ή επιφάνειας, όπου το όριο της επιφάνειας ορίζει τη γεωμετρία. Η γεωμετρία καθορίζει την κατεύθυνση σχεδίασης για το εκάστοτε στυλ γραμμής.

- **Απόκρυψη (Suppression)**

Όταν οντότητες μοιράζονται τη γεωμετρία καμπύλης, εντολές πολλαπλών γραμμών ενδέχεται να αναφέρονται στην ίδια καμπύλη. Εάν η ιδιότητα απόκρυψη οριστεί σε αληθή (αγγλ. *true*), που είναι και η προεπιλογή), μια άλλη εντολή γραμμής με υψηλότερη προτεραιότητα εμφάνισης δύναται να καταργήσει τη σχεδίαση της αναφερόμενης εντολής γραμμής. Εάν η απόκρυψη οριστεί ως ψευδής (αγγλ. *false*), η εντολή δεν μπορεί να καταργηθεί.

4.6.5. Εντολές Περιοχής (Area Instruction)

Η Εντολή Περιοχής (αγγλ. *Area Instruction*) ορίζει το σχέδιο πλήρωσης μιας περιοχής. Η πλήρωση μιας περιοχής υλοποιείται με χρώματα ή/και με διαφορετικά σχήματα μοτίβων. Η πλήρωση της περιοχής μπορεί να παραμετροποιηθεί. Οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *AreaFills*, όπου υποστηρίζεται μόνο η γεωμετρία της επιφάνειας.

4.6.6. Εντολές Κειμένου (Text Instruction)

Η Εντολή Κειμένου (αγγλ. *Text Instruction*) ορίζει τη μορφή ενός κειμένου. Το κείμενο μπορεί να παραμετροποιηθεί αναφορικά με τη γραμματοσειρά, το χρώμα και το μέγεθος. Οι λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *Text* (IHO, 2022).

- **Σημειακή γεωμετρία (Point Geometry)**

Όταν η εντολή κειμένου αναφέρεται σε μια σημειακή γεωμετρία, το κείμενο σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας τη θέση του. Υποστηρίζονται μόνο στοιχεία *TextPoint*, δηλαδή γραφικά στοιχεία για τη χαρτογραφική απόδοση κειμένου σε σχέση με κάποιο σημείο.

- **Γεωμετρία πολλαπλών σημείων (MultiPoint Geometry)**

Για τη γεωμετρία πολλαπλών σημείων το κείμενο επαναλαμβάνεται σε κάθε θέση των πολλαπλών σημείων και υποστηρίζονται μόνο στοιχεία *TextPoint*.

- **Γεωμετρία καμπύλης (Curve Geometry)**

Για τη γεωμετρία καμπύλης το κείμενο σχεδιάζεται σε κάθε αναφερόμενη καμπύλη είτε από τη χωρική αναφορά, είτε εάν δεν χρησιμοποιείται αυτή, σε κάθε καμπύλη που αναφέρεται απευθείας από τον τύπο της οντότητας. Υποστηρίζονται και τα δύο στοιχεία *TextPoint* και *TextLine*. Με το πρώτο στοιχείο αναγράφεται κείμενο σε μια θέση στην αναφερόμενη καμπύλη σε σχέση με το τοπικό CRS σε αυτή τη θέση, ενώ με το δεύτερο αναγράφεται κείμενο που ακολουθεί το σχήμα της αναφερόμενης καμπύλης.

- **Γεωμετρία Επιφανειών**

Για τη γεωμετρία επιφανειών το κείμενο σχεδιάζεται σε αντιπροσωπευτική θέση εντός της επιφάνειας. Υποστηρίζονται μόνο στοιχεία *TextPoint*. Ο τρόπος λήψης αυτής της θέσης ελέγχεται από την ιδιότητα *areaPlacement* του *TextPoint*. Λεπτομέρειες περιγράφονται στην τεκμηρίωση του πακέτου *Text* (IHO, 2022).

4.7. Διαδικασία Συμβολισμού υπό όρους (Conditional Symbology Procedure)

Για το χειρισμό περίπλοκων καταστάσεων χαρτογραφικής απόδοσης απαιτείται συμβολισμός υπό όρους. Η διαδικασία συμβολισμού υπό όρους (αγγλ. *Conditional Symbology Procedure* - CSP) είναι μια διαδικασία λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μιας οντότητας και των ιδιοτήτων της με ένα συμβολισμό. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το σύμβολο εξαρτάται από τη διαμόρφωση του συστήματος, τις επιλογές του χρήστη και τη χωρική σχέση των αντικειμένων με άλλα χαρακτηριστικά (π.χ. εάν ένα ναυάγιο συμβολίζεται ως «απομονωμένος κίνδυνος», εξαρτάται από τη σχέση του με την ισοβαθή ασφαλείας που έχει επιλέξει ο χρήστης) ή όπου ο συμβολισμός είναι πολύπλοκος (π.χ. τομέας φανού).

Ο υπό όρους συμβολισμός διαφέρει από τον τυπικό συμβολισμό, στο ότι μια διαδικασία είναι επεξεργάσιμη και δεν αποτελεί μια απλή οδηγία αναζήτησης συμβολισμού. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνονται αποφάσεις από το σύστημα ECDIS κατά τον χρόνο εκτέλεσης, οι οποίες επηρεάζουν το συμβολισμό και άλλους παράγοντες εμφάνισης, όπως προτεραιότητα, ενδείξεις ραντάρ, κατηγορία και ομάδες προβολής. Έτσι, για ορισμένες κατηγορίες αντικειμένων η σχέση μεταξύ των τιμών των ιδιοτήτων και της εντολής συμβολισμού είναι περισσότερο περίπλοκη ή η παρουσίαση εξαρτάται από την επιλογή του χρήστη. Ως εκ τούτου, ορίζεται μια διαδικασία συμβολισμού υπό όρους στο πεδίο «οδηγία συμβολισμού», η οποία με τη σειρά της παράγει τις οδηγίες συμβολισμού για σχεδίαση και μπορεί να τροποποιήσει την προτεραιότητα, τις ενδείξεις του ραντάρ, την κατηγορία IMO ή/και την ομάδα προβολής.

4.7.1. Κατάλογος Conditional Symbology Procedures

Στον Πίνακα 4-5 καταγράφονται οι διαδικασίες συμβολισμού υπό όρους που περιλαμβάνονται στη Βιβλιοθήκη Παρουσίασης (αγγλ. *Presentation Library*) του προτύπου S-52.

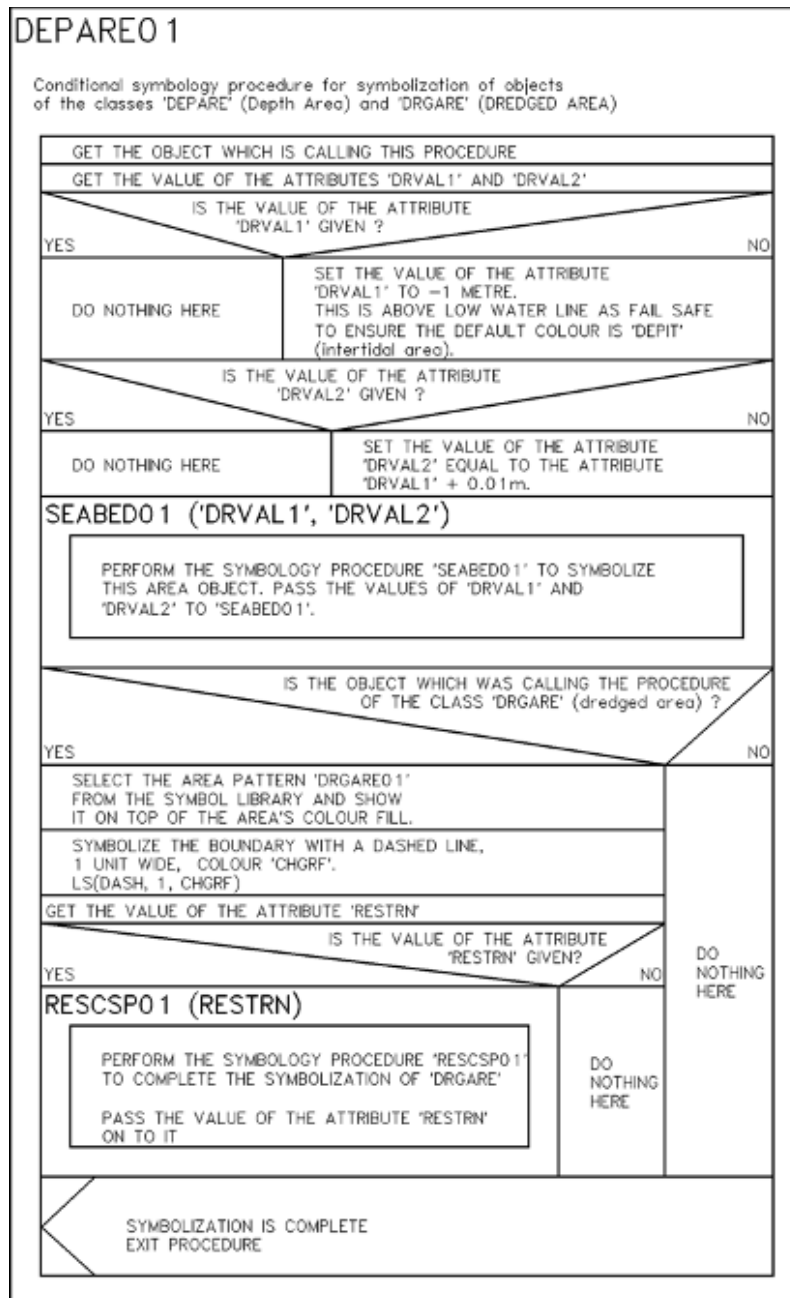
Πίνακας 4-5. Διαδικασίες συμβολισμού υπό όρους σύμφωνα με το S-52 (IHO, 2020d)

Κωδικός	Περιγραφή
DEPARE03	Depth area colour fill and dredged area pattern fill
DEPCNT03	Depth contours, including safety contour
DEPVAL02	Depth value
LIGHTS06	Light flares, light sectors & light coverage
LITDSN02	Light description text string
OBSTRN07	Obstructions and rocks
QUAPOS01	Quality (accuracy) of position
QUALIN01	Quality of position of line objects
QUAPNT02	Quality of position of point and area objects
RESARE04	Restricted areas - object class RESARE
RESTRN01	Entry procedure for restrictions
RESCSP02	Restrictions – attribute RESTRN
SAFCON01	Contour labels, including safety contour
SLCONS04	Shoreline constructions, including accuracy of position.

SEABED01	Colour fill for depth areas
SNDFRM04	Symbolizing soundings, including safety depth
SOUNDG03	Entry procedure for symbolizing soundings
SYMINS02	Symbolizing encoded objects specified by IMO
TOPMAR01	Topmarks
UDWHAZ05	Isolated dangers in general that endanger own ship
WRECKS05	Wrecks

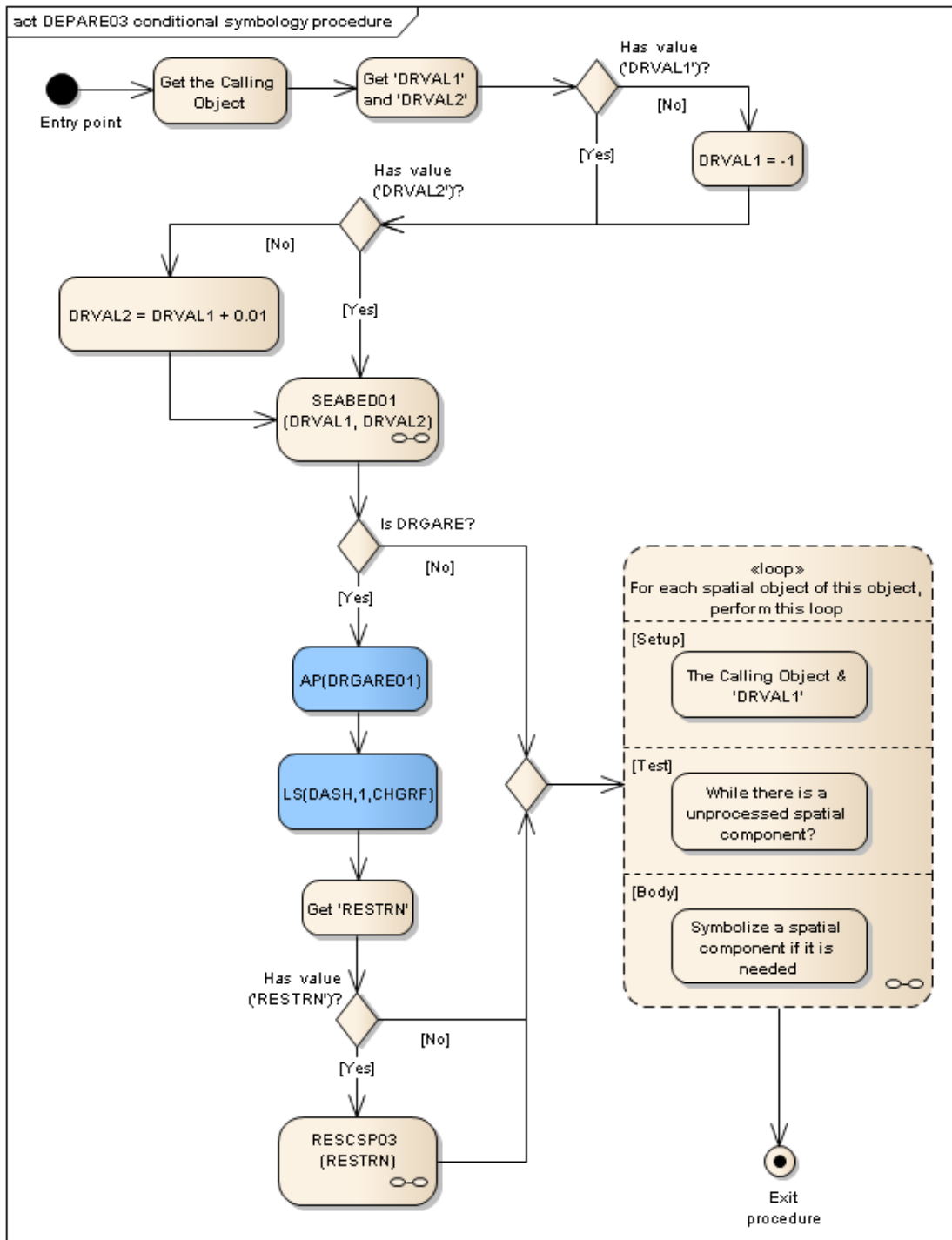
4.7.2. Παράδειγμα Διαδικασίας Συμβολισμού υπό όρους (DEPARE03)

Ως παράδειγμα δίδεται η οντότητα περιοχή βάθους (αγγλ. depth area):



Εικόνα 4-18. Διαδικασία Συμβολισμού DEPARE01 υπό Όρους (ΙΗΟ, 1995).

Η περιοχή βάθους χρωματίζεται και καλύπτεται με συγκεκριμένο μοτίβο σύμφωνα με τις επιλογές των χρηστών των γραμμών ισοβαθών για αβαθή (αγγλ. *shallow contour*), για ασφάλεια (αγγλ. *safety contour*) και βάθους (αγγλ. *deep contour*). Αυτό απαιτεί μια διαδικασία λήψης αποφάσεων που παρέχεται από την υποδιαδικασία “SEABED01”, η οποία καλείται από τη διαδικασία συμβολισμού υπό όρους “DEPARE03”. Οι οντότητες βυθοκορυμένων περιοχών (αγγλ. *dredged areas*) αντιμετωπίζονται επίσης από αυτήν τη διαδικασία για να διασφαλιστεί ο συνεπής συμβολισμός όλων των περιοχών που αντιπροσωπεύουν την επιφάνεια του βυθού.



Εικόνα 4-19. Διαδικασία Συμβολισμού DEPARE03 υπό Όρους (IHO, 2020d)

Σημειώνεται πως τα διαγράμματα CSP της Βιβλιοθήκης Παρουσιάσεων S-52 στην έκδοση 3.4 (ή προγενέστερες) παρέχονται σε μορφή Nassi & Shneiderman (**Εικόνα 4-18**). Αυτό το στυλ παρουσίασης πολύπλοκων ροών δεδομένων έχει αναφερθεί ως πιθανή αιτία προβλημάτων εμφάνισης που σχετίζονται με το ECDIS, και ελήφθη απόφαση να μετατραπούν σε διαγράμματα UML (**Εικόνα 4-19**).

Η ισοβαθής ασφαλείας σχηματίζεται χρησιμοποιώντας τις ακμές των οντοτήτων *DEPARE* και *DRGARE*, η οποία μπορεί να επισημανθεί κατόπιν αιτήματος του χρήστη χρησιμοποιώντας την υποδιαδικασία “*SAFCON01*”. Με βάση την τιμή της ισοβαθούς ασφαλείας που εισάγεται από τον χρήστη (βλ. IMO Resolution A. 817(19) (IMO, 1995)), οι ακμές που συνθέτουν την ισοβαθή ασφαλείας πρέπει να εμφανίζονται σε κάθε περίπτωση. Όμως, ενώ ο χρήστης είναι ελεύθερος να εισάγει οποιαδήποτε τιμή βάθους για την ισοβαθή ασφαλείας που πιστεύει ότι είναι κατάλληλη για την ασφάλεια του πλοίου του, η *SENC* περιέχει μόνο περιορισμένη επιλογή ισοβαθών.

Η διαδικασία συμβολισμού εξετάζει κάθε ακμή της οντότητας *DEPARE/DRGARE* για να δει εάν πέφτει μεταξύ ασφαλούς και μη ασφαλούς περιοχής. Εάν συμβεί αυτό, αυτή η ακμή θα αντιπροσωπεύει την επιλεγμένη ισοβαθή ασφαλείας ή η επόμενη βαθύτερη ισοβαθής εάν η επιλεγμένη ισοβαθής δεν είναι διαθέσιμη, η οποία επισημαίνεται ως η ισοβαθής ασφαλείας και τοποθετείται στο *DISPLAYBASE*. Σημειώνεται ότι αυτή η διαδικασία θα ανιχνεύσει επίσης την ανάγκη για μια ισοβαθή ασφαλείας στην ακμή μη πλωτών ποταμών, καναλιών ή αποβάθρων που πρέπει να έχουν *LNDARE* ή *UNSARE* κάτω από αυτά, καθώς και σε άλλη ακμή *DEPARE/DRGARE*. Η διαδικασία ελέγχει επίσης εάν η ακμή έχει μια τιμή “*QUAPOS*” που υποδεικνύει μη αξιόπιστη τοποθέτηση και τη συμβολίζει με μια διπλή διακεκομμένη γραμμή.

4.7.3. Κώδικας Lua για Διαδικασία Συμβολισμού υπό όρους (DEPARE03)

Ακολουθεί ο κώδικας Lua (script) που εφαρμόζεται για τη διαδικασία συμβολισμού υπό όρους “*DEPARE03*”, όπως δίδεται πλέον στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης οντοτήτων του S-101.

```
-- DEPARE03 conditional symbology rules file.
-- Referenced CSPs.
require 'RESCSP03'
require 'SAFCON01'
require 'SEABED01'
local sdMinus1 = CreateScaledDecimal(-1, 0)
-- Main entry point for CSP.
function DEPARE03(feature, featurePortrayal, contextParameters, viewingGroup)
  Debug.StartPerformance('Lua Code - DEPARE03')
  local depthRangeMinimumValue = feature.depthRangeMinimumValue or sdMinus1
  local depthRangeMaximumValue = feature.depthRangeMaximumValue
  SEABED01(feature, featurePortrayal, contextParameters, depthRangeMinimumValue,
    depthRangeMaximumValue)
  if feature.Code == 'DredgedArea' then
    featurePortrayal:AddInstructions('AreaFillReference:DRGARE01')
    featurePortrayal:SimpleLineStyle('dash', 0.32, 'CHGRF')
    featurePortrayal:AddInstructions('LineInstruction:_simple_')
    if #feature.restriction > 0 then
      RESCSP03(feature, featurePortrayal, contextParameters)
    end
  end
end
Debug.StopPerformance('Lua Code - DEPARE03')
```

```

Debug.StartPerformance('Lua Code - DEPARE03 GetFlattenedSpatialAssociations')
for curveAssociation in feature:GetFlattenedSpatialAssociations() do
    Debug.StopPerformance('Lua Code - DEPARE03 GetFlattenedSpatialAssociations')
    Debug.StartPerformance('Lua Code - DEPARE03')
    local associatedFeatures = curveAssociation.AssociatedFeatures
    local sharedFeatures = {}
    for _, sf in ipairs(associatedFeatures) do
        -- Don't include self.
        if sf ~= feature then
            sharedFeatures[sf.Code] = sf
        end
    end
    local function FirstShared(codeList)
        for _, code in ipairs(codeList) do
            local shared = sharedFeatures[code]
            if shared then
                return shared
            end
        end
    end
    local safe = false
    local unsafe = false
    local loc_safety = false
    if depthRangeMinimumValue < contextParameters.SafetyContour then
        unsafe = true
    else
        safe = true
    end
    local sharedDepthContour = sharedFeatures['DepthContour']
    local loc_valdco
    if sharedDepthContour then
        loc_valdco = sharedDepthContour.valueOfDepthContour or scaledDecimalZero
    end
    if loc_valdco == contextParameters.SafetyContour then
        loc_safety = true
    else
        local sharedDepthDredgedArea = sharedFeatures['DepthArea'] or
sharedFeatures['DredgedArea']
        if sharedDepthDredgedArea then
            local drval1 = sharedDepthDredgedArea.depthRangeMinimumValue or sdMinus1
            if drval1 < contextParameters.SafetyContour then
                unsafe = true
            else
                safe = true
            end
        end
        local group1Shared = FirstShared{'LandArea', 'UnsurveyedArea', 'DockArea',
'LockBasin'}
        local landUnsurvedShared = FirstShared{'LandArea', 'UnsurveyedArea'}
        local inlandWaterShared = FirstShared{'River', 'Lake', 'Canal', 'DockArea',
'LockBasin'}
        local sharedLinearStructure = FirstShared{'LandArea', 'Gate', 'Dam',
'ShorelineConstruction', 'Causeway'}
        -- Only Dam and ShorelineConstruction in S-101 have waterLevelEffect.
        local waterLevelEffect = sharedLinearStructure and
sharedLinearStructure['!waterLevelEffect']
        local watlev = sharedLinearStructure and (waterLevelEffect == nil or
contains(waterLevelEffect, {1, 2, 6}))
        -- NOTE: S-52 PL 3.4 disagrees with PL 4.0.1 on the inlandWaterShared and watlev.
        -- Going with 3.4 since 4.0.1 doesn't apply the proper weight when safe water is
        -- next to a land area.
        if group1Shared and landUnsurvedShared and (not inlandWaterShared) and watlev then
            unsafe = true
        end
    end
end
end

```

```

end
if loc_safety or unsafe and safe then
  if unsafe then
    featurePortrayal:AddInstructions('AlertReference:SafetyContour,101,101')
  end
  if contextParameters.RadarOverlay then
    featurePortrayal:AddInstructions('ViewingGroup:13010;DrawingPriority:24;DisplayPlane:Over
rRADAR')
  else
featurePortrayal:AddInstructions('ViewingGroup:13010;DrawingPriority:24;DisplayPlane:UnderR
ADAR')
  end
  featurePortrayal:AddSpatialReference(curveAssociation)
  local spatialQuality = curveAssociation:GetInformationAssociation(unpack(sqParams))
  local qualityOfPosition = spatialQuality and
spatialQuality.qualityOfHorizontalMeasurement
  if qualityOfPosition and qualityOfPosition ~= 1 and qualityOfPosition ~= 10 and
qualityOfPosition ~= 11 then
    featurePortrayal:SimpleLineStyle('dash',0.64,'DEPSC')
    featurePortrayal:AddInstructions('LineInstruction:_simple_')
  else
    featurePortrayal:SimpleLineStyle('solid',0.64,'DEPSC')
    featurePortrayal:AddInstructions('LineInstruction:_simple_')
  end
  if loc_valdco then
    if contextParameters.RadarOverlay then
featurePortrayal:AddInstructions('ViewingGroup:33021;DrawingPriority:24;DisplayPlane:OverRA
DAR')
    else
featurePortrayal:AddInstructions('ViewingGroup:33021;DrawingPriority:24;DisplayPlane:UnderR
ADAR')
    end
    featurePortrayal:AddInstructions('LinePlacement:Relative,0.5')
    local instructions = SAFCON01(contextParameters, loc_valdco)
    for _, instruction in ipairs(instructions) do
      featurePortrayal:AddInstructions(instruction)
    end
  end
  featurePortrayal:AddInstructions('ClearGeometry')
  featurePortrayal:AddInstructions('AlertReference')
end

```

5. ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ & ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

5.1. Εφαρμοσμένη έρευνα για μετάβαση στο πρότυπο S-100

Οι προσπάθειες για την εφαρμογή του S-100 εστιάζουν κυρίως στα ακόλουθα δύο ζητήματα:

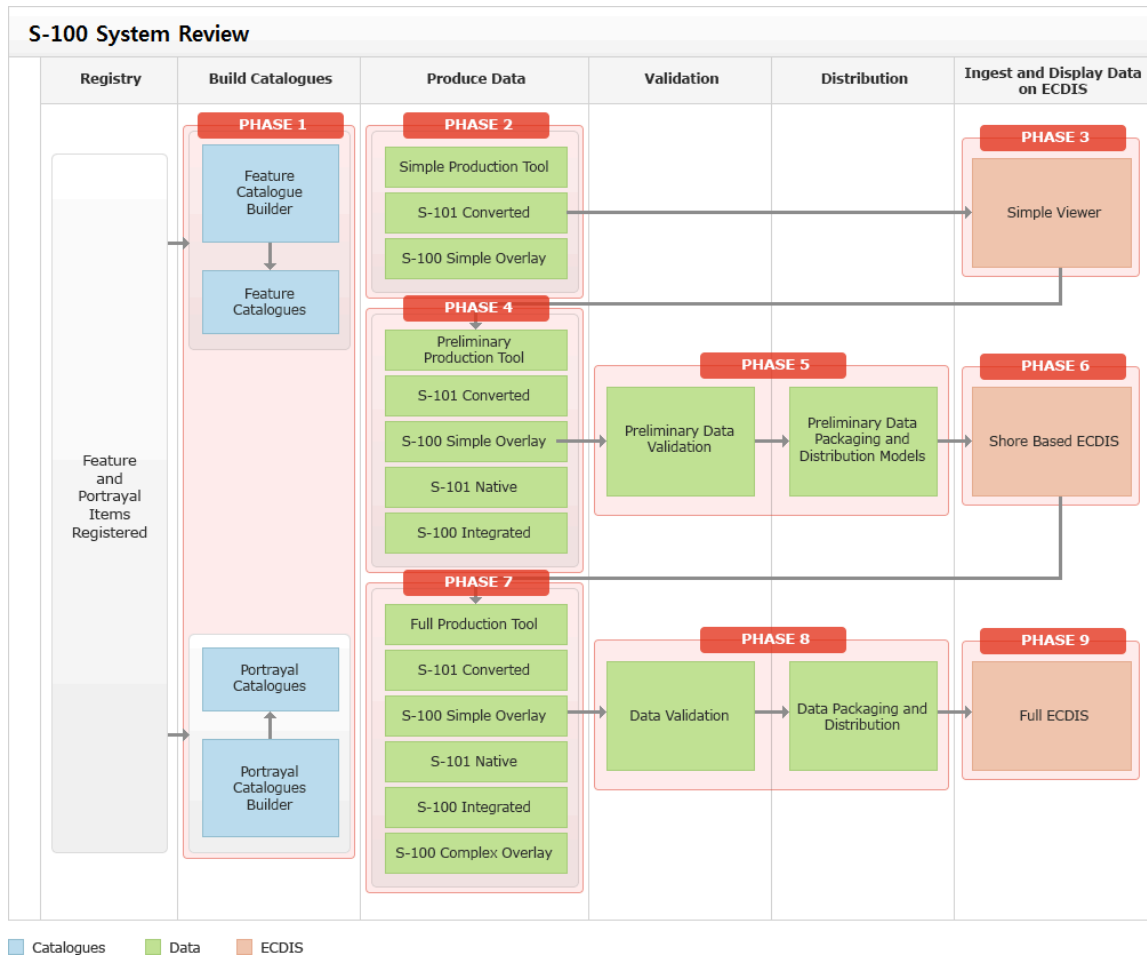
1. Εφαρμογή των βασικών υποδομών υποστήριξης του προτύπου S-100.
2. Εφαρμογή των προδιαγραφών προϊόντος για την υποστήριξη των υπηρεσιών δεδομένων ηλεκτρονικής πλοήγησης (βλέπε ορισμό στο 2^ο κεφάλαιο).

5.1.1. Πλατφόρμα Ελέγχου (S-100 Test Bed)

Η μετάβαση από το S-57 στο S-100 δρομολογείται προσεκτικά από τον ΙΗΟ προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι υφιστάμενοι χρήστες του S-57, και γενικά οι ενδιαφερόμενοι των ENC (παραγωγοί δεδομένων, πάροχοι λογισμικού και συστημάτων πλοήγησης), δεν θα επηρεαστούν αρνητικά (Astle & Schwarzberg, 2013). Για αυτό το λόγο το S-57 θα συνεχίσει να υποστηρίζεται παράλληλα με το S-100 για σημαντικό χρονικό διάστημα που θα καθοριστεί από τον ΙΗΟ σε συνεργασία με τον ΙΜΟ. Εν τω μεταξύ, όλοι οι υφιστάμενοι και πιθανοί χρήστες υδρογραφικών πληροφοριών και δεδομένων ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν το S-100 ως βάση για νέες εφαρμογές, καλούμενοι να συμβάλουν στην περαιτέρω ανάπτυξή του, σε περίπτωση που δεν καλύπτονται ακόμη τυχόν ιδιαίτερες απαιτήσεις τους.

Η παραγωγική εφαρμογή του S-100 θα πρέπει πρώτα να εφαρμοστεί στο θαλάσσιο χώρο για να διασφαλιστεί η ασφάλεια της πλοήγησης. Επομένως, η εφαρμοσμένη έρευνα είναι το επίκεντρο της έρευνας S-100. Το πρώτο βήμα είναι να δοκιμαστεί η ακεραιότητα και η εγκυρότητα του S-100 και των προδιαγραφών προϊόντος δεδομένων. Σύμφωνα με το γενικό σχέδιο ΙΗΟ S-100 (ΙΗΟ 2015), τα πρότυπα S-100 και S-101 που αναπτύχθηκαν από τον ΙΗΟ έχουν φτάσει στο στάδιο των δοκιμών, που είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση των σχετικών προτύπων και των συνοδευτικών στοιχείων, για την παροχή τελικών προδιαγραφών που μπορούν να παράγουν λειτουργικά δεδομένα. Στο πλαίσιο της διαδικασίας ανάπτυξης προδιαγραφών, ο ΙΗΟ έχει δημιουργήσει μια πλατφόρμα ελέγχου του S-100 (αγγλ. *test bed*) για να ελέγξει τη λειτουργικότητα των προδιαγραφών προϊόντος S-100, με μια σταδιακή προσέγγιση που περιλαμβάνει πολλά υποσυστήματα, επαναληπτική ανάπτυξη και εννέα (9) ξεχωριστές φάσεις (ΙΗΟ 2016) όπως φαίνεται στην **Εικόνα 5-1**.

Η πλατφόρμα υιοθετεί μια προσέγγιση μηχανικής συστημάτων (χρησιμοποιώντας το ISO 15288: 2008), που αντικατοπτρίζει ότι τα πρότυπα μπορούν να δοκιμαστούν μόνο στην πράξη και ότι το θαλάσσιο περιβάλλον πλοήγησης αποτελεί ουσιαστικά ένα ολοκληρωμένο σύστημα.

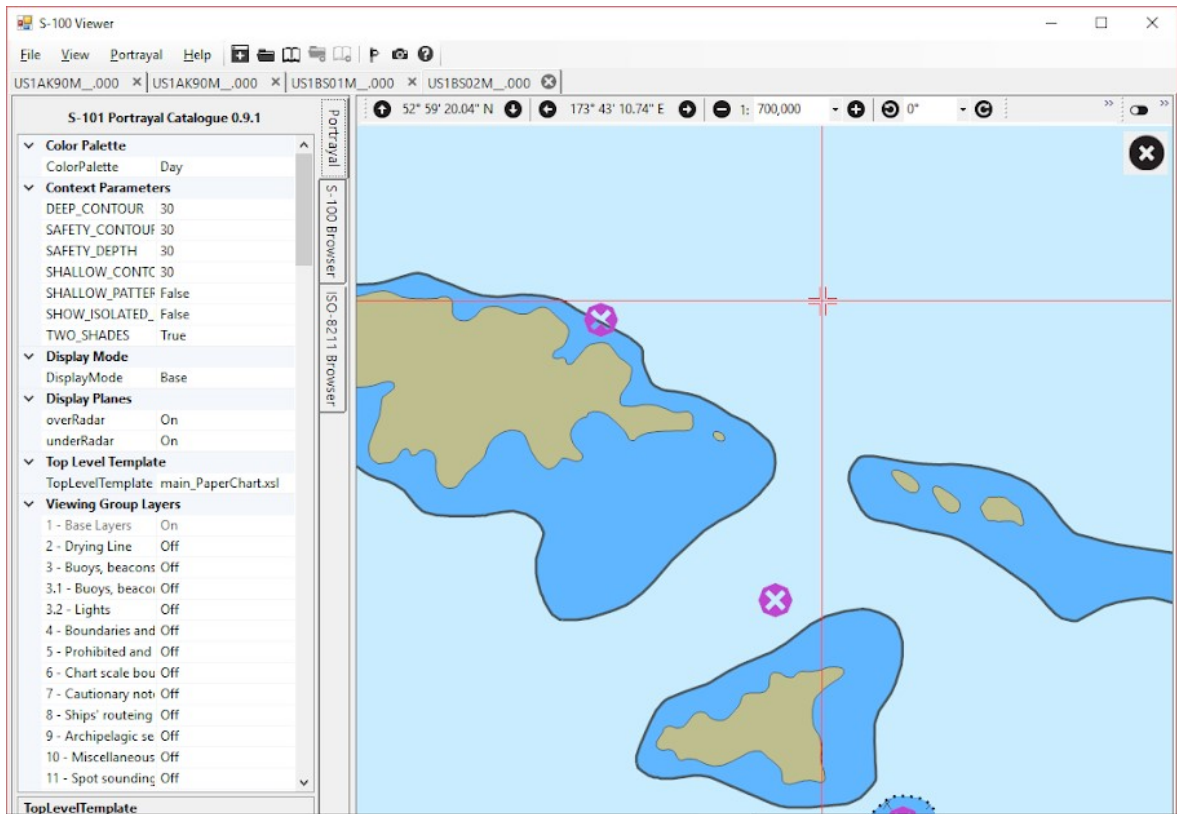


Εικόνα 5-1. S-100 Πλατφόρμα Ελέγχου (IHO 2016)

5.1.2. Μετατροπή από S-57 σε S-101 (Converter Software)

Καθώς στο εγγύς μέλλον το S-101 θα αντικαταστήσει σταδιακά το S-57, τα υδρογραφικά γραφεία σε όλο τον κόσμο αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις και μια τέτοια είναι η συστηματική παραγωγή συνόλων δεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο S-101 (Vieira & Mandarino, 2021). Από το 2010, η ESRI και η NOAA, υπό την αιγίδα του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) και του S-100 WG (πρώην TSMAD – Transfer Standard Maintenance and Application Development Working Group), χρηματοδοτούν από κοινού την ανάπτυξη ενός Μετατροπέα (αγγλ. Converter) από S-57 σε S-101.

Ο μετατροπέας είναι ένα κρίσιμο στοιχείο των S-100 δοκιμών “Test Bed” και του οδικού του χάρτη για την επιχειρησιακή λειτουργία του S-101. Ο μετατροπέας S-57 σε S-101 παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του S-100 και επιτρέπει στα υδρογραφικά γραφεία να μετατρέψουν γρήγορα για δοκιμές τα υπάρχοντα σύνολα δεδομένων S-57 ENC σε σύνολα δεδομένων συμβατά με το S-101 στην έκδοση 1.0.0, όπως επίσης και της αυξανόμενης σειράς προδιαγραφών προϊόντων που είναι υπό ανάπτυξη και βασίζονται στο S-100. Μαζί με τον μετατροπέα διατίθεται και η εφαρμογή S-100 Viewer που επιτρέπει την οπτικοποίηση των S-101 ENC κελιών και βοηθά στη σχετική εκσφαλμάτωση των μετατροπών (βλ. Εικόνα 5-2).



Εικόνα 5-2. S-101Viewer για εκσφαλμάτωση μετατροπών από S-57

5.2. Συμμόρφωση Υπηρεσιών Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης

Όπως έχει αναφερθεί στο 3^ο κεφάλαιο, το Universal Hydrographic Data Model S-100 είναι ένα πρότυπο πλαίσιο μοντελοποίησης υδρογραφικών δεδομένων που υποστηρίζει μια ευρεία ποικιλία πηγών ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων και είναι πλήρως ευθυγραμμισμένο με διεθνή γεωχωρικά πρότυπα, ιδίως με τη σειρά γεωγραφικών προτύπων ISO 19000. Αυτή η ευθυγράμμιση επιτρέπει την ευκολότερη ενσωμάτωση υδρογραφικών δεδομένων και εφαρμογών σε γεωχωρικές λύσεις. Το S-100 είναι εγγενώς πιο ευέλικτο από το S-57 και προβλέπει δυνατότητες όπως η χρήση εικόνων και τύπων δεδομένων πλέγματος, βελτιωμένα μεταδεδομένα και πολλαπλές μορφές κωδικοποίησης. Παρέχει επίσης ένα πιο ευέλικτο και δυναμικό καθεστώς συντήρησης για οντότητες, ιδιότητες και χαρτογραφική απόδοση μέσω ενός αποκλειστικού διαδικτυακού μητρώου. Το S-100 παρέχει ένα πλαίσιο που επιτρέπει τη δημιουργία τυποποιημένων Προδιαγραφών Προϊόντων για τη μοντελοποίηση υδρογραφικών δεδομένων, παρέχοντας διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών τύπων δεδομένων και συστημάτων. Η προδιαγραφή S-97 (IHO, 2020e) παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για προγραμματιστές και αναλυτές Προδιαγραφών Προϊόντων που χρησιμοποιούν το S-100 ως πρότυπο πλαίσιο.

5.2.1. Κατηγορίες Συμμόρφωσης (Compliance Categories)

Κατά την περίοδο εφαρμογής του S-100, τα συστήματα που θα αναπτυχθούν αναμένεται να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις για προϊόντα που βασίζονται στο S-100 και τη συμβατότητά τους με το σχετικό πλαίσιο. Για τα συστήματα ECDIS αναμένεται να απαιτείται ο μέγιστος βαθμός συμμόρφωσης, ενώ για ένα σύστημα γεωγραφικής πληροφόρησης δύναται να

απαιτείται χαμηλότερος βαθμός συμμόρφωσης, για παράδειγμα, κάποια απαίτηση μεθόδου ανταλλαγής δεδομένων με βάση το S-100. Για διευκόλυνση της δημοσίευσης της πρόθεσης συμμόρφωσης μιας Προδιαγραφής Προϊόντος και των προϊόντων που προκύπτουν δύναται να δηλωθεί η κατηγορία συμμόρφωσης (S-100 Ενότητα 4a Metadata, 2018). Σύμφωνα με την ενότητα 4 του S-100, ορίζονται τέσσερις κατηγορίες συμμόρφωσης:

- **Κατηγορία 1η - Συμβατό μοντέλο αντικειμένων με S-100**

Στη 1^η Κατηγορία η προδιαγραφή προϊόντος περιέχει ένα μοντέλο αντικειμένων, το οποίο είναι διαθέσιμο ως Κατάλογος Οντοτήτων (αγγλ. Feature Catalogue) από το Μητρώο Γεωγραφικών Πληροφοριών του IHO (συντ. S-100 GI) και είναι συμβατό με το χωρικό μοντέλο του S-100, δηλαδή την Ενότητα 7 (Χωρικό Σχήμα) ή/και την Ενότητα 8 (Εικόνες & Πλέγματα).

- **Κατηγορία 2η - Συμβατό με μη τυπική κωδικοποίηση του S-100**

Στη 2^η Κατηγορία η προδιαγραφή προϊόντος συμμορφώνεται με τις ελάχιστες απαιτήσεις της Ενότητας 11 του S-100 (Product Specifications). Η προδιαγραφή προϊόντος καθορίζει ποιες από τις μεθόδους κωδικοποίησης του S-100 στην Ενότητα 10 χρησιμοποιούνται ή καθορίζει άλλη κωδικοποίηση, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου με τον οποίο αντιστοιχίζεται στο Γενικό Μοντέλο Οντοτήτων του S-100 (GFM). Τα μεταδεδομένα είναι σύμφωνα με το S-100 ενότητα 4, είτε είναι προφίλ της σχετικής ενότητας ή μια επέκταση της σύμφωνα με τους κανόνες που την διέπουν.

- **Κατηγορία 3η - Συμβατό με τυπική κωδικοποίηση του S-100**

Για συμμόρφωση με την 3^η Κατηγορία ισχύει ότι για την 2^η, με τον περιορισμό ότι η προδιαγραφή προϊόντος χρησιμοποιεί μόνο μια μέθοδο κωδικοποίησης που ορίζεται στην Ενότητα 10 του S-100.

- **Κατηγορία 4η - Εναρμονισμένη απόδοση συμβατή με IHO S-100 και IMO**

Για συμμόρφωση με την 4^η Κατηγορία ισχύει ότι για την 3^η με τους ακόλουθους περιορισμούς:

- τα μεταδεδομένα είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ενότητας 4 του S-100 ή ένα προφίλ των μεταδεδομένων της ίδιας Ενότητας.
- η προδιαγραφή προϊόντος περιλαμβάνει έναν κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης που διατίθεται από το μητρώο S-100 GI.
- οι προδιαγραφές προϊόντος περιλαμβάνουν καθορισμένες μεθόδους για το σύστημα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο που ορίζεται από το S-100, δηλαδή τουλάχιστον συμπεριλαμβανομένης της ψηφιακής υπογραφής και, εάν απαιτείται, της μεθόδου κρυπτογράφησης.
- το υλικό δοκιμών είναι ενσωματωμένο στην προδιαγραφή προϊόντος ή διατίθεται σε ξεχωριστό πακέτο. Τα σενάρια δοκιμών και το σχετικό υλικό είναι τουλάχιστον συγκρίσιμα με τη δημοσίευση S-64 του IHO για το S-52/S-57/S-62/S-63.
- η προδιαγραφή προϊόντος χρησιμοποιεί ένα Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων (συντ. CRS) από το Μητρώο Γεωδαιτικών Παραμέτρων EPSG. Τα EPSG CRS που δεν

- συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του S-100 (Ενότητα 6) ή την επιλεγμένη μέθοδο κωδικοποίησης που ορίζεται στο S-100 (Ενότητα 10) δεν δύναται να χρησιμοποιούνται.
- εάν χρειάζεται, η προδιαγραφή προϊόντος περιλαμβάνει έναν Κατάλογο Ειδοποιήσεων και Ενδείξεων (αγγλ. Alerts and Indications Catalogue) που διατίθεται από το S-100 GI
 - επίσης εάν χρειάζεται, οι προδιαγραφές προϊόντος είναι συμβατές με τον Κατάλογο Διαλειτουργικότητας που διατίθεται από το μητρώο S-100 GI.

5.2.2. Επίπεδα Ετοιμότητας S-100 (Technical Readiness Levels - S-97)

Ένα εξίσου σημαντικό ζήτημα κατά την ανάπτυξη νέων προδιαγραφών προϊόντων εντός του πλαισίου S-100 είναι η δυνατότητα κοινοποίησης στην ευρύτερη κοινότητα της πληρότητας των προδιαγραφών και της ετοιμότητάς τους για επιχειρησιακή χρήση. Το ζήτημα περιπλέκεται περαιτέρω από τους πολλούς διαφορετικούς τύπους λειτουργικών ρυθμίσεων για τις προδιαγραφές προϊόντων που είναι υπό ανάπτυξη και οι οποίες δεν απαιτούν όλα τα στοιχεία του S-100 και για αυτό η έννοια των επιπέδων ετοιμότητας (αγγλ. Readiness Levels) για το S-100 υιοθετήθηκε από την Επιτροπή Υδρογραφικών Υπηρεσιών και Προτύπων (αγγλ. Hydrographic Services and Standards Committee, συντ. HSSC) του ΙΗΟ.

Η έννοια των επιπέδων ετοιμότητας δείχνει την εξέλιξη από μια ιδέα στην επιχειρησιακή χρήση και επιτρέπει στη ναυτιλιακή κοινότητα να κατανοήσει εάν η προδιαγραφή είναι έτοιμη για τελική έγκριση και χρήση. Αυτό επιτρέπει σε συνεργαζόμενους οργανισμούς με τον ΙΗΟ που αξιοποιούν το πλαίσιο S-100 να κατανοήσουν πότε οι προδιαγραφές των προϊόντων τους πληρούν το κατάλληλο επίπεδο ετοιμότητας για μετάβαση σε επιχειρησιακή λειτουργία. Ο πίνακας που ακολουθεί (Πίνακας 5-1) παραθέτει τα προαπαιτούμενα για την κάλυψη κάθε επιπέδου ετοιμότητας των προδιαγραφών του S-100. Σημειώνεται ότι απαιτείται όλες οι προδιαγραφές προϊόντων που βασίζονται στο S-100 να συμμορφώνονται με το πλαίσιο και τόσο ο Κατάλογος Οντοτήτων, όσο και ο Κατάλογος Χαρτογραφικής Απόδοσης, πρέπει να χρησιμοποιούν τη δημοσιευμένη υποδομή και τις διαδικασίες του S-100 για τη δημιουργία και τη συντήρησή τους.

Πίνακας 5-1. S-100 Επίπεδα Ετοιμότητας Προδιαγραφών Προϊόντων (ΙΗΟ, 2020ε)

Απαιτούμενο στοιχείο προδιαγραφών προϊόντος	Επίπεδο 1 v1.0.0	Επίπεδο 2 v1-2.0.0	Επίπεδο 3 >v2.0.0	Επίπεδο 4 >v2.0.0	Επίπεδο 5 >v2.0.0
Κύριο Έγγραφο (Ορίζει τα σχετικά μέρη του S-100 που απαιτούνται για την προδιαγραφή του προϊόντος)	X	X	X	X	X
Προεπιλεγμένη Κωδικοποίηση	X	X	X	X	X
Κατάλογος Οντοτήτων συμβατό με S-100	X (προσχέδιο)	X (ενημέρωση)	X (τελικό, στο μητρώο)	X	X
Οδηγό Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης δεδομένων	X (προσχέδιο)	X	X (τελικό)	X	X

(αγγλ. Data Classification and Encoding Guide)					
Κατάλογο Χαρτογραφικής απόδοσης συμβατό με το S-100 Σημείωση: Δεν χρειάζεται κάθε προδιαγραφή έναν κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης – αυτό θα πρέπει να καθορίζεται ως μέρος της διαδικασίας ανάπτυξης και της ανάδρασης των ενδιαφερομένων.		X	X	X	X
Έλεγχοι Ποιότητας Δεδομένων (αγγλ. Data Quality Checks)		X	X	X	X
Σύνολα Δεδομένων Δοκιμών (αγγλ. Test Data Sets)		X	X	X	X
Επικύρωση Δεδομένων και σύνολα δεδομένων δοκιμής (αγγλ. Data Validation and test datasets)		X	X	X	X
Κατάλογο Ανταλλαγής (αγγλ. Exchange Catalogue)		X	X	X	X
Κρυπτογράφηση / Ψηφιακές Υπογραφές (αγγλ. Encryption / Digital Signatures)			X	X	X
Διαλειτουργικότητα (αγγλ. Interoperability)			X* (προσχέδιο)	X* (περιβάλλον δοκιμών)	X*
Ειδοποιήσεις και Ενδείξεις (αγγλ. Alerts and Indications)				X*	X*
Λειτουργικά δεδομένα (αγγλ. Operational data)					X

(X* = μόνο συστήματα ECDIS)

Αναλυτικότερα για κάθε Επίπεδο Ετοιμότητας ισχύουν τα εξής:

Επίπεδο 1: Περιλαμβάνει τις ελάχιστες απαιτήσεις για την έναρξη της ανάπτυξης συνόλων δεδομένων δοκιμής και πρωτότυπων συστημάτων (αγγλ. prototypes). Αυτό θα πρέπει να θεωρείται το τελικό στάδιο ανάπτυξης πριν από την έναρξη της επίδειξης και συνήθως θα είναι η Έκδοση 1.0.0 μιας Προδιαγραφής Προϊόντος.

Επίπεδο 2: Περιλαμβάνει πρόσθετες απαιτήσεις, όπως ελέγχους ποιότητας δεδομένων και συνόλων δεδομένων δοκιμών, έτσι ώστε οι προδιαγραφές του προϊόντος να μπορούν να επιδεικνύονται σε πρωτότυπα περιβάλλοντα. Αυτό συνήθως αντιστοιχίζεται στην Έκδοση

1.n.n - 2.0.0 μιας προδιαγραφής προϊόντος. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη του προϊόντος, το Επίπεδο 2 δύναται να εφαρμοστεί σε λειτουργικό πλαίσιο. Στη συνέχεια, τα επόμενα επίπεδα ετοιμότητας S-100 εξαρτώνται από τις λειτουργικές απαιτήσεις του προϊόντος στα συστήματα πλοήγησης.

Επίπεδο 3: Βασίζεται στο Επίπεδο 2 και περιλαμβάνει έναν πλήρη και τεκμηριωμένο κατάλογο ανταλλαγής και προαιρετικά ένα επίπεδο κρυπτογράφησης για τα δεδομένα και το σύστημα υλοποίησης. Σε αυτό το επίπεδο, τα πρωτότυπα συστήματα, προϊόντα ή διαδικασίες θα πρέπει να επιδεικνύονται σε παραγωγικό περιβάλλον.

Επίπεδο 4: Προορίζεται μόνο για χρήση σε συστήματα πλοήγησης πλοίων όπως τα ECS (σύντμηση του Electronic Chart Systems) και ECDIS. Σε αυτό το επίπεδο, ο προγραμματιστής των προδιαγραφών του προϊόντος πρέπει να διασφαλίσει ότι έχουν δοθεί τεκμηριωμένες απαιτήσεις σχετικά με τη διαλειτουργικότητα μέσω της προδιαγραφής S-98 και της λειτουργικότητας των ειδοποιήσεων και ενδείξεων. Σε αυτό το επίπεδο, θα πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα, διεργασία ή προϊόν βασισμένο και συμβατό που επιδεικνύεται ότι λειτουργεί όπως αναμένεται.

Επίπεδο 5: Το σύστημα, η διαδικασία ή το προϊόν αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται σε τακτική βάση. Σε αυτό το στάδιο, δεδομένα και συμβατά συστήματα είναι άμεσα διαθέσιμα για λειτουργική χρήση. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει λειτουργικότητα για αυτοματοποιημένο έλεγχο επικαιροποίησης, δηλαδή προειδοποιήσεις και αναφορές κατάστασης ενημέρωσης. Η λειτουργικότητα που απαιτείται για την επικαιροποίηση δύναται να παρέχεται εντός των μεμονωμένων προδιαγραφών προϊόντος ή μέσω του Καταλόγου Ναυτικών Προϊόντων S-128⁴⁹.

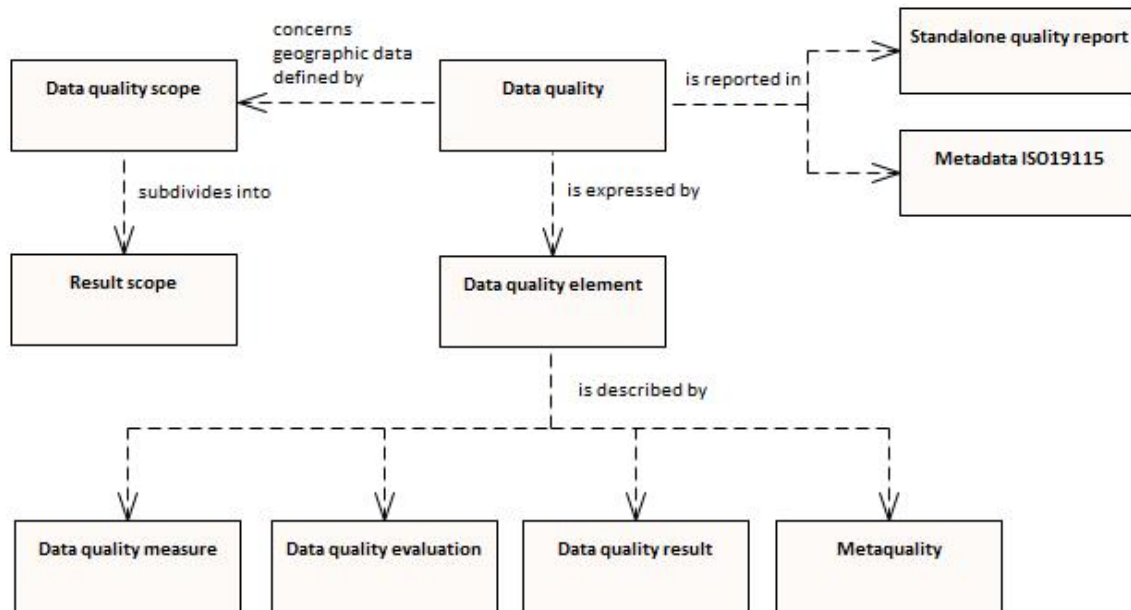
5.2.3. Ποιότητα Δεδομένων (Data Quality)

Γενικά, οι πληροφορίες αναφορικά με την ποιότητα των δεδομένων επιτρέπει στους χρήστες να αξιολογούν την καταλληλότητα για τη χρήση τους σε συστήματα. Τα μέτρα ποιότητας και η σχετική αξιολόγηση αναφέρονται ως μεταδεδομένα ενός προϊόντος δεδομένων. Αυτά τα μεταδεδομένα βελτιώνουν τη διαλειτουργικότητα με άλλα προϊόντα δεδομένων και παρέχουν δυνατότητα χρήσης από ομάδες χρηστών για τις οποίες το προϊόν δεδομένων δεν προοριζόταν αρχικά. Οι δευτερεύοντες χρήστες μπορούν να κάνουν αξιολογήσεις της χρησιμότητας του προϊόντος δεδομένων στην εφαρμογή τους με βάση τα αναφερόμενα μέτρα ποιότητας δεδομένων.

Τα πρότυπα ENC (S-57/S-101) είναι σύνθετα και, σε κάποιες περιπτώσεις, ανοιχτά σε ερμηνείες, και τα εργαλεία παραγωγής ENC και τα ECDIS που διατίθενται στην αγορά υπάρχει περίπτωση να χειρίζονται τα ENC με ελαφρώς διαφορετικό τρόπο. Καθώς ο ναυτιλλόμενος απαιτεί μια υψηλής ποιότητας, απρόσκοπτη βάση δεδομένων ENC είναι εξαιρετικά σημαντικό να υφίστανται διαδικασίες επικύρωσης δεδομένων που συμπληρώνουν τα Πρότυπα (IC-ENC, 2015). Οι οργανισμοί των RENCs (IC-ENC και

⁴⁹ <http://s100.iho.int/product%20specification/division-search/s-128-catalogue-of-nautical-products>

Primar) που είναι αρμόδιοι για την συγκέντρωση και διανομή των ENCs από τις διάφορες Υδρογραφικές Υπηρεσίες εκτελούν διαδικασίες επικύρωσης, αυτοματοποιημένες και μη, για κάθε ENC που λαμβάνεται. Ορισμένες διαδικασίες εκτελούνται για όλα τα ENC, ενώ άλλες επιλέγονται από την Υδρογραφική Υπηρεσία από μια σχετική λίστα που δηλώνεται στη σύμβαση συνεργασίας. Μετά από κάθε επικύρωση, δημιουργείται μια αναφορά και αποστέλλεται στην Υδρογραφική Υπηρεσία, η οποία παρέχει στοχευμένες προτάσεις σχετικά με ενέργειες που μπορούν να αναληφθούν για τη βελτίωση των δεδομένων και η οποία επιβεβαιώνει την κατάσταση έκδοσης κάθε ENC.



Εικόνα 5-3. Εννοιολογικό μοντέλο ποιότητας για γεωγραφικά δεδομένα⁵⁰

Στην προδιαγραφή S-97 (Ενότητα Γ) οι σχέσεις μεταξύ των όρων ποιότητας δεδομένων παρουσιάζονται στην **Εικόνα 5-3**. Σύμφωνα με το ISO 19157, τα μέτρα ποιότητας των δεδομένων (αγγλ. data quality measure) αφορούν τα εξής χαρακτηριστικά⁵¹:

1. Πληρότητα (αγγλ. *Completeness*)
2. Λογική Συνέπεια (αγγλ. *Logical Consistency*)
3. Ακρίβεια θέσης (αγγλ. *Positional Accuracy*)
4. Θεματική Ακρίβεια (αγγλ. *Thematic Accuracy*)
5. Χρονική Ποιότητα (αγγλ. *Temporal Quality*)
6. Συνάθροιση (αγγλ. *Aggregation*)
7. Ευχρηστία (αγγλ. *Usability*)

Η αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων (αγγλ. data quality evaluation) μπορεί να δρομολογηθεί ως ακολούθως:

1. με πλήρη επιθεώρηση της ποιότητας δεδομένων (αγγλ. *Full Inspection*)
2. δειγματοληπτική επιθεώρηση (αγγλ. *Sample Based Inspection*)

⁵⁰ ISO 19157 – Geographic Information, Data Quality, σελίδα 6.

⁵¹ ISO 19157 – Geographic Information, Data Quality σελίδα 7.

3. έμμεση αξιολόγηση (αγγλ. *Indirect Evaluation*)
4. παραγωγή συνάθροισης (αγγλ. *Aggregation Derivation*)

Ενώ το αποτέλεσμα της ποιότητας δεδομένων μπορεί να χωριστεί στα ακόλουθα:

1. αποτέλεσμα συμμόρφωσης ποιότητας δεδομένων
2. ποσοτικό αποτέλεσμα
3. περιγραφικό αποτέλεσμα

5.2.4. Έλεγχοι Επικύρωσης Δεδομένων (Validation Checks)

Σύμφωνα με το S-97 Ενότητα Β (IHO, 2020e) απαιτούνται τουλάχιστον δύο τύποι ελέγχων επικύρωσης:

- Έλεγχοι επικύρωσης μεμονωμένων συνόλων δεδομένων.
- Έλεγχοι επικύρωσης πακέτων συνόλων δεδομένων.

Οι πρώτοι έλεγχοι λειτουργούν σε μεμονωμένα αντικείμενα των συνόλων δεδομένων και σε μεμονωμένα σύνολα δεδομένων στο σύνολό τους. Ελέγχουν την ακεραιότητα των μεμονωμένων αντικειμένων, δηλαδή τύπους χωρικών, οντοτήτων και πληροφοριών, συσχετίσεις μεταξύ των αντικειμένων, τυχόν ενσωματωμένα μεταδεδομένα ή πληροφορίες κεφαλίδας και αρχεία υποστήριξης που αναφέρονται στο σύνολο δεδομένων. Ομοίως, οι έλεγχοι επικύρωσης πακέτων, αφορούν την επαλήθευση της δομής και του περιεχομένου των πακέτων, όπως είναι ένα *αρχείο ανταλλαγής* (αγγλ. *exchange set*) καθώς και των συνοδευτικών μεταδεδομένων.

Ένα κοινό σύνολο ελέγχων επικύρωσης βρίσκεται υπό ανάπτυξη (S-97 Ενότητα Γ). Επίσης ένα συνιστώμενο σύνολο μέτρων ποιότητας δεδομένων έχει αναπτυχθεί με βάση στατιστικές δεδομένων που προέρχονται από τους ελέγχους επικύρωσης. Τα συνιστώμενα μέτρα περιγράφονται επίσης στο S-97 Ενότητα Γ.

- Έλεγχοι επικύρωσης για σύνολα δεδομένων

Οι έλεγχοι επικύρωσης για σύνολα δεδομένων πρέπει να καλύπτουν:

- 1) Πληρότητα, συμπεριλαμβανομένου του πληθυσμού των οντοτήτων και της παρουσίας των απαιτούμενων ιδιοτήτων, συσχετίσεων κ.λπ.
- 2) Λογική συνέπεια, για παράδειγμα τυχόν έλλειψη συσχετίσεων.
- 3) Χωρική συνέπεια, για παράδειγμα τοπολογικοί έλεγχοι ορθότητας για μη υπέρβαση εξωτερικών ορίων, υπερβολική πυκνότητα κορυφών σε γραμμές κ.ά.
- 4) Ακρίβεια θέσης, για παράδειγμα εγγύτητα των αναφερόμενων τιμών συντεταγμένων με αποδεκτές ή γνωστές απόλυτες ή σχετικές τιμές συντεταγμένων.
- 5) Χρονική ακρίβεια, για παράδειγμα η εγγύτητα των αναφερόμενων μετρήσεων χρόνου σε αποδεκτές ή γνωστές τιμές που γίνονται αποδεκτές ή είναι γνωστές ως αληθείς, ορθότητα της σειράς γεγονότων ή γενικότερα εγκυρότητα δεδομένων ως προς τον χρόνο.
- 6) Θεματική ακρίβεια, όπως τιμές ιδιοτήτων που είναι συνεπείς με οποιοσδήποτε άλλες σχετικές ιδιότητες και εντός επιτρεπόμενων περιοχών ή συνόλων.
- 7) Αναφορές σε αρχεία υποστήριξης.

8) Άλλες ειδικές απαιτήσεις για το εκάστοτε προϊόν, για παράδειγμα κρυπτογράφηση, ψηφιακές υπογραφές κ.ά.

Ορισμένα από αυτά τα ζητήματα αντιμετωπίζονται σε κοινό σύνολο ελέγχων επικύρωσης και ένα συνιστώμενο σύνολο ελέγχων περιγράφεται στο S-97, Ενότητα Γ. Οι προγραμματιστές προδιαγραφών προϊόντων θα πρέπει να συμπληρώνουν το κοινό σύνολο με πρόσθετους ελέγχους που είναι κατάλληλοι για τα εκάστοτε προϊόντα.

- **Έλεγχος επικύρωσης για πακέτα**

Οι έλεγχοι επικύρωσης για πακέτα πρέπει να καλύπτουν:

1) Πληρότητα πακέτου, εάν περιλαμβάνονται δηλαδή όλα τα απαιτούμενα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των συνόλων δεδομένων, των αρχείων υποστήριξης, των μεταδεδομένων και των κατάλληλων καταλόγων, για παράδειγμα, κατάλογοι συνόλων ανταλλαγής, κατάλογοι οντοτήτων και κατάλογοι χαρτογραφικής απόδοσης. Σημειώνεται ότι η προδιαγραφή προϊόντος πρέπει να υποδεικνύει ποιοι κατάλογοι είναι κατάλληλοι για τη μέθοδο παράδοσης (αγγλ. *delivery method*), για παράδειγμα οι μέθοδοι παράδοσης που βασίζονται σε μηνύματα ενδέχεται να μην περιλαμβάνουν καταλόγους στα πακέτα παράδοσης.

2) Μορφότυπος και δομή πακέτου, εάν το πακέτο είναι στον εγκεκριμένο μορφότυπο, για παράδειγμα ISO 8211, HDF5, και εάν έχει εφαρμοστεί κατάλληλη κρυπτογράφηση καθώς και ψηφιακές υπογραφές σε επίπεδο πακέτου. Παραδείγματα ελέγχων επικύρωσης πακέτου είναι:

- Αν υποθέσουμε ότι η παράδοση που καθορίζεται στην προδιαγραφή προϊόντος είναι ως αρχεία zip, ελέγχεται αν το πακέτο αρχείο zip είναι κατάλληλου τύπου.

- Εάν το πακέτο είναι διατεταγμένο σε δομή καταλόγου (φακέλου), αν η δομή και τα ονόματα των καταλόγων (φακέλων) είναι όπως απαιτούνται στην προδιαγραφή προϊόντος.

- **Κοινοί έλεγχοι επικύρωσης**

Δεδομένου ότι ορισμένες οντότητες, τύποι πληροφοριών και σχήματα εφαρμογών χρησιμοποιούνται σε πολλά προϊόντα, δύναται να υπάρχουν κοινοί έλεγχοι επικύρωσης ανάμεσα σε διαφορετικές προδιαγραφές προϊόντος. Οι έλεγχοι χωρικής συνέπειας ειδικότερα, καθώς και οι έλεγχοι συνοχής που σχετίζονται με μετα-οντότητες, αναμένεται να είναι κοινοί με πολλές προδιαγραφές δεδομένων. Οι χωρικές λειτουργίες που χρησιμοποιούνται στους ελέγχους επικύρωσης πρέπει να είναι οι λειτουργίες που ορίζονται στους ελέγχους επικύρωσης των ENC του IHO S-58 Έκδοση 6.0.0 ή νεότερη (IHO, 2018d).

- **Έλεγχος επικύρωσης για σύνολα δεδομένων βάσης έναντι ενημερώσεων**

Εάν η προδιαγραφή προϊόντος ορίζει μια μορφή δεδομένων ενημέρωσης, οι έλεγχοι επικύρωσης που αναπτύχθηκαν για σύνολα δεδομένων βάσης (αγγλ. *base datasets*) θα πρέπει να επανεξεταστούν ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής τους στα προς ενημέρωση σύνολα δεδομένων (αγγλ. *update datasets*).

5.2.5. Κρυπτογράφηση και Προστασία Δεδομένων (Encryption & Data Protection)

Ο σκοπός της προστασίας δεδομένων στο S-100 είναι τριπλός:

- 1) Προστασία από την πειρατεία, δηλαδή αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης χρήσης δεδομένων, κρυπτογραφώντας τις πληροφορίες του προϊόντος.
- 2) Έλεγχος ταυτότητας, δηλαδή παροχή διασφάλισης ότι τα προϊόντα δημιουργήθηκαν και διανεμήθηκαν πραγματικά από τους παραγωγούς και τους διανομείς που αναγνωρίζονται σχετικά στα πακέτα του προϊόντος ή στα σύνολα δεδομένων.
- 3) Επιλεκτική πρόσβαση, για περιορισμό της πρόσβασης μόνο στα προϊόντα για τα οποία ένας τελικός χρήστης έχει αποκτήσει άδεια.

Η προστασία της πειρατείας και η επιλεκτική πρόσβαση επιτυγχάνονται με την κρυπτογράφηση των προϊόντων και την παροχή αδειών δεδομένων για την αποκρυπτογράφησή τους. Οι άδειες δεδομένων έχουν ημερομηνία λήξης για να επιτρέπεται η πρόσβαση στα προϊόντα μόνο για την αδειοδοτημένη περίοδο. Ο έλεγχος ταυτότητας παρέχεται μέσω ψηφιακών υπογραφών που εφαρμόζονται στα αρχεία του προϊόντος. Η επιλεκτική πρόσβαση σε μεμονωμένα προϊόντα υποστηρίζεται παρέχοντας στους χρήστες ένα αδειοδοτημένο σύνολο αδειών δεδομένων. Η άδεια χρήσης δημιουργείται χρησιμοποιώντας ένα μοναδικό αναγνωριστικό υλικού του συστήματος προορισμού και είναι μοναδική για κάθε τελικό χρήστη δεδομένων. Κατά συνέπεια, οι άδειες δεν μπορούν να ανταλλάσσονται μεταξύ μεμονωμένων χρηστών δεδομένων.

- Εφαρμογή μέτρων προστασίας

Οι προδιαγραφές προϊόντων θα πρέπει να προσδιορίζουν εάν τα σύνολα δεδομένων πρέπει, δεν πρέπει ή μπορεί να κρυπτογραφούνται χρησιμοποιώντας το προτεινόμενο σχήμα ασφαλείας του S-100 μέσω της ιδιότητας *dataProtection* της κλάσης *S100_DatasetDiscoveryMetadata*. Εάν αυτή η λογική ιδιότητα (αγγλ. *Boolean*) οριστεί σε *TRUE*, στην υπό-ιδιότητα *protectionScheme* πρέπει επίσης να εκχωρηθεί μια τιμή από τη λίστα απαρίθμησης των σχημάτων ασφαλείας (*S100_ProtectionScheme*). Το S-100 επί του παρόντος ορίζει μόνο ένα σχήμα ασφαλείας, το οποίο περιγράφεται στην Ενότητα 15.

- Ψηφιακές υπογραφές

Το S-100 από την Έκδοση 4.0.0 (Ενότητα 4a) κατέστησε υποχρεωτικές τις ψηφιακές υπογραφές για σύνολα δεδομένων και καταλόγους σε σύνολα ανταλλαγής. Για αρχεία υποστήριξης, οι ψηφιακές υπογραφές επιτρέπονται αλλά είναι προαιρετικές. Ως εκ τούτου, οι συντάκτες των προδιαγραφών προϊόντος θα πρέπει να προσδιορίζουν ποια αρχεία υποστήριξης πρέπει, δεν πρέπει ή μπορεί να είναι υπογεγραμμένα. Η υπογραφή των συνόλων δεδομένων είναι ανεξάρτητη από το εάν το προτεινόμενο σχήμα ασφαλείας εφαρμόζεται στο σύνολο δεδομένων.

Η μέθοδος ψηφιακής υπογραφής κωδικοποιείται στην ιδιότητα *digitalSignatureReference*. Υπάρχει επίσης μια ιδιότητα *digitalSignature* για την κωδικοποίηση της ίδιας της ψηφιακής υπογραφής. Αυτά τα χαρακτηριστικά υπάρχουν στα μεταδεδομένα εξεύρεσης δεδομένων, στα μεταδεδομένα καταλόγου και στα μεταδεδομένα εξεύρεσης αρχείων υποστήριξης (κλάσεις *S100_DatasetDiscoveryMetadata*, *S100_ExchangeCatalogue* και *S100_SupportFileDiscoveryMetadata*). Η δομή της

ψηφιακής υπογραφής προσδιορίζεται στο S-100 Ενότητα 15. Το S-100 στην έκδοση 4.0.0, ενότητα 4a, είναι ευέλικτη ως προς τη μορφή, επιτρέποντας είτε μορφή XML (με ένα ή περισσότερα στοιχεία), είτε μια συμβολοσειρά χαρακτήρων (για παράδειγμα κωδικοποιημένη υπογραφή base64).

- Μορφή συμπίεσης και αρχειοθέτησης

Η συμπίεση των προϊόντων δεδομένων προδιαγράφεται στις Ενότητες 4a και 15 του S-100 και περιλαμβάνει προδιαγραφή για τη μορφή αρχειοθέτησης καθώς και της μεθόδου συμπίεσης αρχείων. Στην έκδοση 4.0.0 υπάρχει μόνο μία μορφή αρχειοθέτησης (ZIP) και μόνο μία επιτρεπόμενη μέθοδος συμπίεσης (*DEFLATE*). Οι συντάκτες των προδιαγραφών προϊόντος πρέπει να προσδιορίσουν εάν ένα σύνολο ανταλλαγής πρέπει, δεν πρέπει ή μπορεί να συμπιεστεί, καθορίζοντας κατάλληλους περιορισμούς στην ιδιότητα μεταδεδομένων *compressionFlag* στους καταλόγους ανταλλαγής. Το S-100 προβλέπει ότι οι κατάλογοι ανταλλαγής θα έχουν μόνο ένα στιγμιότυπο της ιδιότητας *compressionFlag*, η οποία ισχύει για όλα τα αρχεία του συνόλου ανταλλαγής. Δηλαδή, μετά τη συμπίεση, θα υπάρχει μόνο ένα αρχείο ZIP που περιέχει όλα τα αρχεία δεδομένων, τα αρχεία υποστήριξης και τους καταλόγους στο σύνολο ανταλλαγής, με τη μέθοδο συμπίεσης *DEFLATE* που εφαρμόζεται σε όλα τα αρχεία.

Οι συντάκτες των προδιαγραφών προϊόντος θα πρέπει να αναφέρουν εάν σε ένα σύνολο ανταλλαγής μπορεί να περιέχονται και άλλα σύνολα ανταλλαγής, και για κάθε συμπεριλαμβανόμενο σύνολο ανταλλαγής αν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ξεχωριστό για σκοπούς συμπίεσης, δηλαδή, σε αρχείο ZIP ή όχι, ή αν όλα τα επιμέρους θα πρέπει να συσκευαστούν στο αρχείο του συνολικού πακέτου ανταλλαγής, είτε ως ιεραρχία φακέλου είτε ως μεμονωμένο αρχείο ZIP, ανάλογα με το αν είναι συμπιεσμένα μεμονωμένα. Οι δυνατότητες κρυπτογράφησης και ψηφιακής υπογραφής του ZIP μορφότυπου δεν χρησιμοποιούνται (S-100 Ενότητα 15, 2018a).

5.3. Εικόνες και Πλέγματα Δεδομένων (Imagery and Gridded Data)

Το S-100 υποστηρίζει εικόνες, πλέγματα καθώς και άλλους τύπους δεδομένων κάλυψης. Οι εικόνες και τα πλέγματα δεδομένων είναι τυπικές μορφές γεωγραφικών δεδομένων και υπάρχουν πολλά γεωχωρικά πρότυπα που έχουν σχεδιαστεί για να χειρίζονται σχετικά δεδομένα. Μια εικόνα είναι συνήθως τύπος δομημένης δομής δεδομένων που μπορεί να οπτικοποιηθεί. Δεδομένου ότι σχεδόν όλα τα σύνολα πλέγματος δεδομένων μπορούν να απεικονιστούν για να σχηματίσουν μια εικόνα, ο όρος εικόνα είναι πολύ ευρύς (S-100 Ενότητα 8, 2018a). Το S-100 υποστηρίζει τη συμβατότητα με διάφορες πηγές δεδομένων, όπως υδρογραφικές βυθομετρήσεις που είναι από τη φύση τους ένα σύνολο μετρούμενων σημείων δεδομένων. Αυτά τα σημεία δεδομένων μπορούν να αναπαρασταθούν σε μια δομή πλέγματος με διαφορετικούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένων ψηφιακών μοντέλων βυθού που χρησιμοποιούν κανονική απόσταση πλέγματος, καθώς και ακανόνιστα πλέγματα με κελιά μεταβλητού μεγέθους. Μπορούν επίσης να αναπαρασταθούν ως δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (αγγλ. Triangular Irregular Network, συντ. TIN) ή ως σύνολα σημείων.

- Δεδομένα Εικόνων

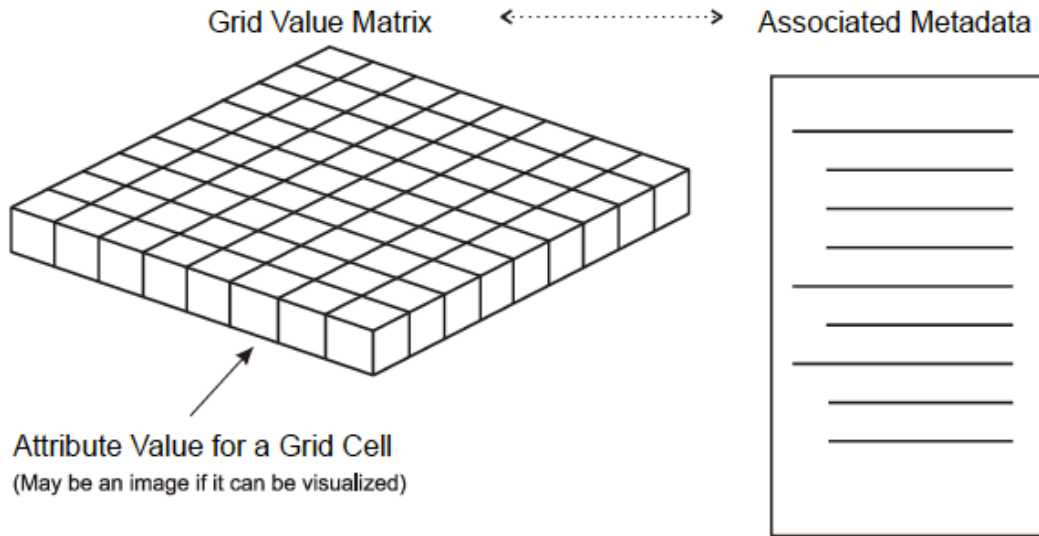
Οι εικόνες έχουν μεγάλη σημασία για την υδρογραφία και τα υδρογραφικά δεδομένα, καθώς δύνανται να περιλαμβάνουν εικόνες από αισθητήρες όπως αεροφωτογραφίες ή LIDAR, φωτογραφίες που μπορούν να συσχετιστούν με δεδομένα που είναι προσανατολισμένα με διανυσματικά χαρακτηριστικά και προϊόντα που βασίζονται σε σαρωμένους χάρτες, κοινώς γνωστά ως “*raster*” χάρτες. Όλες αυτές οι εφαρμογές εικόνων δύνανται να καλύπτονται από τις προδιαγραφές του S-100. Η σχετική ενότητα του πλαισίου για εικόνες ευθυγραμμίζεται με τα διεθνή πρότυπα, προκειμένου να υποστηρίζει πολλαπλές πηγές δεδομένων και χρησιμοποιεί τις κοινές δομές πληροφοριών που βασίζονται στη σειρά προτύπων ISO TC/211 19100 που επιτρέπει εικόνες να συνδυάζονται με δεδομένα διανυσμάτων με καθορισμένα όρια (αγγλ. *boundary*) καθώς και άλλους τύπους δεδομένων. Η εφαρμοστέα ιεραρχική ορολογία είναι τυποποιημένη στη σειρά προτύπων ISO 19100.

- Δεδομένα Καλύψεων και Πλέγμάτων

Ένα σύνολο δεδομένων που περιγράφει ένα σύνολο τιμών ιδιοτήτων κατανεμημένων σε μια περιοχή ονομάζεται κάλυψη (αγγλ. *coverage*) στην οποία υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι δεδομένων, αλλά η πιο κοινή δομή είναι το πλέγμα (αγγλ. *grid*). Προς το παρόν, το S-100 υποστηρίζει καλύψεις πλέγματος, απλά πλέγματα όσο και σύνθετα πολυδιάστατα πλέγματα, καλύψεις συνόλων σημείων και καλύψεις TIN. Η Ενότητα 8 του S-100 βασίζεται στο ISO 19129 – «Γεωγραφικές πληροφορίες – Πλαίσιο δεδομένων εικόνων, πλέγματος και κάλυψης». Ωστόσο, η προδιαγραφή του S-100 είναι πιο συγκεκριμένη από το πρότυπο ISO και ορίζει συγκεκριμένες οργανώσεις πλέγματος που θα χρησιμοποιηθούν από εφαρμογές που σχετίζονται με υδρογραφικά δεδομένα.

5.3.1. Δομή πλαισίου εικόνων και πλέγματος δεδομένων (Framework structure)

Το πλαίσιο για δεδομένα εικόνων, πλέγματος και κάλυψης στην ενότητα 8 του S-100 αφορά ένα υποσύνολο του πλαισίου που ορίζεται στο πρότυπο ISO. Το πλαίσιο όπως περιγράφεται στο ISO μπορεί να υποστηρίζει γεωαναφερόμενα δεδομένα, όπως δεδομένα αισθητήρων. Το πλαίσιο ISO ορίζει ένα «Μοντέλο Περιεχομένου» (αγγλ. *Content Model*) για τις τύπου περιεχομένου εικόνες καθώς και για άλλους τύπους περιεχομένου που μπορούν να αναπαρασταθούν ως δεδομένα κάλυψης. Επίσης προσδιορίζει πώς τα διάφορα συστατικά στοιχεία ενός συνόλου δεδομένων κάλυψης αλληλοσχετίζονται και παρέχει μια κοινή δομή που καθιερώνει μια υποκείμενη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών συνόλων δεδομένων κάλυψης. Το κοινό πλαίσιο που καθιερώθηκε στο ISO 19129 ενισχύει τη σύγκλιση στο μοντέλο περιεχομένου μεταξύ διαφορετικών συνόλων δεδομένων που αποτυπώνονται με χρήση διαφορετικών προτύπων, καθώς και μεταξύ των στοιχείων πληροφοριών που αποτυπώνονται χρησιμοποιώντας αυτά τα πρότυπα.



Εικόνα 5-4. Απλή δομή πλέγματος δεδομένων (απεικονίζεται η σχέση των μεταδεδομένων με ένα σύνολο πλέγματος δεδομένων που αντιπροσωπεύονται σε έναν πίνακα τιμών πλέγματος) (S-100 Ενότητα 8, 2018a)

Μια υποκείμενη συμβατότητα σε επίπεδο μοντέλου περιεχομένου για ένα ευρύ φάσμα εικόνων και πλέγματος δεδομένων επιτρέπει την αντίστροφη συμβατότητα με τα υπάρχοντα πρότυπα. Το μοντέλο περιεχομένου περιγράφει πληροφορίες ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται, κοινοποιούνται ή απεικονίζονται. Αυτό επιτρέπει πολλαπλές κωδικοποιήσεις για το ίδιο περιεχόμενο. Τα πλέγματα δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων εικόνων, είναι βασικά απλά. Αποτελούνται από ένα σύνολο τιμών χαρακτηριστικών οργανωμένων σε ένα πλέγμα μαζί με μεταδεδομένα για να περιγράψουν τη σημασία των τιμών των χαρακτηριστικών και πληροφορίες χωρικής αναφοράς για την τοποθέτηση των δεδομένων.

Το πλαίσιο ορίζει επίσης ένα σύνολο σημείων ή τριγώνων που οδηγούν μια συνάρτηση κάλυψης μαζί με μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα δύνανται να περιέχουν πληροφορίες αναγνώρισης, όπως του αισθητήρα από τον οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα, καθώς και πληροφορίες ποιότητας. Οι πληροφορίες χωρικής αναφοράς περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο γεωαναφοράς του συνόλου των τιμών των ιδιοτήτων και εκφράζονται ως μεταδεδομένα. Βοηθητικές πληροφορίες, που εκφράζονται επίσης ως μεταδεδομένα, μπορεί να βοηθήσουν στη χαρτογραφική απόδοση ή την κωδικοποίηση, ωστόσο το βασικό περιεχόμενο μπορεί να απεικονίζεται με διαφορετικούς τρόπους ή να μεταφέρεται χρησιμοποιώντας διαφορετικούς μηχανισμούς κωδικοποίησης, επομένως τέτοιες βοηθητικές πληροφορίες δεν αποτελούν μέρος ενός μοντέλου περιεχομένου εικόνων και πλέγματος δεδομένων. Η **Εικόνα 5-4** απεικονίζει απλή δομή πλέγματος δεδομένων.

Το πρότυπο πλαισίου του ISO 19129 επιτρέπει την περιγραφή των δεδομένων εικόνων, πλέγματος και κάλυψης σε διάφορα επίπεδα. Αυτά είναι ένα αφηρημένο επίπεδο όπως αναφέρεται στο ISO 19123 «Γεωγραφικές πληροφορίες – Σχήμα» για τη γεωμετρία και τις συναρτήσεις κάλυψης, ένα επίπεδο μοντέλου περιεχομένου και ένα επίπεδο κωδικοποίησης. Το επίπεδο κωδικοποίησης είναι ανεξάρτητο από το επίπεδο περιεχομένου. Πολλαπλές διαφορετικές κωδικοποιήσεις μπορεί να έχουν το ίδιο περιεχόμενο. Τα περισσότερα από τα

υπάρχοντα πρότυπα σχετικά με τις εικόνες και τα πλέγματα δεδομένων περιγράφουν το περιεχόμενο δεδομένων ως προς την αναπαράστασή του στο μορφότυπο ανταλλαγής (αγγλ. exchange format). Ο μορφότυπος ορίζει πεδία δεδομένων και περιγράφει το περιεχόμενο και τη σημασία αυτών των πεδίων δεδομένων.

Αυτό ορίζει έμμεσα το περιεχόμενο πληροφοριών που μπορεί να μεταφερθεί από τον μορφότυπο ανταλλαγής. Ο καθορισμός του περιεχομένου από την άποψη της κωδικοποίησής του δεσμεύει το περιεχόμενο σε αυτήν τη μορφή κωδικοποίησης και καθιστά τη μετατροπή δεδομένων πολύ δύσκολη. Η σειρά προτύπων ISO 19100 ορίζει το περιεχόμενο γεωγραφικών πληροφοριών με όρους αντικειμενοστρεφούς μοντέλου δεδομένων, το οποίο επιτρέπει την κωδικοποίηση του περιεχομένου με χρήση διαφορετικών μορφότυπων ανταλλαγής ή την αποθήκευση σε μια βάση δεδομένων ανεξάρτητα από την κωδικοποίηση ανταλλαγής.

5.3.2. Προϊόν Βαθυμετρικής Επιφάνειας S-102 (Bathymetric Surface Product)

Με την έλευση της ηλεκτρονικής πλοήγησης και την τεχνολογική πρόοδο των συστημάτων τοπογραφίας και υδρογραφίας, καθώς και των δυνατοτήτων παραγωγής, η διευκόλυνση της θαλάσσιας πλοήγησης με τη χαρτογραφική απόδοση βαθυμετρίας υψηλής ανάλυσης έχει καταστεί απαραίτητη. Η παροχή και η χρήση σχετικών δεδομένων σε τυποποιημένη μορφή είναι απαραίτητη για την υποστήριξη της ασφαλούς και με ακρίβεια ναυσιπλοΐας και επιπλέον αποτελεί σημαντική βάση για πολλές άλλες θαλάσσιες εφαρμογές.

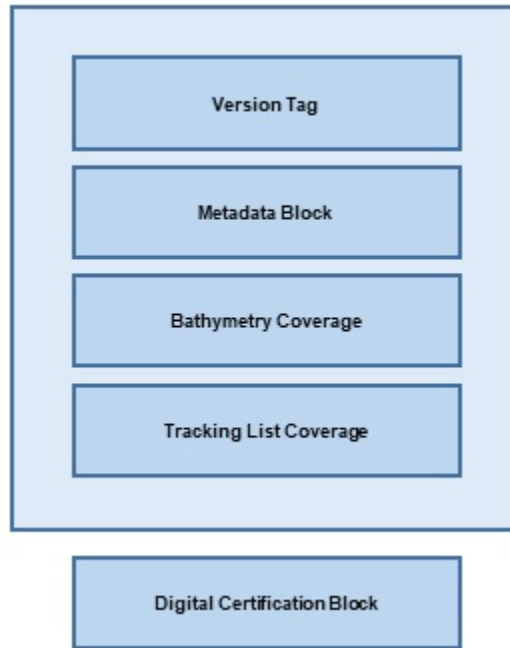
Οι βαθυμετρικές έρευνες υψηλής ευκρίνειας έφεραν επανάσταση στην υδρογραφική τοπογραφία, καθώς εκτός από την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, υπάρχει μια σειρά από άλλες χρήσεις για τη βαθυμετρία υψηλής ανάλυσης, όπως η χαρτογράφηση θαλάσσιων ενδιαιτημάτων (αγγλ. habitats), η υδρολογική μοντελοποίηση, η θαλάσσια αρχαιολογία και η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ένα ερευνητικό πρόγραμμα που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο του New Hampshire (Calder et al., 2005), ανέπτυξε ένα μοντέλο του πυθμένα της θάλασσας που είναι βελτιστοποιημένο για την ασφάλεια της πλοήγησης. Αυτή η νέα τεχνική παρακάμπτει τη σχετικά υποκειμενική προσέγγιση των «επιλεγμένων βυθομετρήσεων» και δημιουργεί ένα στατιστικό μοντέλο απευθείας από τα καθαρισμένα και επεξεργασμένα δεδομένα. Το μοντέλο ονομάζεται «πλοήγηση επιφάνειας» (αγγλ. *surface navigation*) και αποτελείται από ένα βαθυμετρικό πλέγμα υψηλής ανάλυσης με μια τιμή αβεβαιότητας που εκχωρείται σε κάθε κόμβο του πλέγματος.

Στη συνέχεια, το μοντέλο προσδιορίζεται για να διατηρήσει τα μικρότερα βάθη ως σημαντικά χαρακτηριστικά. Για κάθε κόμβο υπολογίζεται μια τιμή αβεβαιότητας που γίνεται αναπόσπαστο μέρος του μοντέλου. Η κατανομή των σημείων γύρω από τον μέσο όρο συνδυάζεται με την προβλεπόμενη αβεβαιότητα κάθε μέτρησης για να σχηματιστεί ένα συνολικό μοντέλο αβεβαιότητας. Για κατανομές χαμηλής πυκνότητας (αγγλ. low-density) μονής δέσμης (αγγλ. single beam), η περιοχή μεταξύ των μετρήσεων μοντελοποιείται με βάση ένα δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (TIN). Το μοντέλο αβεβαιότητας στη συνέχεια ενσωματώνει την απόσταση από τη μέτρηση, καθώς και την αβεβαιότητα της ίδιας της μέτρησης. Χρησιμοποιώντας μια επιφάνεια πλοήγησης ως βάση δεδομένων, μπορεί να παραχθεί ή να εξαχθεί μια ποικιλία προϊόντων (ισοβαθείς, επιλεγμένες βυθομετρήσεις, περιοχές βάθους, DTM, κλπ.).

Το S-102 είναι προδιαγραφή προϊόντος συμβατή με το S-100 για προϊόντα βαθυμετρικής επιφάνειας. Ενσωματώνοντας πτυχές της έννοιας της πλοήγησης επιφανείας (Smith, 2003), ένα προϊόν βαθυμετρικής επιφάνειας S-102 είναι ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο που αναπαριστά τον πυθμένα της θάλασσας σε μια κανονική δομή πλέγματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή ως σημαντικό στοιχείο/πηγή για μελλοντική πλοήγηση συστημάτων ECDIS συμβατή με το S-100. Οι προδιαγραφές του προϊόντος βασίζονται στις προδιαγραφές του S-100 και στη σειρά προτύπων ISO 19100. Περιλαμβάνει το μοντέλο περιεχομένου (χωρική δομή και μεταδεδομένα), τη δομή κωδικοποίησης, τη μορφή αρχείου χαρτογραφικής απόδοσης και ανταλλαγής για ένα προϊόν βαθυμετρικής επιφάνειας. Ο πρωταρχικός σκοπός του προϊόντος βαθυμετρικής επιφάνειας είναι να παρέχει βαθυμετρία υψηλής ανάλυσης σε μορφή πλέγματος για υποστήριξη της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας. Ο δευτερεύων σκοπός είναι η παροχή βαθυμετρίας υψηλής ανάλυσης για άλλες ναυτιλιακές εφαρμογές, όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Το προϊόν Βαθυμετρικής Επιφάνειας αποτελείται από ένα σύνολο τιμών που οργανώνονται για να σχηματίζουν μια κανονική κάλυψη πλέγματος, με σχετικά μεταδεδομένα, για μια περιοχή θάλασσας, ποταμού, λίμνης ή άλλου όγκου νερού. Η τελική κάλυψη πλέγματος περιλαμβάνει μια τιμή βάρους και σχετική εκτίμηση αβεβαιότητας για κάθε θέση στον πίνακα. Επιπλέον, περιλαμβάνεται ένα διακριτό σύνολο σημείων που ονομάζεται *λίστα καταγραφής* (αγγλ. tracking list). Η λίστα καταγραφής περιέχει τοποθεσίες όπου ένας υδρογράφος ή ο παραγωγός δεδομένων παρακάμπτει μια τιμή πλέγματος για σκόπιμη κλίση της τελικής επιφάνειας για την ασφάλεια της πλοήγησης. Δηλαδή, το σύνολο δεδομένων μπορεί να φέρει τόσο τις διορθωμένες πληροφορίες βάθους για την υποστήριξη της ασφαλούς πλοήγησης των θαλάσσιων σκαφών όσο και την αρχική τιμή μετρούμενου βάθους για την υποστήριξη επιστημονικών σκοπών.

Το προϊόν Βαθυμετρικής Επιφάνειας ενσωματώνει πτυχές της ιδέας της πλοήγησης επιφανείας όπου εκτός από την εκτίμηση του βάθους, μπορεί να υπολογιστεί και να διατηρηθεί μια προαιρετική εκτίμηση της αβεβαιότητας που σχετίζεται με το βάθος. Για να καταστεί το σύστημα κατάλληλο για την υποστήριξη της ασφάλειας των εφαρμογών πλοήγησης, υπάρχει τρόπος για να παρακάμπτονται αυτόματα υπολογισμένες εκτιμήσεις βάθους με το «*Προνόμιο Υδρογράφου*» (αγγλ. *Hydrographer Privilege*), ουσιαστικά, ένα μέσο για τον απευθείας προσδιορισμό του βάθους από ανθρώπινο παρατηρητή ως το πιο σημαντικό στην περιοχή, ανεξάρτητα από τυχόν στατιστικά στοιχεία για το αντίθετο. Οι αρχικές τιμές πλέγματος που αντικαθίστανται από τον υδρογράφο διατηρούνται στη λίστα παρακολούθησης, ώστε να μπορούν να αποκατασταθούν εάν απαιτείται.



Εικόνα 5-5. Γενική Δομή S-102 (IHO, 2019a)

Η **Εικόνα 5-5** παρουσιάζει μια επισκόπηση της δομής του S-102, όπου το προϊόν Βαθυμετρικής Επιφάνειας αποτελείται από ένα σύνολο δεδομένων που περιλαμβάνει τα σύνολα δεδομένων μορφότυπου HDF5 συν ένα μπλοκ ψηφιακής πιστοποίησης. Το μπλοκ ψηφιακής πιστοποίησης είναι υποχρεωτικό όταν το προϊόν δεδομένων παράγεται για σκοπούς πλοήγησης, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να εντοπίσει εάν τα δεδομένα έχουν πιστοποιηθεί. Το αρχείο HDF5 αποτελείται από μεταδεδομένα (χωρικά, ιδιοτήτων και εξεύρεσης), συγκεντρωμένες καλύψεις που αποτελούνται από τιμές βάθους και αβεβαιότητας και μια λίστα καταγραφής παρακαμφθέντων κόμβων. Το S-102 χρησιμοποιεί το Σύστημα Προστασίας Δεδομένων S-100 για να διασφαλίσει την πιστοποίηση και τον έλεγχο ταυτότητας. Επομένως, το προϊόν Βαθυμετρικής Επιφάνειας είναι ένα υβρίδιο καλύψεων, όπως ορίζεται στην ενότητα 8 του S-100 και τύποι πληροφοριών, όπως ορίζονται στο ενότητα 4 μαζί με μια λίστα καταγραφής συνόλου σημείων.

5.4. Διαλειτουργικότητα (Data Product Interoperability)

5.4.1. Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός & Διαλειτουργικότητα

Στην προδιαγραφή S-98 “*Data Product Interoperability in S-100 Navigation Systems*” ο IHO υιοθετεί τον ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό και τη διαλειτουργικότητα (IHO, 2022b). Ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός είναι η προσέγγιση στην ανάπτυξη συστημάτων που στοχεύουν να κάνουν τα διαδραστικά συστήματα πιο εύχρηστα εστιάζοντας στη χρήση του συστήματος, εφαρμόζοντας ανθρώπινους παράγοντες, γνώσεις και τεχνικές εργονομίας και χρηστικότητα. Από την άλλη πλευρά, ως διαλειτουργικότητα για το S-100 ορίζεται η δυνατότητα ελέγχου των αλληλεπιδράσεων, ιδιαίτερα της οπτικής απόδοσης και του περιεχομένου πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων προϊόντων δεδομένων που βασίζονται στο S-100 και τα οποία εμφανίζονται ταυτόχρονα στην ίδια οθόνη.

Οι ναυτιλλόμενοι και λοιποί χρήστες δύνανται να λαμβάνουν διαφορετικά προϊόντα δεδομένων που βασίζονται στο S-100, το καθένα από τα οποία παρέχει ένα ή περισσότερα επίπεδα πληροφοριών και συχνά θα απαιτείται να βλέπουν ορισμένα από τα επίπεδα πληροφοριών ταυτόχρονα σε ένα συμβατό με το S-100 ECDIS, καθώς και σε συστήματα υποστήριξης από τη στεριά. Αναμένεται επίσης να υπάρχουν και άλλα επίπεδα δεδομένων, όπως αυτό των ενδείξεων του ραντάρ. Η ομαλή διαλειτουργικότητα και η εναρμονισμένη φιλική προς τον χρήστη γραφική παρουσίαση αυτών των προϊόντων είναι απαραίτητη. Οι κανόνες για τη διαλειτουργικότητα και τις εναρμονισμένες γραφικές αποδόσεις των προϊόντων δεδομένων S-100 περιέχονται σε έναν Κατάλογο Διαλειτουργικότητας, ο οποίος είναι ένας τύπος μέτα-προϊόντος που περιγράφει τον τρόπο χρήσης και εμφάνισης συγκεκριμένων προϊόντων ταυτόχρονα.

Η προδιαγραφή S-98 περιγράφει τη δομή, τη χρήση και τους κανόνες για την ανάπτυξη Καταλόγων Διαλειτουργικότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από συστήματα για την καθοδήγηση της ταυτόχρονης χρήσης και εμφάνισης δύο ή περισσότερων προϊόντων δεδομένων που βασίζονται στο S-100. Είναι μια εφαρμογή των σχετικών εννοιών διαλειτουργικότητας που περιγράφονται στην Ενότητα 16 του S-100. Η προδιαγραφή S-98 ορίζει τέσσερα επίπεδα διαλειτουργικότητας, που αντιστοιχούν σε διαδοχικά πιο σύνθετους κανόνες και λειτουργίες διαλειτουργικότητας. Ωστόσο, η έκδοση 1.0.0 καθορίζει πλήρως μόνο τα Επίπεδα 1 και 2. Τα Επίπεδα 3 και 4 θα οριστικοποιηθούν σε μεταγενέστερο χρόνο αφού δοκιμαστεί περαιτέρω η εφαρμογή των Επιπέδων 1 και 2.

Η προδιαγραφή είναι δομημένη ως έγγραφο πολλαπλών μερών. Το Κύριο Μέρος περιέχει απαιτήσεις που είναι κοινές και στα τέσσερα επίπεδα διαλειτουργικότητας. Οι ειδικές απαιτήσεις για καθένα από τα επίπεδα 1- 4 προσδιορίζονται σε επιμέρους ενότητες. Η προδιαγραφή καθορίζει τις λειτουργίες διαλειτουργικότητας που πρέπει να υλοποιεί ένα ECDIS συμβατό με S-100. Καθορίζει επίσης τη μορφή των καταλόγων διαλειτουργικότητας. Σημειώνεται πως λειτουργικότητα πέρα από αυτήν την προδιαγραφή μπορεί να παρέχεται από ECDIS συμβατά με το S-100, συμπεριλαμβανομένων λειτουργιών που επιτρέπουν στους χρήστες να προσδιορίζουν τους δικούς τους κανόνες διαλειτουργικότητας. Η προδιαγραφή προορίζεται για συστήματα πλοήγησης, ωστόσο οι ίδιες ιδέες δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν και σε άλλα συστήματα και εφαρμογές, όπου θα πρέπει να οριστούν ως ξεχωριστή προδιαγραφή.

Η 1^η έκδοση της προδιαγραφής περιγράφει τη διαλειτουργικότητα για τις προδιαγραφές προϊόντος που βασίζονται στο S-100 που αναφέρονται στον **Πίνακα 5-2**. Ένας κατάλογος που συμμορφώνεται με αυτήν την έκδοση της προδιαγραφής μπορεί ενδεχομένως να περιλαμβάνει επίσης παρόμοιες προδιαγραφές προϊόντος, όπως το S-123 (Marine Radio Services), αλλά η δυνατότητα συμπερίληψης και άλλων προδιαγραφών προϊόντος θα αξιολογείται κατά περίπτωση.

Πίνακας 5-2. Προδιαγραφές προϊόντος S-100 που καλύπτονται από την 1^η έκδοση του S-98 (IHO, 2022b)

Κωδικός	Τίτλος Προδιαγραφής Προϊόντος
S-101	Electronic Navigational Chart (ENC) / Cartes électroniques de navigation

S-102	Bathymetric Surface / Surface bathymétrique
S-104	Water Level Information for Surface Navigation / Information de hauteur d'eau pour la navigation de surface
S-111	Surface currents / Courants de surface
S-129	Under Keel Clearance Management / Gestion de dégagement sous la quille

5.4.2. Κατάλογος Διαλειτουργικότητας (Interoperability Catalogue)

Ο Κατάλογος Διαλειτουργικότητας καθορίζει τη σχετική προτεραιότητα εμφάνισης των τύπων οντοτήτων και των στιγμιοτύπων τους που ορίζονται σε οποιοδήποτε από τα προϊόντα δεδομένων εντός του πεδίου εφαρμογής του Καταλόγου Διαλειτουργικότητας. Ένας κατάλογος διαλειτουργικότητας είναι έγγραφο XML που συμμορφώνεται με το Σχήμα Καταλόγου Διαλειτουργικότητας που ορίζεται στην ενότητα 16 του S-100 (Εικόνα 5-6).

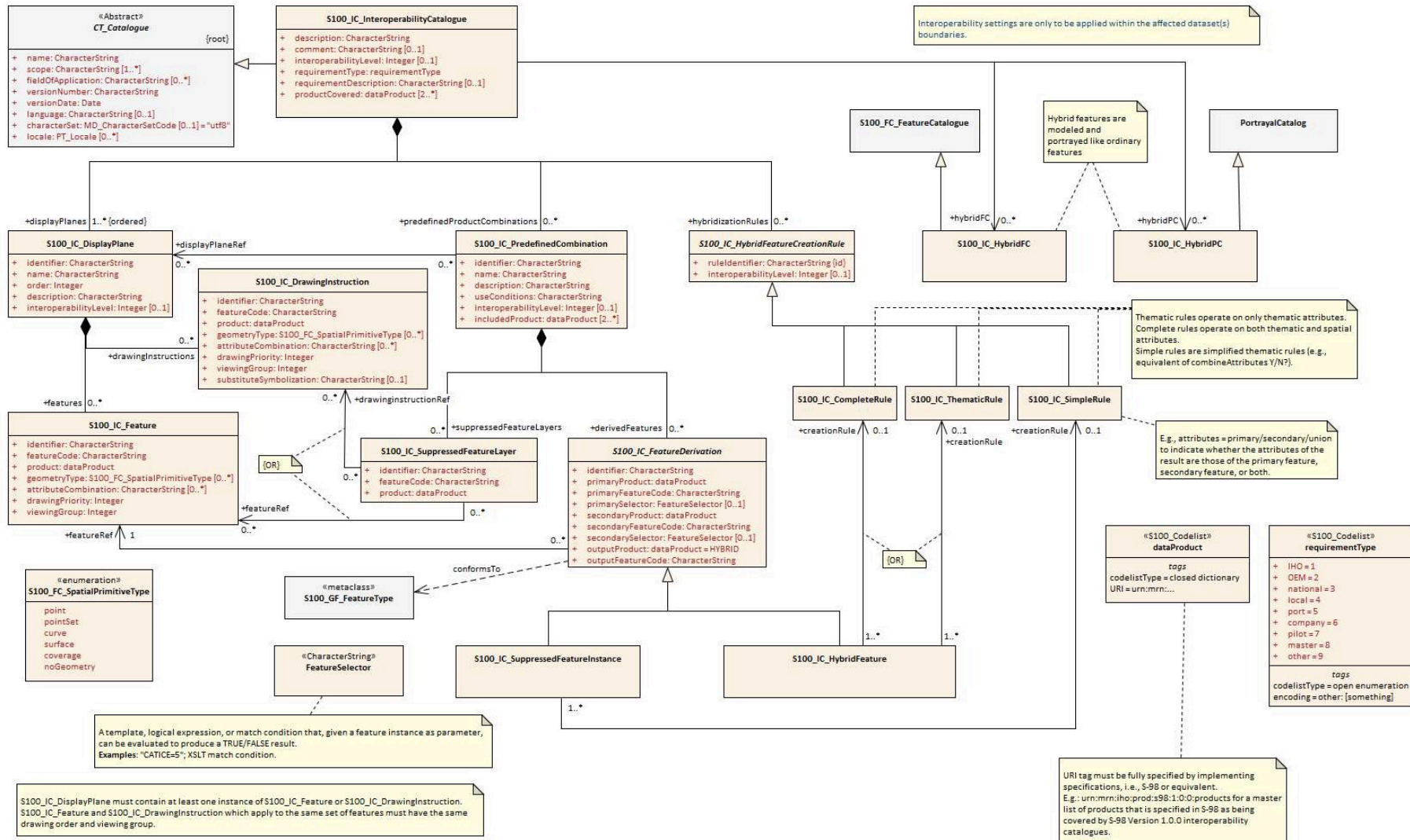
- Χρήση τύπων γεωγραφικών οντοτήτων

Η σχετική ιεράρχηση για σκοπούς εμφάνισης των τύπων γεωγραφικών οντοτήτων S-100 βρίσκεται στον πυρήνα της προδιαγραφής Καταλόγου Διαλειτουργικότητας. Για τον κατάλογο διαλειτουργικότητας, οι τύποι οντοτήτων δύνανται να θεωρηθούν ως το πεδίο (αγγλ. “domain”) του σχήματος εφαρμογών, όπως ακριβώς οι έννοιες οντοτήτων αποτελούν το πεδίο μιας προδιαγραφής προϊόντος. Τα στιγμιότυπα οντοτήτων δεν κωδικοποιούνται, καθώς ένας Κατάλογος Διαλειτουργικότητας είναι ένα προϊόν που είναι λειτουργικά μια συλλογή κανόνων που προσαρμόζουν την εμφάνιση πληροφοριών από σύνολα δεδομένων οντοτήτων και ένας Κατάλογος Διαλειτουργικότητας δεν είναι προϊόν δεδομένων που βασίζεται σε οντότητες.

Οι αναφορές σε τύπους οντοτήτων εμφανίζονται ως τιμές ιδιοτήτων στους Καταλόγους Διαλειτουργικότητας. Η αναφορά θα προσδιορίσει την προδιαγραφή προϊόντος στην οποία ορίζεται ο τύπος της οντότητας και δύναται επίσης να προσδιορίσει την σχετική έκδοση. Εάν η έκδοση δεν προσδιορίζεται, η αναφορά είναι στον υποδεικνυόμενο τύπο οντότητας σε όλες τις εκδόσεις της προδιαγραφής προϊόντος. Μια αναφορά σε έναν τύπο οντότητας πρέπει να ερμηνεύεται ότι ισχύει για όλα τα στιγμιότυπα του τύπου οντότητας σε σύνολα δεδομένων που συμμορφώνονται με την υποδεικνυόμενη προδιαγραφή προϊόντος και την έκδοση. Πρόσθετες προϋποθέσεις που περιορίζουν την εφαρμογή σε υποσύνολα στιγμιοτύπων οντοτήτων μπορούν να κωδικοποιηθούν σε άλλες ιδιότητες.

- Συσχετίσεις οντοτήτων και πληροφοριών

Οι συσχετίσεις οντοτήτων και πληροφοριών δεν χρησιμοποιούνται απευθείας σε έναν κατάλογο διαλειτουργικότητας και δύνανται να αναφέρονται από λειτουργίες και κανόνες διαλειτουργικότητας. Επίσης, οι τύποι πληροφοριών δεν λαμβάνουν προτεραιότητα από έναν κατάλογο διαλειτουργικότητας, ούτε δύνανται να χρησιμοποιούνται απευθείας σε αυτόν.



Εικόνα 5-6. Σχήμα Καταλόγου Διαλειτουργικότητας (S-100 Ενότητα 16, 2018a)(S-100 Ενότητα 16, 2018a)

5.4.3. Επίπεδα Διαλειτουργικότητας (Interoperability Levels)

Όπως αναφέρθηκε, η προδιαγραφή S-98 ορίζει τέσσερα επίπεδα διαλειτουργικότητας και μόνο τα επίπεδα 1 και 2 περιγράφονται πλήρως στην 1^η έκδοση της προδιαγραφής. Τα επίπεδα 3 και 4 περιγράφονται για λόγους πληρότητας, αλλά οι προδιαγραφές τους έχουν μόνο ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν θα πρέπει να περιλαμβάνονται σε υλοποιήσεις παραγωγής αυτής της έκδοσης του Καταλόγου Διαλειτουργικότητας.

- Επίπεδο 0 – Επικαλύψεις (Overlays) χωρίς ρητή διαλειτουργικότητα

Στο Επίπεδο 0 όλη η επεξεργασία διαλειτουργικότητας είναι απενεργοποιημένη και τα δεδομένα οντοτήτων διαβιβάζονται αμετάβλητα προς επεξεργασία χαρτογραφικής απόδοσης, όπως επίσης και οι πληροφορίες επιπέδου εμφάνισης/προβολής (αγγλ. display plane) από τον κατάλογο διαλειτουργικότητας, καθώς καθορίζει τα επίπεδα εμφάνισης που πρέπει να δημιουργηθούν στην οθόνη. Στο Επίπεδο 0 δεν χρησιμοποιούνται κατάλογοι διαλειτουργικότητας. Τα ENCs αντιμετωπίζονται ως το κύριο προϊόν στην οθόνη και όλα τα άλλα προϊόντα είναι επικαλύψεις. Η προτεραιότητα του επιπέδου πληροφοριών συνεχίζει να συμμορφώνεται με τα σχετικά πρότυπα απόδοσης (αγγλ. performance standards) του International Maritime Organisation (IMO) και του International Electrotechnical Commission (IEC).

Οι επικαλύψεις προϊόντων δεδομένων (αγγλ. data product overlays) δύνανται να απεικονίζονται με διαφάνεια, ώστε να μην αποκρύπτονται τα χαμηλότερα επίπεδα, αλλά οι τιμές διαφάνειας γενικά δεν τροποποιούνται χρησιμοποιώντας κανόνες που βασίζονται στο περιεχόμενο δεδομένων ή τους τύπους οντοτήτων. Δύνανται να τροποποιηθούν από πληροφορίες περιβάλλοντος, όπως ο αριθμός των στοιβαγμένων επιπέδων ή η λειτουργία επιπέδου φωτός (αγγλ. light level mode). Η διαλειτουργικότητα του επιπέδου 0 είναι ουσιαστικά ισοδύναμη με αυτό που κάνουν τα υφιστάμενα συστήματα. Είναι επίσης η προεπιλεγμένη εναλλακτική εάν φορτωθεί ένα προϊόν που δεν αναφέρεται στον Κατάλογο Διαλειτουργικότητας. Υπάρχει μια άρρητη παραδοχή ότι οι κατάλογοι χαρτογραφικής απόδοσης εκχωρούν οντότητες μόνο σε επίπεδα προβολής πάνω/υπό των ενδείξεων του ραντάρ. Εάν τα επίπεδα εμφάνισης έχουν πιο σύνθετη σημασιολογία και ορίζονται στους καταλόγους χαρτογραφικής απόδοσης, το Επίπεδο 0 είναι πιθανό να συγχωνευθεί στο Επίπεδο 1.

- Επίπεδο 1 – Ενδιάμεση (Interleaving)

Στην επεξεργασία Επιπέδου 1, οι τύποι οντοτήτων από διαφορετικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένου του S-101, παρεμβάλλονται όπως καθορίζεται από το επίπεδο προβολής και τις πληροφορίες προτεραιότητας σχεδίασης που περιέχονται στον Κατάλογο Διαλειτουργικότητας. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας διαλειτουργικότητας είναι είτε τα αρχικά δεδομένα οντοτήτων (επιλογή επεξεργασίας 1), είτε οδηγίες σχεδίασης (επιλογή επεξεργασίας 2), συνοδευόμενα από επίπεδο οθόνης και πληροφορίες προτεραιότητας σχεδίασης, οι οποίες διαβιβάζονται στον επεξεργαστή χαρτογραφικής απόδοσης. Τα ENCs εξακολουθούν να αντιμετωπίζονται ως το κύριο προϊόν, αλλά τα επίπεδα οντοτήτων από άλλα προϊόντα ενδέχεται να παρεμβάλλονται με τα επίπεδα οντοτήτων ENC για να αποφευχθεί η απόκρυψη δεδομένων ENC. Με άλλα λόγια, η διαλειτουργικότητα του

επιπέδου 1 επιτρέπει μόνο αλλαγές στα επίπεδα εμφάνισης και τις σειρές εμφάνισης που καθορίζονται στους καταλόγους χαρτογραφικής απόδοσης των καλυπτόμενων προϊόντων. Δεν υπάρχει άλλη επεξεργασία δεδομένων οντοτήτων που να σχετίζεται με τη διαλειτουργικότητα σε αυτό το επίπεδο.

- **Επίπεδο 2 – Επιλεκτικότητα βάσει τύπου και αντικατάσταση κατηγορίας οντοτήτων (Type-based selectivity and feature class replacement)**

Στην επεξεργασία Επιπέδου 2, επιτρέπεται η λειτουργικότητα Επιπέδου 1, καθώς και η απόκρυψη - αντικατάσταση όλων των οντοτήτων ενός συγκεκριμένου τύπου οντότητας σε ένα συγκεκριμένο προϊόν, με έναν άλλο τύπο οντότητας από διαφορετικό προϊόν να εμφανίζεται αντ' αυτού. Είναι επίσης δυνατό το φιλτράρισμα κατά τιμές ιδιοτήτων και τύπο γεωμετρίας. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας διαλειτουργικότητας είναι το ίδιο με το Επίπεδο 1 με ορισμένους τύπους οντοτήτων να αντικαθίσταται. Οι τύποι οντοτήτων σε κάποια προϊόντα δύναται να καθοριστεί ότι είναι ανώτεροι από συγκεκριμένους τύπους οντοτήτων ENC, με την έννοια ότι οι οντότητες του άλλου προϊόντος περιέχουν περισσότερες λεπτομέρειες, ή/και έχουν τιμές δεδομένων υψηλότερης ανάλυσης από τις αντίστοιχες οντότητες των ENC. Σε αυτό το επίπεδο διαλειτουργικότητας, επιτρέπεται η καθολική αντικατάσταση ισοδύναμων οντοτήτων ENC προς όφελος του ανώτερου επιπέδου, δηλαδή όλα τα στιγμιότυπα του καθορισμένου τύπου οντοτήτων ENC αντικαθίστανται και εμφανίζεται το επίπεδο ανώτερης οντότητας.

Επιλεγμένοι τύποι οντοτήτων από κάποια προϊόντα δύναται να θεωρηθούν ότι είναι ανώτεροι ή βελτιώνουν επιλεγμένα στιγμιότυπα οντοτήτων των ENC. Οι οντότητες επιλέγονται χρησιμοποιώντας φίλτρα συνδυασμού ιδιοτήτων-τιμών, που χρησιμοποιούν τύπο οντότητας και τιμές των θεματικών ιδιοτήτων. Η γεωμετρία του στιγμιότυπου ανώτερης οντότητας πρέπει να είναι χωρικά ίση με αυτήν του στιγμιότυπου της οντότητας ENC, εντός καθορισμένων ανοχών. Το αποτέλεσμα της διαλειτουργικότητας είναι ότι επιλεγμένα στιγμιότυπα οντοτήτων ENC καταργούνται ή αντικαθίστανται από καθορισμένες οντότητες από το άλλο προϊόν. Μόνο θεματικές ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φίλτρα ιδιοτήτων-τιμών. Τα ακριβή κριτήρια και η διαδικασία για τον καθορισμό ποια δεδομένα είναι ανώτερα, είναι υπό διαμόρφωση (αρχές του 2023).

Η επιλογή των οντοτήτων προς αντικατάσταση σε αυτό το επίπεδο χρησιμοποιεί πληροφορίες τύπου οντοτήτων και προϊόντος δεδομένων. Η μόνη λειτουργία είναι η αντικατάσταση των στιγμιότυπων στο σύνολό τους και δεν γίνεται συνδυασμός πληροφοριών της οντότητας που αντικαθίσταται και με αυτήν που την αντικαθιστά. Το Επίπεδο 2 προσθέτει επίσης δυνατότητες που επιτρέπουν στους Καταλόγους να διαχωρίζουν κανόνες και λειτουργίες διαλειτουργικότητας σύμφωνα με καθορισμένους συνδυασμούς προϊόντων δεδομένων, που ονομάζονται ως «προκαθορισμένοι συνδυασμοί». Οι κανόνες και οι λειτουργίες εφαρμόζονται μόνο όταν τα αντίστοιχα προϊόντα δεδομένων αποτελούν μέρος της χαρτογραφικής απόδοσης. Οι Κατάλογοι Επιπέδου 2 μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν λειτουργικότητα Επιπέδου 1 για ορισμένες οντότητες σε περίπτωση που χρειάζεται.

- Επίπεδο 3 – Υβριδισμός χαρακτηριστικών (Feature hybridization)

Όπως και στο Επίπεδο 2, τα ENCs αντιμετωπίζονται ως ένα από τα στοιχεία της στοίβας δεδομένων και επιλεγμένα στιγμιότυπα οντοτήτων από άλλα προϊόντα μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι ανώτερα ή πως βελτιώνουν επιλεγμένα στιγμιότυπα οντοτήτων ENC. Τα στιγμιότυπα οντοτήτων επιλέγονται χρησιμοποιώντας εκφράσεις επιλογής που χρησιμοποιούν τύπο οντοτήτων και τιμές θεματικών ιδιοτήτων. Η γεωμετρία του ανώτερου/βελτιωμένου στιγμιότυπου οντότητας πρέπει να είναι χωρικά ίση με εκείνη του στιγμιότυπου οντότητας ENC, εντός καθορισμένων ανοχών. Το Επίπεδο 3 επεκτείνει τις δυνατότητες διαλειτουργικότητας του Επιπέδου 2, καθώς το στιγμιότυπο οντοτήτων ENC είτε αντικαθίσταται από άλλο στιγμιότυπο οντότητας όπως στο Επίπεδο 2, είτε υβριδοποιείται (αγγλ. hybridized) με αυτό, δηλαδή οι ιδιότητες τους συνδυάζονται με κάποιο τρόπο. Στο Επίπεδο 3, μόνο θεματικές ιδιότητες μπορούν να συνδυαστούν για σκοπούς υβριδοποίησης.

Ο υβριδισμός μπορεί να συνίσταται σε προσαρμογές στις ιδιότητες ενός από τα στιγμιότυπα ENC ή άλλων οντοτήτων, όπως εκ νέου ο υπολογισμός των τιμών μιας αριθμητικής ιδιότητας ή και προσθήκη τιμών που παρατίθενται σε μια ιδιότητα απαρίθμησης. Ο υβριδισμός μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ένα στιγμιότυπο διαφορετικού τύπου οντότητας με ένα βελτιωμένο σύνολο θεματικών ιδιοτήτων, μερικές από τις οποίες μπορεί να είναι νέες ιδιότητες που δημιουργούνται από τιμές ιδιοτήτων των αρχικών στιγμιότυπων. Το προϊόν διαλειτουργικότητας δύναται να περιλαμβάνει έναν υβριδικό κατάλογο ιδιοτήτων και έναν κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης που θα καθορίζουν τους τύπους ιδιοτήτων και τις απεικονίσεις για νέες υβριδικές οντότητες. Οι δομές τους θα είναι οι ίδιες με τους κανονικούς Καταλόγους Οντοτήτων και Χαρτογραφικής Απόδοσης.

- Επίπεδο 4 – Χωρικές λειτουργίες (Spatial operations)

Αυτό το επίπεδο είναι το ίδιο με το Επίπεδο 3, αλλά τα επιτρεπόμενα χωρικά ερωτήματα για τον προσδιορισμό των σχετικών υποσυνόλων και οι λειτουργίες για τον καθορισμό του αποτελέσματος της διαλειτουργικότητας ορίζονται ρητά χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο σύνολο χωρικών κανόνων. Αυτό σημαίνει ότι οι οντότητες ENC και οι οντότητες άλλου προϊόντος δεν χρειάζεται να είναι χωρικά ίσα παρά μόνο να συσχετίζονται μεταξύ τους μέσω του χωρικού ερωτήματος. Για τον υβριδισμό, εκτός από τις θεματικές ιδιότητες, η γεωμετρία των οντοτήτων μπορεί επίσης να συνδυαστεί χρησιμοποιώντας χωρικές λειτουργίες. Τα χωρικά ερωτήματα για τον προσδιορισμό των σχετικών οντοτήτων ENC/άλλου προϊόντος μπορούν να οριστούν με όρους σε ρητούς κανόνες όπως θέσεις εντός X m ή X mm σε κλίμακα προϊόντος για σημειακές οντότητες, επικάλυψη 99% για οντότητες περιοχής ή κάποιος άλλος επαρκώς ρητός κανόνας.

5.5. Λειτουργικά Θέματα Εφαρμογής του S-100

5.5.1. Διαδικασίες Συντήρησης (Maintenance)

Καθώς οι χρήστες αρχίζουν να εφαρμόζουν το S-100 και τις σχετικές προδιαγραφές προϊόντων, ενδέχεται να εντοπιστούν σφάλματα και ελλείψεις στο S-100 και αυτά θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με ομοιόμορφο τρόπο. Η ενότητα 12 (IHO, 2018b) καθορίζει τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται για την ενημέρωση, τη συντήρηση και τη

δημοσίευση των διαφόρων ενοτήτων του S-100. Η σχετική ενότητα δεν αφορά τη συντήρηση του μητρώου S-100, καθώς κάθε διαχειριστής των επιμέρους μητρώων έχει τις δικές του συγκεκριμένες διαδικασίες για την ενημέρωση των μητρώων που είναι αρμόδιος. Επιπλέον, η ενότητα 12 δεν αφορά το καθεστώς συντήρησης των προδιαγραφών προϊόντων καθώς όλες οι σχετικές προδιαγραφές προϊόντων που βασίζονται στο S-100 πρέπει να περιλαμβάνουν μια σχετική ενότητα συντήρησης. Ωστόσο, οι εκδόσεις S-100 θα πρέπει να είναι συμβατές με τις παλαιότερες για να διασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα των προδιαγραφών προϊόντων.

Οι προτάσεις αλλαγής αναφορικά με το S-100 συντονίζονται από την ομάδα εργασίας S-100WG και διατίθενται μέσω της ιστοσελίδας του IHO. Οι οργανισμοί που επιθυμούν να κάνουν αλλαγές στο S-100 πρέπει να απευθύνουν τις προτάσεις αλλαγής στο Διεθνές Υδρογραφικό Γραφείο (αγγλ. International Hydrographic Bureau). Οι αλλαγές στο S-100 ταξινομούνται σε ένα από τρία διακριτά επίπεδα: νέα έκδοση, αναθεώρηση ή διευκρίνιση. Σε κάθε επίπεδο, η διαδικασία ανάπτυξης, διαβούλευσης και έγκρισης είναι ελαφρώς διαφορετική, η οποία κυμαίνεται από ένα πολύ ολοκληρωμένο καθεστώς για νέες εκδόσεις έως την έγκριση σε επίπεδο υφιστάμενου φορέα για διευκρινίσεις. Οι νέες εκδόσεις και αναθεωρήσεις θεωρούνται ως «σημαντικές αλλαγές» για σκοπούς αναθεώρησης, διαβούλευσης και έγκρισης. Όλες οι προτεινόμενες αλλαγές αξιολογούνται τεχνικά και επιχειρησιακά πριν από την έγκριση. Όλες οι προτάσεις υποβάλλονται στην γραμματεία του S-100WG χρησιμοποιώντας το έντυπο “S-100 Maintenance - Change Proposal Form” που βρίσκεται στο Παράρτημα 12-A. Οι αλλαγές στο πρότυπο S-100 υπόκεινται στους όρους της Απόφασης (αγγλ. Resolution) 2/2007 του IHO με τίτλο “Principles and Procedures for making changes to IHO Technical Standards and Specifications” (IHO, 2022a). Ας δούμε αναλυτικότερα τις διάφορες περιπτώσεις:

- Διευκρίνιση (Clarification)

Οι διευκρινίσεις είναι μη ουσιαστικές αλλαγές στο S-100. Συνήθως οι διευκρινίσεις αφορούν αφαίρεση ασάφειας, διόρθωση γραμματικών και ορθογραφικών λαθών, τροποποίηση ή ενημέρωση παραπομπών, εισαγωγή βελτιωμένων γραφικών στην ορθογραφία, τη στίξη και τη γραμματική. Μια διευκρίνιση δεν προκαλεί κάποια ουσιαστική σημασιολογική αλλαγή στο S-100 και είναι ευθύνη της ομάδας εργασίας και μπορούν να ανατεθούν σε αρμόδιο συντάκτη.

- Αναθεώρηση (Revision)

Ως αναθεωρήσεις ορίζονται οι ουσιαστικές σημασιολογικές αλλαγές στο S-100. Συνήθως, οι αναθεωρήσεις αλλάζουν τις υπάρχουσες προδιαγραφές για τη διόρθωση πραγματικών σφαλμάτων, εισάγουν απαραίτητες αλλαγές που έχουν γίνει εμφανείς ως αποτέλεσμα πρακτικής εμπειρίας ή μεταβαλλόμενων συνθηκών, ή προσθέτουν νέες προδιαγραφές σε μια υπάρχουσα ενότητα. Οι αναθεωρήσεις δύνανται να έχουν αντίκτυπο είτε σε υπάρχοντες χρήστες είτε σε μελλοντικούς χρήστες ενός αναθεωρημένου προτύπου. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια πλήρης συμβουλευτική διαδικασία που παρέχει τη δυνατότητα για διαβούλευση από όσο το δυνατόν περισσότερα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι προτεινόμενες αλλαγές στο S-100 αξιολογούνται και δοκιμάζονται όπου είναι πρακτικό. Απαιτείται η έγκριση των κρατών μελών (αγγλ. Member States) του IHO προτού τεθούν σε ισχύ

οποιοσδήποτε αναθεωρήσεις του S-100. Όλες οι σωρευτικές διευκρινίσεις περιλαμβάνονται στην έκδοση των εγκεκριμένων αναθεωρήσεων. Μια αναθεώρηση δεν πρέπει να ταξινομείται ως διευκρίνιση προκειμένου να παρακαμφθούν οι σχετικές διαδικασίες διαβούλευσης.

- **Νέα Έκδοση (New Edition)**

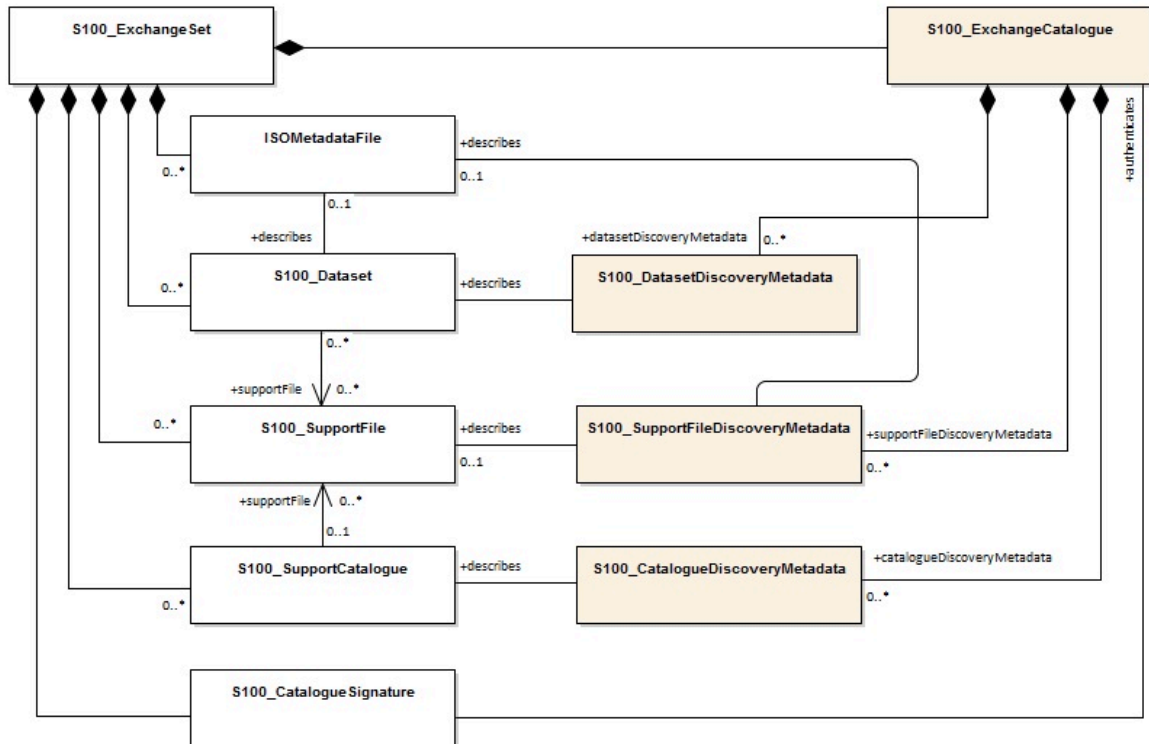
Οι νέες εκδόσεις του S-100 εισάγουν σημαντικές αλλαγές. Οι νέες εκδόσεις επιτρέπουν την εισαγωγή νέων εννοιών, όπως τη δυνατότητα υποστήριξης νέων λειτουργιών ή εφαρμογών ή την εισαγωγή νέων δομών ή τύπων δεδομένων. Οι νέες εκδόσεις είναι πιθανό να έχουν σημαντικό αντίκτυπο είτε στους υπάρχοντες χρήστες είτε στους μελλοντικούς χρήστες του αναθεωρημένου προτύπου. Ως εκ τούτου, απαιτείται μια πλήρης συμβουλευτική διαδικασία που παρέχει την ευκαιρία για διαβούλευση από όσο το δυνατόν περισσότερα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι προτεινόμενες αλλαγές στο S-100 θα πρέπει να αξιολογηθούν και να δοκιμαστούν όπου είναι πρακτικό. Απαιτείται η έγκριση των κρατών μελών πριν τεθεί σε ισχύ οποιαδήποτε νέα έκδοση του S-100. Όλες οι σωρευτικές διευκρινίσεις και αναθεωρήσεις πρέπει να συμπεριληφθούν στην έκδοση μιας εγκεκριμένης νέας έκδοσης του S-100.

- **Κωδικοποίηση Αλλαγών (Version Control)**

Ο IHO κυκλοφορεί αναθεωρημένες εκδόσεις του S-100 όταν απαιτείται. Οι αναθεωρημένες εκδόσεις περιλαμβάνουν διευκρινίσεις, αναθεωρήσεις και νέες εκδόσεις. Κάθε έκδοση περιέχει μια λίστα αλλαγών που προσδιορίζει τις αλλαγές μεταξύ των εκδόσεων του S-100. Οι διευκρινίσεις σημειώνονται ως x.x.n. Σε κάθε διευκρίνιση ή σύνολο διευκρινίσεων που εγκρίνεται σε μία μόνο χρονική στιγμή αυξάνεται το n κατά 1. Οι αναθεωρήσεις σημειώνονται ως x.n.0. Σε κάθε αναθεώρηση ή σύνολο αναθεωρήσεων που εγκρίνεται σε μία χρονική στιγμή αυξάνεται το n κατά 1. Ο νέος κωδικός έκδοσης αναθεώρησης ορίζει τον κωδικό έκδοσης διευκρίνισης σε 0. Οι νέες εκδόσεις δηλώνονται ως n.0.0. Σε κάθε νέα έκδοση που εγκρίνεται σε μία χρονική στιγμή αυξάνεται το n κατά 1. Ο κωδικός Νέας Έκδοσης θέτει τον κωδικό έκδοσης διευκρίνισης και αναθεώρησης σε 0.

5.5.2. Ανταλλαγή Δεδομένων (S-100 Exchange Set)

Το *S-100 Exchange Set* (ελλ. *Αρχείο Ανταλλαγής*) είναι ένας φάκελος δεδομένων που παρέχει όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για μια αξιόπιστη και ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων συμβατών με το S-100. Προορίζεται να είναι μια αυτόνομη οντότητα που αποτελείται από αρχεία δεδομένων και εγγραφές μεταδεδομένων σε ένα πακέτο εφαρμόζοντας τους προβλεπόμενους κανόνες ακεραιότητας δεδομένων και ασφάλειας. Η ιδέα του αρχείου ανταλλαγής S-100 είναι μια υλοποίηση των κλάσεων ISO 19115-3, οι οποίες στηρίζουν θεμελιωδώς την ανταλλαγή γεωχωρικών δεδομένων και σχετικών μεταδεδομένων (S-100 Ενότητα 1, 2018a).



Εικόνα 5-7. S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)

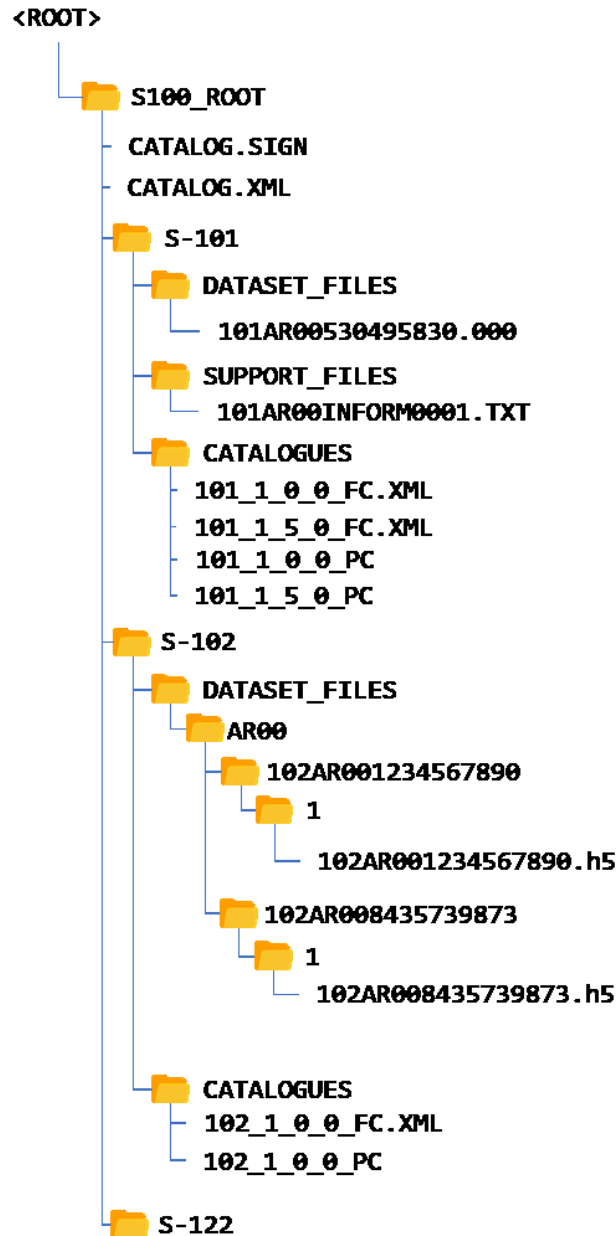
Σε επίπεδο υλοποίησης, το αρχείο ανταλλαγής S-100 δύναται να περιλαμβάνει έναν συνδυασμό συνόλου δεδομένων S-100 (αγγλ. datasets), αρχείων υποστήριξης (αγγλ. support files) και αρχείων καταλόγου (αγγλ. Catalogue files) μαζί με τις πληροφορίες μεταδεδομένων για όλους αυτούς τους πόρους με τη μορφή του καταλόγου του αρχείου ανταλλαγής S-100 (Εικόνα 5-7). Εννοιολογικά αυτό οδηγεί στο πιο λεπτομερές μοντέλο του αρχείου ανταλλαγής S-100, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τα ενδιαφερόμενα μέρη και οι περιπτώσεις για την ανταλλαγή δεδομένων S-100 δύναται να είναι:

- από Υδρογραφικό Γραφείο (αγγλ. Hydrographic Office, συντ. HO) σε HO (ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ Υδρογραφικών Γραφείων)
- από HO σε IHO/RHC (συντ. Regional Hydrographic Center)
- από HO σε RENC (συντ. Regional ENC Coordinating Center)
- από HO σε Αντιπρόσωπο Διανομής (αγγλ. Distribution Agent)
- από RENC σε VAR (συντ. Value-added Reseller)
- από VAR σε Αντιπρόσωπο Διανομής
- από τον Αντιπρόσωπο Διανομής στο πλοίο (ECDIS)
- Υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Πλοήγησης

Ενώ οι περιπτώσεις χρήσης του αρχείου ανταλλαγής δεδομένων S-100 δύναται να περιλαμβάνουν:

- Διανομή του συνόλου δεδομένων S-100 για μία μόνο Προδιαγραφή Προϊόντος
- Διανομή δεδομένων S-100 για πολλαπλές προδιαγραφές προϊόντων
- Ενημέρωση συνόλου δεδομένων S-100
- Ενημέρωση αρχείων υποστήριξης
- Διαγραφή δεδομένων S-100 και αρχείου υποστήριξης

- Νέα έκδοση αρχείων καταλόγου οντοτήτων, χαρτογραφικής απόδοσης και διαλειτουργικότητας
- Ενημέρωση αρχείων καταλόγου οντοτήτων, χαρτογραφικής απόδοσης και διαλειτουργικότητας
- Διαγραφή αρχείων καταλόγου οντοτήτων, χαρτογραφικής απόδοσης ή/και διαλειτουργικότητας



Εικόνα 5-8. Μια δομή φακέλου S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)

Στην **Εικόνα 5-8** παρατίθεται παράδειγμα για τη δομή φακέλων ενός *αρχείου ανταλλαγής* δεδομένων S-100 (αγγλ. Exchange Set Folder Structure) για την οποία ισχύουν τα κάτωθι:

1. Το *αρχείο ανταλλαγής* S-100 πρέπει να περιέχει ένα XML αρχείο καταλόγου (αγγλ. Exchange Set Catalogue), CATALOG.XML, την ψηφιακή του υπογραφή

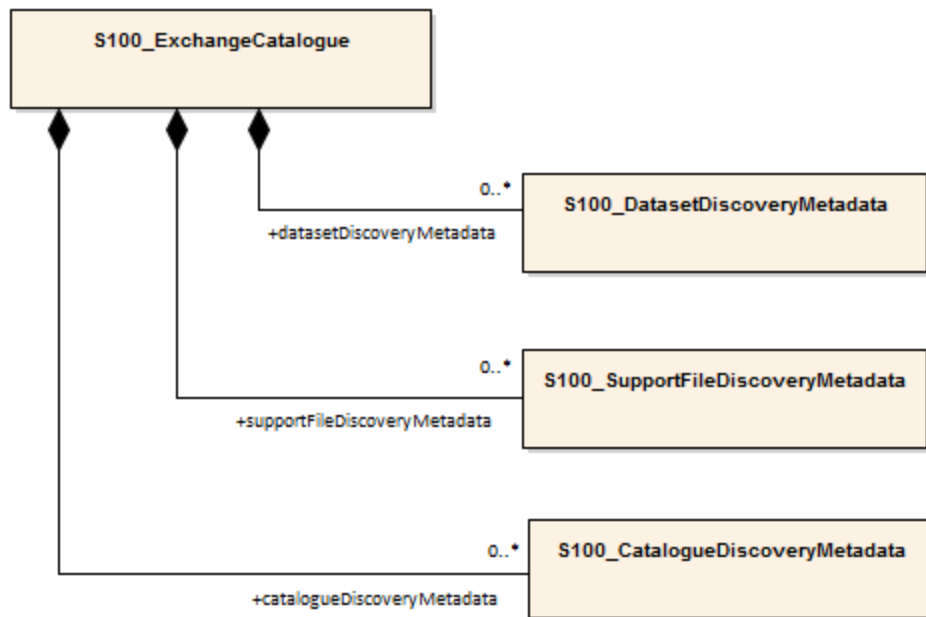
- CATALOG.SIGN και μπορεί να περιέχει οποιονδήποτε αριθμό αρχείων δεδομένων συμβατών με S-100, αρχεία υποστήριξης και αρχεία καταλόγων.
2. Όλο το περιεχόμενο S-100 πρέπει να τοποθετηθεί σε έναν ριζικό φάκελο (αγγλ. top root folder) με όνομα S100_ROOT. Αυτός είναι ο αρχικός φάκελος σε ένα *αρχείο ανταλλαγής* που περιέχει μόνο προϊόντα S-100.
 3. Ο φάκελος S100_ROOT πρέπει να περιέχει έναν υποφάκελο για κάθε συγκεκριμένο τύπο δεδομένων Προδιαγραφής Προϊόντος S-100 που περιλαμβάνεται στο *αρχείο ανταλλαγής*, για παράδειγμα S-101, S-102, S-104 (ονόματα Προδιαγραφών Προϊόντος που ορίζονται στο Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών του ΙΗΟ). Οι υποφάκελοι αυτοί περιέχουν περιεχόμενο S-100 συγκεκριμένο για μια μεμονωμένη προδιαγραφή προϊόντος.
 4. Κάθε υποφάκελος προϊόντος πρέπει να περιέχει υποφακέλους για τα αρχεία συνόλων δεδομένων (DATASET_FILES), τα αρχεία υποστήριξης (SUPPORT_FILES) και τους καταλόγους (CATALOGUES), όπως απαιτείται.
 5. Μεμονωμένα αρχεία δεδομένων ή λεπτομερή μεταδεδομένα ISO 19115- 1/2/3 μπορούν προαιρετικά να τοποθετηθούν στους δικούς τους υποφακέλους ή να ομαδοποιηθούν.
 6. Τα αρχεία υποστήριξης, από την άλλη πλευρά, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε έναν φάκελο ώστε να αποτραπεί η αντιγραφή σε πολλούς φακέλους δεδομένων. Ομοίως, όταν χρειάζεται, ένα *αρχείο ανταλλαγής* μπορεί να περιλαμβάνει επιπλέον καταλόγους ή/και διαφορετικές εκδόσεις τους, οι οποίοι θα πρέπει επίσης να ομαδοποιηθούν σε έναν φάκελο.
 7. Η απαιτούμενη παρουσία XML εγγράφου καταλόγου του *αρχείου ανταλλαγής* πρέπει να ονομάζεται CATALOG.XML και να τοποθετηθεί στο φάκελο S100_ROOT, μαζί με το αρχείο ψηφιακής υπογραφής (CATALOG.SIGN). Όλες οι άλλες ψηφιακές υπογραφές περιλαμβάνονται μαζί με τις αντίστοιχες εγγραφές μεταδεδομένων πόρων στο CATALOG.XML.

Ένα *αρχείο ανταλλαγής* S-100 μπορεί προαιρετικά να οριστεί μαζί με σύνολα δεδομένων S-57 με τους δικούς τους ριζικούς φακέλους ENC_ROOT και INFO, όπως απαιτείται από τις Προδιαγραφές Προϊόντος S-57 ENC και προαιρετικά του S-63. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν τρεις φάκελοι ανώτατου επιπέδου: ENC_ROOT και INFO για S-57 και S100_ROOT με δύο ξεχωριστούς καταλόγους που καλύπτουν το αντίστοιχο περιεχόμενο (CATALOG.031 και CATALOG.XML).

- Κατάλογος S-100 Exchange Set (CATALOG.XML)

Ο Κατάλογος του *αρχείου ανταλλαγής* S100 είναι ένα στιγμιότυπο εγγράφου XML το οποίο παρέχει πληροφορίες μεταδεδομένων που απαιτούνται για την εύρεση και χρήση των πόρων που περιέχονται στο *αρχείο ανταλλαγής* S-100 (βλέπε **Εικόνα 5-9**). Αυτό το υποχρεωτικό, κεντρικό στοιχείο των *αρχείων ανταλλαγής* S-100 ονομάζεται CATALOG.XML και αποτελείται από πολλά στοιχεία που καταγράφουν κατάλληλες εγγραφές μεταδεδομένων για κάθε τύπο πόρων. Τα στοιχεία αυτά καλύπτουν μεταδεδομένα για τον Κατάλογο του *αρχείου ανταλλαγής*, την προέλευση των δεδομένων, την προέλευση των αρχείων υποστήριξης, τυχόν αναφορές σε μεταδεδομένα δεδομένων ISO 19115-1/2/3 και πρόσθετους Καταλόγους όπως απεικονίζονται στην **Εικόνα 5-9**.

Οι υποενότητες των μεταδεδομένων εξεύρεσης έχουν ιδιότητες που επιτρέπουν την εξέταση σημαντικών πληροφοριών σχετικά με τα σύνολα δεδομένων και τα συνοδευτικά αρχεία υποστήριξης χωρίς την ανάγκη επεξεργασίας των δεδομένων, για παράδειγμα σημάνσεις κρυπτογράφησης και συμπίεσης. Ομοίως, άλλοι Κατάλογοι μπορούν να συμπεριληφθούν στο αρχείο ανταλλαγής S-100, για την υποστήριξη των συνόλων δεδομένων, όπως οντοτήτων, χαρτογραφικής απόδοσης, συστήματα αναφοράς συντεταγμένων, λίστες κωδικών κ.λπ. Επιπλέον, ο Κατάλογος του αρχείου ανταλλαγής S100 παρέχει μηχανισμούς για τη διαχείριση του κύκλου ζωής των συνόλων δεδομένων και των αρχείων υποστήριξης. Για παράδειγμα, η απαρίθμηση του σκοπού (αγγλ. S-100 Support File Purpose) στα μεταδεδομένα του εκάστοτε αρχείου υποστήριξης παρέχει δυνατότητα για έλεγχο αναθεώρησης των αρχείων υποστήριξης.



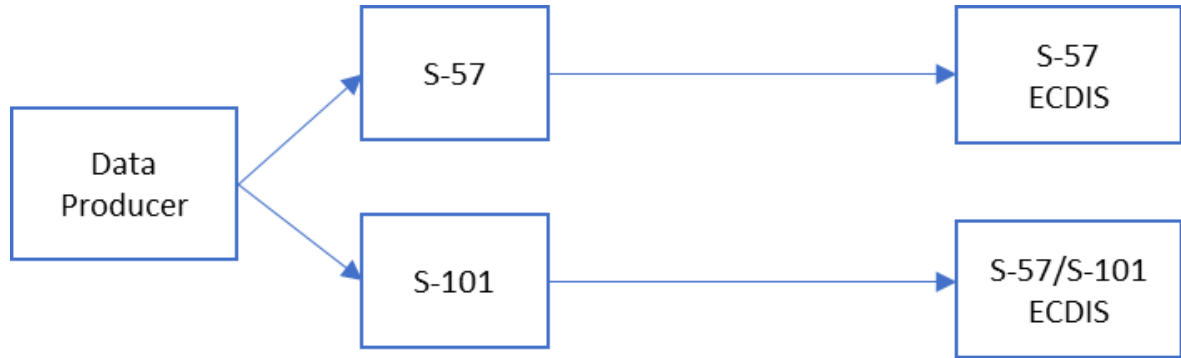
Εικόνα 5-9. Κατάλογος S-100 Exchange Set (S-100 Ενότητα 17, 2018a)

5.5.3. Λειτουργία Dual Fuel ECDIS

Η λειτουργία *Dual Fuel* είναι η δυνατότητα των συμβατών με το πρότυπο S-100 συστημάτων ECDIS μεταβατικής περιόδου που θα υποστηρίζουν παράλληλα το υφιστάμενο πλαίσιο του S-57 όσο και το πλαίσιο των προδιαγραφών προϊόντων του S-100. Καθώς οι παραγωγοί δεδομένων μεταβαίνουν στην παραγωγή σε πλήρη κάλυψη του S-101, οι υπάρχουσες βάσεις δεδομένων, το περιεχόμενο των οποίων οδηγεί την υφιστάμενη παραγωγή επιχειρησιακών δεδομένων ENC, μετατρέπονται για να υποστηρίξουν την παραγωγή ENC εφαρμόζοντας το μοντέλο δεδομένων S-101. Οι παραγωγοί δεδομένων θα απελευθερώνουν σταδιακά (Εικόνα 5-10):

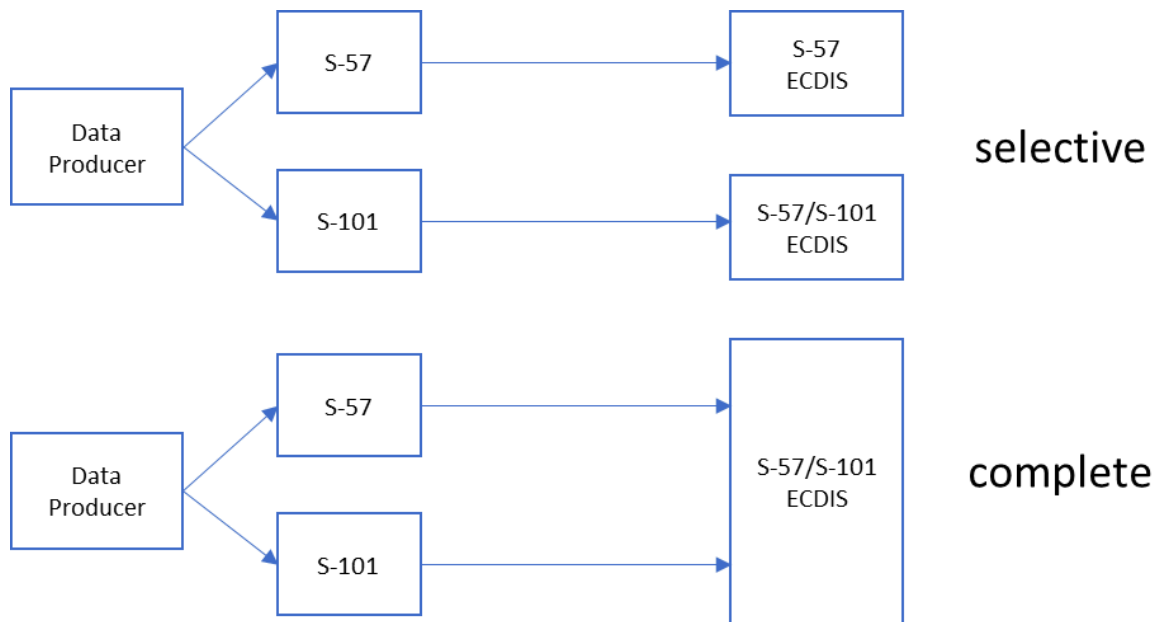
1. Νέες εκδόσεις S-101 κελιών ENC για S-100 ECDIS
2. Υπάρχουσες εκδόσεις S-57 κελιών ENC για ECDIS που έχουν δυνατότητα να λειτουργήσουν μόνο με S-57 ENC.

Καθώς όλα αυτά τα κελιά ENC χρειάζεται να ενημερώνονται με σταδιακές ενημερώσεις (αγγλ. updates), υπάρχουν διάφορα μοντέλα διανομής για τη μεταφορά δεδομένων από παραγωγούς ή συγκεντρωτές (αγγλ. aggregators) μέχρι τα συστήματα ECDIS. Κάποια από τα μοντέλα αυτά είναι επιλεκτικά όπου στο ECDIS φθάνουν μόνο δεδομένα που είναι ειδικά για έναν πελάτη και κάποια είναι πλήρη, όπου όλα τα δεδομένα μιας υπηρεσίας είναι συγκεντρωμένα και το ECDIS επιλέγει μόνο τα δεδομένα που απαιτούνται, συνήθως με άδεια που αγοράστηκε ως μέρος μιας συνδρομής για εγκατάσταση στη SENC.



Εικόνα 5-10. Κατανομή δεδομένων τόσο στο S-100 όσο και στο S-57 ECDIS (IHO, 2021b)

Ως εκ τούτου, το S-100 ECDIS είναι πιθανό να παρουσιαστεί με μια κατάσταση όπου τόσο οι S-57 όσο και οι S-101 εκδόσεις ενός συνόλου δεδομένων παραγωγού να μπορούν να επιλεγούν και να εγκατασταθούν (**Εικόνα 5-11**).



Εικόνα 5-11. Πλήρης διανομή έναντι επιλεκτικής διανομής (IHO, 2021b)

Σε αυτή την περίπτωση, η προδιαγραφή S-98 (IHO, 2022b) ορίζει την εγκατάσταση και χρήση της έκδοσης του συνόλου δεδομένων S-101 ως προτιμητέα έναντι της έκδοσης S-57. Από την άλλη πλευρά δεν απαιτείται να εγκατασταθεί/χρησιμοποιηθεί μόνο η έκδοση S-101 και έχει προταθεί από ορισμένους κατασκευαστές ότι ένα μοντέλο με μόνο S-57 ENC μπορεί να είναι χρήσιμο για ορισμένους χρήστες και σε ορισμένες περιοχές όπου η κάλυψη S-101 δεν θα είναι επαρκής. Τα μοντέλα διανομής αναμένεται να εξελιχθούν όπου μόνο μία

έκδοση ενός κελιού ENC να παραδίδεται στο ECDIS, ανάλογα με το μοντέλο/έκδοση και τη δυνατότητα του συστήματος να χρησιμοποιεί δεδομένα S-101. Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί να είναι εγγυημένο και ένας επίσημος μηχανισμός για τον εντοπισμό ισοδύναμων κυψελών και η επίλυση τέτοιων επικαλύψεων είναι απαραίτητη. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το υπάρχον μοντέλο του S-57 ECDIS όπου παραδίδεται μόνο μία έκδοση του ENC μαζί με τις ενημερώσεις του. Στη συνέχεια, το S-57 ECDIS εισάγει όλα τα δεδομένα για τα οποία έχει άδεια και τα εγκαθιστά στη SENC. Οι ανωτέρω περιπτώσεις συνοψίζονται στον **Πίνακα 5-3**.

Πίνακας 5-3. S-57 vs S-100 ECDIS (IHO, 2021b)

	S57	S-100 ECDIS σε Dual Fuel Mode
Συσκευασία δεδομένων (Data Packaging)	S-57/S-63	Αρχείο υβριδικής ανταλλαγής, τα μεταδεδομένα ορίζουν συνδυασμένα περιεχόμενα S-57/S-100
Απορρόφηση δεδομένων (Data Ingest)	με άδεια, S-63	Πρέπει να εγκαθιστά τουλάχιστον την έκδοση S-101, εάν είναι διαθέσιμη, και δύναται να εγκαταστήσει και τις δύο εάν απαιτείται «λειτουργία S-57»
Επιλογή από το SENC	Όλα τα εγκατεστημένα δεδομένα	Μεγαλύτερη κλίμακα με προτίμηση για την έκδοση S-101 όπου οι κλίμακες είναι ίσες.
Χρήση	S-52/OEM	Χαρτογραφική απόδοση (Portrayal)

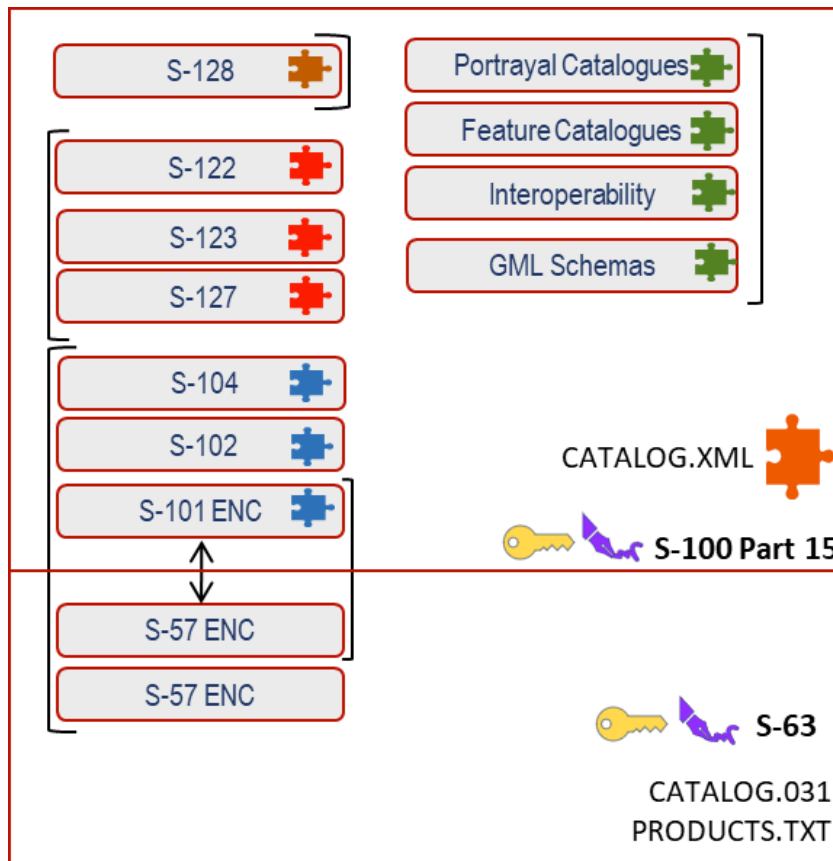
Τα S-57 ENC εξακολουθούν να ισχύουν και πληρούν ίδιες απαιτήσεις μεταφοράς ακόμα και όταν υπάρχουν εκδόσεις S-101. Το ECDIS απαιτείται μόνο να χρησιμοποιεί μία έκδοση ENC για μια δεδομένη περιοχή και κλίμακα και να μην διαχωρίζει ή ενσωματώνει δύο εκδόσεις μαζί. Όπου υπάρχει ασάφεια ο χρήστης επιλέγει ποια θα χρησιμοποιήσει, παρόμοια με τη μεθοδολογία σε υφιστάμενα ECDIS για την αντιμετώπιση επικαλύψεων εντός ίδιας ζώνης χρήσης. Τόσο τα S-57 όσο και τα S-101 ENC θα συνεχίσουν να ικανοποιούν τη συμμόρφωση μεταφοράς και δεν θα υπάρχουν προβλήματα για τον τελικό χρήστη αναφορικά με σκοπούς επιθεώρησης. Επιπλέον, καθώς τόσο το S-57 όσο και το S-101 παραμένουν κατάλληλα για χρήση, όλα τα δεδομένα όταν είναι εγκατεστημένα στη βάση SENC⁵² (System Electronic Navigational Chart) (IMO, 2006) πρέπει να διατηρούνται ενημερωμένα σύμφωνα με τη σύμβαση SOLAS.

Η 4^η ενότητα (Μεταδεδομένα) του S-100 έκδοση 5.0.0 περιέχει μια λεπτομερή προδιαγραφή για συνδυασμένα σύνολα ανταλλαγής που περιέχουν δεδομένα προδιαγραφών προϊόντων S-57 και S-100 μαζί με καταλόγους που περιλαμβάνουν προαιρετικούς μηχανισμούς κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας. Αυτά απεικονίζονται στο

⁵² Ως SENC (System Electronic Navigational Chart) νοείται η βάση δεδομένων του ECDIS, σε μορφή που καθορίζει ο κατασκευαστής, η οποία προκύπτει από τον μετασχηματισμό χωρίς απώλειες ολόκληρου του περιεχομένου των ENC και των σχετικών ενημερώσεων.

παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 5-12). Αφού εγκατασταθούν τα σύνολα δεδομένων στη SENC του S-100 ECDIS για τη λειτουργία “dual fuel” επιλέγονται για χρήση χαρτογραφικής απόδοσης και λειτουργίες ECDIS. Η μεγαλύτερη κλίμακα δεδομένων στη SENC συνεχίζει να χρησιμοποιείται όπου χρειάζεται για ειδοποιήσεις/ ενδείξεις σύμφωνα με το MSC/232 (82) (IMO, 2006).

Η προδιαγραφή S-98 Παράρτημα Γ ορίζει με περισσότερες λεπτομέρειες λειτουργίες που σχετίζονται με τη λειτουργία “dual fuel”, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου με τον οποίο επιλύονται οι επικαλύψεις χαρτογραφικής απόδοσης. Καθώς η λειτουργία αυτή είναι υπό ανάπτυξη, το S-98 Παράρτημα Γ παρέχει ένα καλό αποθετήριο για λεπτομέρειες που απαιτούνται από τον κατασκευαστή για εφαρμογή πέρα από αυτά που περιλαμβάνονται στα αντίστοιχα πρότυπα. Ο κατασκευαστής εφαρμόζει το υπάρχον καθεστώς S-57 για χρήση ECDIS παράλληλα με το S-100 και πρέπει να υπόκειται σε δοκιμές όπως ορίζονται στο S-64 (IHO, 2017). Όσον αφορά στην πρακτική υλοποίηση του “dual fuel”, εξακολουθούν να υπάρχουν θέματα προς επίλυση για την εφαρμογή του.



Εικόνα 5-12. Συνδυασμένα σύνολα ανταλλαγής (IHO, 2021b)

Σημειώνεται πως πολλά ECDIS έχουν εναρμονίσει τη χαρτογραφική απόδοση ράστερ και ανεπίσημων διανυσματικών χαρτών μαζί με επικαλύψεις όπως AML (συντ. Additional Military Layers) παράλληλα με τα επίσημα ENC. Η καθιέρωση της μεθόδου φόρτωσης των S-101 ENC πρόκειται να βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να εφαρμόζεται η λειτουργία “dual fuel” για τον χρήστη και να παρέχει οδηγίες για τους παραγωγούς δεδομένων προκειμένου να κατανοήσουν πώς τα ENC και των δύο εκδόσεων θα χρησιμοποιηθούν από το S-100 ECDIS. Καθώς η κάλυψη των S-101 ENC θα αυξάνεται και

θα καθίσταται ως κύρια, θα προγραμματιστεί λεπτομερής σταδιακή κατάργηση του S-57, μαζί με τυχόν αναγκαίες διευκρινίσεις σε ψηφίσματα του IMO ή/και στην τεκμηρίωση της IEC.

5.5.4. Ειδοποιήσεις και Επισημάνσεις (Alerts & Indications)

Σύμφωνα με τον IMO ο σκοπός της *διαχείρισης ειδοποιήσεων* (αγγλ. *alerts management*) είναι να βελτιώσει το χειρισμό, τη διανομή και την παρουσίαση των ειδοποιήσεων σε ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Πλοήγησης (αγγλ. *Integrated Navigation System*, συντ. *INS*) (Sedes F., 2018). Ένα INS ενσωματώνει δεδομένα και λειτουργίες εφαρμογών πλοήγησης επί του πλοίου. Το INS διαχειρίζεται δεδομένα αισθητήρων, χάρτες, διαδρομές, ενδείξεις ραντάρ και AIS, και εκτελεί υπηρεσίες όπως κεντρική διαχείριση ειδοποιήσεων. Για να ενισχυθεί η ασφάλεια της πλοήγησης, τα *πρότυπα απόδοσης* (αγγλ. *performance standards*) του IMO (IMO, 2007) παρέχουν απαιτήσεις για την επεξεργασία ειδοποιήσεων εντός ενός INS και των σχετικών μεμονωμένων λειτουργικών μονάδων και αισθητήρων. Η διαχείριση ειδοποιήσεων εναρμονίζει την προτεραιότητα, την ταξινόμηση, τον χειρισμό, τη διανομή και την παρουσίαση των ειδοποιήσεων, για να μπορέσει η ομάδα της γέφυρας να αφιερώσει την προσοχή της στην ασφαλή πλοήγηση του πλοίου και να εντοπίσει άμεσα οποιαδήποτε μη φυσιολογική κατάσταση που απαιτεί δράση για τη διατήρηση της ασφαλούς πλοήγησης του πλοίου.

Τα πρότυπα απόδοσης καθορίζουν μια κεντρική διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (αγγλ. *Human-Machine Interface*, συντ. *HMI*) διαχείρισης ειδοποιήσεων για την υποστήριξη της ομάδας γέφυρας στον άμεσο εντοπισμό οποιασδήποτε μη φυσιολογικής κατάστασης, της πηγής και της αιτίας της κατάστασης και να υποστηρίζει την ομάδα γέφυρας στις αποφάσεις της για τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν. Η αρχιτεκτονική διαχείρισης ειδοποιήσεων και η έννοια της αναγνώρισης που καθορίζονται, αποφεύγουν την απόσπαση της προσοχής της ομάδας γέφυρας από περιττές ηχητικές και οπτικές ανακοινώσεις συναγερμού και μειώνουν το γνωστικό φορτίο στον χειριστή ελαχιστοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχονται για την αξιολόγηση της κατάστασης. Η διαχείριση ειδοποιήσεων υποστηρίζει τη σωστή εφαρμογή του κανονισμού SOLAS (Safety of Life at Sea Convention) V/15 που αναφέρεται σε κανόνες για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας για όλα τα σκάφη στη θάλασσα. Η αρχιτεκτονική των προτύπων απόδοσης διατηρείται επεκτάσιμη για να επιτρέπει τη συμπερίληψη περαιτέρω ειδοποιήσεων στη γέφυρα και την ανάπτυξη προτύπων απόδοσης για τη διαχείριση ειδοποιήσεων γέφυρας.

Ως γνωστό, οι ειδοποιήσεις αναγγέλουν μη φυσιολογικές καταστάσεις και συνθήκες που απαιτούν προσοχή. Η διαχείριση ειδοποιήσεων κάνει διάκριση μεταξύ τριών προτεραιοτήτων ως ακολούθως:

- Συναγερμοί (αγγλ. *Alarms*)
- Προειδοποιήσεις (αγγλ. *Warnings*)
- Προφυλάξεις (αγγλ. *Cautions*)

Οι *συναγερμοί* υποδεικνύουν συνθήκες που απαιτούν άμεση προσοχή και δράση από την ομάδα της γέφυρας, για τη διατήρηση της ασφαλούς πλοήγησης του πλοίου και είναι η υψηλότερη προτεραιότητα μιας ειδοποίησης. Οι *προειδοποιήσεις* υποδεικνύουν αλλαγές

στις συνθήκες και παρουσιάζονται για προληπτικούς λόγους που δεν είναι άμεσα επικίνδυνοι αλλά μπορεί να γίνουν, εάν δεν ληφθούν μέτρα. Οι *προφυλάξεις* υποδεικνύουν μια κατάσταση που δεν δικαιολογεί συναγερμό ή κατάσταση προειδοποίησης, αλλά εξακολουθεί να απαιτεί προσοχή και εκτός της συνήθους εξέτασης της κατάστασης ή μιας δεδομένης πληροφορίας.

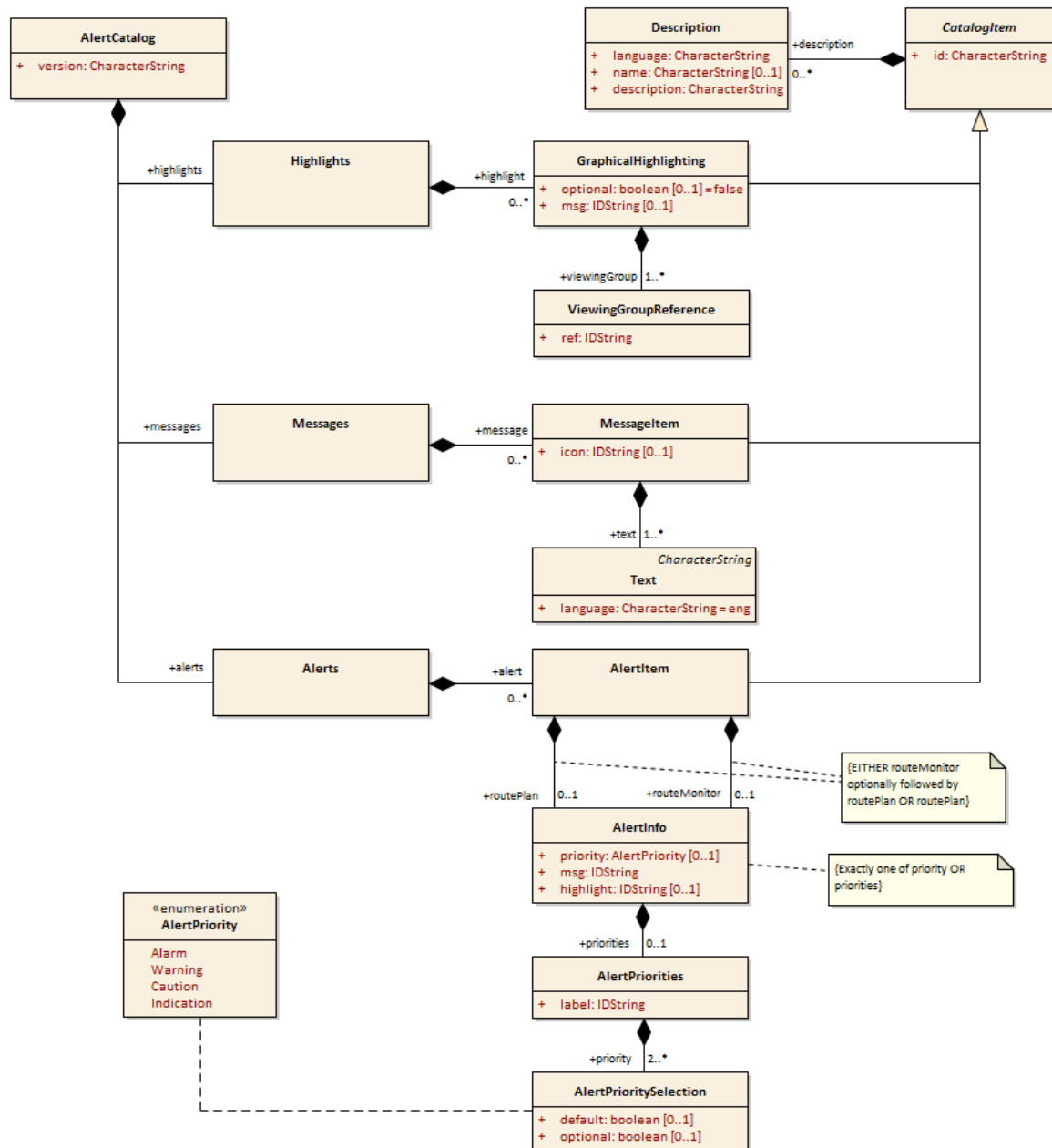
Οι *ειδοποιήσεις κατηγορίας Α* (αγγλ. *Category A alerts*) είναι ειδοποιήσεις όπου γραφικές πληροφορίες είναι απαραίτητες στο σταθμό εργασιών που έχει εκχωρηθεί απευθείας στη λειτουργία που δημιουργεί την ειδοποίηση, ως υποστήριξη απόφασης για την αξιολόγηση της συνθήκης που σχετίζεται με την ειδοποίηση. Οι *ειδοποιήσεις κατηγορίας Β* (αγγλ. *Category B alerts*) είναι ειδοποιήσεις όπου δεν απαιτούνται πρόσθετες πληροφορίες για την υποστήριξη αποφάσεων εκτός από τις πληροφορίες που μπορούν να παρουσιαστούν στην κεντρική κονσόλα (διεπαφή HMI) διαχείρισης ειδοποιήσεων. Επιπρόσθετα ως *Ένδειξη* (αγγλ. *Indication*), αναφέρεται η εμφάνιση τακτικών πληροφοριών και συνθηκών, και δεν αποτελεί μέρος της διαχείρισης ειδοποιήσεων.

Όλες οι Προδιαγραφές Προϊόντος που προορίζονται για εφαρμογές πλοήγησης δύνανται να προσδιορίζουν συνδυασμούς οντοτήτων που αφορούν μία ή περισσότερες από τις περιπτώσεις για τις οποίες θα πρέπει να αποστέλλεται ειδοποίηση ή να υπάρχει ένδειξη για να διασφαλιστεί ότι υπάρχει εναρμονισμένη εφαρμογή στα διάφορα συστήματα των χρηστών. Αυτή η προδιαγραφή γίνεται με τη χρήση καταλόγου ειδοποιήσεων και ενδείξεων αναγνώσιμων από μηχανή, αλλά απαιτείται προσοχή καθώς αυτός ο κατάλογος αφορά κυρίως συστήματα ECDIS και μόνο ένα υποσύνολο θα χρησιμοποιείται από λοιπά συστήματα. Αυτό μπορεί επίσης να απαιτήσει την ανάπτυξη πρόσθετων ειδοποιήσεων ή ενδείξεων ειδικά για άλλα συστήματα.

Η οδηγία MSC.232(82) (ADOPTION OF THE REVISED PERFORMANCE STANDARDS FOR ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEMS) (IMO, 2006) αναφέρει στις παραγράφους 11.3 και 11.4 και στις υπό-παραγράφους τους πως ένα ECDIS πρέπει να ανταποκρίνεται σε κίνδυνο διέλευσης, κινδύνους ναυσιπλοΐας, απαγορευμένες περιοχές ή περιοχές με ειδικές συνθήκες. Στο Παράρτημα 4 και στο Παράρτημα 5 του ίδιου ψηφίσματος δίνονται λεπτομέρειες για το ποιες περιοχές πρέπει να ανιχνεύει το ECDIS και να παρέχει προειδοποίηση ή ένδειξη. Η σχετική οδηγία είναι αρκετά υψηλού επιπέδου ώστε να είναι χρήσιμη για τα περισσότερα προϊόντα που βασίζονται στο S-100 και άλλα σχετικά συστήματα, και ως εκ τούτου να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ειδοποιήσεων και ενδείξεων.

Στο πλαίσιο του IHO, η Ομάδα Εργασίας Συντήρησης Προτύπων ENC (συντ. ENCWG) είναι επιφορτισμένη με τη διαχείριση του S-52 και τους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης για τα S-57 ENC. Σε αυτούς περιλαμβάνεται και η καθοδήγηση για το ποιοι συνδυασμοί οντοτήτων ιδιοτήτων θα πρέπει να θεωρηθεί ότι αντιστοιχούν με τα πρότυπα απόδοσης του IMO ECDIS για ειδοποιήσεις και ενδείξεις. Δεδομένου του αντικειμένου του IHO στον καθορισμό της χαρτογραφικής απόδοσης του ναυτικού χάρτη και της αλληλεξάρτησης της χαρτογραφικής απόδοσης με άλλες κρίσιμες συμπεριφορές συστημάτων για την ασφάλεια κατά την πλοήγηση, όλοι οι οργανισμοί που παράγουν προϊόντα δεδομένων που

προορίζονται για οθόνες πλοήγησης θα πρέπει να συντονίζουν τους κανόνες ειδοποίησης και ένδειξης σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις του ΙΗΟ.



Εικόνα 5-13. Μοντέλο Καταλόγου Ειδοποιήσεων (Alert Catalogue Model) (S-100 Ενότητα 9, 2018a)

Επιπρόσθετα, το ψήφισμα A.1021(26) “Code on Alerts and Indicators” (IMO, 2009), ορίζει μια γενικότερη ταξινόμηση των ειδοποιήσεων (ως συναγερμούς έκτακτης ανάγκης, συναγερμούς, προειδοποιήσεις και προφυλάξεις) και παρέχει γενικές οδηγίες σχεδιασμού και αρχές για την επίτευξη ομοιομορφίας του τύπου, σημείων εμφάνισης και προτεραιότητας για τις απαιτούμενες ειδοποιήσεις και δείκτες, όπως ορίζεται από τον κανονισμό SOLAS, αλλά και άλλες διεθνείς συμβάσεις, κώδικες ναυτιλίας, πρότυπα απόδοσης και οδηγίες του IMO. Από την άλλη η οδηγία του IMO MSC 302(87) με τίτλο “Performance Standards for Bridge Alert Management” (IMO, 2010), περιγράφει πρότυπα

απόδοσης για την εναρμόνιση της προτεραιότητας, της ταξινόμησης, του χειρισμού, της διανομής και της παρουσίασης των ειδοποιήσεων.

- **Κατάλογος Ειδοποιήσεων (Alerts Catalogue)**

Ο Κατάλογος Ειδοποιήσεων είναι ένα στοιχείο του Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης, που περιγράφει κάθε συμβάν ειδοποίησης (αγγλ. *alert event*) μαζί με τα σχετικά μηνύματα και τους κανόνες επισήμανσης. Το μοντέλο καταλόγου ειδοποιήσεων (**Εικόνα 5-13**) επιτρέπει στους προγραμματιστές προϊόντων να συσχετίζουν τις ειδοποιήσεις με οντότητες, που ικανοποιούν συνθήκες με βάση τις τιμές ιδιοτήτων, αποκωδικοποιώντας κανόνες που είναι στον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης. Οι ειδοποιήσεις σχετίζονται με οδηγίες σχεδίασης που εξάγονται από την χαρτογραφική απόδοση και ενεργοποιούνται όταν η διαδρομή του σκάφους, είτε πραγματική διαδρομή κατά την παρακολούθηση διαδρομής, είτε προγραμματισμένη κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού διαδρομής, τέμνει τη γεωμετρία οντότητας που σχετίζεται με ειδοποίηση. Τα σχετικά συμβάντα που ενεργοποιούνται είναι συναγερμοί, προειδοποιήσεις, προφυλάξεις ή ενδείξεις όπως περιγράφονται στην οδηγία του IMO MSC.252(83) (IMO, 2007).

5.5.5. Οδηγός Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης S-101 (Data Classification & Encoding Guide)

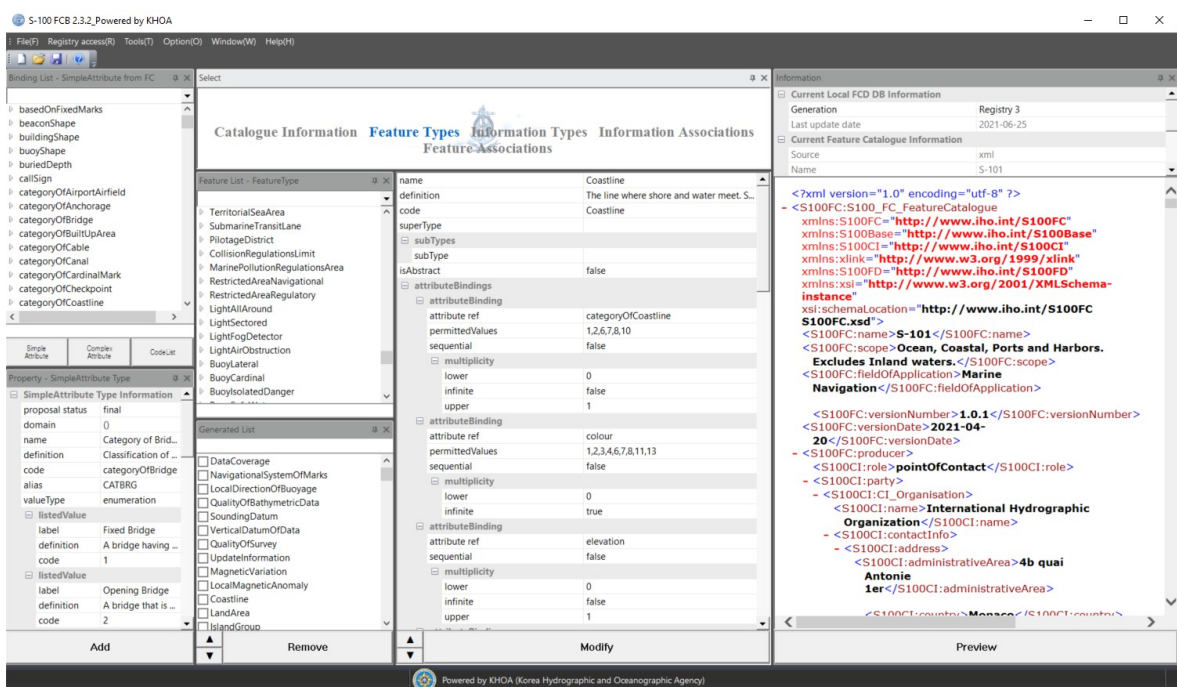
Μια προδιαγραφή που αναπτύχθηκε για να παρέχει τυποποιημένες οδηγίες για την κωδικοποίηση δεδομένων ENC που είναι συμβατά με το S-100 είναι ο «Οδηγός Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων» (αγγλ. *Data Classification & Encoding Guide*, συντ. DCEG) (IHO, 2021c). Ο οδηγός έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τη δημοσίευση του IHO S-4, Μέρος Β, που αφορά προδιαγραφές χαρτών του IHO για μεσαίας και μεγάλης κλίμακας για εθνικούς και διεθνείς χάρτες (συντ. INT). Ο σκοπός του DCEG είναι να διευκολύνει την κωδικοποίηση S-101 ώστε να πληροί τα πρότυπα IHO για τη σωστή εμφάνιση των ENC σε ένα ECDIS. Το έγγραφο περιγράφει τον τρόπο κωδικοποίησης πληροφοριών που ο χαρτογράφος θεωρεί σχετικές με ένα ENC. Το περιεχόμενο ενός ENC είναι στη διακριτική ευχέρεια του φορέα παραγωγής, υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι συμβάσεις που περιγράφονται σε αυτό το έγγραφο. Φορέας παραγωγής είναι μια Υδρογραφική Υπηρεσία (ΥΥ) ή ένας οργανισμός εξουσιοδοτημένος από μια κυβέρνηση ή άλλο σχετικό κρατικό ίδρυμα αρμόδιο για την παραγωγή ENC.

Ο οδηγός ταξινόμησης και κωδικοποίησης δεδομένων S-101 περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να συλλέγονται δεδομένα που περιγράφουν τον πραγματικό κόσμο, χρησιμοποιώντας τους τύπους που ορίζονται στον Κατάλογο Οντοτήτων S-101 (βλ. έγγραφο προδιαγραφών προϊόντος S-101, ενότητα 4.3) (IHO, 2018a). Παρέχει τους κανόνες κωδικοποίησης και την καθοδήγηση που απαιτούνται για τη δημιουργία S-101 ENC και αφορά τις οντότητες στον πραγματικό κόσμο που σχετίζονται με την υδρογραφία. Καθώς το υδρογραφικό πεδίο θεωρείται γεωχωρικό, το μοντέλο ορίζει τις οντότητες του πραγματικού κόσμου ως συνδυασμό περιγραφικών και χωρικών χαρακτηριστικών.

5.5.6. Εργαλεία Δόμησης Καταλόγων (S-100 Toolkit)

Η εργαλειοθήκη S-100 (αγγλ. Toolkit)⁵³ είναι μια βιβλιοθήκη εργαλείων λογισμικού για την παροχή και τη συντήρηση αποτελεσματικών εφαρμογών S-100. Η εργαλειοθήκη περιέχει τις ακόλουθες εφαρμογές S-100:

- Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων (αγγλ. *Feature Catalogue Builder*)
- Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. *Portrayal Catalogue Builder*)
- Εργαλείο Σύνθεσης Οδηγών Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων (αγγλ. *DCEG Builder*)
- Επεξεργαστής συμβόλων (αγγλ. *Symbol Editor*)



Εικόνα 5-14. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων (FCB)

- Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων

Ο σκοπός του Εργαλείου Δόμησης Καταλόγου Οντοτήτων (αγγλ. *Feature Catalogue Builder*, συντ. FCB⁵⁴) είναι η παραγωγή καταλόγων οντοτήτων συμβατών με το S-100 που περιέχουν όλα τα σχετικά στοιχεία μοντέλου δεδομένων, όπως τύπους οντοτήτων και συσχετίσεις ιδιοτήτων που απαιτούνται για μια προδιαγραφή προϊόντος. Το FCB διασυνδέεται με το Μητρώο Γεωγραφικών Πληροφοριών (Εικόνα 5-14) για να επιτρέψει στους υλοποιητές καταλόγου οντοτήτων να επωφελούνται από κοινούς ορισμούς εννοιών και συνιστώμενες/υφιστάμενες συσχετίσεις ιδιοτήτων. Παρέχονται επίσης λειτουργίες για τον καθορισμό τοπικών ή πρόχειρων τύπων (draft types). Αποφασίστηκε ότι και οι

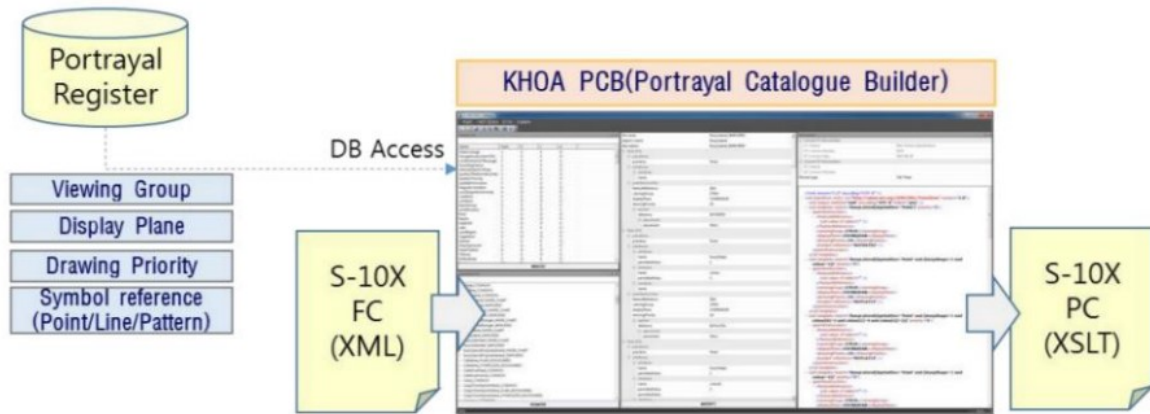
⁵³ <https://registry.iho.int/repository/list.do>

⁵⁴ <https://iho.int/en/feature-catalogue-builder>

συσχετίσεις και οι ρόλοι θα πρέπει να ορίζονται στο FCB και να μην περιλαμβάνονται στο Μητρώο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην φύση των στοιχείων αυτών, όπως παρατηρείται από την έως τώρα ανάπτυξη αρκετών προδιαγραφών προϊόντων.

- **Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης**

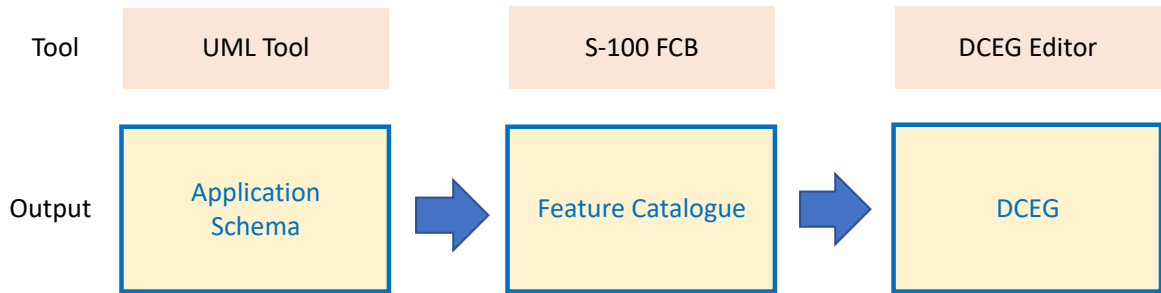
Οι κατάλογοι χαρτογραφικής απόδοσης είναι αναγνώσιμες από μηχανή οδηγίες για τον τρόπο χαρτογραφικής απόδοσης δεδομένων σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο μοντέλο δεδομένων για μια συγκεκριμένη έκδοση μιας Προδιαγραφής Προϊόντος. Μπορούν να κατασκευαστούν είτε χειροκίνητα είτε από ένα Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. *Portrayal Catalog Builder*, συντ. PCB) (βλ. **Εικόνα 5-15**). Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να συμμορφώνονται με τη δομή που καθορίζεται στο S-100 Ενότητα 9 και το S-100 Portrayal Catalog Schema (IHO, 2018b). Η υποδομή IHO περιλαμβάνει ένα PCB για XSLT για οποιαδήποτε ομάδα ανάπτυξης Προδιαγραφών Προϊόντος που επιθυμεί να το χρησιμοποιήσει στη δημιουργία ενός Καταλόγου Χαρτογραφικής Απόδοσης για Προδιαγραφές Προϊόντος που βασίζεται σε S-100.



Εικόνα 5-15. Εργαλείο Δόμησης Καταλόγου Χαρτογραφικής απόδοσης (PCB)

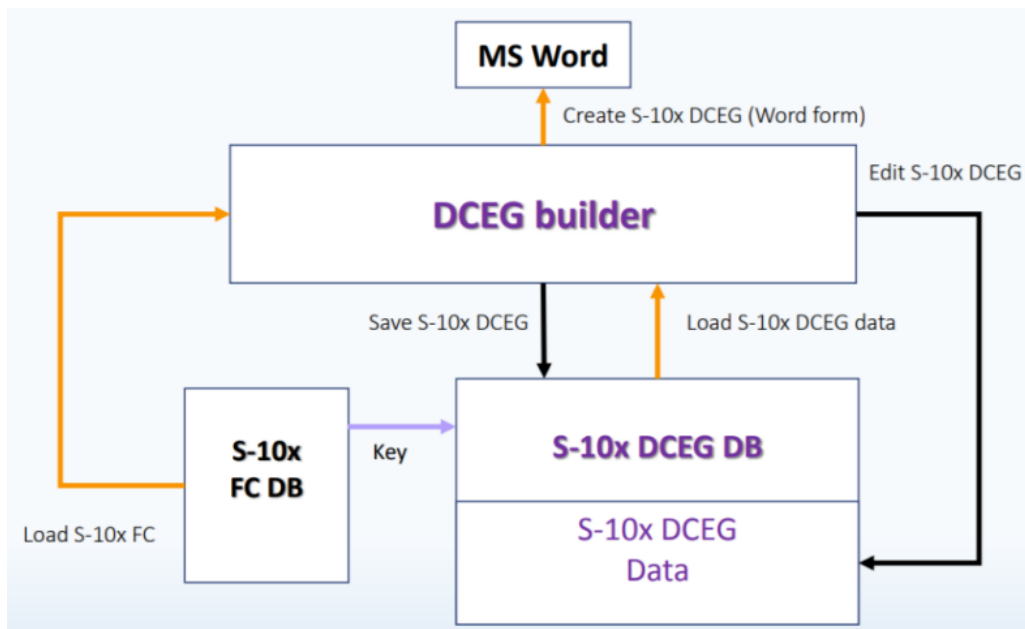
- **Εργαλείο Σύνθεσης Οδηγών Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων**

Για να απλοποιηθεί η δημιουργία των Οδηγών Ταξινόμησης και Κωδικοποίησης Δεδομένων (αγγλ. *Data Classification and Encoding Guide*, συντ. DCEG) για μια Προδιαγραφή Προϊόντος, έχει δημιουργηθεί ένα εργαλείο δημιουργίας DCEG. Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιεί τον Κατάλογο Οντοτήτων για να δημιουργήσει τις συνδέσεις και τις πληροφορίες εισόδου για τους πίνακες του DCEG. Στη συνέχεια, είναι μια χειροκίνητη διαδικασία για την προσθήκη εικόνων και κειμένου στο τμήμα κωδικοποίησης των πινάκων.



Εικόνα 5-16. Διαδικασία Δημιουργίας DCEG⁵⁵

Η Εικόνα 5-16 δείχνει μια επισκόπηση υψηλού επιπέδου της διαδικασίας δημιουργίας DCEG μέσω του εργαλείου. Απαιτείται ένα Σχήμα Εφαρμογής για τη δημιουργία του Καταλόγου Οντοτήτων, το οποίο ισοδυναμεί με μια αναπαράσταση XML του Σχήματος Εφαρμογής. Η χρήση του Καταλόγου Οντοτήτων δύναται να περιγραφεί στο DCEG. Η χρήση του DCEG Builder είναι προαιρετική κατά την προετοιμασία της Προδιαγραφής Προϊόντος.



Εικόνα 5-17. Σύνδεση GI Register και DCEG Builder⁵⁶

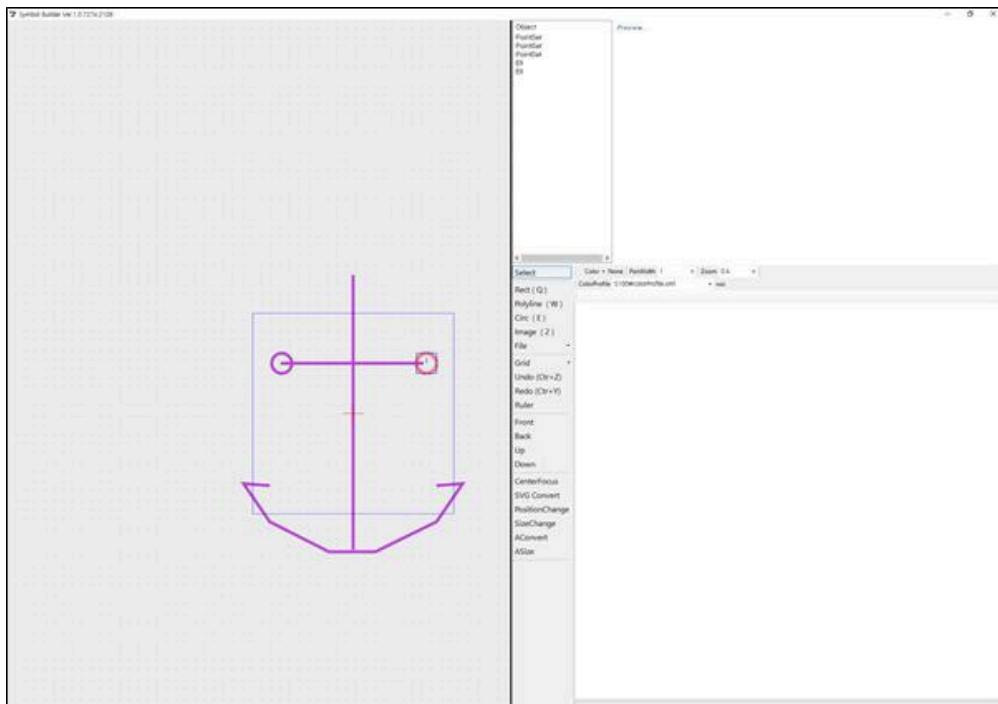
Οποιαδήποτε Προδιαγραφή Προϊόντος που βασίζεται στο S-100 πρέπει να περιλαμβάνει επαρκείς οδηγίες για τον τρόπο κωδικοποίησης πληροφοριών με τρόπο που να συμμορφώνεται με την Προδιαγραφή, αλλά αυτές οι οδηγίες δεν χρειάζεται να ακολουθούν ένα συγκεκριμένο στυλ DCEG. Ωστόσο, το στυλ DCEG είναι απλό στην κατανόηση και με τη χρήση του προγράμματος δημιουργίας DCEG, είναι επίσης εύκολο να δημιουργηθούν πίνακες με τύπους οντοτήτων και πληροφοριών, ιδιότητες, συσχετίσεις και

⁵⁵ <https://iho.int/en/dceg-builder>

⁵⁶ <https://iho.int/en/dceg-builder>

οδηγίες κωδικοποίησης και να διασφαλιστεί ότι αυτοί οι πίνακες είναι συνεπείς με τον Κατάλογο Οντοτήτων.

Οι πίνακες οντοτήτων μπορούν να προετοιμαστούν και να συντηρηθούν χρησιμοποιώντας συνηθισμένο λογισμικό επεξεργασίας κειμένου, αλλά η διασφάλιση της αρχικής και συνεχούς συμμόρφωσης με τον Κατάλογο Οντοτήτων XML μπορεί να είναι μια σημαντική εργασία που απαιτεί μεγάλη προσπάθεια, όχι μόνο για να συντηρηθεί αλλά και να διατηρηθεί ενημερωμένη. Η **Εικόνα 5-17** παρουσιάζει πώς συνδέεται το DCEG Builder με το IHO GI Registry και πώς το DCEG Builder ενσωματώνεται στη διαδικασία δημιουργίας ενός Καταλόγου Οντοτήτων. Η χρήση του DCEG Builder μπορεί να απλοποιήσει σημαντικά τη διαδικασία ανάπτυξης και να αυξήσει τη συνοχή με τον Κατάλογο Οντοτήτων.



Εικόνα 5-18. S-100 Symbol Editor από τον ΚΗΟΑ⁵⁷

- Επεξεργαστής Συμβόλων

Ο Υδρογραφικός Οργανισμός της Κορέας (αγγλ. Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, συντ. ΚΗΟΑ) ανέπτυξε τον Επεξεργαστή Συμβόλων S-100 (αγγλ. *Symbol Editor*) για τη μετατροπή συμβόλων από μορφότυπο .AI (Adobe Illustrator) σε SVG καθώς και για τυχόν πρόσθετες τροποποιήσεις εάν χρειάζεται (βλ. **Εικόνα 5-18**).

⁵⁷ https://iho.int/uploads/user/Services%20and%20Standards/S-100WG/S-100WG5/S-100WG5_2020_06.01_EN_Prog_Rep_S-100_Infra-systemDevelopment.pdf

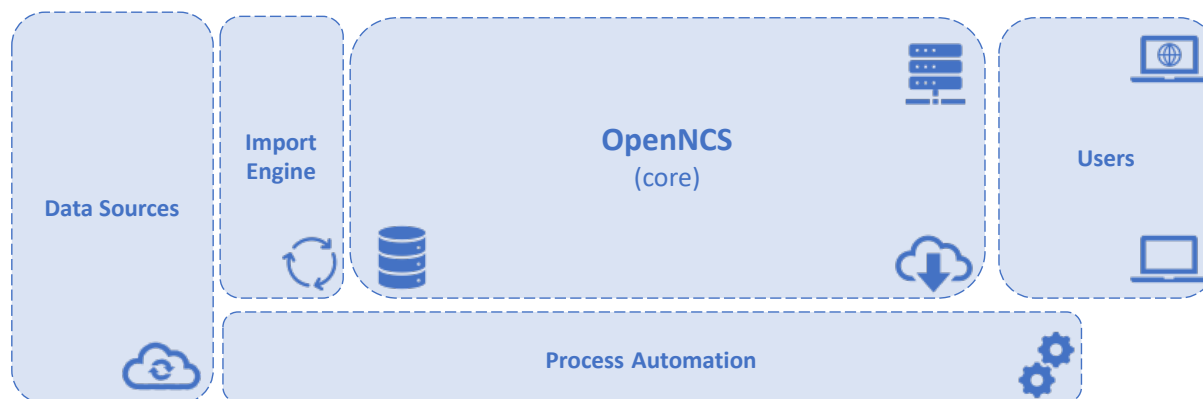
6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ENC ΑΠΟ ΑΝΟΙΧΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

6.1. Σύστημα Σύνθεσης ENC (OpenNCS)

Ο όρος «σύνθεση» (αγγλ. compilation) στη ναυτική χαρτογραφία ορίζεται από τον ΙΗΟ ως «η επιλογή, η σύνδεση και η γραφική παρουσίαση όλων των σχετικών πληροφοριών που απαιτούνται για την προετοιμασία ενός ναυτικού χάρτη» (ΙΗΟ, 2023). Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε μια ποικιλία εργασιών που είναι συχνά επαναλαμβανόμενες, χρονοβόρες και επιρρεπείς σε σφάλματα (Kastrisios et al., 2019). Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας σύνθεσης ήταν και παραμένει ένας μακροπρόθεσμος στόχος της υδρογραφικής κοινότητας, λόγω των αδιαμφισβήτητων πλεονεκτημάτων της αυτοματοποίησης για την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, την επαναληψιμότητα της διαδικασίας παραγωγής και των ελέγχων με χαμηλότερο κόστος.

6.1.1. Λογική Αρχιτεκτονική

Στην **Εικόνα 6-1** απεικονίζεται ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός υψηλού επιπέδου των λογικών τμημάτων του συστήματος Open Nautical Chart System (OpenNCS), που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διατριβής (Contarinis et al., 2022), για την αυτοματοποίηση σύνθεσης ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών σε περιβάλλον διαδικτύου από ανοιχτά δεδομένα και ελεύθερο λογισμικό.



Εικόνα 6-1. OpenNCS Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός Υψηλού Επιπέδου

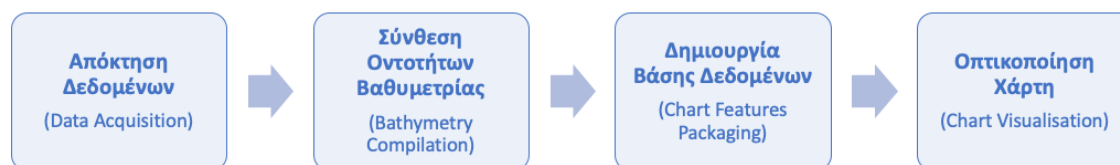
Το σύστημα OpenNCS ουσιαστικά αποτελείται από πέντε (5) λογικά μέρη:

- Τις πηγές δεδομένων, οι οποίες περιλαμβάνουν το ψηφιακό μοντέλο βυθού, την ακτογραμμή και αντικείμενα και περιοχές που απεικονίζονται σε έναν ναυτικό χάρτη όπως καταφανή σημεία, σημαντήρες, κίνδυνοι ναυσιπλοΐας, υποδομές λιμανιών κλπ.
- Τη μηχανή εισαγωγής, η οποία περιλαμβάνει εργαλεία και κώδικα λογισμικού (scripts) για τη μετατροπή δεδομένων σε κοινό μορφότυπο και την εισαγωγή τους στη βάση δεδομένων του συστήματος.

- Το κύριο μέρος του συστήματος, το οποίο αποτελείται από τη βάση δεδομένων και τις υπηρεσίες παροχής δεδομένων διανυσματικών πλακιδίων (αγγλ. tiles) ναυτικών χαρτών στους χρήστες.
- Την αυτοματοποίηση διεργασιών, που αποτελείται από εργαλεία γεωεπεξεργασίας και scripts που αυτοματοποιούν την εισαγωγή δεδομένων, τη διαδικασία μετατροπής και τις υπηρεσίες παροχής δεδομένων του συστήματος.
- Το περιβάλλον της διάδρασης με τους χρήστες, το οποίο μπορεί να είναι πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου σε προσωπικό υπολογιστή ή tablet, καθώς και έξυπνες φορητές συσκευές.

6.1.2. Διαδικασία Σύνθεσης HNX

Από την άλλη, η διαδικασία σύνθεσης ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών βασισμένων σε τεχνολογίες διαδικτύου που υιοθετείται στο OpenNCS, αποτελείται από τέσσερις φάσεις: την απόκτηση δεδομένων, τη σύνθεση οντοτήτων βαθυμετρίας, τη δημιουργία βάσης δεδομένων και την οπτικοποίηση χάρτη, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6-2**.



Εικόνα 6-2. Διαδικασία σύνθεσης HNX από Ανοιχτά Δεδομένα

Η απόκτηση δεδομένων (αγγλ. data acquisition) είναι η διαδικασία αναγνώρισης και αυτοματοποίησης της εισαγωγής των ανοιχτών υδροχωρικών δεδομένων (αγγλ. hydrospatial data), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση των αντικειμένων/οντοτήτων του χάρτη. Οι κύριες πηγές που επιλέχθηκαν είναι το EMODnet, καθώς και η ακτογραμμή και οι θαλάσσιες σημάνσεις (αγγλ. seamarks) του OpenStreetMap. Η επιλογή των βαθών (αγγλ. soundings) και η δημιουργία ισοβαθών γραμμών (αγγλ. depth contours) είναι οι ενέργειες που τυγχάνουν μεγαλύτερης προσοχής στο πλαίσιο των προσπαθειών αυτοματισμού. Και τα δύο συμβάλλουν στην εμφάνιση στους χάρτες των μορφολογικών χαρακτηριστικών και των διαφοροποιητικών στοιχείων του βυθού (Skopeliti et al., 2021).

Η δημιουργία βάσης δεδομένων περιλαμβάνει ενέργειες για την προετοιμασία των επιπέδων (αγγλ. layers) της βάσης για τις διάφορες οντότητες, σύμφωνα με την κωδικοποίηση που προδιαγράφεται στον κατάλογο οντοτήτων (αγγλ. feature catalogue) του προτύπου S-101, καθώς και τη βιβλιοθήκη συμβόλων, σύμφωνα με τον κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης (αγγλ. portrayal catalogue) όπως αναλύθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια και στο Παράρτημα Α. Διακριτή διεργασία σύνθεσης γίνεται για τους τομείς και τις ετικέτες των φάρων. Για την οπτικοποίηση του χάρτη, χρησιμοποιούνται βιβλιοθήκες και τεχνικές διαδικτυακής χαρτογραφίας (αγγλ. web mapping) για τη δημιουργία διανυσματικών πλακιδίων (αγγλ. vector tiles), τόσο σε στατική, όσο και σε δυναμική κατάσταση, ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη. Προετοιμάστηκαν σχετικά περιβάλλοντα δοκιμών (αγγλ. test beds) προκειμένου να

τεκμηριωθούν οι δραστηριότητες ανάπτυξης και διασφάλισης ποιότητας. Στις επόμενες ενότητες αναλύονται με λεπτομέρεια τα τέσσερα στάδια της διαδικασίας.

6.2. Ανοιχτές Πηγές Υδροχωρικών δεδομένων (Open Hydrospatial Data)

Η ποιότητα του ναυτικού χάρτη εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα των πηγών δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεσή του (Manzano, 2021). Η συλλογή βυθομετρικών δεδομένων σε υδρογραφικές έρευνες επιτυγχάνεται ως επί το πλείστον με τη χρήση ηχοβολιστικών συστημάτων πολλαπλής δέσμης (Multi Beam Echo Sounder – MBES), που μετά από κατάλληλη επεξεργασία οδηγούν σε Ψηφιακά Μοντέλα Βυθού (συντ. ΨΜΒ) του θαλάσσιου πυθμένα καθώς και παράγωγα προϊόντα. Μια σχετική έρευνα (Cordero Ros & Kastrisios, 2021) εξετάζει τις δυνατότητες του EMODnet ΨΜΒ, καθώς και του ανοικτού λογισμικού (Free and Open Source Software for Ocean Mapping – FOSSOM) για τη βελτίωση των διεργασιών σύνθεσης ναυτικών χαρτών. Οι δυνατότητες του FOSSOM μπορούν να μειώσουν το χρόνο επεξεργασίας και το συνολικό κόστος παραγωγής, ενισχύοντας έτσι τη συνολική διαδικασία, από τον σχεδιασμό έως το τελικό προϊόν.

Από την άλλη πλευρά, οι υποδομές θαλάσσιων χωρικών δεδομένων (MSDI) μπορούν να διευκολύνουν τη συνεχή καταγραφή δεδομένων, χωροχρονικών φυσικών φαινομένων και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων σε θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές, τον μετασχηματισμό και τη διάδοσή τους για την επίτευξη συνεχούς βελτίωσης θαλάσσιων εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της ναυτικής χαρτογραφίας (Contarinis et al., 2020). Η πρόσφατη ευρωπαϊκή οδηγία για τα ανοιχτά δεδομένα και η επαναχρησιμοποίηση πληροφοριών του δημόσιου τομέα, γνωστή ως «Οδηγία Ανοικτών Δεδομένων», αποτελεί το βασικό μοχλό για τη δημιουργία «ανοικτών» MSDIs μεταξύ άλλων υποδομών χωρικών δεδομένων. Επιπλέον, η επιστημονική κοινότητα έχει καταβάλει μεγάλη προσπάθεια για την ανάπτυξη και την ελεύθερη διάθεση ψηφιακών μοντέλων του βυθού, όπως αυτό του EMODnet, καθώς και άλλων πηγών και εργαλείων για ειδικές απαιτήσεις εφαρμογών. Τα ανοιχτά υδροχωρικά δεδομένα και το ανοιχτό λογισμικό έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τη ροή εργασίας, από την απόκτηση δεδομένων έως την οπτικοποίηση του χάρτη.

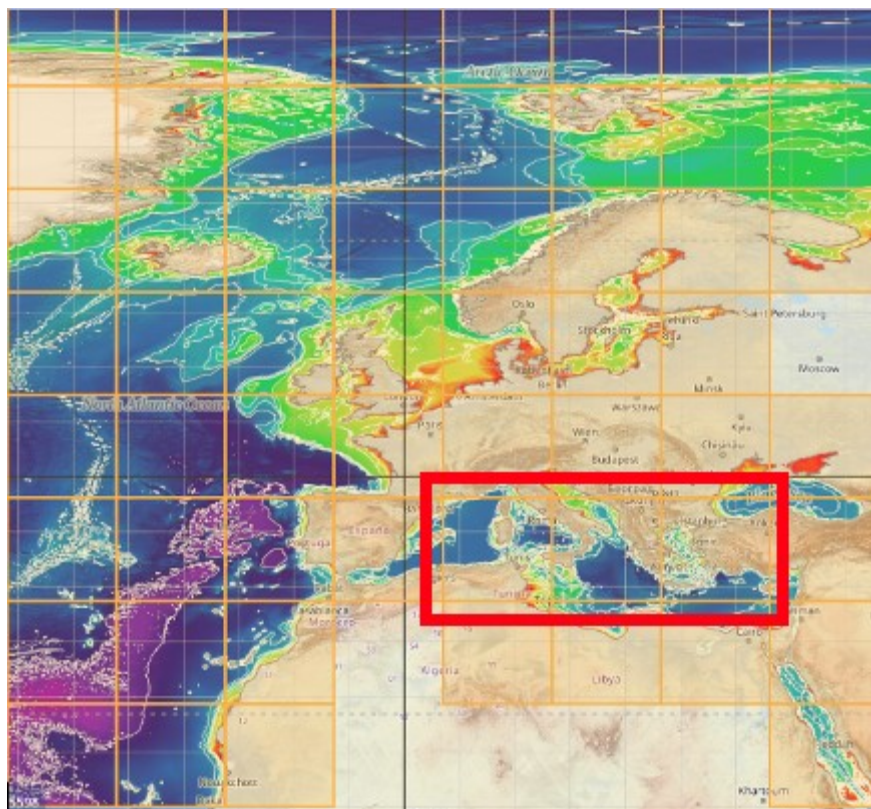
6.2.1. Ανοιχτά Ψηφιακά Μοντέλα Βυθού (EMODnet & GEBCO)

- EMODnet

Η πύλη EMODnet Bathymetry⁵⁸ παρέχει ανοιχτή και δωρεάν πρόσβαση στη βαθυμετρία των ευρωπαϊκών θαλασσών και αναπτύσσεται στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Δικτύου Θαλάσσιας Παρατήρησης και Δεδομένων (European Marine Observation and Data Network – EMODnet) που ιδρύθηκε από την Ευρωπαϊκή

⁵⁸ <https://www.emodnet-bathymetry.eu>

Επιτροπή. Το EMODnet έχει σκοπό να βελτιώσει την πρόσβαση σε βαθυμετρικά δεδομένα συλλεγόμενα και τηρούμενα από διάφορους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων υδρογραφικών υπηρεσιών, ακαδημαϊκών ιδρυμάτων και επιχειρήσεων. Η πύλη παρέχει πρόσβαση στο ΨΜΒ EMODnet με ανάλυση πλέγματος τόξου $1/16 \times 1/16$ του λεπτού (αγγλ. arc minute), που σημαίνει περίπου 115m κατά τη διεύθυνση του γεωγραφικού παραλλήλου και 60m έως 90m κατά τη διεύθυνση του γεωγραφικού μεσημβρινού. Περιέχει περίπου 12,3 δισεκατομμύρια κόμβους πλέγματος οργανωμένους σε 64 πλακίδια (αγγλ. tiles), από τα οποία τρία πλακίδια χρησιμοποιήθηκαν για τη βάση δεδομένων της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διατριβής στη Μεσόγειο (**Εικόνα 6-3**). Το ΨΜΒ είναι διαθέσιμο για προβολή, λήψη και κοινή χρήση μέσω OGC υπηρεσιών ιστού (αγγλ. web services) (Schmitt et al., 2020).

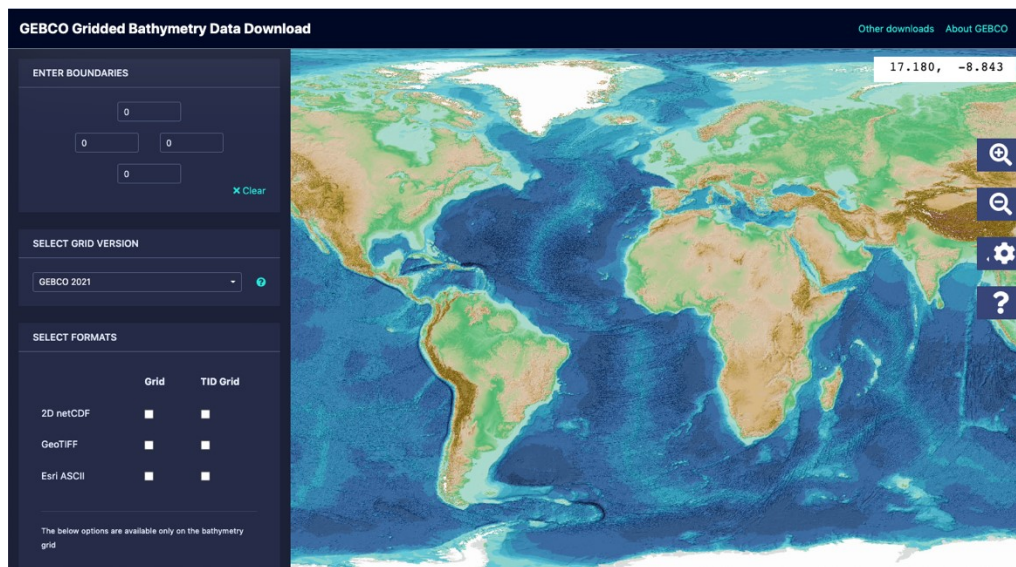


Εικόνα 6-3. Πλακίδια ΨΜΒ και επιλογή πλακιδίων (κόκκινο περίγραμμα) για τα testbeds του συστήματος OpenNCS (πηγή EMODnet Bathymetry Portal).

Το ΨΜΒ EMODnet έχει δημιουργηθεί με χρήση της καλύτερης διαθέσιμης βαθυμετρίας από διάφορες πηγές, χρησιμοποιώντας ποικίλες μεθόδους. Η κάλυψη δεδομένων εξακολουθεί να είναι ελλιπής και ορισμένα δεδομένα συλλέχθηκαν πριν από αρκετά χρόνια, ωστόσο καθώς διατίθενται νέα δεδομένα και άλλα σύνθετα σύνολα δεδομένων ΨΜΒ, προβλέπεται τα κενά να καλυφθούν και το πλέγμα να δημοσιεύεται ενημερωμένο ανά δύο έτη. Οι πληροφορίες που περιέχονται στο πλέγμα πιστεύεται ότι είναι αξιόπιστες, ωστόσο, η ακρίβεια και η πληρότητά του δεν είναι εγγυημένη. Τέσσερις δείκτες έχουν οριστεί (GEBCO Bathymetric Compilation Group, 2021; Mayer et al., 2018b), γνωστοί ως «Δείκτες ποιότητας» (αγγλ. *Quality Indices – QI*):

- Οριζόντια ακρίβεια (*QI Horizontal*)
- Κατακόρυφη ακρίβεια (*QI Vertical*)
- Σκοπός της έρευνας (*QI Purpose*)
- Ηλικία της έρευνας (*QI Age*)

Οι βελτιώσεις στο πιο πρόσφατο ΨΜΒ EMODnet περιλαμβάνουν το δείκτη ποιότητας που παρέχεται σε επίπεδο κόμβου του πλέγματος. Ωστόσο, αναφέρεται από τους παραγωγούς του EMODnet ότι, ενώ έχει καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του εντός των ορίων της παρούσας γνώσης, καμία ευθύνη δεν φέρουν οι εμπλεκόμενοι στη σύνταξή του για οποιαδήποτε επακόλουθη απώλεια ή ζημία προκύψει από τη χρήση του (**αυτό σημαίνει πως το ΨΜΒ EMODnet δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ναυσιπλοΐα ή για οποιονδήποτε άλλο σκοπό που σχετίζεται με την ασφάλεια στη θάλασσα**⁵⁹).



Εικόνα 6-4. GEBCO Download Portal

- Γενικός Βαθυμετρικός Χάρτης των Ωκεανών (GEBCO)

Ο Γενικός Βαθυμετρικός Χάρτης των Ωκεανών (General Bathymetric Chart of the Oceans - GEBCO) έχει σκοπό να παρέχει δημόσια έγκυρα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων βαθυμετρίας για τους ωκεανούς του κόσμου. Το τρέχον βαθυμετρικό σύνολο δεδομένων (πλέγμα) GEBCO_2021, είναι ένα παγκόσμιο ΨΜΒ για τη θάλασσα, που παρέχει δεδομένα βάρους, σε ένα πλέγμα διαστήματος 15 δευτερολέπτων τόξου, ανάλυση που είναι χρήσιμη για τη σύνθεση χαρτών για θαλάσσιες περιοχές όπου δεν είναι διαθέσιμα άλλα βαθυμετρικά δεδομένα με την απαιτούμενη ακρίβεια. Συμπληρώνεται από ένα Πλέγμα Αναγνωριστικού Τύπου (Type

⁵⁹ EMODnet δήλωση αποποίησης ευθύνης για χρήση: <https://www.emodnet-bathymetry.eu/data-products/disclaimer>

Identifier Grid - TID) το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους τύπους των πηγών δεδομένων στις οποίες βασίζεται το πλέγμα.

Το πλέγμα GEBCO (**Εικόνα 6-4**) επικαιροποιείται μέσω του έργου Seabed 2030. Είναι ένα έργο συνεργασίας με το Nippon Foundation της Ιαπωνίας και σκοπεύει να συγκεντρώσει όλα τα διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα προκειμένου να δημιουργηθεί χάρτης του συνόλου του βυθού των ωκεανών και να τον καταστήσει διαθέσιμο έως το 2030 (GEBCO Bathymetric Compilation Group, 2021; Mayer et al., 2018b). Το GEBCO είναι ουσιαστικά προϊόν βαθών ωκεανών και δεν περιλαμβάνει λεπτομερή βαθυμετρία για ρηχά νερά. Σημειώνεται χαρακτηριστικά πως ακόμη και σήμερα, οι περισσότερες περιοχές των ωκεανών του κόσμου δεν έχουν ερευνηθεί πλήρως και, ως επί το πλείστον, η βαθυμετρική χαρτογραφική απόδοση βασίζεται σε τυχαίες βυθομετρήσεις από πολλές διαφορετικές πηγές. Η ποιότητα και η κάλυψη των δεδομένων από αυτές τις πηγές χαρακτηρίζεται από μεταβλητότητα, και όπως με την αποποίηση ευθυνών του EMODnet, **έτσι και τα σύνολα δεδομένων της GEBCO δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για πλοήγηση ή για οποιονδήποτε σκοπό που σχετίζεται με την ασφάλεια στη θάλασσα⁶⁰.**

6.3. Πληθοπορισμός Υδροχωρικών Δεδομένων (Crowdsourcing)

Η αρχή του 21ου αιώνα έφερε την άνοδο δράσεων συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών από πολίτες, γνωστής και ως «πληθοπορισμός» (αγγλ. crowdsourcing) δεδομένων. Μια σειρά από σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις, όπως οι διαδικτυακοί χάρτες, η εκθετική αύξηση των φορητών συσκευών εντοπισμού θέσης και η ανοιχτή πρόσβαση σε δορυφορικές εικόνες επέτρεψαν στους πολίτες να γίνουν βασικοί συμμετέχοντες στην παραγωγή και την ανταλλαγή γεωχωρικών πληροφοριών (Foody et al., 2017). Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (αγγλ. Voluntary Geographic Information, συντ. ΕΓΠ/VGI) (Foody et al., 2017; Goodchild, 2007), αν και ένας αριθμός παρόμοιων όρων έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία (See et al., 2016). Ο αριθμός ανάλογων πρωτοβουλιών αυξάνεται συνεχώς χάρη στις αναδυόμενες τεχνολογίες, καλύπτει μεγάλο αριθμό εφαρμογών, επιστημονικών κλάδων, κοινοτήτων και εργαλείων με τεράστιο όγκο βιβλιογραφίας να έχει ήδη παραχθεί.

Η ΕΓΠ έχει γίνει μια σημαντική πηγή γεωπληροφοριών και υλοποιεί τη συλλογική και εθελοντική συλλογή χωρικών δεδομένων (Goetz & Zipf, 2013). Οι χρήστες συμμετέχουν σε εθελοντικές κοινότητες και διαμοιράζονται δωρεάν τα δεδομένα τους με άλλα μέλη της κοινότητας. Τα δεδομένα βασίζονται σε προσωπικές μετρήσεις ή γνώσεις καθώς και σε επεξεργασία από διαθέσιμες εναέριες εικόνες που παρέχονται ελεύθερα από διάφορους οργανισμούς και προγράμματα (π.χ. European Copernicus Sentinel Program). Αρχικά, η συλλογή δεδομένων αφορούσε δεδομένα δύο διαστάσεων, αλλά όλο και περισσότεροι χρήστες συνεισφέρουν τρισδιάστατα

⁶⁰ GEBCO δήλωση αποποίησης ευθύνης για χρήση: <https://seabed2030.org/disclaimer>

δεδομένα, τα οποία περιλαμβάνουν πληροφορίες ύψους και βάθους. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά, μπορούν να δημιουργηθούν ψηφιακά μοντέλα βυθού.

6.3.1. OpenStreetMap

Μεταξύ των σχετικών πρωτοβουλιών, η πιο δημοφιλής υποδομή είναι το OpenStreetMap (συντ. OSM), μια διανυσματική βάση δεδομένων πολλαπλών γεωχωρικών πηγών με παγκόσμια κάλυψη και διαθέσιμη υπό την άδεια OpenStreet Database (ODbL) (Mooney & Minghini, 2017). Το OSM έχει προσελκύσει συνεισφορές δεδομένων από εκατομμύρια χρήστες χάρη στην απλότητα του μοντέλου δεδομένων του, το οποίο βασίζεται σε μόλις τρεις τύπους αντικειμένων/οντοτήτων (κόμβοι, διαδρομές, σχέσεις) (αγγλ. nodes, ways, relations) που συνοδεύονται από μια λίστα απεριόριστου αριθμού ζευγών κλειδιών-τιμών (αγγλ. key-value pairs). Οι κόμβοι είναι το ισοδύναμο σημείων, οι διαδρομές αφορούν γραμμές που συνδέουν σημεία και οι σχέσεις είναι συλλογές σημείων ή διαδρομές που αντιπροσωπεύουν μια πιο σύνθετη οντότητα. Οι ιδιότητες των οντοτήτων περιγράφονται ως ετικέτες (αγγλ. tags) και δύνανται να είναι χαρακτηριστικά ενός κόμβου, μιας διαδρομής ή μιας σχέσης. Το απλό αυτό μοντέλο καθιστά εξαιρετικά εύκολη την αναζήτηση, την πρόσβαση και τη χρήση δεδομένων OSM χρησιμοποιώντας κοινό λογισμικό ΣΓΠ, καθώς και τη δημιουργία γεω-εφαρμογών. Έχει γίνει σημαντική έρευνα για την ποιότητα των πληροφοριών VGI, και ειδικότερα του OSM (Senaratne et al., 2017), η οποία επιβεβαιώνει, ότι παρά τον εθελοντικό χαρακτήρα των πηγών και την πιθανή έλλειψη ποιοτικών μεταδεδομένων, τα δεδομένα VGI μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έγκυρη εναλλακτική ή ως συμπλήρωμα κρατικών και ιδιωτικών πηγών δεδομένων.

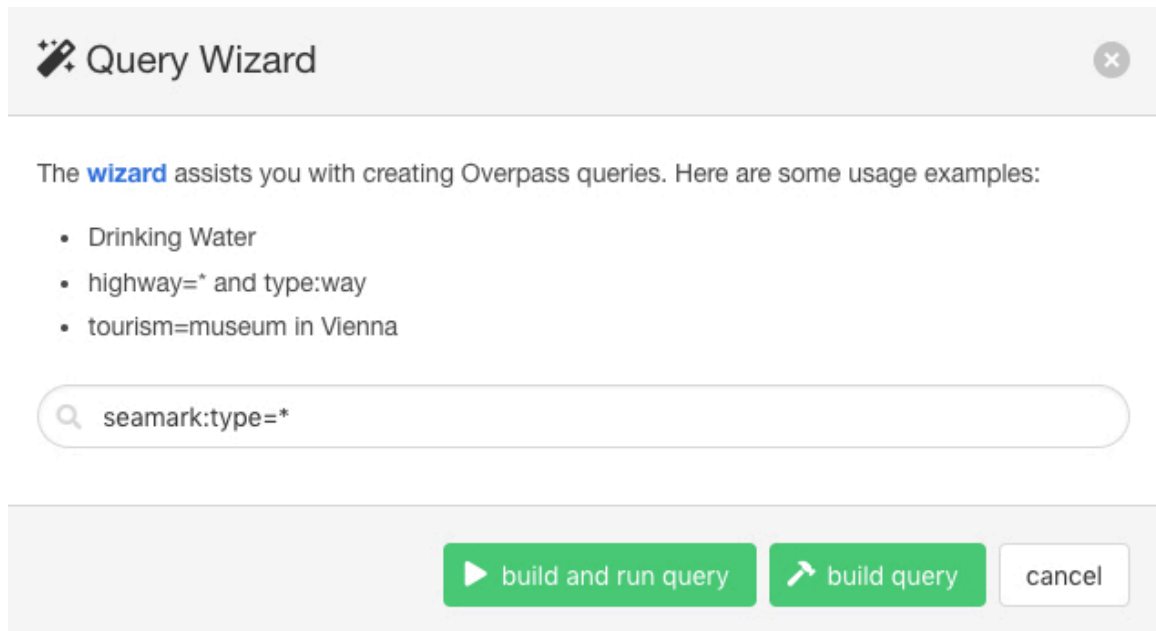
6.3.2. Υπηρεσίες OSM

Για την αξιολόγηση και συλλογή δεδομένων για το σύστημα OpenNCS έγινε χρήση από διαθέσιμες υπηρεσίες της κοινότητας OSM:

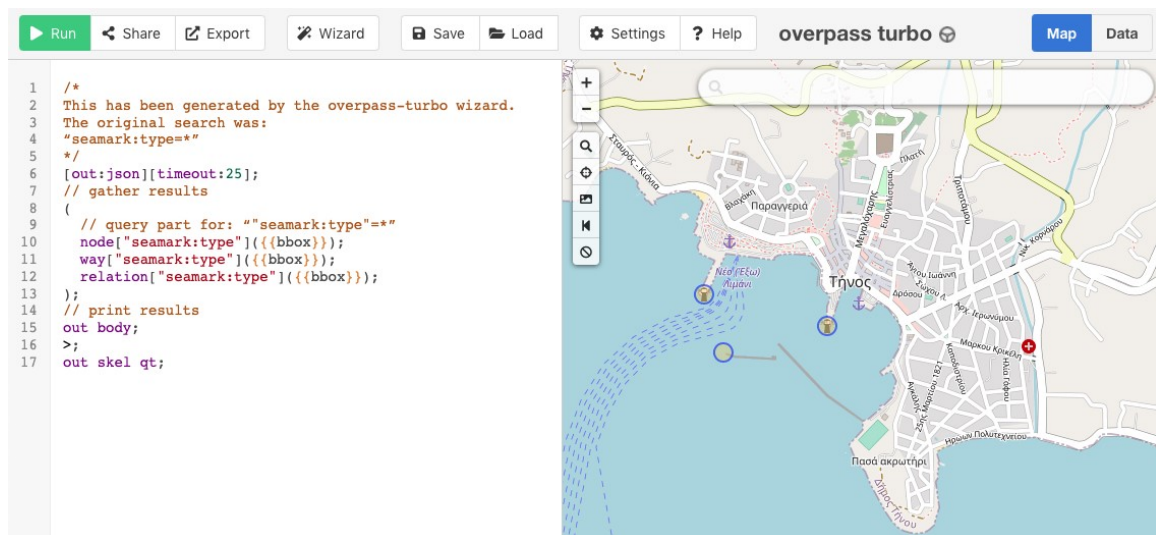
- OverPass API

Το Overpass API είναι μια υπηρεσία που επιτρέπει την αναζήτηση δεδομένων OSM με κριτήρια που θέτει ο χρήστης. Για το σκοπό αυτό, διαθέτει δύο ειδικά δημιουργημένες γλώσσες ερωτημάτων την Overpass XML και την Overpass QL. Η βασική σημασιολογία του Overpass API είναι ότι οι ροές δεδομένων OSM, για παράδειγμα κόμβοι (αγγλ. nodes) ή διαδρομές (αγγλ. ways), δημιουργούνται και τροποποιούνται από εντολές, οι οποίες εκτελούνται η μία μετά την άλλη. Το Overpass API προσφέρει μια ποικιλία από δυνατότητες αναζήτησης. Τα αποτελέσματα των αναζητήσεων μπορούν να εμφανιστούν απευθείας σε έναν χάρτη, αλλά είναι επίσης δυνατή η εξαγωγή μόνο των δεδομένων μέσω της υπηρεσίας Overpass Turbo⁶¹ (Εικόνα 6-5 & Εικόνα 6-6) σε διάφορους μορφώτυπους διανυσματικών δεδομένων.

⁶¹ <https://overpass-turbo.eu/>



Εικόνα 6-5. Παράδειγμα ερωτήματος στην υπηρεσία Overpass Turbo για πρόσβαση σε δεδομένα OSM.



Εικόνα 6-6. Παράδειγμα εξαγωγής δεδομένων OSM χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Overpass Turbo.

- OSM Taginfo

Το OpenStreetMap χρησιμοποιεί ετικέτες (αγγλ. tags) για να προσθέτει θεματικές πληροφορίες σε γεωγραφικά αντικείμενα. Δεν υπάρχει σταθερή λίστα ετικετών, καθώς μπορούν να εφευρεθούν νέες ετικέτες και να χρησιμοποιηθούν εφόσον απαιτείται. Επιπροσθέτως, οποιοσδήποτε μπορεί να δημιουργήσει μια νέα ετικέτα και να την εφαρμόσει σε νέα ή υπάρχοντα αντικείμενα. Αυτό δίνει στο OpenStreetMap μεγάλη ευελιξία, αλλά μπορεί επίσης να καταστήσει δύσκολη τη χρήση του μερικές φορές. Είτε κάποιος συνεισφέρει στο OSM είτε χρησιμοποιεί τα δεδομένα OSM, υπάρχουν πάντα ερωτήσεις όπως: (i) Ποιές ετικέτες χρησιμοποιούνται για ένα γεωχωρικό αντικείμενο X; (ii) Ποιές ετικέτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το γεωχωρικό

αντικείμενο Υ ώστε να εμφανίζεται σωστά στον χάρτη; (iii) Είναι η ετικέτα Z που περιγράφεται στο OSM wiki πραγματική σε χρήση και πού;

Το OSM Taginfo⁶² βοηθά να απαντηθούν σχετικές ερωτήσεις δίνοντας στατιστικά στοιχεία σχετικά με το ποιες ετικέτες βρίσκονται στην πραγματικότητα στη βάση δεδομένων, πόσα άτομα χρησιμοποιούν αυτές τις ετικέτες, πού χρησιμοποιούνται, και άλλα. Το Taginfo συλλέγει δεδομένα σχετικά με τις ετικέτες OSM από διάφορες πηγές και τις συγκεντρώνει για εύκολη περιήγηση και αναζήτηση. Το Taginfo λαμβάνει πληροφορίες για τις ετικέτες από το OSM wiki και από άλλα πηγές, σε προσπάθεια να συγκεντρώσει όλες τις δυνατές πληροφορίες για να βοηθήσει στην κατανόηση τους, καθώς και πώς χρησιμοποιούνται.

- OSM Tag History

Το OSM Tag History⁶³ (ελλ. Ιστορικό Ετικετών) είναι ένα online εργαλείο χαρτογραφικής απόδοσης γραφικών παραστάσεων που εμφανίζει στατιστικά στοιχεία χρήσης ετικετών με την πάροδο του χρόνου. Το OSM Tag History επιτρέπει στους χρήστες να συγκρίνουν πολλαπλές ετικέτες, προκειμένου να παρατηρούν αλλαγές στη χρήση τους, καθώς και τυχόν μετατοπίσεις στις χρήσεις που γίνονται από μια ετικέτα σε κάποια άλλη παρόμοια με την πάροδο του χρόνου.

- OSM Seamark tags

Ένα σχήμα ετικετών OSM που ονομάζεται “*seamark*”⁶⁴ βασίζεται σε στοιχεία που ορίζονται στον κατάλογο οντοτήτων S-101 του IHO. Οι ετικέτες *seamark* έχουν αυξηθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία με περισσότερες από 570.000 ετικέτες να έχουν καταγραφεί μέχρι τις αρχές του 2023. Επιπλέον, σημαντικά *seamarks* για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, όπως οι βράχοι, καταγράφονται με πολύ υψηλό ρυθμό όπως απεικονίζεται στην **Εικόνα 6-7**.

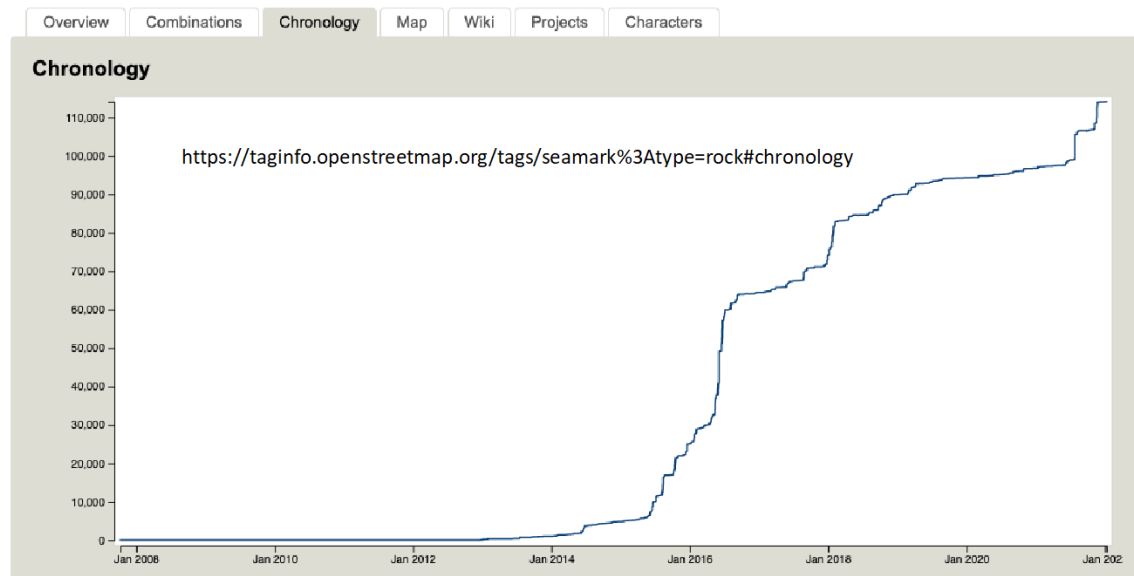
⁶² <https://taginfo.openstreetmap.org/>

⁶³ <https://taghistory.raifer.tech/>

⁶⁴ Λίστα αντικειμένων S-57/S-101 - https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Seamarks/Seamark_Objects

seamark:type=rock

A concreted mass of stony material or coral which dries, is awash or is below the water surface.



Εικόνα 6-7. Χρονολόγιο ετικέτας *seamark* τύπου βράχου (αγγλ. rock). Πηγή υπηρεσία OSM πληροφοριών ετικετών (Taginfo).

Οι ετικέτες OSM Seamark βασίζονται σε στοιχεία που ορίζονται στους καταλόγους οντοτήτων S-57 & S-101. Τα μνημονικά έξι γραμμάτων που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο S-57 έχουν αντικατασταθεί στο S-101 από λέξεις ή διαχωρισμένες αγγλικές φράσεις υπογράμμισης για αναγνωσιμότητα από μηχανή και τον άνθρωπο. Η μορφή των ετικετών seamark είναι `seamark:<object>:<attribute>=<value>` όπου `<object>` είναι το κλειδί αντικείμενου (οντότητας), `<attribute>` είναι το κλειδί ιδιότητας και `<value>` είναι η τιμή ιδιότητας, όπου το `seamark:type=<object>` είναι το γονικό αντικείμενο αναφοράς. Οποιοσδήποτε δεδομένος κόμβος ή διαδρομή μπορεί να επισημανθεί με περισσότερα από ένα αντικείμενα S-57/S-101 - π.χ. μια σηματοδύρα με έναν φανό επισημαίνεται με τρία αντικείμενα και τις ιδιότητές τους. Αυτά τα αντικείμενα δομούνται ως σχέση γονέα-παιδιού (ιεραρχικό μοντέλο) με ένα γονικό αντικείμενο και μηδέν ή περισσότερα αντικείμενα «παιδιά». Το γονικό αντικείμενο υποδεικνύεται με μια ετικέτα σε αυτήν τη φόρμα σχήματος με μια τιμή που αντιστοιχεί σε ένα έγκυρο κλειδί αντικείμενου. Ένα παράδειγμα σχήματος ετικετών - μια σηματοδύρα με φανό - παρουσιάζεται στον **Πίνακα 6-1**:

Πίνακας 6-1. Παράδειγμα Αντικείμενου Seamark.

Γονικό Αντικείμενο	Seamark Αντικείμενο
seamark:type=buoy_lateral	seamark:buoy_lateral:category=port
	seamark:buoy_lateral:shape=pillar
	seamark:buoy_lateral:colour=red
	seamark:topmark:shape=cylinder
	seamark:topmark:colour=red

```
seamark:light:colour=red
```

```
seamark:light:character=Fl
```

```
seamark:light:period=5
```

6.4. Μηχανισμός Απόκτησης Δεδομένων (Import Engine)

Για τον μηχανισμό απόκτησης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε κατά βάση η βιβλιοθήκη GDAL/OGR, η οποία θεωρείται ένα σημαντικό έργο ελεύθερου λογισμικού για τις εκτεταμένες δυνατότητες μετατροπής δεδομένων, τόσο από την ακαδημαϊκή όσο και την βιομηχανική κοινότητα ΣΓΠ, λόγω της ευρείας χρήσης και του ολοκληρωμένου συνόλου λειτουργιών της (Neteler & Raghavan, 2006).

6.4.1. Μετασχηματισμός raster δεδομένων (GDAL)

Η Geospatial Data Abstraction Library (συντ. GDAL⁶⁵, ελλ. Αφαιρετική Βιβλιοθήκη Γεωχωρικών Δεδομένων) είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού για ανάγνωση και δημιουργία μορφότυπων ψηφιδωτής δομής (*raster*) και διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων (*vector*) και είναι διαθέσιμη με άδεια ελεύθερου λογισμικού από το Open Source Geospatial Foundation (συντ. OSGeo⁶⁶). Ως βιβλιοθήκη, παρουσιάζει ένα ενιαίο αφαιρετικό (αγγλ. *abstract*) μοντέλο δεδομένων στην εκάστοτε εφαρμογή που τη χρησιμοποιεί, για όλες τους υποστηριζόμενους μορφότυπους. Συνήθως χρησιμοποιείται μέσω βοηθητικών προγραμμάτων διεπαφής γραμμής εντολών για μετατροπή και επεξεργασία δεδομένων. Οι προβολές και οι μετασχηματισμοί υποστηρίζονται από τη βιβλιοθήκη PROJ⁶⁷. Η βιβλιοθήκη GDAL αναπτύχθηκε αρχικά από τον Frank Warmerdam⁶⁸ μέχρι την κυκλοφορία της έκδοσης 1.3.2, από όπου η συντήρηση και επέκταση της μεταφέρθηκε επίσημα στην Επιτροπή Διαχείρισης Έργων GDAL/OGR στο πλαίσιο του OSGeo.

6.4.2. Μετασχηματισμός vector δεδομένων (OGR)

Η σχετική βιβλιοθήκη OGR (OGR Simple Features Library), η οποία αποτελεί μέρος της GDAL, παρέχει παρόμοιες δυνατότητες για απλές οντότητες διανυσματικών δεδομένων. Η διεπαφή `ogr2ogr` μετατρέπει δεδομένα απλών οντοτήτων (αγγλ. *simple features*) μεταξύ διανυσματικών μορφότυπων ή βάσεων δεδομένων (π.χ. Shapefile, CSV, DBF, GML, KML, Interlis, SQLite, GeoPackage, SpatiaLite, ODBC,

⁶⁵ <https://gdal.org/>

⁶⁶ <https://www.osgeo.org/>

⁶⁷ Το PROJ είναι ένα γενικό λογισμικό μετασχηματισμού συντεταγμένων, το οποίο μετατρέπει συντεταγμένες από ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (CRS) σε κάποιο άλλο. Αυτό δύναται να περιλαμβάνει χαρτογραφικές προβολές καθώς και γεωδαιτικούς μετασχηματισμούς (<https://proj.org/>).

⁶⁸ <https://github.com/warmerdam>

GeoDatabase, PostGIS/PostgreSQL, MySQL). Μπορεί επίσης να εκτελέσει διάφορες λειτουργίες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μετατροπής, όπως χωρική επιλογή ή επιλογή ιδιοτήτων, απαλοιφή ιδιοτήτων, καθορισμό του συστήματος συντεταγμένων εξόδου ή ακόμα και επαναπροβολή των οντοτήτων κατά τη μετατροπή. Επίσης η διεπαφή *ogrinfo* αναλύει ένα αρχείο γεωχωρικών διανυσματικών δεδομένων και παρουσιάζει πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα και τα είδη της γεωμετρίας που βρίσκονται στο αρχείο.

6.5. Σύνθεση Οντοτήτων Βαθυμετρίας (Bathymetry Features Compilation)

6.5.1. Αρχική Σύνθεση (Original Compilation)

Η διαδικασία αρχικής σύνθεσης, όπως αναφέρεται στο πρότυπο S-4 (IHO, 2021a), θα πρέπει να ξεκινήσει από τη μεγαλύτερη δυνατή κλίμακα, καθώς ο ναυτιλλόμενος αναμένει ότι οι χάρτες θα είναι συνεπείς σε όλες τις κλίμακες, τουλάχιστον για τα πιο σημαντικά αντικείμενα δεδομένων, μια πρακτική που αναφέρεται ως «κατακόρυφη συνέπεια» (αγγλ. vertical consistency). Ως αποτέλεσμα, η αρχική σύνθεση και η επακόλουθη ενημέρωση των χαρτών θα πρέπει να γίνεται από τη μεγαλύτερη κλίμακα της σειράς στη μικρότερη. Αυτή η πρακτική ακολουθείται και στο OpenNCS δημιουργώντας πρώτα την κλίμακα σκοπού πλοήγησης για Προσέγγιση Ακτών (αγγλ. Approach) (ENC επίπεδο 4) ως τη μεγαλύτερη δυνατή κλίμακα χάρτη από τα αρχικά δεδομένα πηγής και στη συνέχεια δημιουργώντας τον επόμενο μικρότερης κλίμακας χάρτη, χρησιμοποιώντας την κλίμακα επιπέδου προσέγγισης ως πηγή και ούτω καθεξής, μέχρι τη μικρότερη σχετική κλίμακα για την εκάστοτε οντότητα και τύπο δεδομένων. Επιπλέον, για να απεικονιστεί το ανάγλυφο του βυθού της θάλασσας αρμονικά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές απόδοσης στον χάρτη, απαιτείται γενίκευση των βαθυμετρικών πληροφοριών, όπως υποδεικνύεται στο πρότυπο S-4, αφαιρώντας τις λιγότερο ουσιώδεις πληροφορίες.

6.5.2. Διαδικασία Γενίκευσης (Generalization Process)

Η γενίκευση σύμφωνα με τη Διεθνή Χαρτογραφική Ένωση (αγγλ. International Cartographic Association – ICA) ορίζεται ως «η επιλεγμένη και απλοποιημένη αναπαράσταση των λεπτομερειών που είναι κατάλληλες για την κλίμακα και τον σκοπό του χάρτη» (ICA, 1973), ενώ από τον IHO ορίζεται ως «η παράλειψη λιγότερο σημαντικής λεπτομέρειας κατά τη σύνθεση ενός χάρτη. Σκοπός είναι να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του ναυτικού χάρτη όπου ο χώρος είναι περιορισμένος» (IHO, 2023).

Σύμφωνα με τους (McMaster & Shea, 1992) ως ψηφιακή γενίκευση ορίζεται «η διαδικασία δημιουργίας, από ένα σύνολο αρχικών δεδομένων, ενός παράγωγου συνόλου χαρτογραφικών δεδομένων κωδικοποιημένων με συμβολικό ή ψηφιακό τρόπο, με εφαρμογή χωρικών μετασχηματισμών». Οι χωρικοί μετασχηματισμοί καθώς και οι χαρτογραφικές τεχνικές για την τροποποίηση μη χωρικών ιδιοτήτων ονομάζονται τελεστές της γενίκευσης και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την απλοποίηση, εξομάλυνση, συγχώνευση σημειακών ή γραμμικών ή επιφανειακών συμβόλων,

μετάπτωση, εκλέπτυνση, μεγέθυνση, ενίσχυση, μετάθεση και άλλες τεχνικές όπως ενδεικτικά παρουσιάζονται στην **Εικόνα 6-8**.

Spatial and Attribute Transformations (Generalization Operators)	Representation in the Original Map	Representation in the Generalized Map	
	At Scale of the Original Map	At 50% Scale	
Simplification			
Smoothing			
Aggregation			
Amalgamation			
Merge			
Collapse			
Refinement			
Typification			
Exaggeration			
Enhancement			
Displacement			
Classification	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	1-5, 6-10, 11-15, 16-20	Not Applicable

Εικόνα 6-8. Τελεστές Γενίκευσης (Shea & McMaster, 1989).

Η απλοποίηση (αγγλ. simplification) γραμμής είναι η διαδικασία αφαίρεσης κορυφών σε μια γραμμή, με σκοπό να διατηρηθεί ο μέγιστος αριθμός λεπτομερειών εντός της γραμμής, ενώ η εξομάλυνση (αγγλ. smoothing) γραμμής είναι η τροποποίηση της θέσης των κορυφών μιας γραμμής με σκοπό την εξάλειψη μικρών διαταραχών του σχήματός της, ώστε να διατηρείται η κυρίαρχη τάση της μορφής της (Νάκος, 2021). Η

γενίκευση οντοτήτων των ναυτικών χαρτών βασίζεται σε κανόνες και περιορισμούς που εξάγονται από τα πρότυπα του IHO, τις βέλτιστες πρακτικές που υιοθετούνται από τις υδρογραφικές υπηρεσίες και τη βιβλιογραφία ναυτικής χαρτογραφίας (Skoreliti et al., 2020).

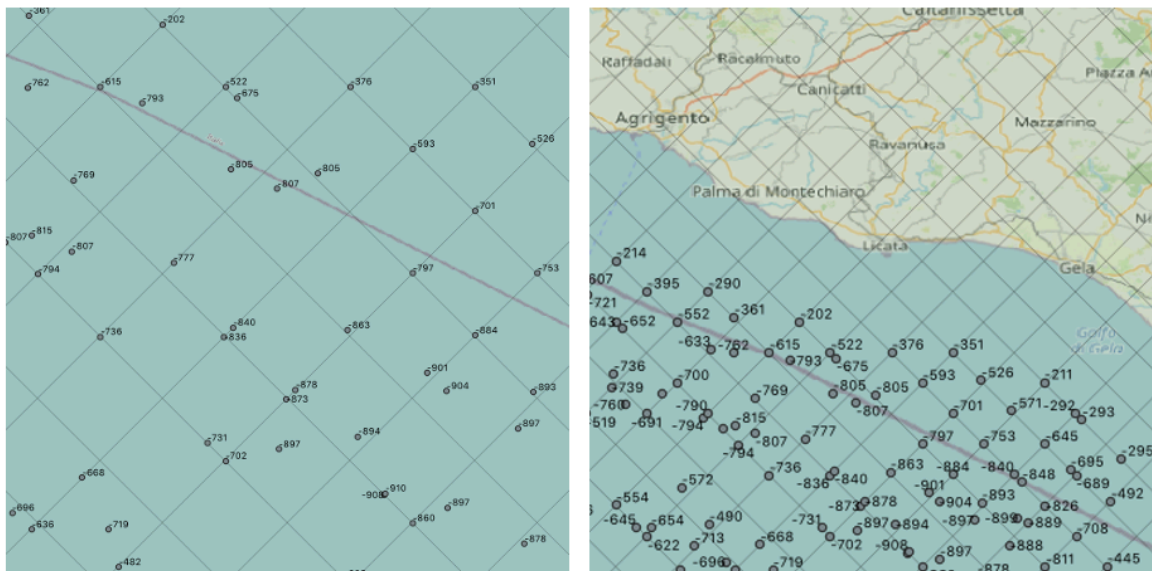
6.5.3. Επιλογή Βαθών (Sounding Selection)

Οι βυθομετρήσεις (αγγλ. soundings) εμφανίζονται με τον αριθμό που αντιπροσωπεύει το βάθος στους ναυτικούς χάρτες και η επιλογή τους (αγγλ. sounding selection) είναι «η διαδικασία επιλογής μεμονωμένων μετρήσεων από μια υδρογραφική έρευνα για τη σύνθεση ενός χάρτη» (IHO, 2023). Η βασική αρχή για την επιλογή των βαθών είναι σύμφωνη με τη λογική “*shoal biased*” (ελλ. «μεροληψία προς τα αβαθή»), όπου για καλά αποτυπωμένες περιοχές επιτυγχάνεται μέσω της «τριγωνικής μεθόδου επιλογής» (IHO, 2021a), όπου:

α) Δεν πρέπει να υπάρχει τιμή βάθους εντός ενός τριγώνου επιλεγμένων βαθών, η οποία να είναι μικρότερη από οποιαδήποτε από τις τιμές των βαθών που ορίζουν τα άκρα του τριγώνου (ονομάζεται «δοκιμή τριγώνου»).

β) Δεν πρέπει να υπάρχει τιμή βάθους μεταξύ δύο γειτονικών επιλεγμένων βαθών που σχηματίζουν μια πλευρά τριγώνου η οποία είναι μικρότερη από τη μικρότερη από τις τιμές των δύο επιλεγμένων βαθών (ονομάζεται «δοκιμή ακμής»).

Στο OpenNCS χρησιμοποιείται μια σαφώς καθορισμένη μεθοδολογία για την επιλογή βαθών, όπως προτείνεται από τους Skoreliti et al. (2020). Με βάση τη συγκεκριμένη μεθοδολογία, ένα ρομβοειδές δίκτυο χρησιμοποιείται ως δομή αναφοράς (Εικόνα 6-9), όπου το μέγεθος του κελιού εξαρτάται από την κλίμακα σύνθεσης.



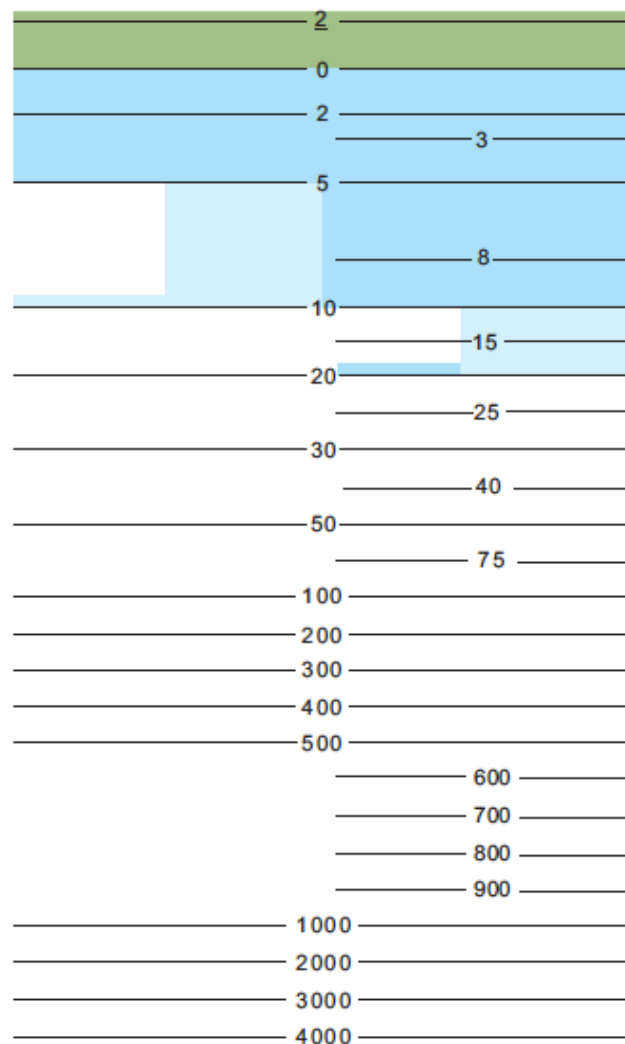
Εικόνα 6-9. Αποτελέσματα από τη Μεθοδολογία Επιλογής Βυθομετρήσεων.

Τα δεδομένα εισόδου είναι ένα ΨΜΒ υψηλής ανάλυσης και η έξοδος είναι ένα σύνολο δεδομένων με βάθη κατάλληλα για χαρτογραφική απόδοση στις διάφορες ENC κλίμακες. Η διαδικασία επιλογής βαθών υλοποιείται μέσω python script

χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων όπως rasterio, georandas, κ.ά. Η διαδικασία γενίκευσης ακολουθεί την «αρχή της κλίμακας» (αγγλ. “*ladder principle*”), η οποία είναι σημαντική για τη χαρτογραφική απόδοση των βαθών σε ναυτικούς χάρτες, δηλαδή, κάθε βάθος που εμφανίζεται σε χάρτη μικρότερης κλίμακας θα πρέπει επίσης να εμφανίζεται σε χάρτες μεγαλύτερης κλίμακας. Η μέθοδος παρήγαγε επιτυχώς γενικευμένα βάθη για τις βασικές κλίμακες σκοπού πλοήγησης ENC (Overview, General, Coastal & Approach) όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6-9**.

6.5.4. Δημιουργία Ισοβαθών (Contours)

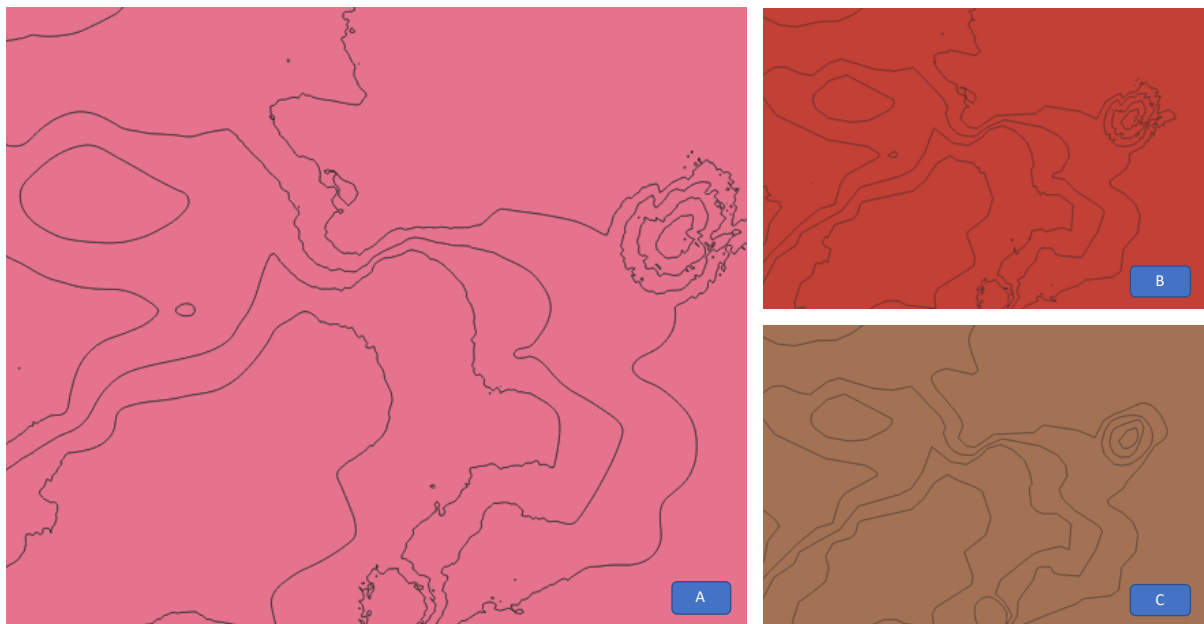
Η δημιουργία ισοβαθών, σύμφωνα με το υδρογραφικό λεξικό, δημοσίευση S-32, (IHO, 2023) είναι «η διαδικασία δημιουργίας γραμμών που αντιπροσωπεύουν ίσες τιμές μιας οντότητας σε έναν χάρτη». Η δημιουργία ισοβαθών έχει αναγνωριστεί ως η πιο απαιτητική εργασία (Manzano, 2021). Σημαντική πρόκληση είναι η γενίκευση και η εξομάλυνση των ισοβαθών (π.χ. αφαίρεση ή συγχώνευση μικρών δακτυλίων, διόρθωση ισοβαθών που τέμνονται ή τροποποιήσεις σύμφωνα με βυθομετρήσεις εκτός ισοβαθών) για την επίτευξη ενός αποτελέσματος που πληροί τους περιορισμούς ασφάλειας και μορφολογίας που αναφέρονται στο πρότυπο S-4 (IHO, 2021a).



Εικόνα 6-10. Τυπική σειρά Ισοβαθών σύμφωνα με τη δημοσίευση S-4

Η τυπική σειρά ισοβαθών (**Εικόνα 6-10**) που πρέπει να αποδοθεί ξεκινά από 0m για περιοχές όπου οι παλίρροιες είναι αισθητές, 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000m, κ.λπ. Οι ισοβαθείς των 2 και 5 μέτρων δύνανται να παραληφθούν όταν δεν εξυπηρετούν συγκεκριμένο σκοπό και δεν είναι απαραίτητο να εμφανίζεται η πλήρης ακολουθία των ισοβαθών, για παράδειγμα σε απότομες πλαγιές και γύρω από απομονωμένες κορυφές. Συμπληρωματικές ισοβαθείς, για παράδειγμα των 3, 8, 15, 25, 40, 75m και πολλαπλάσια των 10 ή 100m δύνανται να υπάρχουν, εάν τα διαθέσιμα δεδομένα το επιτρέπουν, για να οριοθετήσουν συγκεκριμένα βαθυμετρικά χαρακτηριστικά όπου οι βυθομετρήσεις θα ήταν οι μόνες πληροφορίες βάθους σε μεγάλη έκταση ή προς όφελος συγκεκριμένων εθνικών σκοπών. Για παράδειγμα, η ισοβαθής των 2500 μέτρων δύναται να απαιτείται για οριοθέτηση της υφαλοκρηπίδας σύμφωνα με το άρθρο 76 της UNCLOS (IHO, 2021a).

Η δημιουργία ισοβαθών για το OpenNCS εκτελείται χρησιμοποιώντας διεπαφή της βιβλιοθήκης GDAL. Το πρόγραμμα `gdal_contour` δημιουργεί διανυσματικό αρχείο ισοβαθών (**Εικόνα 6-11α**) από το ψηφιακό μοντέλο βυθού (DBM) που λαμβάνεται ως αρχείο εισόδου.



Εικόνα 6-11. Διαδικασία δημιουργίας ισοβαθών στο QGIS. (α) Ισοβαθείς όπως παράγονται μέσω της επεξεργασίας DBM. (β) Απλοποίηση γραμμών με εξάλειψη πολύ μικρών δακτυλίων, (γ) Εξομάλυνση γραμμών.

Ακολουθεί η γενίκευση ισοβαθών (**Εικόνες 6-11β, 6-11γ**) χρησιμοποιώντας ένα πρόσθετο εργαλείο (αγγλ. plugin) στο περιβάλλον του λογισμικού ΣΓΠ QGIS ανοιχτού κώδικα (αγγλ. open source Geographic Information System) που ονομάζεται “*Geo Simplification*” το οποίο περιλαμβάνει δύο scripts επεξεργασίας που ονομάζονται “*Simplify*”, και “*Reduce Bend*” τα οποία είναι εργαλεία γεωχωρικής γενίκευσης για γραμμές και πολύγωνα. Ο γνωστός αλγόριθμος απλοποίησης γραμμών Douglas & Peucker (Douglas & Peucker, 1973) υλοποιείται μέσω του εργαλείου *Simplify*, ενώ το

Reduce Bend παρά το γεγονός ότι είναι και αυτός αλγόριθμος απλοποίησης γραμμών, η εφαρμογή του χαρακτηρίζεται από καλύτερη απόδοση σε χαρτογραφικές οπτικοποιήσεις. Το “*Reduce Bend*” είναι μια βελτιωμένη υλοποίηση του αλγόριθμου Wang & Müller (Wang & Müller, 1998), συχνά γνωστό ως “*Bend Simplify*”⁶⁹ ή “*Wang Algorithm*”. Μπορεί να διατηρήσει καμπές των γραμμών ή του περιγράμματος των πολυγώνων διατηρώντας παράλληλα την τοπολογία εντός και μεταξύ των οντοτήτων του ίδιου επιπέδου. Ο αλγόριθμος για κάθε γραμμή αναλύει τις καμπύλες της και αποφασίζει ποια πρέπει να εξομαλυνθεί, προσπαθώντας να μιμηθεί τι θα έκανε ένας χαρτογράφος με το χέρι για να απλοποιήσει λεπτομέρειες εντός μιας γραμμής στο επίπεδο της κλίμακας οθόνης.

Και οι δύο αλγόριθμοι είναι συμπληρωματικοί καθώς όταν υφίσταται πολύ υψηλή πυκνότητα κορυφών το *Reduce Bend* δεν θα αφαιρέσει τις περιττές κορυφές και για αυτό χρησιμοποιείται το script *Simplify*, πριν από το *Reduce Bend*, στην περίπτωση πολύ πυκνών γεωμετριών.

6.5.5. Δημιουργία Περιοχών Βάθους (Depth Areas)

Οι *Περιοχές Βάθους* (αγγλ. *Depth Areas*) είναι υδάτινες περιοχές των οποίων το βάθος ευρίσκεται εντός ενός καθορισμένου εύρους τιμών. Σύμφωνα με το πρότυπο S-4 (IHO, 2021a), οι θαλάσσιες περιοχές, οι μεσοπαλιρροιακές (αγγλ. *intertidal*) περιοχές και τα πλευσίμα μέρη ποταμών, λιμνών και καναλιών πρέπει να χωρίζονται σε περιοχές βάθους, όταν υφίσταται εύρος βάθους. Για κάθε οντότητα περιοχής βάθους, οι ιδιότητες *DRVAL1* και *DRVAL2* λαμβάνουν τιμές που αντιστοιχούν στα μικρότερα και μεγαλύτερα βάθη σε αυτήν την περιοχή αντίστοιχα και λαμβάνουν τιμές από τις ισοβαθείς που υπολογίστηκαν προηγουμένως. Τα πολύγωνα που αποτελούν τις περιοχές βάθους εξάγονται από μετατροπή γραμμών (ισοβαθών) σε πολύγωνα με χρήση διανυσματικών εργαλείων του λογισμικού QGIS.

6.6. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων (Chart Features Packaging)

Όπως αναφέρθηκε, το πρότυπο S-100 ορίζει ένα καθολικό μοντέλο δεδομένων με τυποποιημένα αντικείμενα, υποομάδες αντικειμένων (που ονομάζονται κατηγορίες αντικειμένων), ιδιότητες με λίστες τιμών και μορφότυπους τιμών. Το S-100 είναι η βάση για περαιτέρω προδιαγραφές προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου του S-101 για ENC. Ο IHO παρέχει δωρεάν πρόσβαση στο Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών, ένα αποθετήριο που επιτρέπει την περιήγηση και την αναζήτηση ως λεξικό υδροχωρικών δεδομένων. Η σχέση μεταξύ οντοτήτων, ιδιοτήτων και απαριθμήσεων καθορίζεται στο S-101 από έναν κατάλογο οντοτήτων.

⁶⁹ Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για την έκδοση του αλγορίθμου που έχει ενσωματωθεί στα εργαλεία γενίκευσης ArcGIS της ESRI.

6.6.1. Πρότυπο GeoPackage

Για τη δημιουργία βάσης δεδομένων του συστήματος OpenNCS επιλέχθηκε ο μορφότυπος δεδομένων GeoPackage. Το GeoPackage είναι ένα αρχείο βάσης δεδομένων SQLite με μορφότυπο δεδομένων ανεξάρτητο από πλατφόρμα, τυποποιημένο από το Open Geospatial Consortium (OGC). Το GeoPackage είναι ένας ανοιχτός, βασισμένος σε πρότυπα, φορητός, αυτοπεριγραφόμενος, συμπαγής μορφότυπος για τη μεταφορά γεωχωρικών πληροφοριών. Το πρότυπο κωδικοποίησης GeoPackage περιγράφει ένα σύνολο συμβάσεων για την αποθήκευση των παρακάτω στοιχείων σε μια βάση δεδομένων SQLite:

- (i) διανυσματικές οντότητες
- (ii) σύνολα πλακιδίων εικόνων και χαρτών ράστερ σε διάφορες κλίμακες
- (iii) ιδιότητες (μη χωρικά δεδομένα)
- (iv) επεκτάσεις (αγγλ. extensions)

Το πρότυπο “GeoPackage Encoding Standard” διέπει τους κανόνες και τις απαιτήσεις του περιεχομένου που αποθηκεύονται. Το πρότυπο GeoPackage ορίζει το σχήμα, συμπεριλαμβανομένων των ορισμών πινάκων, των κανόνων ακεραιότητας, των περιορισμών μορφότυπων και περιεχομένου. Το απαιτούμενο και υποστηριζόμενο περιεχόμενο ενός GeoPackage ορίζεται εξ ολοκλήρου στο πρότυπο. Οι βασικές δυνατότητες είναι ενσωματωμένες στη βάση, ενώ ο μηχανισμός επέκτασης που έχει οριστεί παρέχει δυνατότητα να συμπεριληφθεί πρόσθετη λειτουργικότητα.

Δεδομένου ότι το GeoPackage είναι ένα αρχείο βάσης δεδομένων, υποστηρίζει άμεση χρήση. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα σε ένα GeoPackage μπορούν να προσπελαστούν και να ενημερωθούν σε «εγγενή» μορφότυπο αποθήκευσης χωρίς μετατροπές ενδιάμεσης μορφής. Τα GeoPackages που συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προτύπου και δεν εφαρμόζουν ειδικές επεκτάσεις είναι διαλειτουργικά. Τα GeoPackages είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε κινητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, tablet) και σε περιβάλλοντα επικοινωνίας όπου υπάρχει περιορισμένη συνδεσιμότητα και εύρος ζώνης.

6.6.2. Επίπεδα ENC για Σκοπούς Πλοήγησης (Navigation Purposes)

Το OpenNCS καλύπτει τα έξι επίπεδα/κλίμακες σκοπού πλοήγησης (αγγλ. navigational purposes) που προβλέπονται από το πρότυπο S-101, δηλαδή Σχεδίασης Πλου ή Επισκόπησης (αγγλ. Overview), Πλου Ανοιχτής Θάλασσας ή Γενικό (αγγλ. General), Ακτοπλοΐας (αγγλ. Coastal), Προσέγγισης Ακτών (αγγλ. Approach), Πρόσγεια Λιμένων (αγγλ. Harbor) και Ελλιμενισμού (αγγλ. Berthing). Σημειώνεται πως το OpenNCS καθώς λειτουργεί με βάση τις αρχές των εφαρμογών διαδικτυακής χαρτογράφησης έχει τη δυνατότητα προβολής πέρα από τις έξι κλίμακες, δηλαδή σε μικρότερα και μεγαλύτερα επίπεδα κλίμακας (βλ. **Πίνακα 6-2**).

Πίνακας 6-2. Αντιστοίχιση Επιπέδων μεταβολής κλίμακας, Κλίμακας Χάρτη και Σκοπού Πλοήγησης ENC

Zoom Level	Chart Scale ⁷⁰	ENC Navigational Purpose
0	1:591.657.527	
1	1:295.828.763	
2	1:147.914.381	
3	1:73.957.191	
4	1:36.978.595	
5	1:18.489.297	
6	1:9.244.649	
7	1:4.622.324	Overview
8	1:2.311.162	
9	1:1.155.581	General
10	1:577.791	
11	1:288.895	Coastal
12	1:144.448	
13	1:72.224	Approach
14	1:36.112	
15	1:18.056	Harbour
16	1:9.028	
17	1:4.514	Berthing
18	1:2.257	
19	1:1.128	
20	1:564	
21	1:282	
22	1:141	
23	1:71	

6.6.3. Οντότητες Συστήματος (OpenNCS Features)

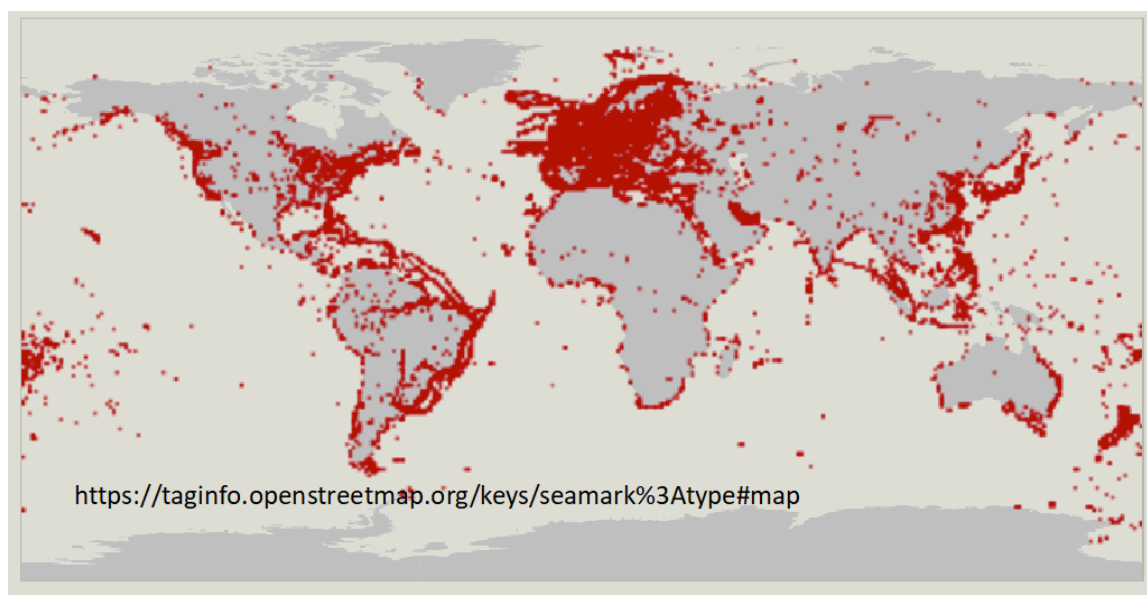
Στο OpenNCS οι οντότητες για κάθε επίπεδο του χάρτη επιλέχθηκε να αποθηκεύονται σε ξεχωριστό αρχείο βάσης δεδομένων για λόγους απόδοσης. Όσον αφορά τις οντότητες ENC, ο κατάλογος χαρτογραφικής απόδοσης S-101 παρέχει 185 οντότητες χωρισμένες σε τρία επίπεδα ομάδων προβολών (*ViewingGroupLayers*) όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα οποία είναι τα: “*Base*” (εμφανίζεται πάντα), “*Standard*” (προεπιλεγμένη οθόνη ECDIS) και “*Other*” (εμφανίζει όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες).

⁷⁰ Οι πηγές για τη δημιουργία του πίνακα πέρα από τα IHO S-4 και S-11 είναι τα ακόλουθα άρθρα: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/how-can-you-tell-what-map-scales-are-shown-for-online-maps/> - <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/web-map-zoom-levels-updated/>

Πίνακας 6-3. Οντότητες HNX σε NOAA ENC vs OSM Seamarks vs OpenNCS

Layer	NOAA ENC	OSM Seamark	OSM Seamark (%)	OpenNCS	OpenNCS (%)
Base	25	13	52%	15	60%
Standard	63	50	79%	43	68%
Other	57	26	46%	33	58%
Total	145	89	61%	91	63%

Ο Πίνακας 6-3 συνοψίζει τις οντότητες ENC που καταγράφηκαν (α) στα ENCs της NOAA (ελεύθερα διαθέσιμα), (β) ως Seamarks OSM και (γ) αυτές που χρησιμοποιούνται στο OpenNCS, σε σχέση με τα τρία επίπεδα ομάδων προβολής. Επιπλέον, η Εικόνα 6-12 παρουσιάζει την τρέχουσα παγκόσμια κατανομή των ετικετών OSM Seamarks με αξιοσημείωτη έμφαση σε περισσότερα διαθέσιμα δεδομένα στην Ευρώπη.

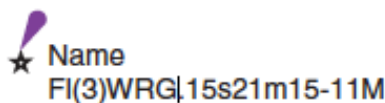


Εικόνα 6-12. Κατανομή ετικετών Seamark. Πηγή υπηρεσία OSM Taginfo

6.6.4. Ετικέτες Φανών και Τομείς (Lights Labels & Sectors)

Στην περίπτωση των φανών (S-57 μνημονικό LIGHTS), υπάρχουν δύο seamarks αντικείμενα (*light_major* και *light_minor*) στο OSM, τα οποία στο OpenNCS αντιμετωπίζονται ως ένα, διαφοροποιημένα μόνο ως προς το εύρος της εμβέλειάς τους στις διάφορες κλίμακες σκοπών πλοήγησης των HNX. Αναπτύχθηκε ειδικό script σε γλώσσα python για την προετοιμασία των ετικετών των φανών (Εικόνα 6-13) που περιλαμβάνουν τα χαρακτηριστικά των φανών και του κύκλου ορατότητάς τους, καθώς επίσης και των τόξων που έχουν οι τομείς των φανών με διαφορετικό χρώμα εκπομπής. Ο κύκλος ορατότητας ορίζεται (IHO, 2023) ως ο «κύκλος που περιβάλλει ένα βοήθημα στη ναυσιπλοΐα και στον οποίο το βοήθημα είναι ορατό» ενώ το δεύτερο ως «ένας τομέας του κύκλου ορατότητας ενός φανού πλοήγησης στον οποίο εκτίθεται ένα συγκεκριμένο έγχρωμο φως». Οι τομείς χαρακτηρίζονται από τις γωνίες (αζιμούθια)

που δύναται να παρατηρείται το εκπεμπόμενο φως τους, ενώ οι κόκκινοι τομείς προειδοποιούν για κάποιο κίνδυνο για τα πλοία (ξέρρες, βράχια, κ.ά.).



Εικόνα 6-13. Παράδειγμα ετικέτας φανού (IHO, 2021a).

- **Παράδειγμα ετικέτας φανού**

Ετικέτα: FI(3)WRG.15s21m15-11M

Χαρακτήρας φανού: FI(3), αναβοσβήσιμο που επαναλαμβάνει μια ομάδα τριών αναλαμπών

Χρώματα: WRG, λευκό, κόκκινο, πράσινο, που παρουσιάζουν τα διαφορετικά χρώματα σε καθορισμένους τομείς

Περίοδος: 15s, ο χρόνος που απαιτείται για να εμφανιστεί μια πλήρης ακολουθία από 3 αναλαμπές και όλες οι εκλείψεις (15 δευτερόλεπτα)

Ανύψωση εστιακού επιπέδου: 21m, πάνω από το σημείο αναφοράς ύψους (21 μέτρα)

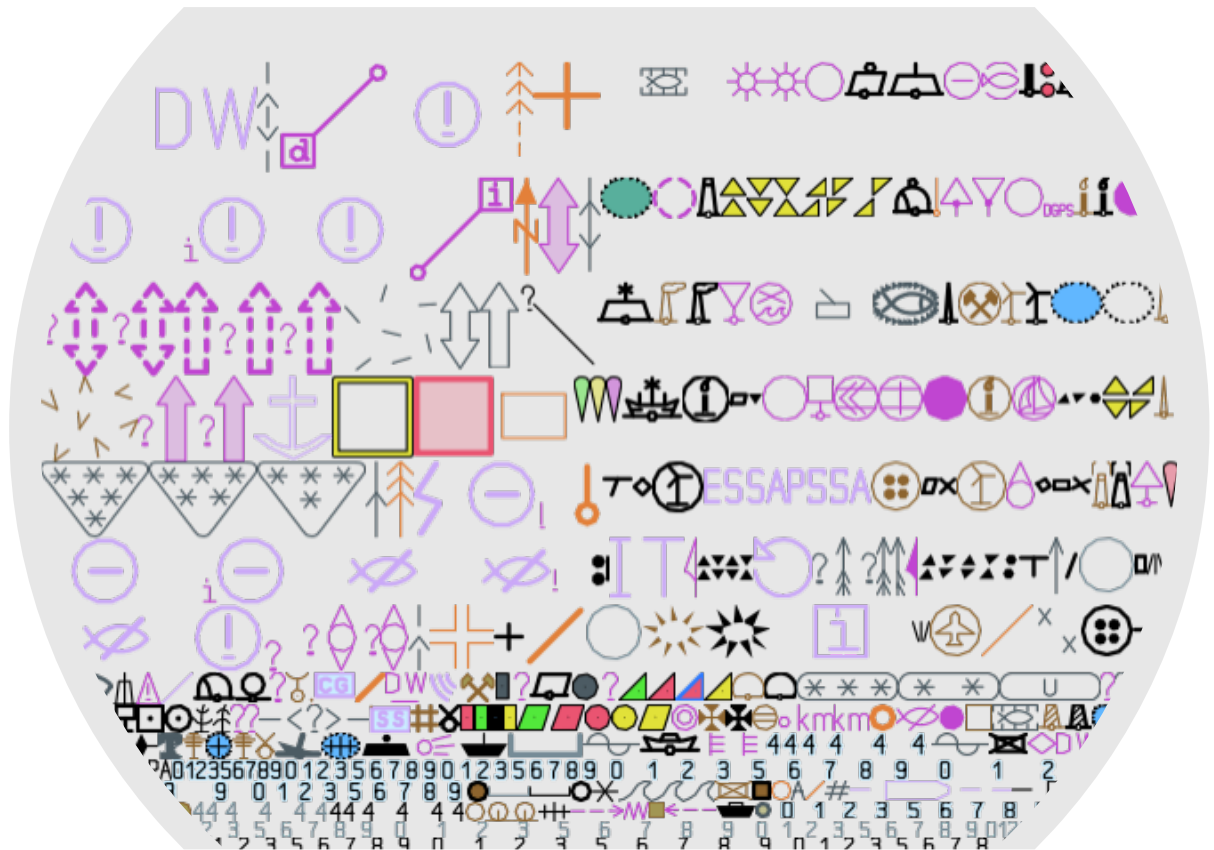
Ονομαστική εμβέλεια: 15-11M, λευκό 15 μίλια, κόκκινο μεταξύ 15 και 11 μίλια, πράσινο 11 μίλια

6.7. Οπτικοποίηση Χάρτη

6.7.1. Χαρτογραφική Απόδοση (Portrayal)

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, παράλληλα με το S-57 (που είναι το ισχύον πρότυπο ENC και πρόδρομος του S-101), ο IHO ανέπτυξε το πρότυπο S-52 για την χαρτογραφική απόδοση του περιεχομένου ENC σε συστήματα ECDIS. Ο σκοπός του S-52 είναι να συμβάλει στην ασφαλή λειτουργία των συστημάτων ECDIS. Παρέχει επίπεδα οθόνης για δεδομένα ENC, μοτίβα συμβόλων, χρώματα και τη συσχέτιση των οντοτήτων (αντικείμενα) και τις ιδιότητές τους, καθώς και την κατάλληλη συμβατότητα με σύμβολα έντυπων χαρτών από τις προδιαγραφές του IHO, διασφαλίζοντας ότι η οθόνη είναι καθαρή και ότι δεν υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τη σημασία των χρωμάτων και των συμβόλων στην οθόνη. Επίσης, επιτυγχάνεται η κοινή χρήση ενός αποδεκτού προτύπου για την παρουσίαση σε ECDIS που έχει γίνει οικείο στους ναυτικούς και το οποίο μπορεί να αναγνωριστεί άμεσα χωρίς να δημιουργεί σύγχυση.

Το Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών του IHO περιλαμβάνει το λεγόμενο μητρώο χαρτογραφικής απόδοσης, το οποίο περιέχει σύμβολα σε μορφότυπο SVG. Τα στοιχεία των καταλόγων χαρτογραφικής απόδοσης συσχετίζουν τα στοιχεία των καταλόγων οντοτήτων με την οπτικοποίησή τους. Η **Εικόνα 6-14** απεικονίζει το αρχείο συμβόλων S-101 που σχηματίστηκε και χρησιμοποιήθηκε στο OpenNCS.



Εικόνα 6-14. S-101 Σύμβολα Χαρτογραφικής απόδοσης που χρησιμοποιήθηκαν στο OpenNCS

6.7.2. Τεχνολογίες Διαδικτυακής Χαρτογραφίας (Web Mapping Technologies)

Το χαρτογραφικό υποσύστημα οπτικοποίησης του OpenNCS βασίζεται σε τεχνολογίες διαδικτυακής χαρτογραφίας (αγγλ. web mapping). Οι διαδικτυακοί χάρτες είναι ένα μέσο διανομής και οπτικοποίησης δεδομένων με δυνατότητα ενσωμάτωσης πληροφοριών από διαφορετικές πηγές που επιτρέπει τη σύνδεση χώρου και χρόνου κατά τη γεωχωρική εξερεύνηση, η οποία με τη σειρά της διευκολύνει την υλοποίηση αυτοματοποιημένων διεργασιών. Η εμφάνιση της διαδικτυακής χαρτογραφίας σχετίζεται στενά με την ανάπτυξη του Διαδικτύου ως μέσου επικοινωνίας και οι υπηρεσίες διαδικτυακής χαρτογράφησης, όπως οι χάρτες Google που εισήχθησαν το 2005, έχουν διαμορφώσει την εμπειρία χαρτογράφησης στον Παγκόσμιο Ιστό (Steiniger et al., 2012). Παρά το γεγονός ότι οι εφαρμογές διαδικτύου έχουν εξελιχθεί πολύ από τότε, η τεχνολογία χαρτογράφησης πλακιδίων χρησιμοποιείται σχεδόν με τον ίδιο τρόπο. Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές πλακιδίων για τη δημιουργία δυναμικών πλακιδίων που αλλάζουν σε μέγεθος και ανάλυση, ωστόσο οι βασικές αρχές λειτουργίας και χρήσης ακολουθούν τις αρχικές παραδοχές.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις εφαρμογές διαδικτυακής χαρτογράφησης έχουν σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο παρουσίασης του χαρτογραφικού υπόβαθρου, καθώς τα διανυσματικά πλακίδια κερδίζουν δημοτικότητα, σε σχέση με τα πλακίδια ράστερ που θεωρούνται πλέον μια τυπική μέθοδος. Ως γνωστό, τα πλακίδια ράστερ βασίζονται στην εκ των προτέρων παραγωγή ενός πρωτότυπου συνόλου δεδομένων που

ενσωματώνει προσαρμοσμένα σύμβολα και στυλ και όλα τα πλακίδια κατασκευάζονται σύμφωνα με ένα τυπικό σχήμα (Netek et al., 2020).

Στα διανυσματικά πλακίδια, ενώ εξακολουθεί να χρησιμοποιείται η αρχή της διαίρεσης των χαρτών σε τετράγωνα, στη θέση των εικόνων βρίσκονται διανυσματικά αντικείμενα. Μόνο η διανυσματική γεωμετρία αποθηκεύεται στο διακομιστή (αγγλ. server), ενώ τα επίπεδα συμβολισμού, απόδοσης και μεγέθυνσης εκτελούνται από τη συσκευή του τελικού χρήστη. Αυτή η μέθοδος απλοποιεί την αλλαγή των συμβόλων ή της τοπολογίας, καθώς τα αντικείμενα σε έναν χάρτη γίνονται διαχειρίσιμα. Με χρήση βιβλιοθηκών και scripts της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript δύναται να αλλάξει ο συμβολισμός τους και να παρασχεθούν επιπρόσθετες δυνατότητες (Contarinis et al., 2022). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κατά την ανάπτυξη χαρτών διαδικτύου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του διαδικτυακού περιβάλλοντος.

6.7.3. Τεχνολογία Διανυσματικών Πλακιδίων (Vector Tiles Technology)

Η τεχνολογία διανυσματικών πλακιδίων αφορά στην απόδοση γεωχωρικών δεδομένων σε «μικρά» κομμάτια σε ένα πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου ή άλλη εφαρμογή με χρήση τεχνολογιών διαδικτύου. Με τα διανυσματικά πλακίδια δύνανται να δημιουργηθούν χάρτες ευρείας κάλυψης με ταχύτητα ενώ προσφέρουν πλήρη ευελιξία σχεδιασμού. Ο μορφότυπος διανυσματικού πλακιδίου είναι το ισοδύναμο διανυσματικών δεδομένων των πλακιδίων εικόνων ψηφιδωτής δομής (ράστερ) για χαρτογράφηση διαδικτύου, διατηρώντας τις σημαντικές ιδιότητες της παράθεσης (αγγλ. tiling), βέλτιστης προσωρινής αποθήκευσης (αγγλ. caching), κλιμάκωσης (αγγλ. scaling) και γρήγορη προβολής των χαρτών.

Τα διανυσματικά πλακίδια είναι δεδομένα που επιστρέφονται από τον διακομιστή με διανυσματική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών στο κάθε πλακίδιο. Για παράδειγμα, ένα διανυσματικό πλακίδιο *GeoJSON* μπορεί να περιλαμβάνει δρόμους ως γραμμές (αγγλ. *LineStrings*) και υδάτινα σώματα ως πολύγωνα (αγγλ. *Polygons*). Ορισμένες πηγές διανυσματικών πλακιδίων είναι «κομμένες» (αγγλ. *clipped*) έτσι ώστε όλη η γεωμετρία να περιορίζεται στα πλακίδια, και να περιλαμβάνουν μέρος από κάποιες οντότητες. Άλλες πηγές διανυσματικών πλακιδίων εξυπηρετούν μη διακοπτόμενη γεωμετρία (αγγλ. *unclipped*), έτσι ώστε μια ολόκληρη λίμνη να μπορεί να επιστραφεί ακόμα κι αν μόνο ένα μικρό τμήμα της τέμνει το πλακίδιο.

6.7.4. Mapbox Vector Tiles

Το Mapbox Vector Tile Specification⁷¹ ορίζει έναν μορφότυπο αρχείου (.mvt) που χρησιμοποιείται ευρέως για την προβολή 2.5D⁷² διανυσματικών δεδομένων. Τα διανυσματικά πλακίδια είναι ανοιχτό πρότυπο με άδεια Creative Commons Attribution

⁷¹ <https://github.com/mapbox/awesome-vector-tiles>

⁷² Ως 2.5D χαρακτηρίζονται τα δεδομένα όταν υπάρχει ως τρίτη διάσταση το υψόμετρο.

3.0 και το OpenStreetMap API χρησιμοποιείται ευρέως ως πηγή διανυσματικών πλακιδίων θέτοντας κατάλληλα ερωτήματα για μια οριοθετημένη περιοχή (αγγλ. *bounding box*). Στο OpenNCS τα διανυσματικά πλακίδια δημιουργούνται από μετατροπή των GeoPackages που έχουν δημιουργηθεί για κάθε ENC layer σε αρχεία μορφότυπου .mvt με χρήση της διεπαφής *ogr2ogr* για τις τέσσερις μικρότερες κλίμακες (επίπεδα) σκοπού πλοήγησης των ENC, δηλαδή για τα επίπεδα *Overview*, *General*, *Coastal* και *Approach*. Ο λόγος που δημιουργήθηκαν μόνον τα 4 επίπεδα οφείλεται στο ότι για να παραχθούν τα επίπεδα *Harbour* και *Berthing* εκτιμάται πως θα χρειαζόταν υπολογιστικός χρόνος 7,2 και 86,4 ημέρες αντίστοιχα⁷³, με ανάλογα μεγάλο αποθηκευτικό χώρο (Πίνακας 6-4). Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε τα διανυσματικά πλακίδια για τα επίπεδα αυτά να δημιουργούνται κατόπιν ζήτησης δυναμικά.

Πίνακας 6-4. Στατιστικά στοιχεία παραγωγής διανυσματικών πλακιδίων για τη Μεσόγειο (3 EMODnet tiles)

	Overview	General	Coastal	Approach	Harbour(*)	Berthing(*)
Αριθμός Tiles (αρχείων)	106	1.202	15.692	236.202	3.779.232	60.467.712
Μέγεθος Αρχείων (MB)	2,1	13,6	87,7	995,9	11.950,8	179.262,0
Μέγεθος Αρχείων (GB)	0,002	0,01	0,1	1,0	11,7	175,1
Χρόνος Παραγωγής (hrs)	0,03	0,2	1,2	14,4	172,8	2073,6
Χρόνος Παραγωγής (days)	0,001	0,01	0,05	0,6	7,2	86,4

* εκτίμηση

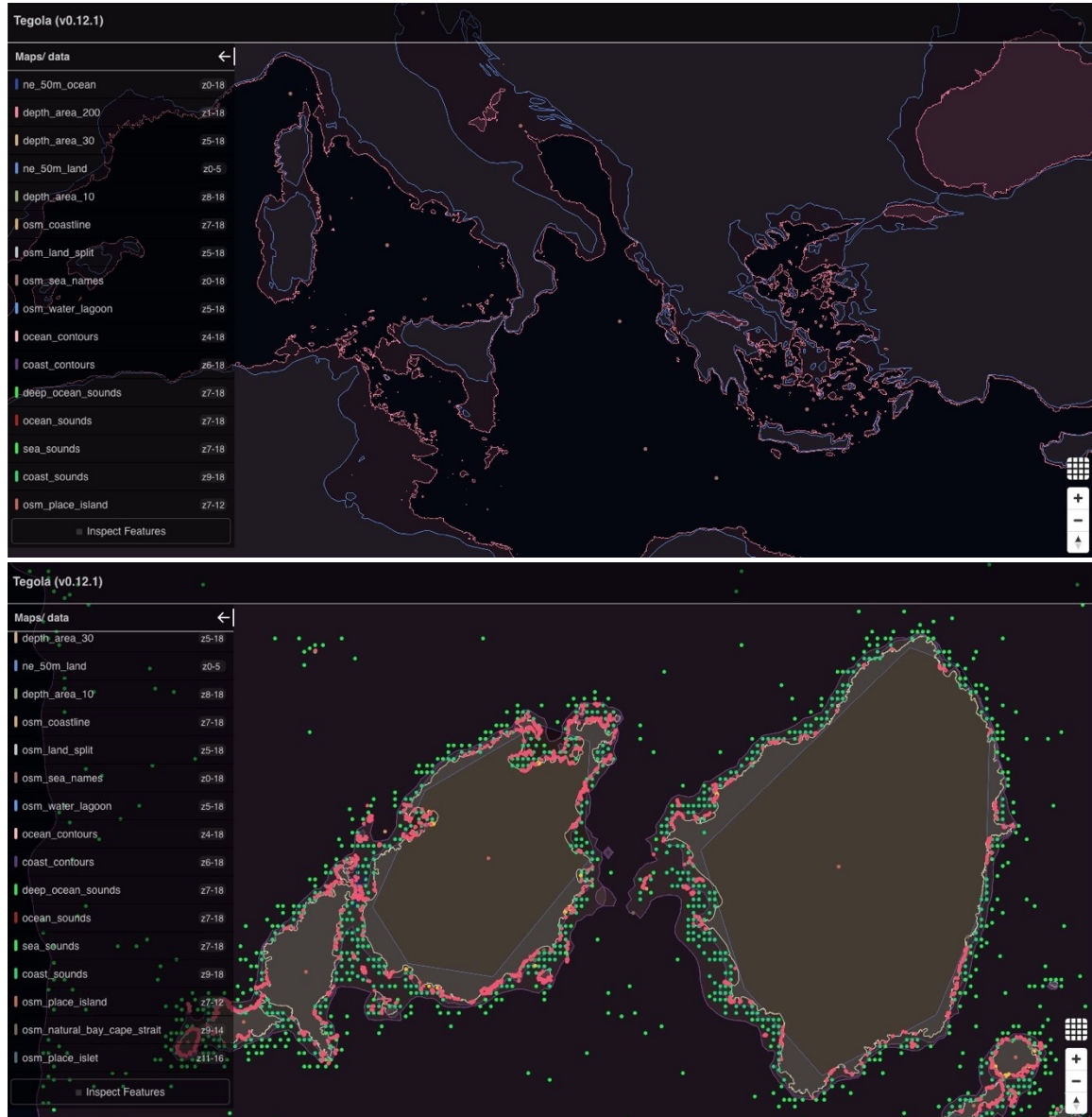
6.7.5. Tiler server Tegola (Dynamic Vector Chart)

Ο Tegola⁷⁴ είναι ένας διακομιστής (αγγλ. server) διανυσματικών πλακιδίων ανοιχτού κώδικα που έχει αναπτυχθεί σε γλώσσα *Go*, στον οποίο εισάγονται γεωχωρικά δεδομένα και από όπου παράγονται διανυσματικά πλακίδια με δυναμικό τρόπο (αγγλ. on request). Επί του παρόντος, η *Tegola* υποστηρίζει δεδομένα από βάση *PostGIS* που είναι μια γεωχωρική επέκταση για την *PostgreSQL* και αρχεία *GeoPackage*. Η *Tegola* βασίζεται σε ένα αρχείο διαμόρφωσης (αγγλ. configuration file) που καθορίζει παραμέτρους για επικοινωνία με τη βάση δεδομένων και επιλογή των οντοτήτων. Το

⁷³ Χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό σύστημα MacBook Pro, με επεξεργαστή 2,3 GHz Intel Core i7 και μνήμη 16GB 1600 MHz DDR3.

⁷⁴ <https://tegola.io/>

αρχείο διαμόρφωσης βασίζεται σε μορφότυπο *TOML*⁷⁵. Ο διακομιστής πλακιδίων Tegelα χρησιμοποιείται στο OpenNCS (**Εικόνα 6-15**) για την παραγωγή δυναμικών διανυσματικών πλακιδίων για τις δύο μεγαλύτερες κλίμακες σκοπού πλοήγησης των ENC, δηλαδή για την κλίμακα λιμανιών (αγγλ. Harbour) και ελλιμενισμού (αγγλ. Berthing).



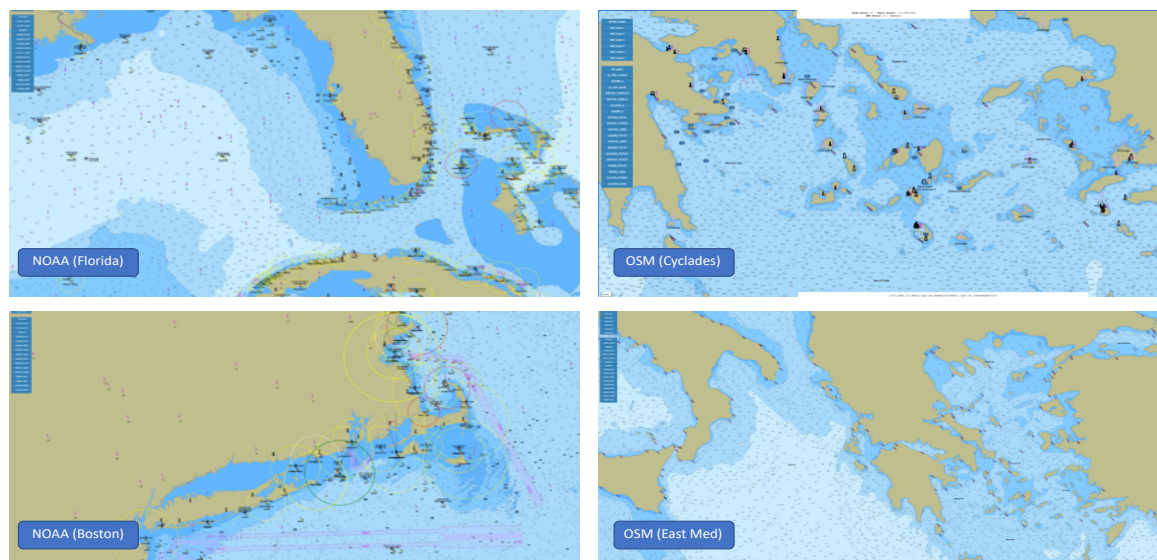
Εικόνα 6-15. Εργαλείο οπτικοποίησης πηγών δεδομένων του Tegelα Tileserver για το OSM OpenNCS testbed (zoom levels 5 & 10)

⁷⁵ <https://github.com/toml-lang/toml>

6.8. Ποιοτικός Έλεγχος (Test Beds - NOAA & OSM)

6.8.1. Μέσω Browser Interface (mapbox-gl-js)

Δύο περιβάλλοντα ποιοτικού ελέγχου (testbeds⁷⁶) OpenNCS δημιουργήθηκαν για να διευκολυνθεί η διαδικασία της οπτικοποίησης κατά τη δημιουργία των ναυτιλιακών χαρτών. Το πρώτο εμφανίζει διανυσματικά πλακίδια που έχουν δημιουργηθεί από δεδομένα ENC της NOAA ενώ το δεύτερο εμφανίζει διανυσματικά πλακίδια που έχουν δημιουργηθεί από ανοιχτές πηγές υδροχωρικών δεδομένων.



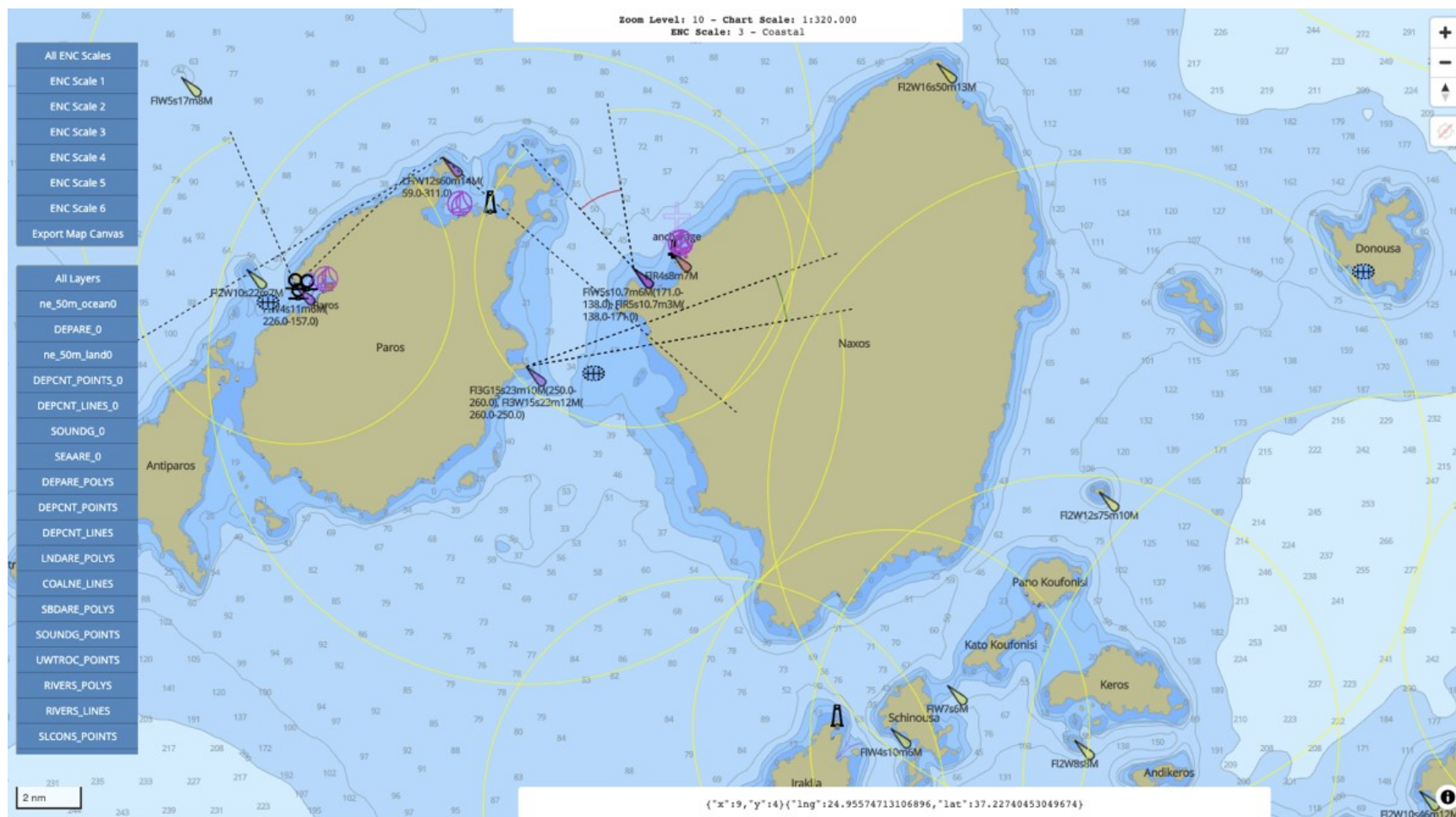
Εικόνα 6-16. Testbeds με δεδομένα NOAA (ENC) και EMODnet & OpenStreetMap (OSM)

Η **Εικόνα 6-16** απεικονίζει τα δύο test beds OpenNCS, με τα δεδομένα NOAA (ENC) να εμφανίζονται στα αριστερά και με τα δεδομένα EMODnet & OpenStreetMap (OSM) στα δεξιά. Κάθε testbed περιλαμβάνει εργαλεία για μεταβολή κλίμακας (zoom in, zoom out), επιλογή κλίμακας και επιλογή μεμονωμένων οντοτήτων από κατακόρυφο μενού στην αριστερή πλευρά της οθόνης, για έλεγχο και αντιμετώπιση προβλημάτων της παράθεσης των οντοτήτων, όπως φαίνεται στις **Εικόνες 6-17** και **6-18**.

⁷⁶ <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/testbed>



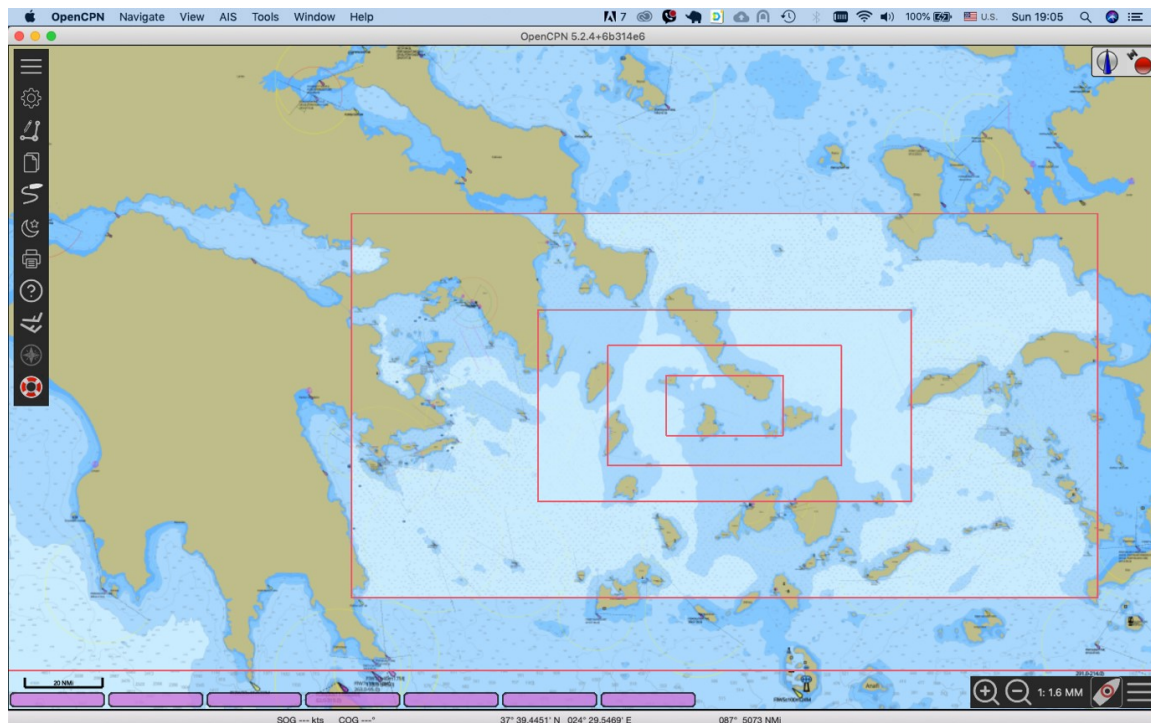
Εικόνα 6-17. Testbed Οπτικοποίησης OpenNCS με δεδομένα OSM (περιοχή Νοτίου Αιγαίου)



Εικόνα 6-18. Testbed Οπτικοποίησης OpenNCS με δεδομένα OSM (περιοχή Παροναξίας)

6.8.2. Μέσω Raster Charts on Demand (OpenCPN)

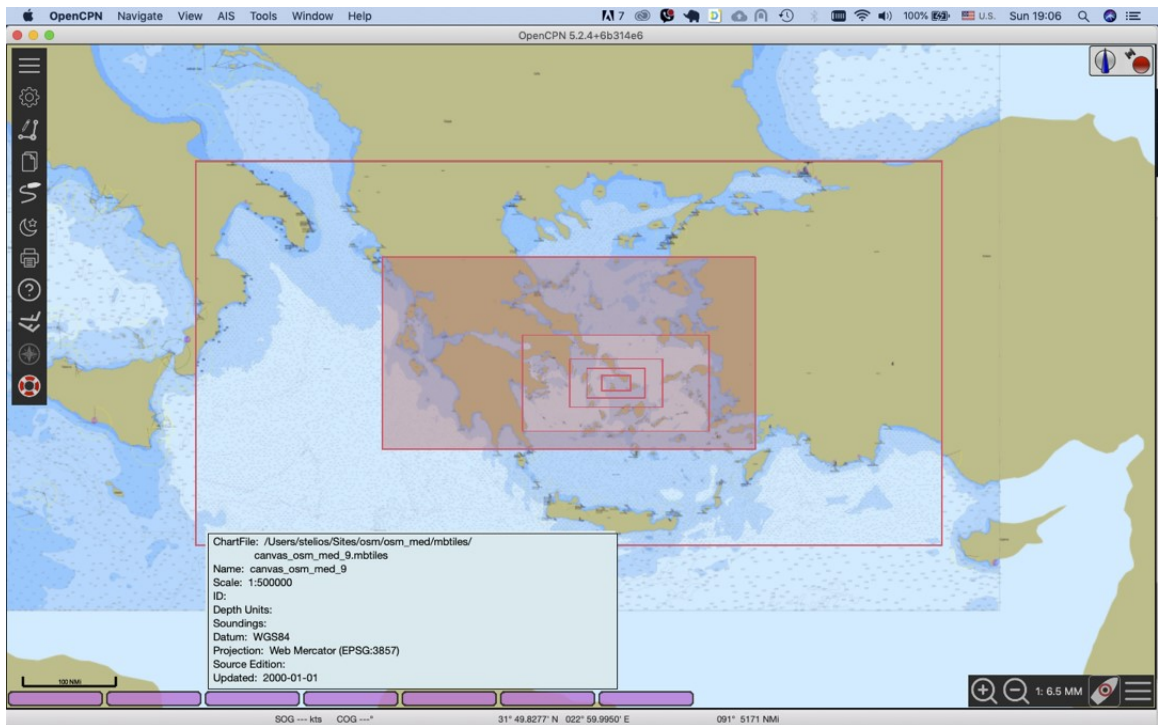
Προκειμένου να ελεγχθεί η διαλειτουργικότητα των χαρτών που παράγονται από το OpenNCS, επιλέχθηκε το σύστημα πλοήγησης ανοιχτού κώδικα OpenCPN που λειτουργεί αυτόνομα με εγκατεστημένους χάρτες.



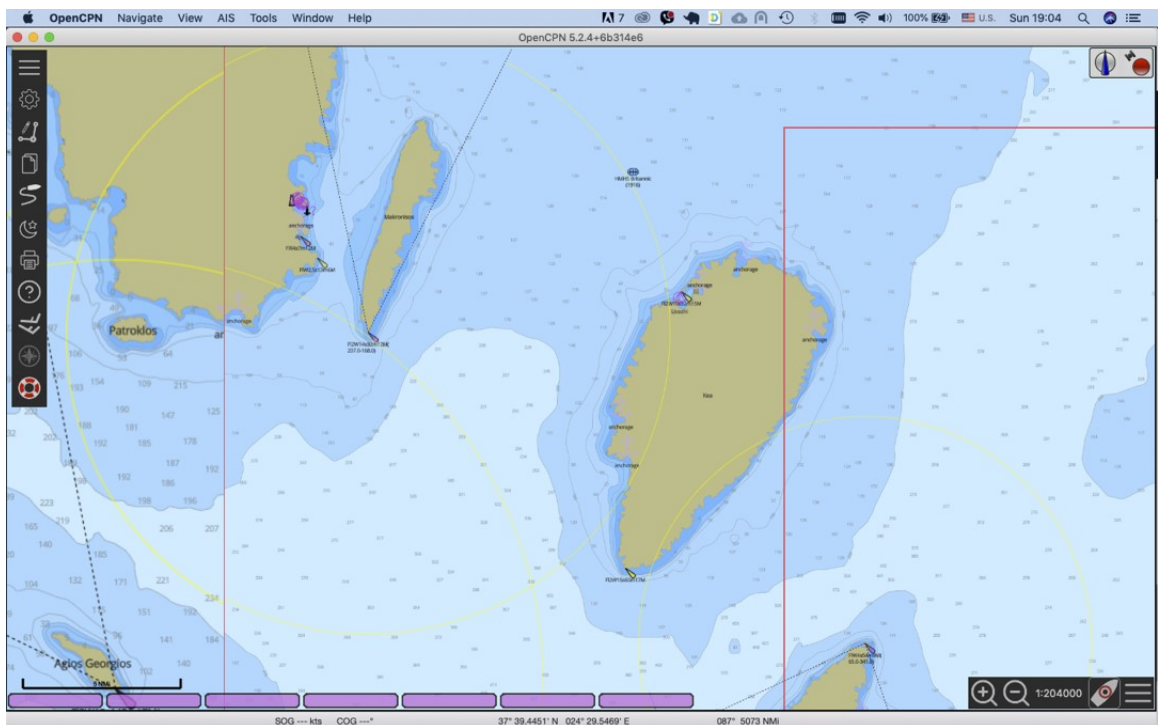
Εικόνα 6-19. OpenNCS raster χάρτες με χρήση του συστήματος OpenCPN

Το OpenCPN⁷⁷ υποστηρίζει γενικά S-57 / S-63 (διανυσματικούς χάρτες), BSB / KAP (ράστερ χάρτες) και MBTiles (ράστερ πλακίδια). Αναπτύχθηκε απλή λειτουργικότητα για την εξαγωγή χαρτών σε διαφορετικά επίπεδα κλίμακας σε αρχεία εικόνας (png). Στη συνέχεια, οι εικόνες γεω-αναφέρονται και μετατρέπονται σε mbtiles χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη GDAL. Τα mbtiles φορτώνονται ως χάρτες στο OpenCPN και το αποτέλεσμα φαίνεται στις **Εικόνες 6-19, 6-20, 6-21**. Πρέπει να τονιστεί ότι το OpenNCS μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκτός σύνδεσης χρησιμοποιώντας αποθηκευμένα διανυσματικά ή ράστερ πλακίδια, μέθοδος που ουσιαστικά δύναται να χρησιμοποιηθεί σε φορητές συσκευές.

⁷⁷ <https://opencpn.org/>



Εικόνα 6-20. OpenNCS raster χάρτες με χρήση του συστήματος OpenCPN (λεπτομέρειες raster χάρτη)

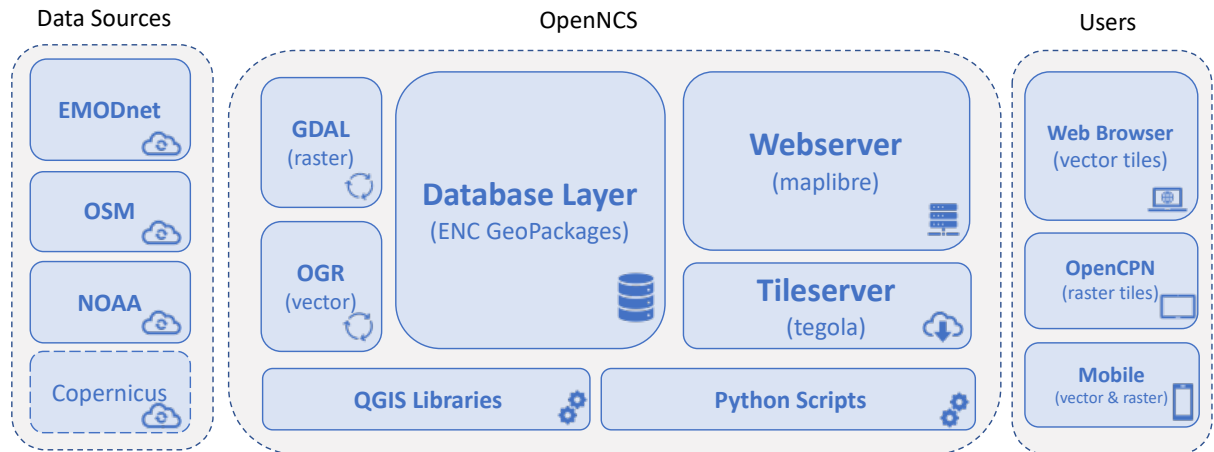


Εικόνα 6-21. OpenNCS raster χάρτης με χρήση του συστήματος OpenCPN (περιοχή Κέας)

6.9. Αρχιτεκτονική Συστήματος OpenNCS

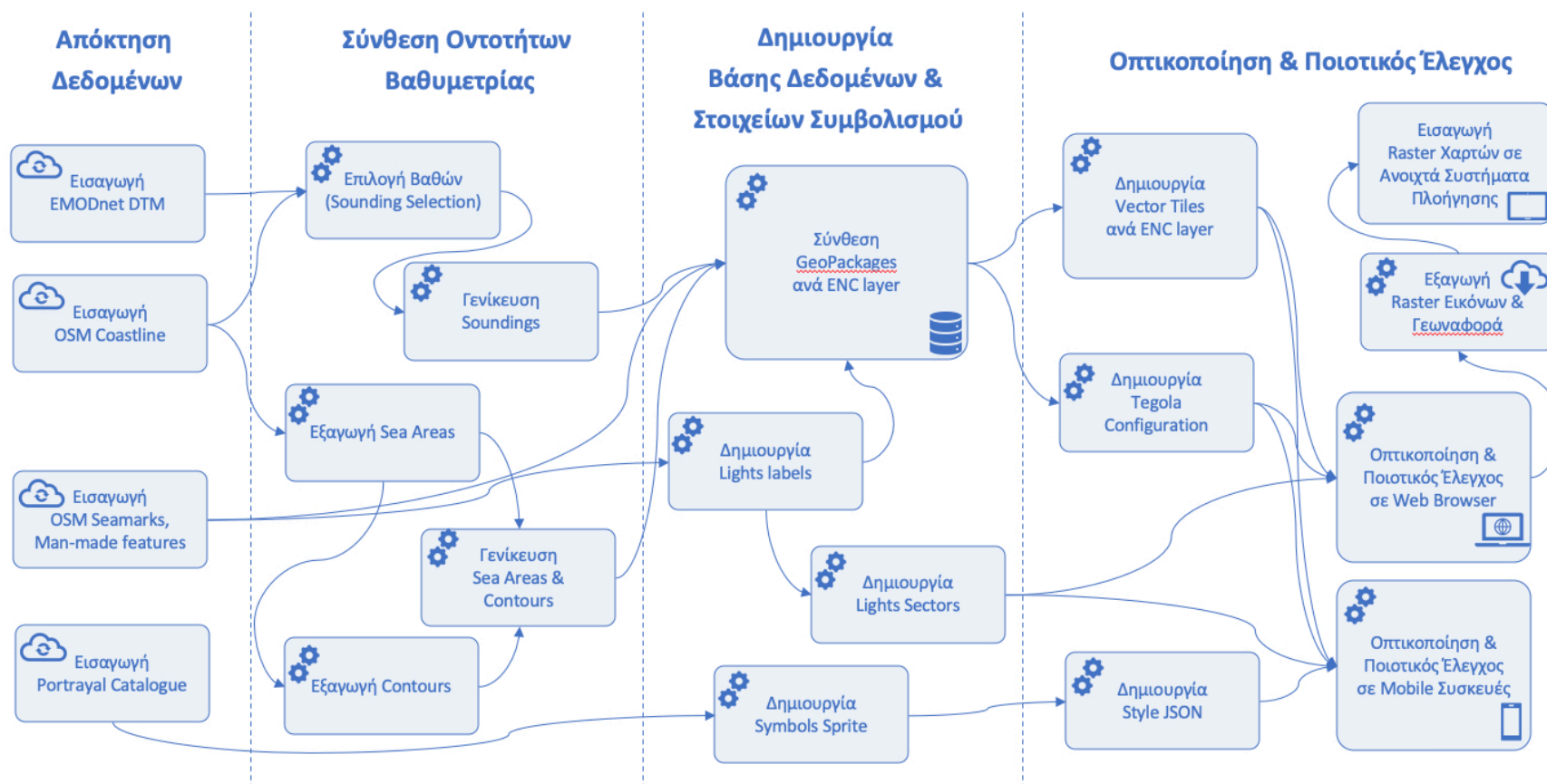
Η Εικόνα 6-22 απεικονίζει μια πιο λεπτομερή αρχιτεκτονική του συστήματος OpenNCS, που παρουσιάζει τα διάφορα υποσυστήματα και τις κύριες τεχνολογίες που

χρησιμοποιούνται ανά υποσύστημα. Όπως αναφέρθηκε, οι βασικές πηγές δεδομένων εισόδου στο σύστημα περιλαμβάνουν το ψηφιακό μοντέλο βυθού EMODnet, την ακτογραμμή και τα seamarks από το OSM, τα ελεύθερα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων ENC (π.χ. από το NOAA) και δορυφορικές εικόνες (π.χ. πρόγραμμα Copernicus της ΕΕ). Η μηχανή εισαγωγής του OpenNCS περιλαμβάνει python scripts που βασίζονται σε βιβλιοθήκες GDAL και OGR για τη μετατροπή των δεδομένων εισόδου σε μορφή GeoPackage. Η βάση δεδομένων, που θεωρείται ως ο πυρήνας του συστήματος, αποτελείται από μεμονωμένα αρχεία GeoPackage, ένα ανά κλίμακα ENC.



Εικόνα 6-22. Λεπτομερής Αρχιτεκτονική Συστήματος OpenNCS

Ο διακομιστής διαδικτύου (αγγλ. webservice) φιλοξενεί τα διανυσματικά πλακίδια που δημιουργούνται για τις τέσσερις μικρότερες κλίμακες σκοπού πλοήγησης ENC, ενώ ο διακομιστής πλακιδίων Tegola χρησιμοποιείται για την παραγωγή δυναμικών διανυσματικών πλακιδίων για τις δύο μεγαλύτερες κλίμακες σκοπού πλοήγησης, δηλαδή για την κλίμακα λιμανιών (αγγλ. harbour) και ελλιμενισμού (αγγλ. berthing). Το τμήμα χρηστών περιλαμβάνει τις συσκευές των χρηστών που μπορεί να είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου σε έναν προσωπικό υπολογιστή ή μια συσκευή tablet καθώς και έξυπνες φορητές συσκευές. Στην **Εικόνα 6-23** παρουσιάζεται η αναλυτική διαδικασία σύνθεσης των χαρτών, παρουσιάζοντας τις διάφορες διεργασίες ανά φάση.

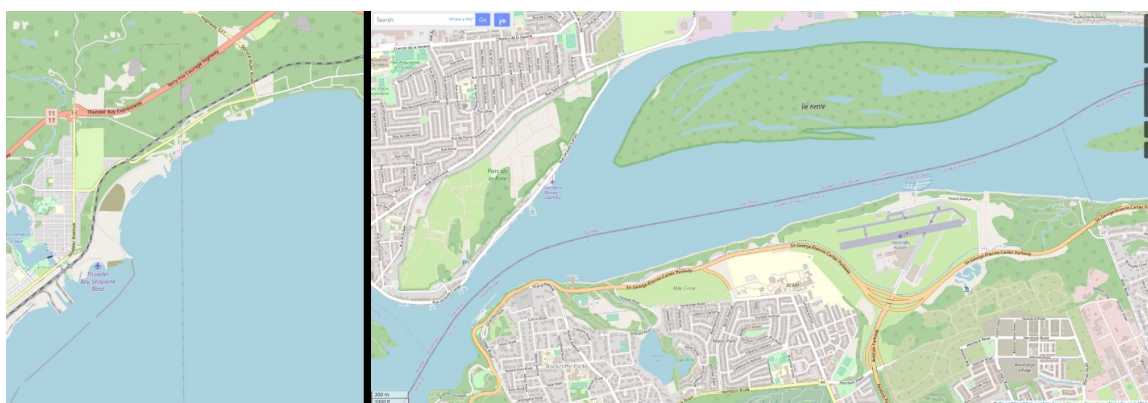


Εικόνα 6-23. Διαδικασία σύνθεσης ναυτικών χαρτών συστήματος OpenNCS

6.10. Πιλοτικές Εφαρμογές Συστήματος OpenNCS

6.10.1. Γρήγορη Χαρτογράφηση (Speed Mapping)

Στο πλαίσιο πιλοτικής εφαρμογής, το σύστημα χρησιμοποιήθηκε σε ένα διεθνή διαγωνισμό, με θέμα «*The Speed Mapping Challenge – From data to charts*»⁷⁸. Ο διαγωνισμός έλαβε χώρα στο πλαίσιο του Υδρογραφικού Συνεδρίου CHS 2022 που διοργανώθηκε από την Καναδική Υδρογραφική Υπηρεσία, το δίκτυο COMREN και την Καναδική Υδρογραφική Ένωση με στόχο να δημιουργηθούν πρωτότυπες χαρτογραφικές διεργασίες (αγγλ. workflow) παραγωγής ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών χρησιμοποιώντας μόνο ανοιχτά δεδομένα και ελεύθερο λογισμικό. Το Speed Mapping Challenge στοχεύει στη διερεύνηση της δυνατότητας παραγωγής χαρτών κατόπιν ζήτησης (αγγλ. on demand) για την επιτάχυνση της δημοσίευσης υδρογραφικών δεδομένων, μειώνοντας δραστικά τον χρόνο που απαιτείται για την ενημέρωση χαρτογραφικών προϊόντων. Το OpenNCS χρησιμοποιήθηκε στην χαρτογραφική απόδοση των ναυτιλιακών χαρτών της ομάδας που έλαβε το πρώτο βραβείο.



Εικόνα 6-24. Επισκόπηση των δύο περιοχών μελέτης στο OpenStreetMap: Thunder Bay (αριστερά) και Ottawa River (δεξιά)

Στην **Εικόνα 6-24** δίνεται η επισκόπηση των δύο περιοχών μελέτης στο OpenStreetMap, ενώ οι ναυτιλιακοί χάρτες των δύο περιοχών απεικονίζονται στην **Εικόνα 6-25** (Thunder Bay σε κλίμακα 1:80.000) και στην **Εικόνα 6-26** (Ottawa River σε κλίμακα 1:40.000). Προκειμένου να εμπλουτιστεί ο χάρτης με θεματικά επίπεδα στη στεριά χρησιμοποιήθηκε υπόβαθρο MapTiler⁷⁹ με δεδομένα από το OpenStreetMap, όπου εμφανίζονται αυτοκινητόδρομοι και αεροδιάδρομοι. Για τους φάρους στους κυματοθραύστες του Thunder Bay, οι ετικέτες εμφανίζονται στον χάρτη, καθώς και για τους δύο από τους τέσσερις φάρους, των οποίων η εμβέλεια ήταν γνωστή, το εύρος των έγχρωμων κύκλων που εμφανίζεται επίσης στον χάρτη μειώθηκε σκόπιμα κατά 20

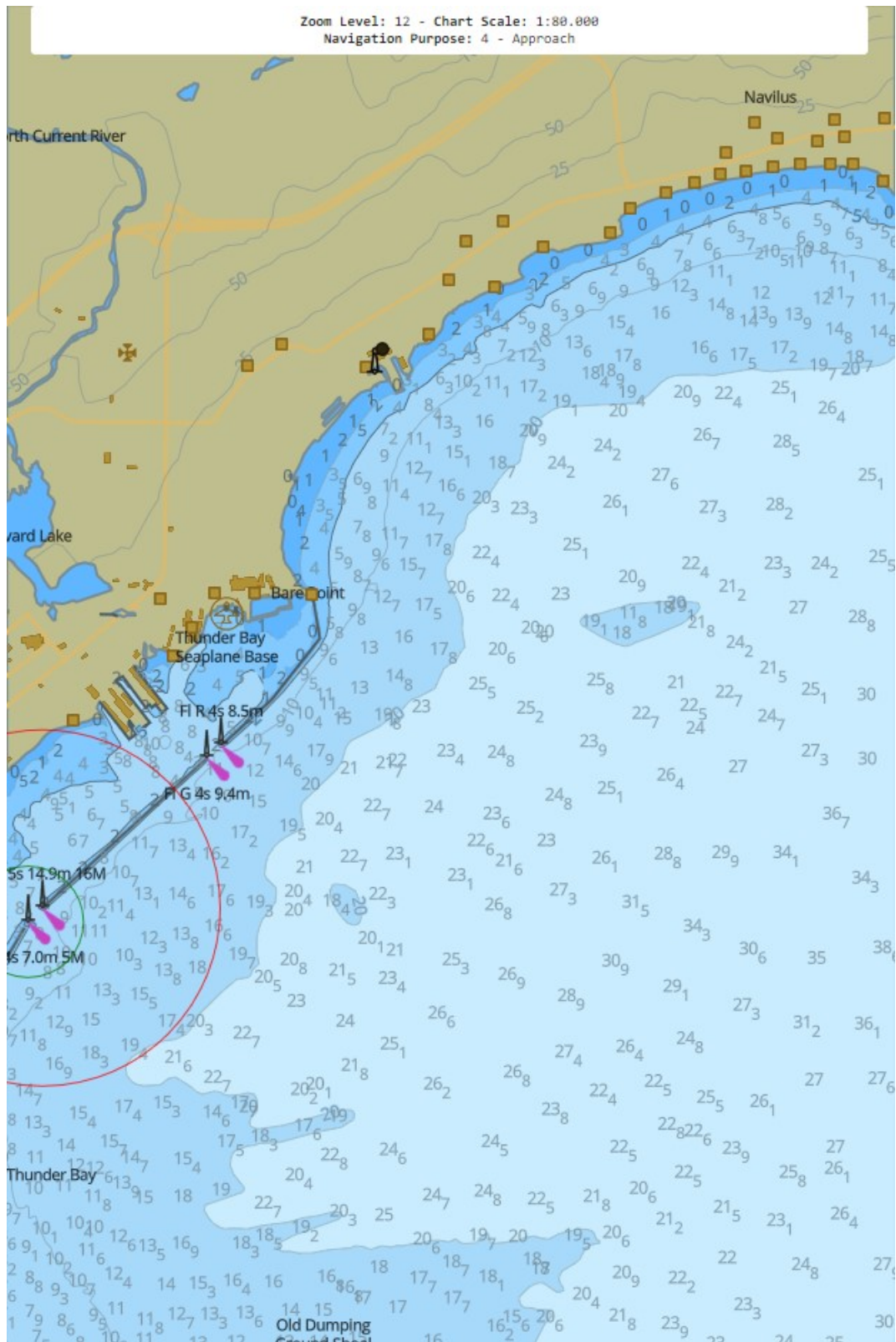
⁷⁸ <https://chc2022.org/en/speed-mapping-challenge-data-chart>

⁷⁹ <https://www.maptiler.com/maps/>

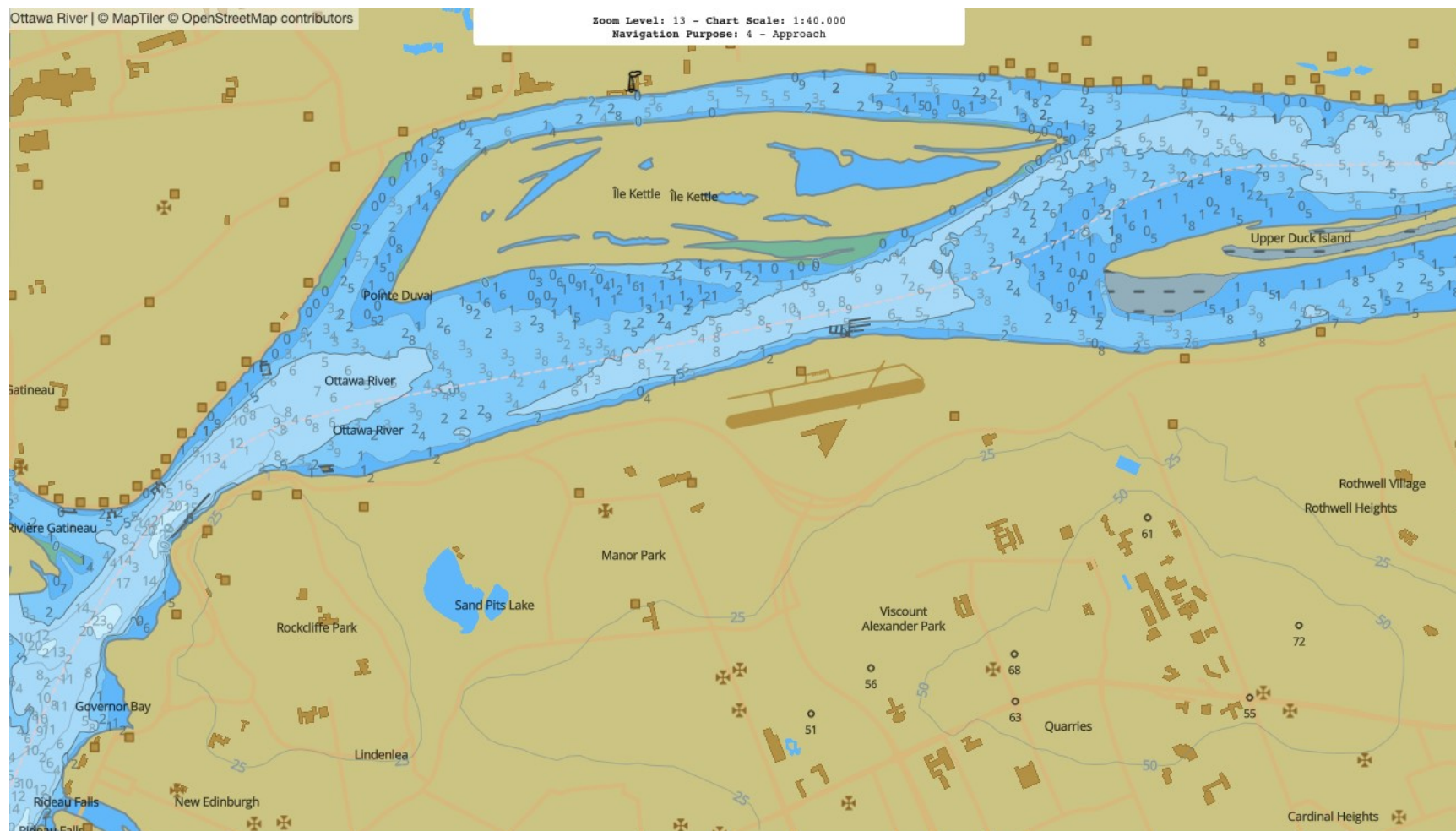
φορές για να μπορέσει να απεικονιστεί στον χάρτη διατηρώντας την αναλογία μεταξύ των δύο φάρων (16M έως 5M). Ο ακόλουθος **Πίνακας 6-5** συνοψίζει τα χαρακτηριστικά που απεικονίζονται, τα γεωμετρικά αρχέτυπα (σημεία, γραμμές, πολύγωνα), τη σειρά εμφάνισης στον χάρτη, το σύμβολο που χρησιμοποιείται για τα σημεία και ορισμένα σχόλια.

Πίνακας 6-5. Σύνοψη Οντοτήτων που απεικονίζονται στους ναυτιλιακούς χάρτες και οπτικοποιήθηκαν με το OpenNCS

Κωδικός S-57	Περιγραφή	Γεωμετρία	Σειρά Χαρτογραφικής απόδοσης	Κωδικός Συμβόλου
LNDARE	Land Area	Polygons	1	
DEPARE	Depth Area	Polygons	2	
LAKARE	Lakes Area	Polygons	3	
UNSARE	Unsurveyed Area	Polygons	4	
BUISGL_POLY	Buildings	Polygons	5	
M_COVR	Chart Coverage	Lines	6	
	Highways	Lines	7	
	Aeroways	Lines	8	
COALNE	Coastline	Lines	9	
DEPCNT	Depth Contours	Lines	10	
LNDCNT	Land Contours	Lines	11	
SLCONS	Shoreline Constructions	Lines	12	
SOUNDG	Soudings	Points	13	
LIGHTS	Lighthouses	Points	14	MSTCON14 / LITDEF11
BUISGL	Buildngs	Points	15	BUISGL01
CHIMNY	Chimneys	Points	16	CHIMNY11
AIRPRT	Airports	Points	17	AIRARE02
POSGEN	Elevation Positions	Points	18	POSGEN04
SILBUI	Silo	Points	19	SILBUI11
BUIREL	Places of Worship	Points	20	BUIREL01
NAME	POIs	Points	21	
ISLAND	Islands	Points	22	



Εικόνα 6-25. Ναυτικός χάρτης περιοχής Thunder Bay μέσω συστήματος OpenNCS (κλίμακα 1:80.000)

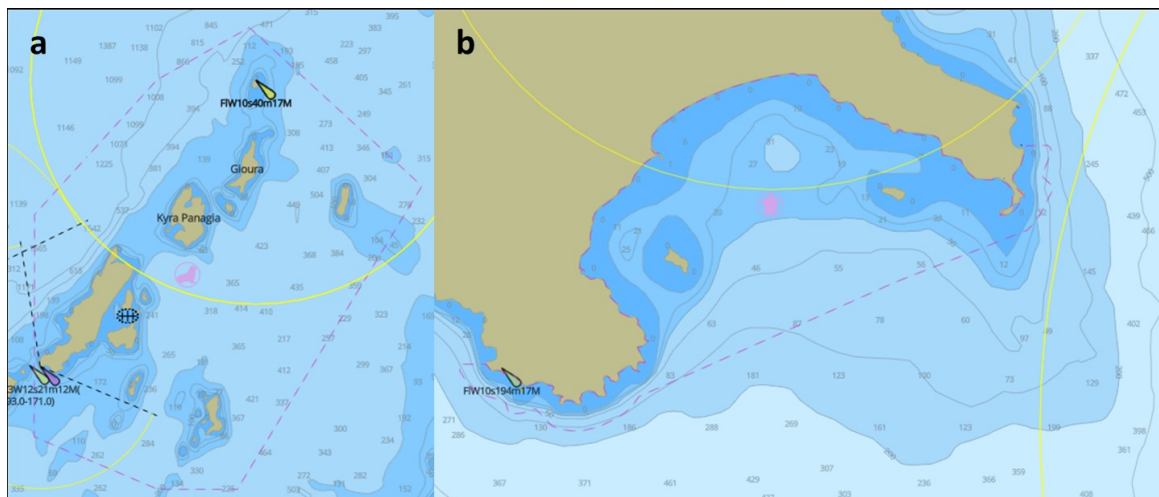


Εικόνα 6-26. Ναυτικός χάρτης περιοχής Ottawa River μέσω συστήματος OpenNCS (κλίμακα 1:40.000)

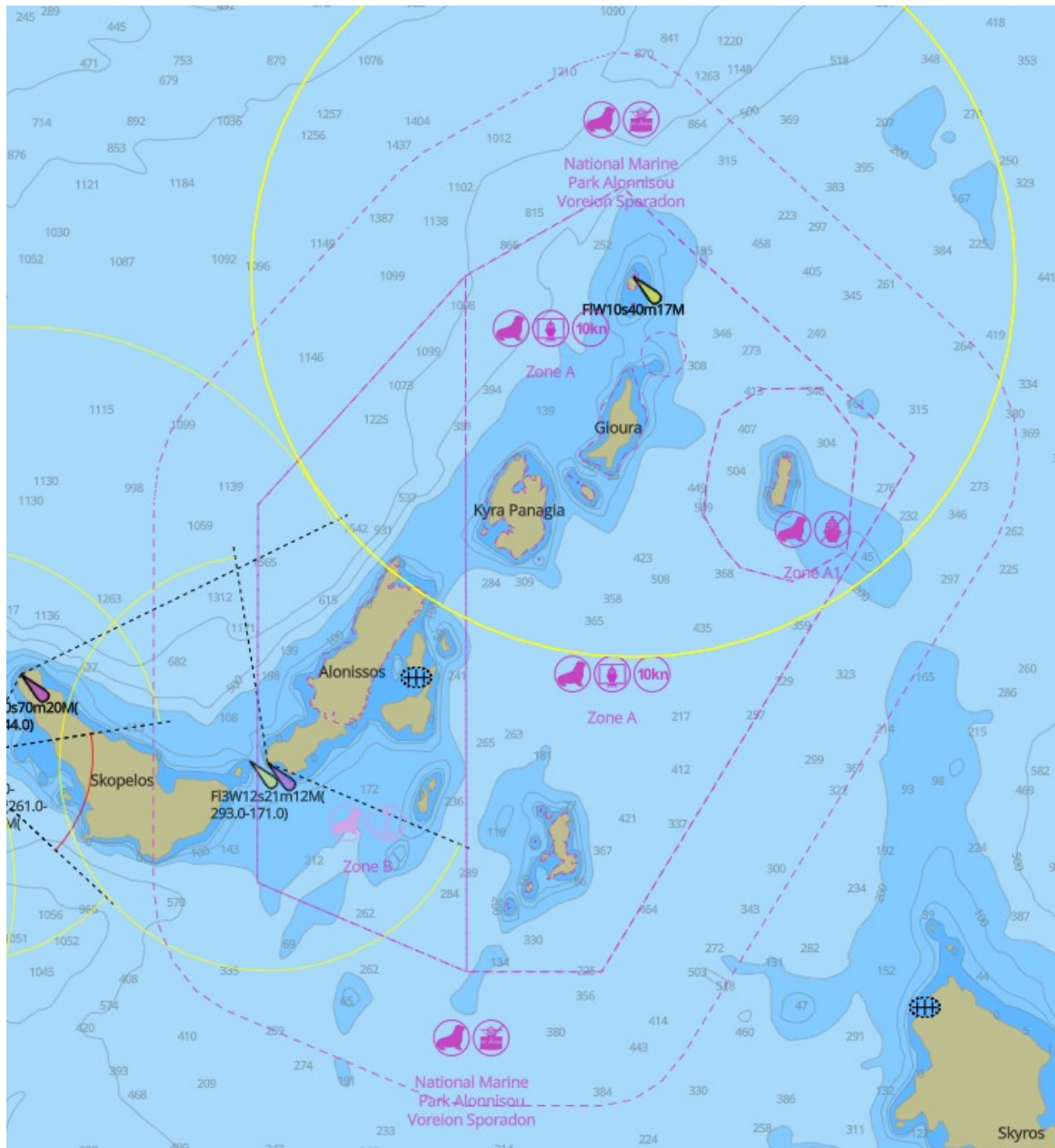
6.10.2. Testbed για Νέο Συμβολισμό Προδιαγραφών S-1xx

Η παρούσα έκδοση των προδιαγραφών προϊόντος S-122 Marine Protected Areas (συντ. MPAs), όπως και άλλων νέων προδιαγραφών, δεν προσδιορίζει μεθόδους χαρτογραφικής απόδοσης και συμβολισμό. Οι χρήστες προς το παρόν μπορούν να επιλέξουν την τεχνική και το στυλ αναπαράστασης που πιστεύουν ότι ταιριάζει περισσότερο στις απαιτήσεις τους. Επιπλέον, στην έκδοση S-122 1.0.0 (IHO, 2019b) αναφέρεται ότι «οι μελλοντικές εκδόσεις του S-122 μπορεί να περιέχουν έναν κατάλογο χαρτογραφικής απόδοσης, και θα πρέπει να γίνουν σχετικές προβλέψεις σε οποιοδήποτε σύστημα υποστηρίζει την προδιαγραφή προϊόντος S-122». Ένας ναυτικός χάρτης είναι απαραίτητος ως μέσο, τόσο για τον καθορισμό θέσης όσο και για την εύρεση διαδρομής καθώς και για την αποφυγή κινδύνων, την ασφάλεια και την ευκολία πλοήγησης. Χρήσιμες πληροφορίες για τη ναυσιπλοΐα που δεν μπορούν να εμφανιστούν σε χάρτες παρέχονται σε άλλες ναυτικές εκδόσεις, αλλά γίνονται προσπάθειες από την υδρογραφική κοινότητα να ενσωματώσει αυτές τις πληροφορίες στη βάση δεδομένων ENC. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι Θαλάσσιες Προστατευμένες Περιοχές (MPAs) που δύναται ενσωματωθούν στα νέα S-101 ENC ακολουθώντας τις προδιαγραφές προϊόντος S-122.

Χρησιμοποιώντας το OpenNCS, αναπτύχθηκε δοκιμαστική πλατφόρμα για να έλεγχο της απόδοσης νέων συμβόλων S-122 σε ENC (Contarinis et al., 2023). Στην **Εικόνα 6-27(α)** και στην **Εικόνα 6-28** απεικονίζουν τη σχετική ζώνη MPA και τους κανονισμούς για το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Αλοννήσου ενώ η **Εικόνα 6-27(β)** και η **Εικόνα 6-29** για το Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου, σε δύο διαφορετικές κλίμακες. Στους χάρτες μικρότερης κλίμακας (**Εικόνα 6-27**), απεικονίζεται μόνον το σύμβολο της ζώνης MPA. Κατά την αξιολόγηση των χαρτών μεγαλύτερης κλίμακας (**Εικόνα 6-28** και **Εικόνα 6-29**) φαίνεται πως έχει επιτευχθεί μια καλή οπτική ιεραρχία και στις δύο περιοχές, καθώς οι πληροφορίες προσελκύουν την προσοχή χωρίς να συνωστίζονται στο χάρτη.



Εικόνα 6-27. Χαρτογραφική απόδοση των MPAs (a) της Αλοννήσου και (b) της Ζακύνθου με χρήση του συστήματος OpenNCS



Εικόνα 6-28. Χαρτογραφική απόδοση των ζωνών και των κανονισμών του Θαλάσσιου Πάρκου της Αλοννήσου με χρήση του συστήματος OpenNCS

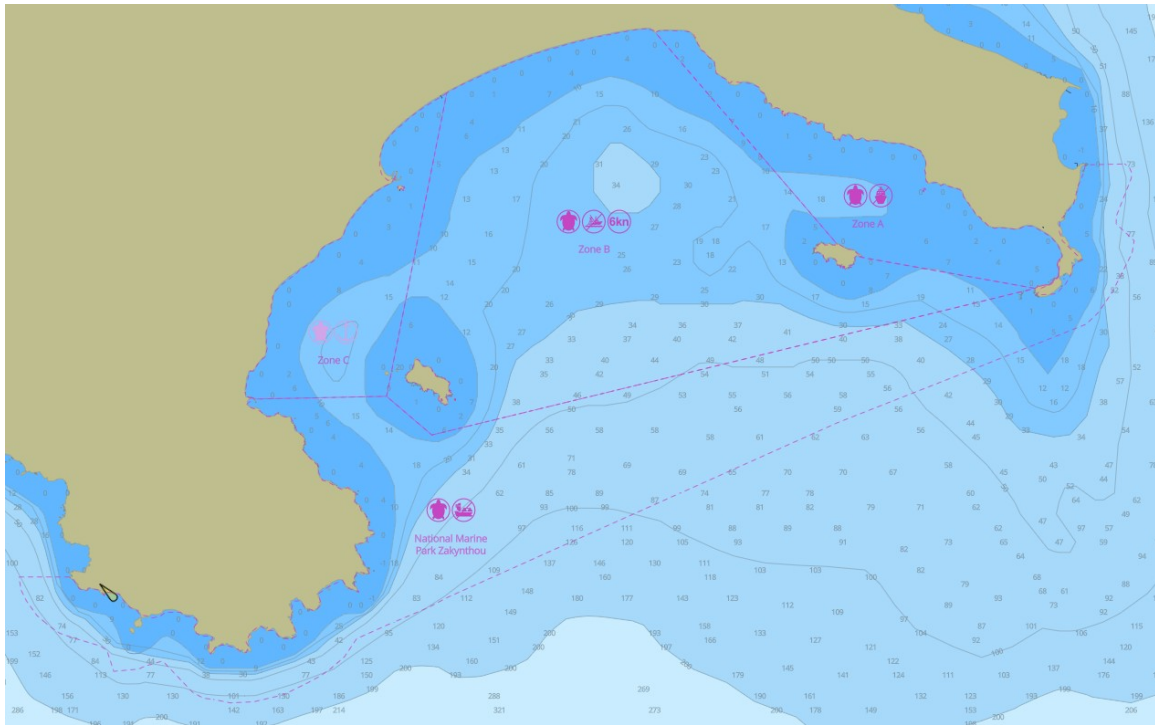
6.10.3. Υπόβαθρο σε Mobile Εφαρμογές

Το OpenNCS χρησιμοποιήθηκε επίσης σε δοκιμαστική εφαρμογή για κινητές συσκευές με χρήση της τεχνολογίας *React Native*⁸⁰ και ειδικότερα τη βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα RNMapbox⁸¹. Το React Native (γνωστό και ως RN) είναι ένα δημοφιλές πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών (αγγλ. mobile development framework) που βασίζεται σε γλώσσα JavaScript

⁸⁰ <https://reactnative.dev/>

⁸¹ <https://github.com/rnmapbox/maps>

που επιτρέπει να δημιουργηθούν εφαρμογές για έξυπνες συσκευές με εγγενής βιβλιοθήκες κώδικα (αγγλ. native libraries) για λειτουργικά iOS και Android.



Εικόνα 6-29. Χαρτογραφική απόδοση των ζωνών και των κανονισμών του Θαλάσσιου Πάρκου της Ζακύνθου με χρήση του συστήματος OpenNCS

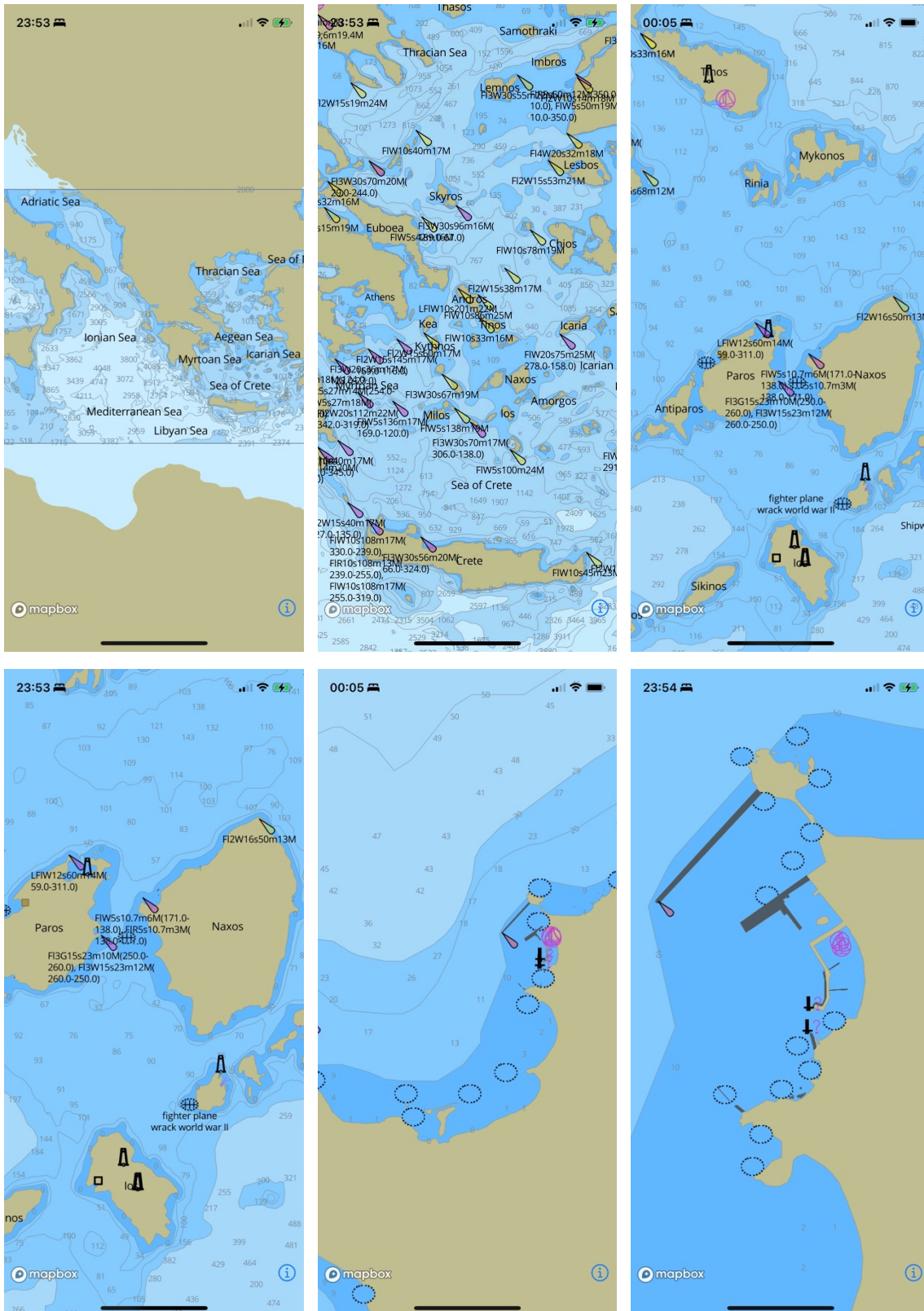
Το πλαίσιο επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών έξυπνων συσκευών για διάφορες πλατφόρμες. Το React Native κυκλοφόρησε για πρώτη φορά από το Facebook το 2015 και σε λίγα χρόνια, έγινε μία από τις κύριες πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών κινητών τηλεφώνων, όπως το Instagram, το Facebook κ.ά. Τα βασικά πλεονεκτήματά του είναι πως οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν κώδικα μόνο μία φορά και να τον χρησιμοποιήσουν για εφαρμογές iOS και Android ταυτόχρονα. Αυτό συνεπάγεται σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και πόρων.

Επίσης, δοκιμές έγιναν και με την πλατφόρμα Flutter⁸² και ειδικότερα με χρήση της βιβλιοθήκης Flutter MapLibre GL⁸³. Το Flutter είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού (αγγλ. software development kit) και ειδικότερα για διεπαφές χρήστη (αγγλ. User Interfaces), ανοιχτού κώδικα που δημιουργήθηκε από την Google. Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών πολλαπλών πλατφορμών για Android, iOS, Linux, macOS, Windows, κ.ά. από μια ενιαία βάση κώδικα. Η πλατφόρμα ανακοινώθηκε για πρώτη φορά το 2015 και κυκλοφόρησε τον Μάιο του 2017.

⁸² <https://flutter.dev/>

⁸³ <https://github.com/maplibre/flutter-maplibre-gl>

Η **Εικόνα 6-30** απεικονίζει screenshots από την πιλοτική εφαρμογή σε mobile iOS συσκευή με τεχνολογία React Native και διανυσματικά πλακίδια και styling τα οποία παρέχονται από το σύστημα OpenNCS.



Εικόνα 6-30. Screenshots από Mobile συσκευή με εφαρμογή τεχνολογίας React Native και διανυσματικά πλακίδια και styling από το OpenNCS

7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

7.1. Ανοιχτότητα και Ανοιχτή Επιστήμη

7.1.1. Έννοια της Ανοιχτότητας

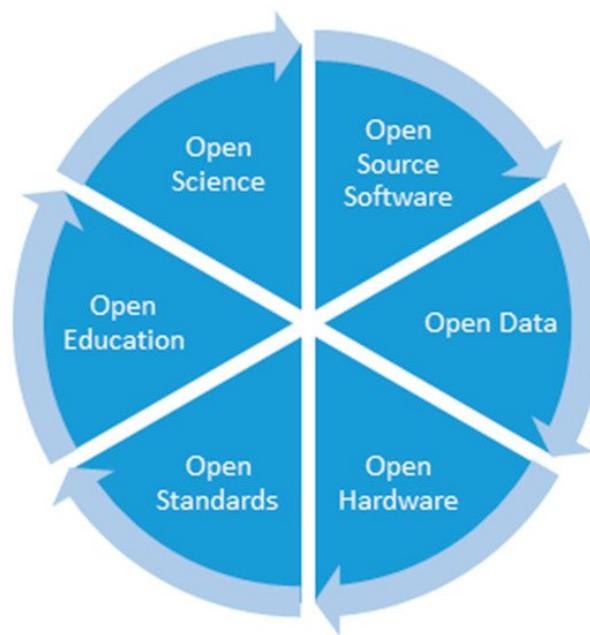
Την τελευταία δεκαετία οι οργανισμοί παγκοσμίως εξετάζουν όλο και περισσότερο τις δυνατότητες υιοθέτησης λογισμικού ανοιχτού κώδικα και ανοιχτών δεδομένων για την ανάπτυξη ψηφιακών προϊόντων και υπηρεσιών. Το ίδιο συμβαίνει και στον γεωχωρικό τομέα όπου σημειώθηκε σημαντική πρόοδος. Σε σχετική μελέτη (Coetzee et al., 2020) επιβεβαιώνεται ότι η «ανοιχτότητα» (αγγλ. openness) έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο συλλέγονται, επεξεργάζονται, αναλύονται και οπτικοποιούνται τα γεωχωρικά δεδομένα. Επιπρόσθετα, σε έρευνα στην οποία συμμετείχαν επαγγελματίες από οργανισμούς της παγκόσμιας γεωχωρικής κοινότητας για τις προοπτικές της ανοιχτότητας, σημειώθηκε ότι το γεωχωρικό λογισμικό ανοιχτού κώδικα και τα ανοιχτά γεωχωρικά δεδομένα θα έχουν όλο και πιο σημαντικό αντίκτυπο στο μέλλον.

Η ανοιχτότητα συνήθως αναφέρεται σε διαφάνεια, ελεύθερη και απεριόριστη πρόσβαση σε πληροφορίες και στη λήψη αποφάσεων χωρίς αποκλεισμούς και με συναίνεση. Πολλοί αρχιτέκτονες της ψηφιακής εποχής του εικοστού πρώτου αιώνα διακηρύσσουν ότι η ανοιχτότητα είναι η θεμελιώδης αξία τους, ενώ τα τεχνολογικά θεμέλια που στηρίζουν αυτό το όραμα είναι το διαδίκτυο, οι ασύρματες επικοινωνίες και τα κατανεμημένα συστήματα. Σύμφωνα με τον Andrew Russell (Cortada, 2015), «ανοιχτότητα» είναι *«το πάντρεμα τεχνολογίας και ιδεολογίας καθώς και η σύνθεση τεχνολογίας, δημοκρατίας και επιχειρηματικού πνεύματος»*.

Η έννοια και η πρακτική της ανοιχτότητας βρίσκει το πρώτο και υψηλότερο επίπεδο εφαρμογής της σε αυτό της γνώσης. Σύμφωνα με τον ορισμό του Open Knowledge Foundation⁸⁴, *«η γνώση είναι ανοιχτή εάν οποιοσδήποτε είναι ελεύθερος να έχει πρόσβαση, να τη χρησιμοποιεί, να την τροποποιεί και να τη μοιράζεται – με την επιφύλαξη, το πολύ, σε μέτρα που διαφυλάσσουν την προέλευση και την ανοιχτότητα»*. Δύο βασικά συστατικά της γνώσης είναι η επιστήμη, που αφορά τη διαδικασία οικοδόμησης γνώσης και η εκπαίδευση, που αφορά τη διαδικασία μεταφοράς της γνώσης. Ως εκ τούτου, οι αρχές της ανοιχτής γνώσης που εμφανίστηκαν τις τελευταίες δεκαετίες έχουν επηρεάσει βαθιά τόσο την επιστήμη όσο και την εκπαίδευση. Η ακαδημαϊκή κοινότητα και οι επιστημονικοί οργανισμοί έχουν αρχίσει να ενσωματώνουν τις πολυδιάστατες πτυχές της ανοιχτότητας στις δραστηριότητές τους. Η ανοιχτότητα μπορεί να αναπαρασταθεί με έναν κύκλο με αλληλένδετα συστατικά (βλ. **Εικόνα 7-1**) όπου κάθε συστατικό επωφελείται από την εφαρμογή όλων των άλλων, δηλαδή:

⁸⁴ Open Knowledge Foundation, The Open Definition - <http://opendefinition.org/>

- λογισμικό ανοιχτού κώδικα (αγγλ. *open source software*), που ορίζεται ως η δωρεάν και ανοιχτή συνεργατική ανάπτυξη λογισμικού,
- ανοιχτά δεδομένα (αγγλ. *open data*), ως τα ελεύθερα προσβάσιμα, κοινοποιήσιμα και χρησιμοποιήσιμα δεδομένα,
- ανοιχτό υλικό (αγγλ. *open hardware*), ως τα προϊόντα, μηχανήματα και συστήματα που σχεδιάστηκαν και προσφέρονται μέσω δημοσίως κοινοποιημένων πληροφοριών,
- ανοιχτά πρότυπα (αγγλ. *open standards*), ως τεχνολογικά ουδέτερες προδιαγραφές για υλικό, λογισμικό ή δεδομένα που αναπτύχθηκαν μέσω μιας ανοιχτής διαδικασίας,
- ανοιχτή εκπαίδευση (αγγλ. *open education*), ως τη μάθηση και διδασκαλία χωρίς εμπόδια, και
- ανοιχτή επιστήμη (αγγλ. *open science*), η οποία καθιστά την επιστημονική έρευνα και τη διάδοσή της προσβάσιμη σε όλα τα επίπεδα της κοινωνίας.



Εικόνα 7-1. Οι συνιστώσες της ανοιχτότητας (Coetzee et al., 2020).

Σύμφωνα με την UNESCO⁸⁵ και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή⁸⁶, η Ανοιχτή Επιστήμη αποτελεί μια νέα προσέγγιση στην επιστημονική διαδικασία και ένα κίνημα που έχει ως στόχο τη διευκόλυνση της καθολικής πρόσβασης στην επιστημονική έρευνα και τα ερευνητικά δεδομένα χρησιμοποιώντας ψηφιακή και συνεργατική τεχνολογία. Η Ανοιχτή Επιστήμη έχει τη δυνατότητα να καταστήσει την επιστημονική διαδικασία πιο διαφανή, περιεκτική και δημοκρατική. Ως μια προσέγγιση στην επιστημονική διαδικασία που εστιάζει στη διάδοση της γνώσης μόλις αυτή είναι διαθέσιμη, η ανοιχτή επιστήμη είναι μια πολιτική προτεραιότητα για την Ευρωπαϊκή Ένωση και θεωρείται ως η βασική μέθοδος

⁸⁵ <https://www.unesco.org/en/open-science>

⁸⁶ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/our-digital-future/open-science_en

συνεργασίας στο πλαίσιο των προγραμμάτων χρηματοδότησης έρευνας και καινοτομίας, καθώς βελτιώνει την ποιότητα, την αποτελεσματικότητα και την ανταποδοτικότητα της έρευνας.

7.1.2. Παράδειγμα Ανοιχτής Επιστήμης η Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας

Με βάση τις αρχές της Ανοιχτής Επιστήμης και στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας του IMO για την ηλεκτρονική πλοήγηση, έχουν πραγματοποιηθεί πολλά περιφερειακά και εθνικά ερευνητικά έργα. Ειδικότερα, το *EfficienSea2* (ES2) με επικεφαλής την DMA (Danish Maritime Authority), το *STM Validation Project* (STM) με επικεφαλής την SMA (Swedish Maritime Authority) και το *SMART-Navigation Project* (SMART) με επικεφαλής την KRISO (Korean Maritime Authority) και χρηματοδότηση από το Υπουργείο Ωκεανών και Αλιείας (MOF) είχαν ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί η Πλατφόρμα Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας (*Maritime Connectivity Platform*⁸⁷ - συντ. MCP) που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.

Η πλατφόρμα MCP σταδιακά καθιερώνεται ως ένα πλαίσιο επικοινωνίας ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει την αποτελεσματική, ασφαλή, αξιόπιστη και απρόσκοπτη ανταλλαγή ηλεκτρονικών πληροφοριών μεταξύ εξουσιοδοτημένων ναυτιλιακών φορέων στα διαθέσιμα συστήματα επικοινωνίας. Η πλατφόρμα αντιμετωπίζει ζητήματα που προσδιορίζονται στη στρατηγική ηλεκτρονικής πλοήγησης (e-Navigation) του IMO και της Ευρωπαϊκής πρωτοβουλίας για την ηλεκτρονική Ναυτιλία (e-Maritime). Η αποστολή της MCP είναι να ενεργοποιήσει μια ανοιχτή και ουδέτερη πλατφόρμα για τον παγκόσμιο ναυτιλιακό τομέα. Ο βασικός στόχος είναι η παροχή ενός πλαισίου για ομοιόμορφη ανταλλαγή πληροφοριών χρησιμοποιώντας ετερογενή συστήματα. Οι επιμέρους στόχοι της πλατφόρμας ορίζονται ως (Rihacek et al., 2016):

- Ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας του ναυτιλιακού τομέα, μέσω καινοτομιών πληροφορικής που γεφυρώνουν τα κενά μεταξύ των νησίδων πληροφοριών.
- Χρήση σε καθιερωμένα και ισχυρά διεθνή πρότυπα όπου είναι εφικτό (π.χ. S-100).
- Διευκόλυνση της ανάπτυξης και της μετάβασης προς, παγκοσμίως τυποποιημένες υπηρεσίες πληροφόρησης για το ναυτιλιακό τομέα.
- Παροχή εργαλείων και κατευθυντήριων γραμμών που διευκολύνουν την ανάπτυξη λογισμικού που μπορεί να διαφυλάξει την εμπιστευτικότητα και να επαληθεύσει την αυθεντικότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ ατόμων και οργανισμών.
- Ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους με αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης στον ναυτιλιακό τομέα.
- Μείωση του κόστους ανάπτυξης και βελτίωση της ποιότητας του λογισμικού, της χρηστικότητας και του χρόνου διάθεσης στην αγορά για εμπορικά και μη προϊόντα λογισμικού.

⁸⁷ <https://maritimeconnectivity.net/>

- Αναγνώριση προκειμένου να διοικείται και να υποστηρίζεται από μια βιώσιμη κοινότητα, συμπεριλαμβανομένων σημαντικών διεθνών, περιφερειακών και εμπορικών οργανισμών του ναυτιλιακού τομέα (όπως IMO, IALA, IHO, IEC, CIRM, BIMCO και EE).

Η MCP προσφέρει τεχνικές λύσεις με τη μορφή τριών αυτόνομων βασικών στοιχείων. Το *Μητρώο Υπηρεσιών Ναυτιλίας* (MSR), το *Μητρώο Ταυτοτήτων Ναυτιλίας* (MIR) και το *Μητρώο Μηνυμάτων Ναυτιλίας* (MMS). Το MSR επιτρέπει τη διαχείριση τεχνικών υπηρεσιών που μπορούν να προσφερθούν τόσο από εμπορικούς όσο και από μη εμπορικούς οργανισμούς εντός της MCP. Αυτές οι τεχνικές υπηρεσίες μπορούν να βασίζονται στις ναυτιλιακές υπηρεσίες (*Maritime Services - MSs*) του IMO (IMO, 2019a) και μπορεί να είναι, για παράδειγμα, μετεωρολογικές υπηρεσίες ή υπηρεσίες σχεδιασμού πλου. Το MIR έχει στόχο να επιτρέψει τον έλεγχο ταυτότητας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της ναυτιλίας για αυξημένη ασφάλεια και αξιοπιστία εντός της MCP. Το MMS είναι υπηρεσία ανταλλαγής μηνυμάτων με βάση σταθμούς στη στεριά για την παροχή ευέλικτης επικοινωνίας μεταξύ πλοίου και παράκτιων σταθμών με τη χρήση πολλαπλών διαθέσιμων καναλιών επικοινωνίας και για την παράδοση μηνυμάτων που βασίζονται σε γεωγραφική τοποθεσία (geocasting).

Η MCP οραματίζεται μια ομοσπονδιακή χρήση του MIR και μια κατανεμημένη χρήση του MSR που φιλοξενείται από διαφορετικούς διαχειριστές. Αυτό σημαίνει ότι εμπορικοί και μη οργανισμοί μπορούν να γίνουν πάροχοι των βασικών υπηρεσιών MCP με βάση δικά τους επιχειρηματικά μοντέλα. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση και η λειτουργία της MCP στον θαλάσσιο τομέα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τις τεχνικές υποδομές αλλά και τις κανονιστικές, οικονομικές και ρυθμιστικές πτυχές. Κατά συνέπεια, η MCP πρέπει να είναι διαλειτουργική και για αυτό, ιδρύθηκε η *Κοινοπραξία Πλατφόρμας Ναυτιλιακής Συνδεσιμότητας* (*Maritime Connectivity Platform Consortium - MCC*⁸⁸). Αρχικά απαρτίζεται από εκπροσώπους των τριών μεγάλων ερευνητικών έργων STM, ES2 και SMART. Εκτός από τη συνεχή τεχνική ανάπτυξη, τεκμηρίωση και παροχή αρχιτεκτονικών αναφοράς και υλοποιήσεων για τη χρήση της MCP, καθήκον της MCC είναι να συνεργάζεται με φορείς τυποποίησης και να συντονίζεται με εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς όπως IALA, BIMCO, IHO, κ.ά. Με το παράδειγμα της MCP και άλλα αντίστοιχα, η Ανοιχτή Επιστήμη αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο ως κρίσιμος επιταχυντής για την επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (Camkin et al., 2022) και ως πραγματικός παράγοντας αλλαγής στη γεφύρωση των κενών στην επιστήμη, την τεχνολογία και την καινοτομία, καθώς και την εκπλήρωση του ανθρώπινου δικαιώματος στην επιστήμη.

⁸⁸ <https://maritimeconnectivity.net/consortium/>

7.2. Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας Αυτόνομων Πλοίων (MASS)

7.2.1. Αναγκαιότητα, Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα

Τα τελευταία χρόνια τα αυτόνομα πλοία (αγγλ. *Maritime Autonomous Surface Ships*, συντ. MASS) και γενικότερα τα μη επανδρωμένα πλοία προσελκύουν όλο και μεγαλύτερη προσοχή από τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η ολοένα και πιο θετική στάση ως προς τα ζητήματα της αυτονομίας, του αυτοματισμού, των μη επανδρωμένων λειτουργιών, των μεγάλων δεδομένων και της συνδεσιμότητας διευρύνει την ατζέντα ψηφιακού μετασχηματισμού της ναυτιλίας. Τα αυτόνομα πλοία θα κατασκευάζονται με βελτιωμένες δυνατότητες ελέγχου, επικοινωνίας και διεπαφές και θα λειτουργούν από απομακρυσμένες χειρσαίες ή υπεράκτιες υπηρεσίες, όποτε και όπου απαιτείται. Τα νέα συστήματα έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία και τις επιδόσεις των ναυτιλιακών εταιρειών, αλλά επίσης θέτουν προκλήσεις και κινδύνους που πρέπει να εντοπιστούν, να κατανοηθούν και να αντιμετωπιστούν έτσι ώστε οι νέες καινοτόμες τεχνολογίες να ενσωματωθούν στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των πλοίων για να διασφαλιστεί η ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα.

Τα αυτόνομα πλοία θα είναι εξοπλισμένα με συστήματα που επιτρέπουν την αυτοδιεύθυνση μέσω αντίληψης αντικειμένων με βάση αισθητήρες, όπως εμπόδια και θα μπορούν να ξεκινούν από μόνα τους μια ενέργεια π.χ. για την αποφυγή συγκρούσεων με άλλα αντικείμενα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικά συστήματα εγκατεστημένα επί του σκάφους, τα οποία χρησιμοποιούν αλγορίθμους και δεδομένα εισόδου που συλλέγονται από αισθητήρες. Η εισαγωγή της έννοιας του αυτόνομου πλοίου στη ναυτιλιακή βιομηχανία μπορεί να ξεκινήσει μια νέα εποχή όσον αφορά την αποδοτικότητα του κόστους, την πρόληψη ατυχημάτων και τους ανθρώπινους πόρους. Ενισχυμένα από τεχνολογίες αιχμής αναμένεται να φέρουν αλλαγές στις παραδοσιακές ναυτιλιακές πρακτικές, οδηγώντας τους ιδιοκτήτες, τους χειριστές και τους κατασκευαστές σε μια καινοτόμο επανεξέταση της ναυτιλίας (Lloyd's Register, 2017). Οι ιδέες έχουν κερδίσει έδαφος και μεταξύ των ερευνητικών έργων της ναυτιλιακής βιομηχανίας και, ως νέα τάση, έχουν δημιουργήσει πολλές προσπάθειες πρωτοτύπων και διερεύνησης.

7.2.2. Βαθμοί Αυτονομίας

Σε σχετική μελέτη του Lloyd's Register (2017) σημειώνεται πως τα επίπεδα αυτονομίας των πλοίων δύναται να είναι έξι (6) ήτοι: α) ένα ενσωματωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων με ενέργειες που λαμβάνονται από έναν άνθρωπο ως χειριστή, β) υποστήριξη απόφασης όπου τα δεδομένα μπορούν επίσης να παρέχονται από συστήματα εκτός πλοίου, γ) ενεργός άνθρωπος που επιβλέπει αποφάσεις και ενέργειες, δ) άνθρωπος που εποπτεύει τις αυτόνομες ενέργειες, ε) πλήρως αυτόνομο πλοίο με αποφάσεις που λαμβάνονται και ενέργειες από το σύστημα με σπάνια επίβλεψη και τέλος στ) λειτουργία χωρίς επίβλεψη καθ' όλο τον πλου. Από την άλλη, τα αυτόνομα πλοία ορίζονται από τον IMO⁸⁹ ως «πλοία

⁸⁹ <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>

τα οποία, σε διαφορετικό βαθμό, μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση» και οι βαθμοί αυτονομίας⁹⁰ τους είναι σε τέσσερα επίπεδα ως εξής:

(1) Πλοία με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και υποστήριξη αποφάσεων. Οι ναυτικοί είναι επί του σκάφους για τη λειτουργία και τον έλεγχο του σκάφους. ορισμένες λειτουργίες μπορεί να είναι αυτοματοποιημένες και μερικές φορές χωρίς επίβλεψη, αλλά οι ναυτικοί είναι πάντα παρόντες και έτοιμοι να αναλάβουν τον έλεγχο.

(2) Τηλεχειριζόμενο πλοίο με ναυτικούς επί του σκάφους. Το πλοίο ελέγχεται και λειτουργεί εξ αποστάσεως, ωστόσο οι ναυτικοί είναι επί του σκάφους και έτοιμοι να πάρουν τον έλεγχο.

(3) Τηλεχειριζόμενο πλοίο χωρίς ναυτικούς επί του σκάφους. Το πλοίο είναι μη επανδρωμένο και ελέγχεται από απομακρυσμένη τοποθεσία.

(4) Πλήρως αυτόνομο πλοίο. Το λειτουργικό σύστημα μπορεί να λαμβάνει αποφάσεις και να καθορίζει ενέργειες από μόνο του.

7.2.3. Διαχείριση Κινδύνων - Ανταλλαγή Διαδρομών (Route Exchange) - S-421

Τα πλοία σε αυτόνομη λειτουργία πρόκειται να αλληλοεπιδρούν για μεγάλο χρονικό διάστημα με τα συμβατικά πλοία και με ανθρώπους που λαμβάνουν αποφάσεις στη γέφυρα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια θα είναι απαραίτητο να απλοποιηθεί αυτή η αλληλεπίδραση και οι Porathe & Rødseth (2019) θεωρούν πως οι τρεις τομείς που θα είναι κρίσιμοι είναι οι κανονισμοί σύγκρουσης, η ηλεκτρονική πλοήγηση και τα συστήματα διαχωρισμού της κυκλοφορίας. Για να είναι δυνατή η κωδικοποίηση αλγορίθμων αποφυγής σύγκρουσης, πρέπει να ποσοτικοποιηθούν οι Διεθνείς Κανονισμοί για την πρόληψη συγκρούσεων στη θάλασσα (COLREGS). Με αυτή τη λογική, οι ποιοτικές εκφράσεις όπως η «καλή ναυτιλία» χρειάζεται να ποσοτικοποιηθούν και να γίνουν αναγνώσιμες από μηχανή. Από την άλλη, τέτοιες προσπάθειες δύνανται να καταστήσουν τους κανονισμούς λιγότερο ευανάγνωστους από τον άνθρωπο. Από τη θετική πλευρά, οι υπηρεσίες ηλεκτρονικής πλοήγησης, όπως η ανταλλαγή δρομολογίων, πρόκειται να καταστήσουν τις προθέσεις των πλοίων πιο διαφανείς και σε συνδυασμό με ένα εκτεταμένο δίκτυο Σχεδίων Διαχωρισμού Κυκλοφορίας, μπορεί να διευκολυνθεί η μελλοντική αλληλεπίδραση μεταξύ επανδρωμένων πλοίων και πλοίων σε αυτόνομη λειτουργία.

Η ανταλλαγή διαδρομών έχει ερευνηθεί σε πολλά έργα της ΕΕ όπως το EfficienSea⁹¹, MONALISA⁹², ACCSEAS⁹³ και STM Validation⁹⁴. Ανταλλαγή δρομολογίων είναι η παροχή ηλεκτρονικής ανταλλαγής σχεδίων ταξιδιού ή τμημάτων σχεδίων ταξιδιού μεταξύ

⁹⁰ <http://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/08-msc-99-mass-scoping.aspx>

⁹¹ <https://efficiensea2.org/>

⁹² <https://www.seatraficmanagement.info/projects/monalisa-2/>

⁹³ <http://marisa.wmu.se/accseas>

⁹⁴ <https://www.seatraficmanagement.info/projects/stm-validation/>

πλοίων και μεταξύ πλοίων και αρχών επί των ακτών. Κάθε πλοίο της κατηγορίας SOLAS (πάνω από 500 GT και όλα τα επιβατηγά πλοία σε διεθνή ύδατα) σήμερα πρέπει να προετοιμάσει ένα σχέδιο ταξιδιού «από αγκυροβόλιο σε αγκυροβόλιο» (αγγλ. “*from birth to birth*”) πριν αναχωρήσει από το λιμάνι. Σήμερα αυτό το σχέδιο ταξιδιού βρίσκεται μόνο στο σύστημα ηλεκτρονικών χαρτών επί του σκάφους. Εάν αυτό το σχέδιο ταξιδιού μπορούσε να σταλεί σε ένα κεντρικό συντονιστικό κέντρο, θα ήταν θεωρητικά δυνατό να τοποθετηθούν όλα τα σχέδια ταξιδιού το ένα πάνω στο άλλο και να δούμε εάν οποιαδήποτε δύο πλοία σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή θα ήταν στο ίδιο μέρος την ίδια στιγμή. Και σε αυτή την περίπτωση να μπορούν να προκύψουν βελτιωμένες προτάσεις για μικρότερη ταχύτητα ή αλλαγή πορείας.

Καθώς δύναται να συμβούν διάφορα απρόβλεπτα γεγονότα κατά τη διάρκεια του πλου, όπως οι κινητήρες να έχουν πρόβλημα, ή να υπάρχει ισχυρός άνεμος και έντονος κυματισμός, που καθιστούν απαραίτητη την αλλαγή ταχύτητας, σε παρέκκλιση του αρχικού σχεδιασμού. Με τη λογική αυτή, τα σχέδια πλου θα πρέπει να ενημερώνονται συνεχώς και να είναι πολύ ακριβή καθώς τα πλοία πλησιάζουν το ένα το άλλο. Αυτό θα επέφερε σημαντική τεχνολογική αλλαγή αλλά και κουλτούρας, καθώς τα πλοία θα πρέπει να τηρούν ενημερωμένα τα σχέδιά τους και να γνωρίζουν ότι δεν μεταδίδουν μόνο την παρούσα, αλλά και τις μελλοντικές τους θέσεις. Τα αποτελέσματα και οι πιθανοί κίνδυνοι της ανταλλαγής διαδρομής έχουν μελετηθεί σε μελέτες προσομοίωσης με θετικά αποτελέσματα (Porathe, 2016; Porathe et al., 2015).

Από την άλλη πλευρά, μπορεί να είναι αρκετή μια πολύ πιο απλοποιημένη ανταλλαγή διαδρομής. Καθώς το αυτόνομο πλοίο ελέγχεται από υπολογιστή, δύναται να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή ακριβώς ποια είναι τα άμεσα σχέδιά του και μπορεί να στέλνει συνεχείς ενημερώσεις για το επόμενο σημείο διαδρομής, την ταχύτητα και την κατεύθυνση, μαζί με τον ορίζοντα σχεδιασμού του, στα πλοία γύρω του. Αυτό είναι ένα σχετικά μικρό μήνυμα που μπορεί να σταλεί σε ένα AIS slot και να επιτρέπει ταχύτερες ενημερώσεις. Αυτό θα έδινε στα συμβατικά πλοία πλήρη γνώση των επόμενων ενεργειών των MASS.

Ειδικότερα για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ πλοίου και παράκτιου σταθμού στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας e-Navigation, το θέμα της ανταλλαγής δρομολογίου (αγγλ. Route Exchange) συζητείται από το 2010. Η πρώτη ανταλλαγή πληροφοριών διαδρομής είχε εφαρμοστεί μεταξύ σταθμών σχεδιασμού ταξιδιού και ECDIS σε διάφορες κλειστές λύσεις. Στο πλαίσιο της ηλεκτρονικής πλοήγησης σε διάφορες ομάδες του IMO και του IALA, είχε εντοπιστεί η ανάγκη για έναν τυποποιημένο τρόπο. Οι αρχικές εκδόσεις και οι σχετικές δοκιμές είχαν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του έργου EU MonaLisa2. Η έρευνα συνεχίστηκε περαιτέρω από το έργο STM Validation, κατά τη διάρκεια του οποίου είχε αναπτυχθεί και δοκιμαστεί ο μορφότυπος RTZ. Ως αποτέλεσμα των δοκιμών, το RTZ προτάθηκε στον IEC για ένταξη στο πρότυπο δοκιμής ECDIS IEC 61174. Αυτό έγινε αποδεκτό και η έκδοση 4 του προτύπου το 2015 περιλάμβανε το μορφότυπο RTZ για ανταλλαγή διαδρομής (Bergmann, 2021).

- Πρότυπο IEC 61174

Το IEC 61174:2015 όρισε ένα πρότυπο για την ανταλλαγή σχεδίων διαδρομής μεταξύ ECDIS και άλλων συστημάτων, ευρύτερα γνωστό ως μορφότυπος RTZ. Η ύπαρξη μιας

τυποποιημένης μορφής σχεδίου διαδρομής προσφέρει τη δυνατότητα διαλειτουργικότητας μεταξύ ECDIS διαφορετικών κατασκευαστών και μεταξύ ECDIS και άλλου λογισμικού της γέφυρας, όπως λογισμικό σχεδιασμού και βελτιστοποίησης διαδρομής. Αυτή η μορφή ανταλλαγής διαδρομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλούς σκοπούς, για παράδειγμα εν πλω μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανταλλαγή σχεδίου διαδρομής μεταξύ κύριου και εφεδρικού ECDIS, μεταξύ ECDIS και ραντάρ, μεταξύ ECDIS και συστήματος βελτιστοποίησης διαδρομής κ.λπ. Ένα άλλο παράδειγμα είναι όπου η ανταλλαγή σχεδίου διαδρομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενημερωθεί ο παράκτιος σταθμός για το σχέδιο του σκάφους, ο παράκτιος σταθμός μπορεί να προτείνει μια διαδρομή, ο παράκτιος σταθμός μπορεί να βελτιστοποιήσει μια διαδρομή κλπ. Αυτή η μορφή ανταλλαγής διαδρομής βασίζεται στην τυποποίηση ενός σχεδίου μεμονωμένης διαδρομής. Το επίπεδο εφαρμογής του αποστολέα και του παραλήπτη θεωρείται ότι χειρίζεται πολλαπλά σχέδια διαδρομής για περιπτώσεις χρήσης που απαιτούν διαθεσιμότητα πολλαπλών διαδρομών, για παράδειγμα σχέδια εναλλακτικών διαδρομών για το ίδιο ταξίδι ή σχέδια διαδρομής για διαφορετικούς σκοπούς.

Αυτή η μορφή ανταλλαγής διαδρομής έχει ορισμένους περιορισμούς εφαρμογής λόγω του απλού γεωμετρικού μοντέλου που χρησιμοποιείται. Η εφαρμογή για γεωγραφικά πλάτη πάνω από 70° απαιτεί μεγάλη προσοχή και μπορεί να προκαλέσει σημαντικά διαφορετικές διαδρομές στην επιφάνεια της γης μεταξύ δύο συστημάτων. Η εφαρμογή σε μεγάλες αποστάσεις όπως ο διάπλους ωκεανών υπόκειται σε διαφορές στην ακριβή διαδρομή πάνω από την επιφάνεια της γης, για παράδειγμα μια διαδρομή μήκους 1800 NM πέρα από τον Βόρειο Ατλαντικό δύναται να έχει +/-500m διαφορά στην ακριβή διαδρομή μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Το σχέδιο διαδρομής είναι ένα αρχείο για εξαγωγή και εισαγωγή που περιέχει μια κωδικοποιημένη έκδοση XML του σχεδίου και η ανταλλαγή γίνεται με ένα τυπικό αρχείο ZIP. Η χρήση αυτής της μορφής έχει δοκιμαστεί στο έργο STM Validation στο πλαίσιο μιας υπηρεσίας Voyage Information Service.

- Voyage Information Service S-421 (IEC 63273)

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων από την έκδοση IEC 61174:2015 και για να είναι συμβατή με την Κοινή Ναυτιλιακή Δομή Δεδομένων (CMDS) του IMO, η IEC έχει δημιουργήσει μια διευρυμένη έκδοση, ένα *Voyage Information Service* Πρότυπο (ελλ. Πληροφοριακή Υπηρεσία Ταξιδιού), που ονομάζεται IEC 63273 “S-421 Route Plan Based on S-100”, εν συντομία S-421. Το συμβατό με S-100 πρότυπο διάδοχο της μορφής RTZ αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας 17 της επιτροπής TC80 του IEC. Δημοσιεύθηκε επίσημα τον Ιούλιο του 2021, ακολουθεί το γενικό παράδειγμα του CMDS και επιτρέπει τη συμβατότητα των δεδομένων S-421 με άλλες ροές δεδομένων CMDS, ειδικά με το S-211 “Standard for Port Call Messages”. Ως εκ τούτου, επιτρέπει την ενσωμάτωση των πληροφοριών διαδρομής που σχετίζονται με κάποιο ταξίδι με τα μηνύματα κλήσης λιμένων όπου απαιτείται η ανάλυση και η χρήση και των δύο συνόλων δεδομένων σε συνδυασμό, π.χ. σε Κέντρα Επιχειρήσεων Πλοίων ή σε Κέντρα Εξυπηρέτησης Κυκλοφορίας Πλοίων (αγγλ. Vessel Traffic Service Centers), τόσο σε λιμάνια όσο και σε παράκτια ύδατα ή σε περιορισμένα ύδατα, π.χ. στενά. Τα δύο πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλα πρότυπα ηλεκτρονικής πλοήγησης στον τομέα CMDS. Το S-421

περιλαμβάνει το μοντέλο αντικειμένων και τη μορφή του αρχείου (όπως συνέβη με το RTZ του IEC 61174), αλλά και περιπτώσεις χρήσης και μια περιγραφή για το πώς θα πρέπει να χρησιμοποιείται η ανταλλαγή Σχεδίου Διαδρομής. Με τη συμβατότητά του με σχετικά πρότυπα όπως το S-211 ή το S-124 (προειδοποιήσεις πλοήγησης) υποστηρίζεται η αυξανόμενη ανάγκη συνεργασίας μεταξύ λιμένων, καθώς και από πλοίο σε πλοίο και από πλοίο σε συνεργασία με παράκτιο σταθμό.

7.3. Βελτιστοποίηση δρομολόγησης βάσει καιρού (Weather Routing)

7.3.1. Αναγκαιότητα για Ορθολογική Δρομολόγηση

Με την πρόοδο των τεχνολογιών πλοήγησης, τίθενται όλο και περισσότερο θέματα ασφάλειας λόγω καιρικών συνθηκών και εξοικονόμησης ενέργειας. Οι ισχυροί άνεμοι, τα κύματα και άλλοι μετεωρολογικοί παράγοντες επηρεάζουν την ασφάλεια των πλοίων όταν πλέουν στη θάλασσα. Οι πληροφορίες πρόγνωσης καιρού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό δρομολογίων για την αποφυγή ισχυρών ανέμων και κυμάτων. Πρόσφατα (2018), ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) υιοθέτησε στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των πλοίων, στέλνοντας μήνυμα στη διεθνή κοινότητα ότι η ναυτιλία είναι βιομηχανία χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Chircop, 2019). Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών άνθρακα μέσω εύλογου σχεδιασμού διαδρομής είναι ένα σημαντικό μέτρο στη στρατηγική αυτή.

Η δρομολόγηση βάσει καιρικών συνθηκών έχει δει μια ταχέως αυξανόμενη προσοχή από την ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα τα τελευταία χρόνια και αναμένεται ότι η βελτιστοποίηση πλόων θα συνεχίσει να προσελκύει ερευνητικό ενδιαφέρον στο μέλλον. Πρόκειται για διεπιστημονικό πεδίο όπως αποδεικνύεται από το ευρύ φάσμα των δημοσιεύσεων, τις αναπτυγμένες μεθοδολογίες, καθώς και τις εφαρμογές που βρίσκονται στη βιβλιογραφία. Οι βελτιωμένες προγνώσεις καιρού, η διαθεσιμότητα δεδομένων και η αυξημένη υπολογιστική ισχύς ανοίγουν τον δρόμο για περισσότερη εφαρμοσμένη έρευνα στη βελτιστοποίηση των πλόων. Η ορθολογική δρομολόγηση βάσει καιρού συμβάλλει στην αύξηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της ναυτιλίας. Επιτρέπει να μειώσει σημαντικά την πιθανότητα τα πλοία να υποστούν σοβαρές ζημιές από δύσκολες καιρικές συνθήκες και επίσης μπορεί να βοηθήσει στον περιορισμό περαιτέρω χρόνου και καυσίμων από πλόες στον ωκεανό. Ταυτόχρονα, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου δημιουργεί διπλά οφέλη από τη μείωση του κόστους λειτουργίας του πλοίου, ενώ παράλληλα μειώνει τις εκπομπές που προέρχονται από την καύση επιπλέον καυσίμου.

Ζητούμενο είναι η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής και της ταχύτητας πλευσης για ένα δεδομένο ταξίδι λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για να σχεδιάσει μια αποτελεσματική διαδρομή, ο ναυτιλλόμενος πρέπει να χρησιμοποιεί τα δεδομένα πρόγνωσης καιρού σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του πλοίου και να αποφεύγει την επιλογή διαδρομών υψηλού κινδύνου ενάντια στους ανέμους και τα κύματα. Τρεις στόχοι λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό δρομολογίων πλοίων:

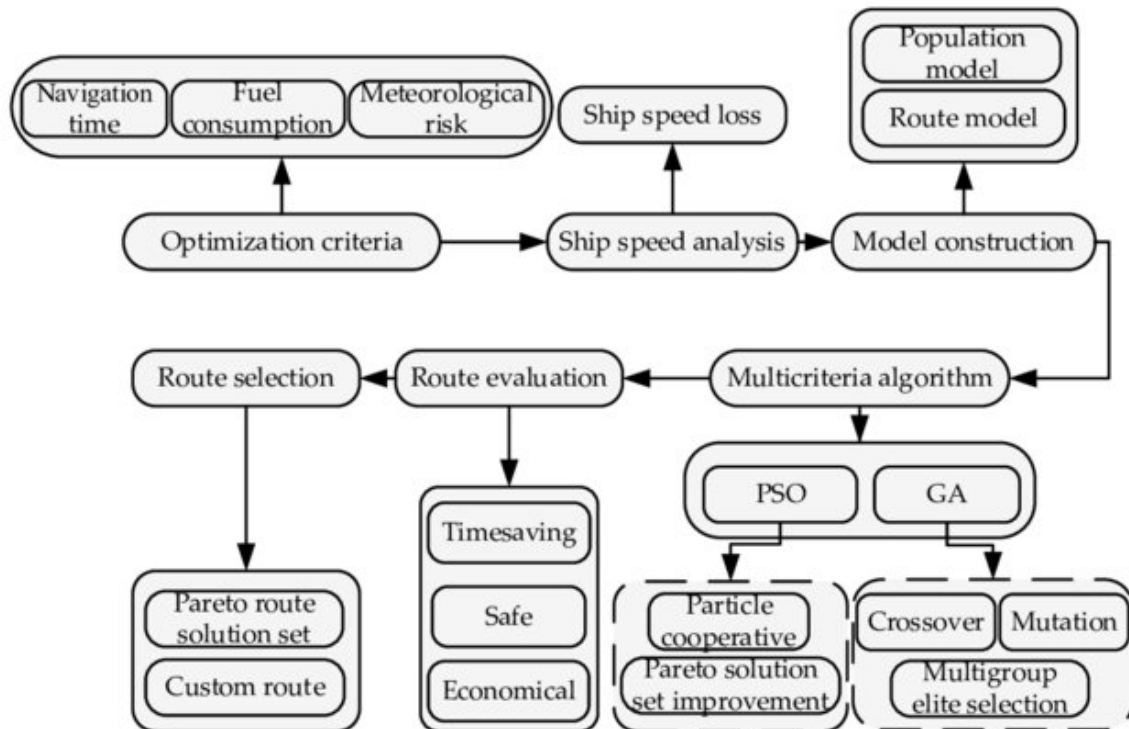
1. Ο χρόνος ναυσιπλοΐας πρέπει να μειωθεί.
2. Η κατανάλωση καυσίμου πρέπει να μειωθεί.

3. Πρέπει να αποφεύγονται περιοχές με επικίνδυνες θαλάσσιες συνθήκες, προκειμένου να μειωθεί η κύλιση (αγγλ. rolling) του πλοίου και να διασφαλίζεται η ασφάλεια του φορτίου.

Στην περίπτωση του πρώτου στόχου, ανεξάρτητα από τους καιρικούς κινδύνους, ο ορθοδρομικός πλους είναι η ιδανική διαδρομή λόγω του πιο σύντομου ταξιδιού, μειώνοντας έτσι τον χρόνο ναυσιπλοΐας (H. Wang et al., 2020). Για την υλοποίηση του δεύτερου στόχου η επιλογή είναι της πιο οικονομικής διαδρομής. Ενώ για την υλοποίηση του τρίτου στόχου η επιλογή είναι αυτή των ασφαλών διαδρομών που αποφεύγουν περιοχές με υψηλούς μετεωρολογικούς κινδύνους με βάση τα δεδομένα πρόγνωσης καιρού και τα χαρακτηριστικά των πλοίων. Η περαιτέρω ανάπτυξη της ναυτιλίας συνδέεται με την εξεύρεση κατάλληλης μεθοδολογίας για την επίτευξη των τριών στόχων με σχεδιασμό λογικών, ασφαλών και πράσινων εναλλακτικών διαδρομών.

7.3.2. Αυτόματες Μεθοδολογίες Σχεδιασμού Διαδρομών

Μια εργασία (Zis et al., 2020) παρουσιάζει δυνατότητες δρομολόγησης καιρού και βελτιστοποίησης ταξιδιών στις θαλάσσιες μεταφορές, εξηγώντας τις κύριες μεθοδολογικές προσεγγίσεις και τους βασικούς κλάδους που αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα. Παρέχει επιπλέον μια σύντομη περίληψη σχετικά με τους υπολογισμούς της αντίστασης ανέμου και κυμάτων για ιστιοφόρα πλοία λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικούς παράγοντες προκειμένου να εκτιμηθεί η πρόβλεψη ισχύος και στη συνέχεια η κατανάλωση καυσίμου.



Εικόνα 7-2. Πολυκριτηριακό πλαίσιο σχεδιασμού διαδρομής (Zhao et al., 2021)

Αρχικά, εφαρμόστηκαν παραδοσιακές μαθηματικές μέθοδοι για την επίλυση του προβλήματος του σχεδιασμού της διαδρομής του πλοίου. Με την ταχεία ανάπτυξη των θεωριών βελτιστοποίησης, έχουν προταθεί αλγόριθμοι πολυκριτηριακού σχεδιασμού

διαδρομής για πλοία. Μια σχετική μελέτη (Zhao et al., 2021) παρουσιάζει ένα πολυκριτηριακό πλαίσιο σχεδιασμού διαδρομής όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7-2**. Το πλαίσιο αποτελείται από έξι μέρη, δηλαδή κριτήρια βελτιστοποίησης, ανάλυση ταχύτητας πλοίου, κατασκευή μοντέλου, πολυκριτηριακό αλγόριθμο, αξιολόγηση διαδρομής και επιλογή διαδρομής.

- Αλγόριθμοι Προσδιορισμού Διαδρομών

Όπως συζητήθηκε, καθώς και με τις αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου παγκοσμίως, ο καθορισμός των βέλτιστων διαδρομών για οικονομική λειτουργία των πλοίων έχει γίνει σημαντικό ζήτημα. Για το σκοπό αυτό, έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι για τον προσδιορισμό των δρομολογίων με διασφάλιση οικονομικής λειτουργίας μέσω της χρήσης ιστορικών μετεωρολογικών δεδομένων και δεδομένων συστήματος αυτόματης αναγνώρισης (AIS). Ωστόσο, τέτοιοι αλγόριθμοι απαιτούν μεγάλο υπολογιστικό χρόνο και δεν παρέχουν πάντα βέλτιστες διαδρομές επειδή δεν λαμβάνουν υπόψη τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, όπως οι τρέχουσες καιρικές συνθήκες και οι συνθήκες της θάλασσας.

Στη βιβλιογραφία έχει προταθεί ένας αριθμός βελτιωμένων αλγορίθμων που βασίζονται στον αλγόριθμο A*. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος D* δίνει τη δυνατότητα στον A* να εξετάζει δυναμικά εμπόδια επαναχρησιμοποιώντας πληροφορίες και ο αλγόριθμος Theta* στοχεύει να εξομαλύνει τη διαδρομή λύσης του αλγορίθμου A* χρησιμοποιώντας επιθεώρηση οπτικής επαφής (αγγλ. *line-of-sight*). Σε σχετική μελέτη (Shin et al., 2020), προτείνεται ένας βελτιωμένος αλγόριθμος A* που χρησιμοποιεί AIS και δεδομένα καιρού. Ο βελτιωμένος αλγόριθμος A* χρησιμοποιεί ένα προσαρμοστικό σύστημα πλέγματος που εξερευνά αποτελεσματικά τους κόμβους σύμφωνα με την παραμόρφωση του πλέγματος χαρτών ανά γεωγραφικό πλάτος. Βρίσκει οικονομικές διαδρομές ελαχιστοποιώντας τον εκτιμώμενο χρόνο άφιξης που δημιουργείται από τη μηχανική εκμάθηση μέσω της εξερεύνησης κόμβων 16 κατευθύνσεων. Για την επαλήθευση της προτεινόμενης μεθόδου, ο αρχικός αλγόριθμος A* και ο βελτιωμένος αλγόριθμος A* συγκρίθηκαν μέσω μιας μελέτης περίπτωσης.

- Μοντελοποίηση διαδρομών από μεγάλα δεδομένα

Οι δραστηριότητες διακοπών με ιστιοπλοία αντιπροσωπεύουν σημαντικό μέρος της ανάπτυξης της Γαλάζιας Οικονομίας στην Ευρώπη και σε ολόκληρο τον κόσμο. Λόγω της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης, η ιδιοκτησία σκαφών έχει μειωθεί, αλλά η ζήτηση για σχετικές υπηρεσίες διακοπών παρέμεινε σταθερή, μετατοπίζοντας έτσι το προφίλ των διακοπών με σκάφος αναψυχής προς νεότερους και λιγότερο έμπειρους χρήστες που προτιμούν να ναυλώνουν σκάφη αντί να διαθέτουν σκάφη. Η ναύλωση σκαφών προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία για την εξερεύνηση διαφορετικών περιοχών, αλλά αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αφιερωθεί πολύ περισσότερος χρόνος στον σχεδιασμό της διαδρομής, καθώς απουσιάζει η τοπική εμπειρία.

Η εμπειρία των τουριστών κατά τη φάση της αρχικής σκέψης και σχεδιασμού, που λαμβάνει χώρα εβδομάδες ή μήνες πριν από ένα πραγματικό ταξίδι, και όπου πρέπει να διερευνηθεί ένα ευρύ φάσμα επιλογών διαδρομής, θα μπορούσε επομένως να εμπλουτισθεί από την υποστήριξη που παρέχεται από αυτοματοποιημένα εργαλεία πληροφορικής. Σε

σχετική εργασία (Komninos et al., 2022), περιγράφεται μια μεθοδολογία για την αυτόματη δημιουργία προτάσεων διαδρομής, με βάση τη σημασιολογική μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων και τον προσδιορισμό ρεαλιστικών επιλογών θαλάσσιας διαδρομής, με βάση χάρτες πυκνότητας πλοίων που παράγονται από δεδομένα AIS. Η εφαρμογή και τα αποτελέσματα αυτής της μεθοδολογίας παρουσιάζεται χρησιμοποιώντας μια από τις πιο δημοφιλείς ιστιοπλοϊκές περιοχές της Ελλάδας, το Ιόνιο Πέλαγος, ως μελέτη περίπτωσης.

- Πρόβλεψη κίνησης με μεγάλα δεδομένα και τεχνικές μηχανικής μάθησης

Αρχικά η δρομολόγηση βάσει καιρού συνίστατο στην απλή αποφυγή περιοχών με μεγάλες καταιγίδες, αλλά πιο περίπλοκοι στόχοι έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια, καθώς υπάρχουν καλύτερες μετεωρολογικές προβλέψεις, με πολύ υψηλότερη χωρική και χρονική ανάλυση. Η βελτίωση της ποιότητας και της διαθεσιμότητας δεδομένων διευκολύνει την ανάπτυξη διαδικτυακών αλγορίθμων για τη βέλτιστη διαδρομή σε ένα πλοίο. Από την εισαγωγή του Συστήματος Αυτόματης Αναγνώρισης (αγγλ. *Automatic Identification System* - AIS), υπάρχουν τεράστια δεδομένα για την ταχύτητα πλεύσης και τη θέση των πλοίων παγκοσμίως. Τα δεδομένα AIS είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για να απεικονίσουν πότε τα πλοία παρεκκλίνουν λόγω καιρικών συνθηκών από τις συνήθεις διαδρομές, καθώς και να παρέχουν πληροφορίες για τα οφέλη που επιτυγχάνονται μέσω της δρομολόγησης βάσει καιρού, ιδίως όσον αφορά την εξοικονόμηση του συνολικού χρόνου ταξιδιού. Στο πεδίο των μεταφορών, μεγάλα δεδομένα χρησιμοποιούνται με τεχνικές μηχανικής μάθησης για να παρέχουν καλύτερες πληροφορίες σχετικά με την πρόβλεψη της βραχυπρόθεσμης κίνησης. Οι Kang et al. (2018) χρησιμοποιούν δεδομένα AIS για να εκτιμήσουν την κίνηση των πλοίων στο Στενό της Σιγκαπούρης και πιο συγκεκριμένα τη θεωρητική του χωρητικότητα. Επίσης, μεγάλα δεδομένα έχουν χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ακρίβειας στις μετεωρολογικές προβλέψεις.

Η ακρίβεια των καιρικών προγνώσεων για μια επαρκή περίοδο πρόβλεψης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία των σκαφών και παρόλο που βελτιώνεται, θα υπάρχουν πάντα αβεβαιότητες. Ισχυρά μοντέλα βελτιστοποίησης έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας των ρυθμών κατανάλωσης καυσίμου ως συνέπεια της αβεβαιότητας του καιρού (Du et al., 2015). Εκτός από την βελτιστοποίηση, υπάρχει μια αυξανόμενη ερευνητική τάση σχετικά με τη χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου και τις επιπτώσεις του καιρού στην οικονομία καυσίμου. Η εργασία των Lee et al. (2018) χρησιμοποιεί εξόρυξη δεδομένων για τον αντίκτυπο των καιρικών επιπτώσεων σε συγκεκριμένα ταξίδια. Οι (Yoo & Kim, 2016) πρότειναν έναν αλγόριθμο σχεδιασμού διαδρομής χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση και κατέδειξαν μειώσεις έως και 22% στον χρόνο ταξιδιού. Μια άλλη περιοχή έρευνας θα μπορούσε να αξιολογήσει τα οφέλη μιας βελτιωμένης πρόβλεψης ρευμάτων μέσω δορυφορικής υψομετρίας όπου οι βέλτιστες διαδρομές θα μπορούσαν να συγκριθούν με τη δρομολόγηση βάσει καιρού χρησιμοποιώντας τυπικές προβλέψεις ρευμάτων. Τέλος, η χρήση προηγμένων στατιστικών μεθόδων και νευρωνικών δικτύων στην πρόβλεψη της ταχύτητας του πλοίου, δεδομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών ενός πλοίου, έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια (Zis et al., 2020).

7.3.3. Κανονιστικές και ρυθμιστικές επιπτώσεις

Αναμένεται ότι τα επόμενα χρόνια θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο η πίεση για μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας. Σύμφωνα με την τέταρτη μελέτη⁹⁵ του IMO για τα αέρια θερμοκηπίου, το συνολικό CO₂ που παρήχθη από τη διεθνή ναυτιλία το 2018 ήταν 1.056 εκατομμύρια τόνοι. Μια μέση εξοικονόμηση 1% στην κατανάλωση καυσίμου λόγω της καλύτερης δρομολόγησης από τον παγκόσμιο στόλο θα μεταφραζόταν σε παγκόσμια μείωση κατά περίπου 10 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως. Είτε αυτό έχει τη μορφή δέσμευσης για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 50% όπως στοχεύει ο IMO στο πλαίσιο της στρατηγικής του IMO “Initial IMO GHG Strategy”, είτε τίθεται διαφορετικός στόχος, είναι βέβαιο ότι θα απαιτηθούν τεχνολογικά, υλικοτεχνικά και πολιτικά μέτρα για την επίτευξη αυτών των στόχων. Η δρομολόγηση βάσει καιρού έχει αποδειχθεί επιτυχής στην εξοικονόμηση καυσίμων ανεξάρτητα από τον ναυτιλιακό τομέα και τις γεωγραφικές περιοχές (Joung et al., 2020).

Ο IMO (2018b) στο πλαίσιο της άσκησης ρυθμιστικού πεδίου εφαρμογής για την αυτόνομη ναυτιλία εξέτασε τις απόψεις των επαγγελματιών της ναυτιλίας. Η έκθεση δείχνει ότι αρκετοί ερωτηθέντες εξέφρασαν ανησυχίες για την ασφάλεια των αυτόνομων σκαφών, ιδίως για την αποφυγή συγκρούσεων με μικρότερα πλοία σε κακές καιρικές συνθήκες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει χρηματοδοτήσει σχετικά ερευνητικά έργα, όπως το έργο MUNIN - *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*. Το έργο ανέπτυξε αλγόριθμους δρομολόγησης για την αποφυγή πλοίων και περιοχών με έντονες καιρικές συνθήκες. Παρόμοια έρευνα έχει ήδη πραγματοποιηθεί στην Ιαπωνία με την πρόθεση να δρομολογηθούν αυτόνομα πλοία έως το 2025 χρησιμοποιώντας συστήματα διεύθυνσης με τεχνητή νοημοσύνη για τον σχεδιασμό διαδρομών με οικονομία καυσίμου, πιο ασφαλείς και σύντομες.

Επίσης στον IMO, η συζήτηση για τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας ως υποψήφιο βραχυπρόθεσμο μέτρο (Psaraftis, 2019) έχει αναδείξει τον ρόλο της δρομολόγησης βάσει καιρού ως ένα από τα εργαλεία για τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας του πλοίου σε επιχειρησιακό επίπεδο. Ταυτόχρονα, υπάρχουν αρκετοί υποστηρικτές της εισαγωγής ορίων ταχύτητας ως μέσου για την επίτευξη αυτών των στόχων και πως τα αναμενόμενα μακρύτερα ταξίδια θα ήταν πιο επιρρεπή σε κινδύνους εάν βρεθούν σε κακές καιρικές συνθήκες. Έχει υποστηριχθεί ότι η υιοθέτηση του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (αγγλ. Energy Efficiency Design Index – συντ. EEDI) μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να καταστεί προβληματική (Lindstad et al., 2019) καθώς (α) θα μπορούσε να οδηγήσει σε πλοία με χαμηλή ισχύ για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση και (β) αναφέρεται μόνο στην απόδοση του πλοίου σε ήρεμα νερά.

Ένα πλήρως αυτόνομο σκάφος θα επιτρέψει σημαντικά χαμηλότερες ταχύτητες πλεύσης, καθώς δεν θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στο πλήρωμα σε εξαιρετικά μεγάλα ταξίδια. Τέτοια ταξίδια που δεν θα περιορίζονταν στην πραγματική τους διάρκεια, θα είχαν

⁹⁵ <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>

μια διαφορετική βέλτιστη διαδρομή, για παράδειγμα βασιζόμενοι περισσότερο στη χρήση ρευμάτων για την πρόωσή τους και μειώνοντας περαιτέρω την κατανάλωση καυσίμου. Ταυτόχρονα, ένα αυτόνομο σκάφος θα μπορούσε να περιορίσει τα περιστατικά με σχετικά υψηλές ταχύτητες πλεύσης στην αρχή του ταξιδιού, ώστε να έχει περιθώριο να επιβραδύνει στα επόμενα στάδια. Η έννοια της εικονικής άφιξης μπορεί επίσης να εξεταστεί από την πλευρά του χειριστή του πλοίου, όπου εάν η πρόγνωση του καιρού δείχνει ότι θα υπάρξει καθυστέρηση, τότε ο διαχειριστής του πλοίου θα μπορούσε να διαπραγματευτεί με τη λιμενική αρχή για μεταγενέστερο χρονικό παράθυρο άφιξης. Ομοίως, μια λιμενική αρχή μπορεί να παρακολουθεί τα εισερχόμενα πλοία και με βάση αλγόριθμους δρομολόγησης καιρού να συμπεράνει ότι ένα συγκεκριμένο σκάφος δεν θα μπορέσει να φτάσει στην ώρα του. Το λιμάνι θα μπορούσε να δώσει εντολή σε άλλα πλοία να επιταχύνουν, προκειμένου να διασφαλιστεί υψηλή πληρότητα αγκυροβολίου.

7.4. Κυβερνοασφάλεια (Cyber Security) σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Πλοήγησης

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης (αγγλ. *Integrated Navigational System*, συντ. INS) είναι ένα σύνθετο σύστημα, σκοπός του οποίου είναι να ενισχύει την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας των πλοίων, παρέχοντας πολυλειτουργική οθόνη με βάση την ενοποίηση τουλάχιστον δύο λειτουργιών πλοήγησης, την αποφυγή σύγκρουσης με χρήση αισθητήρα ραντάρ και την παρακολούθηση του πλου με χρήση του συστήματος ηλεκτρονικής απόδοσης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) (Vu et al., 2019). Το INS είναι ουσιαστικά μια πλατφόρμα λογισμικού για τη συγχώνευση δεδομένων από το ECDIS και το ραντάρ και με αισθητήρες για πρόσθετες λειτουργίες πλοήγησης, του σχεδιασμού διαδρομής, της προβολής κατάστασης και δεδομένων και της διαχείρισης ειδοποιήσεων. Το INS αναγνωρίζεται ως ο μοναδικός τύπος εξοπλισμού από τον IMO και η λειτουργικότητά του είναι τυποποιημένη με τα πρότυπα απόδοσης (IMO, 2007). Τα INS βασίζονται όλο και περισσότερο σε τεχνολογίες του διαδικτύου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη προστασίας από απειλές στον κυβερνοχώρο. Ως εκ τούτου, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές⁹⁶ για τη διαχείριση θαλάσσιων κινδύνων στον κυβερνοχώρο και συμπεριέλαβε την αξιολόγηση της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο στον κώδικα Διεθνούς Διαχείρισης Ασφάλειας (ISM) που ισχύει στα πλοία από τις αρχές του 2021 (IMO, 2017).

Επιπλέον, ο IMO προετοίμασε σε συνεργασία με τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC), ένα νέο πρότυπο για εξοπλισμό και συστήματα θαλάσσιας πλοήγησης και ραδιοεπικοινωνίας, το IEC 63154⁹⁷ «*Cybersecurity—General Requirements, Methods of Testing and Required Test Results*». Το IEC 63154:2021 καθορίζει τις απαιτήσεις, τις

⁹⁶ IMO Guidelines on Maritime Cyber Risk Management, MSC-FAL.1/Circ.3; IMO: London, UK. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Facilitation/Facilitation/MS-C-FAL.1-Circ.3-Rev.1.pdf>

⁹⁷ IEC 63154:2021 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Cybersecurity - General requirements, methods of testing and required test results <https://webstore.iec.ch/publication/61003>

μεθόδους δοκιμών και τα απαιτούμενα αποτελέσματα δοκιμών όπου απαιτούνται πρότυπα για την παροχή ενός βασικού επιπέδου προστασίας από περιστατικά στον κυβερνοχώρο (δηλαδή κακόβουλες απόπειρες, που δύνανται να έχουν αρνητικές συνέπειες στον εξοπλισμό, τα δίκτυά τους ή τις πληροφορίες που επεξεργάζονται, αποθηκεύουν ή μεταδίδουν), και ειδικότερα για:

α) ραδιοεξοπλισμό πλοίων που αποτελεί μέρος του παγκόσμιου συστήματος θαλάσσιας κινδύνου και ασφάλειας (GMDSS) που αναφέρεται στη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) και στη Διεθνή Σύμβαση του Torremolinos⁹⁸ για την ασφάλεια των αλιευτικών σκαφών, και σε άλλο ραδιοεξοπλισμό πλοίων, κατά περίπτωση,

β) σύστημα ναυσιπλοΐας που αναφέρεται στις συμβάσεις SOLAS και Torremolinos,

γ) άλλα βοηθήματα πλοήγησης (AtoNs).

Σχετική εργασία (Svilicic et al., 2019) παρουσιάζει μελέτη σχετικά με την εξέταση ανθεκτικότητας στην ασφάλεια στον κυβερνοχώρο ενός INS που είναι εγκατεστημένο σε ένα πλοίο που ασχολείται με το διεθνές εμπόριο. Η μελέτη βασίστηκε σε μια προσέγγιση μεικτής μεθόδου, που συνδυάζει συνεντεύξεις των αξιωματικών του πλοίου και τη δοκιμή ασφάλειας στον κυβερνοχώρο του INS χρησιμοποιώντας έναν σαρωτή ευπάθειας (αγγλ. *vulnerability scanner*). Οι απειλές που εντοπίστηκαν αναλύθηκαν ποιοτικά για να εξακριβωθεί η πηγή των κινδύνων που απειλούν το INS στον κυβερνοχώρο. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν επισημαίνουν απειλές στον κυβερνοχώρο που σχετίζονται με αδυναμίες του υποκείμενου λειτουργικού συστήματος INS, υποδηλώνοντας την ανάγκη για περιστασιακή προληπτική συντήρηση εκτός από την απαιτούμενη κανονιστική συμμόρφωση.

7.4.1. Υποδομή δημόσιου κλειδιού για ασφάλεια πληροφοριών

Σήμερα, η ναυτιλία υπόκειται σε ταχεία ψηφιοποίηση αναφορικά με τις υποχρεωτικές αναφορές των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των απαιτούμενων πιστοποιητικών ασφάλειας, την ηλεκτρονική *εκκαθάριση* στους λιμένες (αγγλ. port clearance), καθώς και τις ανταλλαγές εμπορικών και επιχειρησιακών πληροφοριών. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο σημαντικοί λόγοι για την εισαγωγή ψηφιακών ανταλλαγών πληροφοριών στον ναυτιλιακό τομέα. Ο ένας είναι να μειωθεί ο διοικητικός φόρτος εργασίας των εμπλεκόμενων μερών, κυρίως των ναυτιλλόμενων. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας εφαρμογές για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών που σχετίζονται με τη μετάδοση, τη λήψη και την επεξεργασία πληροφοριών. Ο δεύτερος λόγος είναι η βελτίωση της ποιότητας των πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση θαλάσσιων και λιμενικών λειτουργιών (Rødseth et al., 2020).

Με τις ηλεκτρονικές μεταδόσεις αποφεύγονται οι παρανοήσεις και απλοποιούνται οι ανταλλαγές περίπλοκων πληροφοριών. Ωστόσο, ακόμη και όταν υποτεθεί ότι η ηλεκτρονική

⁹⁸ <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/The-Torremolinos-International-Convention-for-the-Safety-of-Fishing-Vessels.aspx>

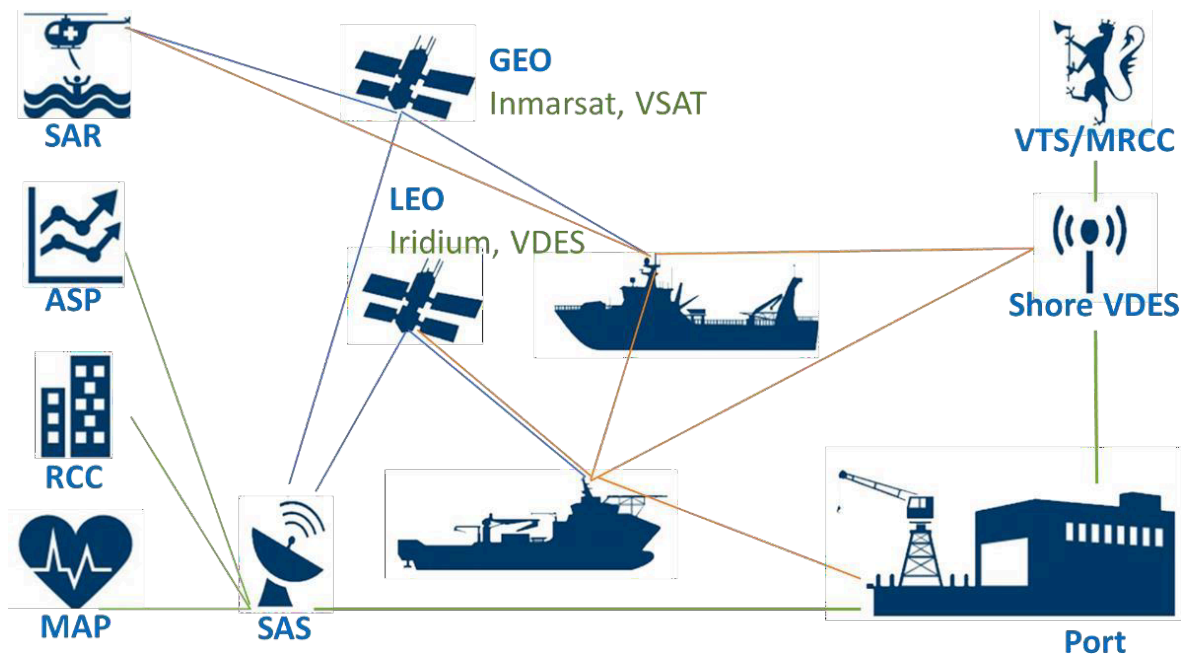
επικοινωνία είναι απαλλαγμένη από σφάλματα, υπάρχουν τρία ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν: Το ένα είναι η πιθανότητα κακόβουλων επιθέσεων στον κυβερνοχώρο που μπορεί να υποκινούνται από εμπορικό κέρδος ή απόπειρες να βλάψουν τη ζωή, την υγεία, την ιδιοκτησία ή το περιβάλλον ή είναι απλώς τυχαίες προσπάθειες εισβολής σε ενδιαφέροντα τεχνικά συστήματα. Το δεύτερο ζήτημα είναι να δημιουργηθεί εμπιστοσύνη στις αυτοματοποιημένες διαδικασίες, ώστε η ανάγκη για χειροκίνητους διπλούς ελέγχους να μειωθεί στο ελάχιστο. Εάν όχι, ο διοικητικός φόρτος εργασίας ενδέχεται να αυξηθεί αντί να μειωθεί. Ένα τρίτο ζήτημα προκύπτει όταν τα πλοία γίνονται πιο αυτοματοποιημένα και τελικά χωρίς πλήρωμα. Αυτό απομακρύνει τον άνθρωπο από τη διαδικασία αξιολόγησης πληροφοριών και λήψης αποφάσεων και καθίσταται εξαιρετικά σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι ψηφιακές πληροφορίες είναι σωστές και ότι μπορούν να είναι αξιόπιστες.

Προβλήματα προκύπτουν εάν οι μηχανισμοί ασφάλειας και προστασίας που είναι εγγενείς στα συστήματα που βασίζονται σε αρχεία δεν αναπαραχθούν και βελτιωθούν στις ηλεκτρονικές ανταλλαγές πληροφοριών. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι:

- Εμπιστευτικότητα, όπως ένας σφραγισμένος και κλειστός φάκελος στο φυσικό κόσμο, τα περιεχόμενα του αρχείου δεν μπορούν να διαβαστούν από άλλους εκτός από τους προοριζόμενους παραλήπτες.
- Ακεραιότητα, όπως μια σπασμένη σφράγιση ή αλλαγές στο εκτυπωμένο χαρτί, θα εντοπιστεί παραβίαση αρχείου.
- Αυθεντικότητα, όπως οι φυσικές υπογραφές και σφραγίδες, η ταυτότητα του συντάκτη του αρχείου μπορεί να αποδειχθεί.
- Διαθεσιμότητα, το αρχείο μπορεί εύκολα να μεταδοθεί, να βρεθεί και να ανακτηθεί μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, ένας πρόσθετος μηχανισμός μπορεί να προκύψει από τα τρία παραπάνω, που είναι η μη άρνηση, όπως η συστημένη αλληλογραφία, παροχή δηλαδή απόδειξης ότι το αρχείο παραδόθηκε στον παραλήπτη, το οποίο γενικά απαιτεί επικυρωμένη επιβεβαίωση από τον παραλήπτη ότι το συγκεκριμένο αρχείο έχει παραληφθεί.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από επικοινωνιακές αλληλεπιδράσεις στη ναυτιλία (**Εικόνα 7-3**), συμπεριλαμβανομένων των από πλοίο σε πλοίο, από πλοίο σε λιμάνι, από πλοίο σε κέντρο τηλεχειρισμού (*Remote Control Centre - RCC*), από πλοίο σε υπηρεσίες κυκλοφορίας πλοίων (*Vessel Traffic Services - VTS*), από πλοίο σε πάροχο υπηρεσιών και εφαρμογών πληροφορικής (*Application Service Provider - ASP*), από πλοίο σε πάροχο ιατρικών υπηρεσιών (*Medical Aid Provider - MAP*), από πλοίο για ενημέρωση για έρευνα και διάσωση (*Search and Rescue - SAR*) καθώς και από πλοίο σε ναυτιλιακό συντονιστικό κέντρο διάσωσης (*Maritime Rescue Coordination Center - MRCC*). Η επικοινωνία απευθείας μεταξύ πλοίων και μεταξύ πλοίων με χερσαίες υπηρεσίες είναι πιθανό να είναι μέσω συστήματος VDES (*VHF Data Exchange System*), ή μέσω δορυφορικών επικοινωνιών (SatCom). Οι δορυφόροι μπορεί να βρίσκονται σε χαμηλή ή γεωστατική τροχιά με τη Γη (*Low Earth Orbit - LEO* ή *Geostationary Earth Orbit - GEO*). Οι λύσεις GEO είναι συνήθως συστήματα τερματικού πολύ μικρού διαφράγματος (VSAT, δηλ. με δορυφορικό πιάτο/κατευθυντική κεραία), αλλά μπορεί επίσης να είναι υπηρεσίες χαμηλής τροχιάς, όπως ορισμένες από τις υπηρεσίες του *Inmarsat*. Η πιο κοινή υπηρεσία LEO σήμερα είναι το *Iridium*, αλλά υπάρχουν επίσης διαθέσιμοι δορυφόροι που μπορούν να λαμβάνουν και να

στέλνουν ψηφιακά δεδομένα VHF. Μεγάλο μέρος αυτής της επικοινωνίας γίνεται σήμερα με τηλεφωνικές ραδιοσυνδέσεις πολύ υψηλής συχνότητας (VHF) ή δορυφορικής επικοινωνίας (SatCom).



Εικόνα 7-3. Κανάλια επικοινωνίας μεταξύ ναυτιλιακών φορέων (Rødseth et al., 2020)

Η Διεθνής Ένωση Φάρων & Ναυτιλιακών Βοηθημάτων (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - IALA*) κυκλοφόρησε προδιαγραφές για το νέο σύστημα ανταλλαγής δεδομένων VHF που ονομάζεται VDES (IALA, 2017). Το σύστημα VDES είναι ένα νέο σύστημα αμφίδρομης ραδιοεπικοινωνίας, το οποίο αναγνωρίζεται ως αποτελεσματικό εργαλείο για τη χρήση του ραδιοφάσματος με εφαρμοσμένες νέες τεχνικές στη μετάδοση πληροφοριών. Σε σχετική μελέτη (Škrobonja et al., 2020) προτείνεται το VDES να ενσωματωθεί με το σύστημα ECDIS, λειτουργώντας ως κεντρικό σημείο για τη λήψη και τη διανομή δεδομένων για παρακολούθηση και επεξεργασία. Το VDES είναι σχεδιασμένο να αφορά ασφαλείς επικοινωνίες σε κρίσιμες περιπτώσεις της λειτουργίας του πλοίου καθώς και σε καταστάσεις κινδύνου, τόσο με επίγεια όσο με δορυφορικά συστήματα.

Με τη μετάβαση από τα αναλογικά φωνητικά μηνύματα σε ψηφιακά μηνύματα μέσω VDES και τη μεγαλύτερη χρήση των ανταλλαγών που βασίζονται στο διαδίκτυο μέσω SatCom, θα μειωθεί η πίεση στις τρέχουσες συνδέσεις επικοινωνίας και θα μπορούν να εισαχθούν νέες υπηρεσίες (Luglio et al., 2018). Η χρήση των διαφορετικών συνδέσμων επικοινωνίας θα εξαρτηθεί από την τοποθεσία του πλοίου, τις πληροφορίες που θα μεταδοθούν και το στάδιο του πλου. Οι ανταλλαγές ψηφιακών δεδομένων πρέπει να εφαρμόσουν ένα μοντέλο ψηφιακής εμπιστοσύνης και η χρήση μιας υποδομής δημόσιου κλειδιού (PKI) είναι ένας κοινός τρόπος για να γίνει αυτό. Ωστόσο, όπως με κάθε υποδομή PKI υπάρχουν αρκετές αποφάσεις σχεδιασμού και διαμόρφωσης που πρέπει να ληφθούν με βάση τη φύση του περιβάλλοντος λειτουργίας. Υπάρχουν διακριτά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου μια υποδομή PKI να είναι οικονομικά, τεχνικά και

γεωπολιτικά εφικτή. Σχετική μελέτη (Rødseth et al., 2020) αναλύει τους επιχειρηματικούς περιορισμούς που διέπουν ένα PKI για τη ναυτιλιακή βιομηχανία και προτείνει λύσεις και πρωτοβουλίες που σχετίζονται με μια υποδομή PKI που χρησιμοποιούνται σε ένα ναυτιλιακό περιβάλλον. Η σχετική ανάλυση επιχειρηματικών περιπτώσεων για θαλάσσια ψηφιακή επικοινωνία έγινε με βάση τρεις ομάδες αναγκών επικοινωνίας πλοίου:

- Επικοινωνία που σχετίζεται με την ασφάλεια μέσω VDES με άλλα πλοία ή με την ακτή.
- Ανταλλαγές μηνυμάτων στο διαδίκτυο που σχετίζονται με το *Maritime Single Window*.
- Εμπορικές και λειτουργικές υπηρεσίες, κυρίως μέσω SatCom και Internet.

7.4.2. Περιπτώσεις Χρήσης Υποδομής Δημόσιου Κλειδιού

Ακολούθως παρουσιάζονται περιπτώσεις ανταλλαγής ψηφιακών μηνυμάτων όπου μια υποδομή PKI μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ασφαλιστικών δικλείδων για ανεπιθύμητα συμβάντα που σχετίζονται με τις περιπτώσεις χρήσης (Rødseth et al., 2020).

1) Πιστοποιητικά πλοίων. Τα πλοία πρέπει να φέρουν πρωτότυπες εκδόσεις ορισμένων πιστοποιητικών ασφαλείας (π.χ. Διεθνές Πιστοποιητικό Χωρητικότητας, Πιστοποιητικό Διαχείρισης Ασφάλειας και Πιστοποιητικό Διεθνούς Αντιρρυπαντικού Συστήματος). Αυτά τα έγγραφα πρέπει να παρέχονται για επιθεώρηση από τον κρατικό λιμενικό έλεγχο (Port State Control - PSC) και άλλα, όπως κατά τη διάρκεια του ελέγχου από τους ναυλωτές.

2) *Ενιαία Ναυτιλιακή Θυρίδα* (αγγλ. *Maritime Single Window*). Τα εμπορικά πλοία που εισέρχονται σε ένα λιμάνι πρέπει να δηλώσουν εγκαίρως πριν εισέλθουν πληροφορίες όπως το φορτίο και τα άτομα που βρίσκονται στο πλοίο.

3) Πληροφορίες ασφαλείας. Διάφορες δημόσιες υπηρεσίες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την ασφάλεια στη θάλασσα (MSI) σε σκάφη σε μια καθορισμένη περιοχή. Πρόκειται συνήθως για προειδοποιήσεις θυελλών, προειδοποιήσεις για πλοία που βρίσκονται σε κίνδυνο, επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, κ.λπ. Είναι μια λειτουργία λήψης μηνυμάτων που ο κυβερνήτης του πλοίου είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση τους και, εφόσον κρίνεται αναγκαίο, αντιδρά σε αυτά προκειμένου να βοηθήσει σε λειτουργίες έρευνας ή για αποφυγή διαφόρων κινδύνων κατά τον πλου.

4) Συστήματα αναφοράς πλοίων. Τα πλοία που εισέρχονται και εξέρχονται από περιοχές ελεγχόμενες από VTS απαιτείται να το αναφέρουν.

5) Ναυτικές πληροφορίες. Τα πλοία υποχρεούνται να διατηρούν ενημερωμένες τις κρίσιμες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει ηλεκτρονικούς χάρτες, φαροδείκτες κ.λπ.

6) Λειτουργική ανταλλαγή μηνυμάτων. Τα πλοία επικοινωνούν με τον ιδιοκτήτη, τον διαχειριστή, τον ναυλωτή ή τους πράκτορες για επιχειρησιακούς σκοπούς. Αυτό περιλαμβάνει εντολές ταξιδιού, περιοδικές αναφορές από το πλοίο ή αναφορές απόδοσης σε συνδυασμό με συμβάσεις ναύλωσης.

7) Ημερολόγιο. Το ημερολόγιο καταστρώματος είναι ένα παράδειγμα ημερολογίου που τηρείται επί του πλοίου, το οποίο μπορεί να επιθεωρηθεί από τον λιμενικό έλεγχο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως απόδειξη σε περίπτωση ατυχήματος. Ένα ηλεκτρονικό ημερολόγιο πρέπει να υπογραφεί τη στιγμή που έγινε η καταχώριση του ημερολογίου. Πρέπει να είναι αδύνατο να παραβιαστεί μια εγγραφή και η εγγραφή θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αυτόματη.

8) Οδηγίες οργάνωσης της κυκλοφορίας. Ορισμένες υπηρεσίες παρέχουν οδηγίες στο πλοίο για να γίνει η διέλευση ασφαλέστερη και πιο αποτελεσματική. Αυτός ο τύπος πληροφοριών αποστέλλεται συνήθως από τις υπηρεσίες κυκλοφορίας πλοίων (VTS).

9) Τηλεϊατρική. Τα πλοία έχουν πρόσβαση σε επίγειες συμβουλές κατά τη διάρκεια ιατρικών έκτακτων περιστατικών, αλλά αυτό συνήθως περιορίζεται στη φωνητική επικοινωνία. Στο μέλλον προβλέπεται ότι αυτό μπορεί να ψηφιοποιηθεί εν μέρει όπου εικόνες ή δεδομένα από ηλεκτροκαρδιογραφήματα μπορούν να μεταδοθούν απευθείας σε ειδικούς.

10) Έρευνα και διάσωση. Κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων έρευνας και διάσωσης, τα κοντινά πλοία χρησιμοποιούνται συχνά για βοήθεια. Αυτό μπορεί να αφορά την αναζήτηση ατόμων στη θάλασσα ή την άμεση βοήθεια ενός πλοίου που βρίσκεται σε κίνδυνο. Το συντονιστικό κέντρο θαλάσσιας διάσωσης (*Maritime Rescue Coordination Centre - MRCC*) ή ο επί τόπου διοικητής μπορεί να εκδώσει λεπτομερείς οδηγίες, όπως σχέδια αναζήτησης.

11) Τηλεχειρισμός. Είναι δυνατό να γίνει τηλεχειρισμός ενός ρυμουλκού από τη γέφυρα του πλοίου που υποβοηθάται. Αυτό θα δώσει στον πιλότο και τον πλοίαρχο καλύτερες πληροφορίες σχετικά με τις απαντήσεις και των δύο πλοίων, θα βελτιώσει τον συντονισμό καθώς και θα μειώσει τις πιθανότητες παρεξήγησης στη φωνητική επικοινωνία.

12) Πίνακας ανακοινώσεων VDE. Όταν ένα πλοίο εισέλθει στην περιοχή κάλυψης ενός επίγειου σταθμού βάσης VDES θα λάβει τα μηνύματα του Επίγειου Πίνακα Ανακοινώσεων (*Terrestrial Bulletin Board - TBB*). Οι πληροφορίες TBB περιλαμβάνουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του VDE στην περιοχή. Το TBB δεν αλλάζει συχνά και μεταδίδεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Η πλατφόρμα *Maritime Connectivity Platform* (MCP) ως πρωτοβουλία για την παροχή μιας πλατφόρμας επικοινωνίας για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, περιλαμβάνει στο μητρώο ταυτότητας υποδομή PKI, η οποία προορίζεται για έλεγχο ταυτότητας των συμμετεχόντων και θα μπορούσε να είναι ένα διεθνές συμφωνημένο PKI (Rødseth et al., 2020).

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ

8.1. Επισκόπηση Αποτελεσμάτων Διατριβής

Στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής αναπτύχθηκε πιλοτικό σύστημα για τη σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών, που προέρχονται από ανοιχτά υδροχωρικά δεδομένα οι οποίοι διατίθενται μέσω τεχνολογίας χαρτών διαδικτύου διανυσματικών πλακιδίων (αγγλ. web mapping vector tiles). Στο 6^ο κεφάλαιο αναλύθηκε η αρχιτεκτονική του συστήματος OpenNCS και παρουσιάστηκαν τρεις πιλοτικές εφαρμογές, α. για ταχεία χαρτογράφηση (αγγλ. speed on demand mapping), β. ως υποδομή δοκιμών (αγγλ. testbed) για νέο συμβολισμό προδιαγραφών S-1xx και γ. ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε εφαρμογές κινητών συσκευών πλοηγικού ενδιαφέροντος. Η πρώτη μάλιστα έλαβε το 1^ο βραβείο σε διεθνή διαγωνισμό του Υδρογραφικού Οργανισμού του Καναδά στο πλαίσιο διεθνούς συνεδρίου που διοργανώνει ανά δύο έτη.

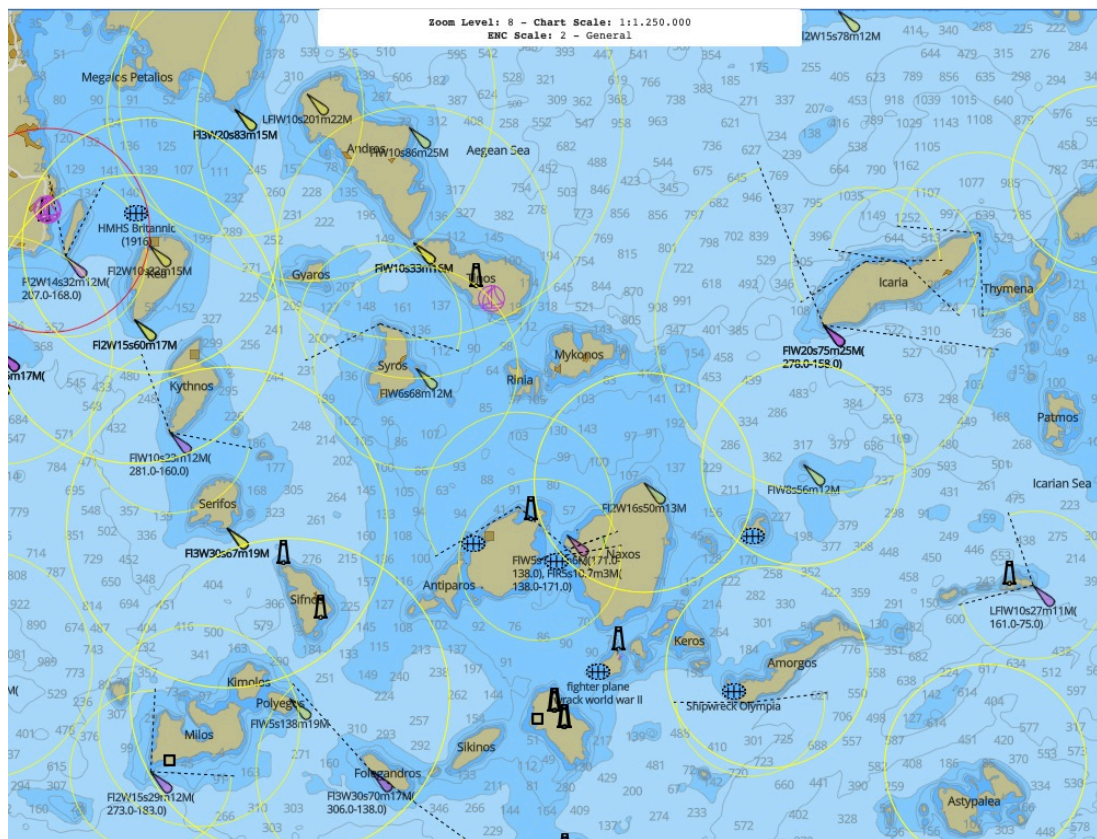
Η συνεισφορά της διατριβής έγκειται στην κριτική ανάλυση και αξιοποίηση της νέας σειράς προτύπων S-100 του IHO και περιλαμβάνει πρωτότυπη έρευνα για το σχεδιασμό συστήματος για τη σύνταξη ENC από ανοιχτά δεδομένα, με χρήση ανοιχτού λογισμικού και εφαρμογή ανοιχτών προτύπων και ερευνητικών προτάσεων αιχμής, με βάση τις αρχές της ανοιχτής προσέγγισης στην επιστήμη. Η διατριβή εξετάζει το θέμα σε βάθος και εκπληρώνει τον γενικό και ειδικό σκοπό της, δηλαδή το σχεδιασμό μεθοδολογίας σύνθεσης ENC από ανοιχτά δεδομένα και την ανάπτυξη πιλοτικού συστήματος με χρήση ανοιχτού λογισμικού με δυνατότητες πλήρους αυτοματοποίησης αντίστοιχα. Εκτός από την υλοποίηση των βασικών στόχων της διατριβής, κατά τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στο 1^ο κεφάλαιο αναδείχθηκαν σημαντικά πεδία για περαιτέρω έρευνα, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

8.1.1. Ερώτημα 1^ο - Σύνθεση HNX με λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα

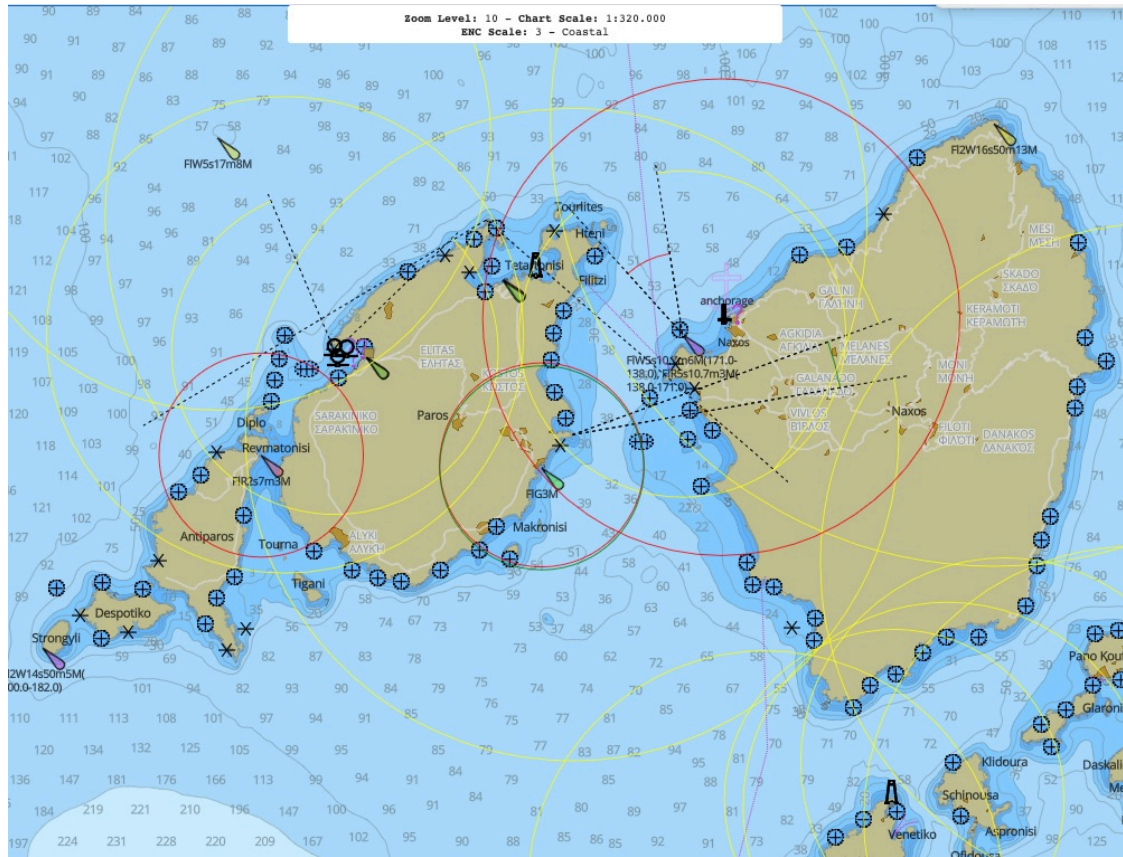
Το πρώτο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι αν μπορεί να γίνει σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών με χρήση λογισμικού ανοιχτού κώδικα και το οποίο απαντάται θετικά. Από τον ορισμό των ναυτικών χαρτών που δίνει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, οι σύγχρονοι ναυτικοί χάρτες είναι βάσεις δεδομένων που περιλαμβάνουν τα χαρτογραφικά αντικείμενα, καθώς και τους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης, σε διάφορες κλίμακες. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του πιλοτικού συστήματος σύνθεσης OpenNCS βασίστηκε στη βάση δεδομένων GeoPackage, που είναι πρότυπο του OGC, στην οποία αποθηκεύτηκαν τα χαρτογραφικά αντικείμενα για τις έξι κατηγορίες σκοπού πλοήγησης (αγγλ. navigational purposes) που προβλέπονται για τον ναυτικό χάρτη, δηλαδή Overview, General, Coastal, Approach, Harbour και Berthing (**Εικόνες 8-1** έως **8-6**). Η serverless αρχιτεκτονική της βάσης δεδομένων σε συνδυασμό με τον tegola tile server έδωσε περαιτέρω ευελιξία για τη δημιουργία πλακιδίων μεγαλύτερης κλίμακας (δηλαδή Harbour και Berthing) δυναμικά και μόνο όταν είναι επιθυμητό, μειώνοντας τον αποθηκευτικό χώρο αλλά και το χρόνο προετοιμασίας των πλακιδίων.



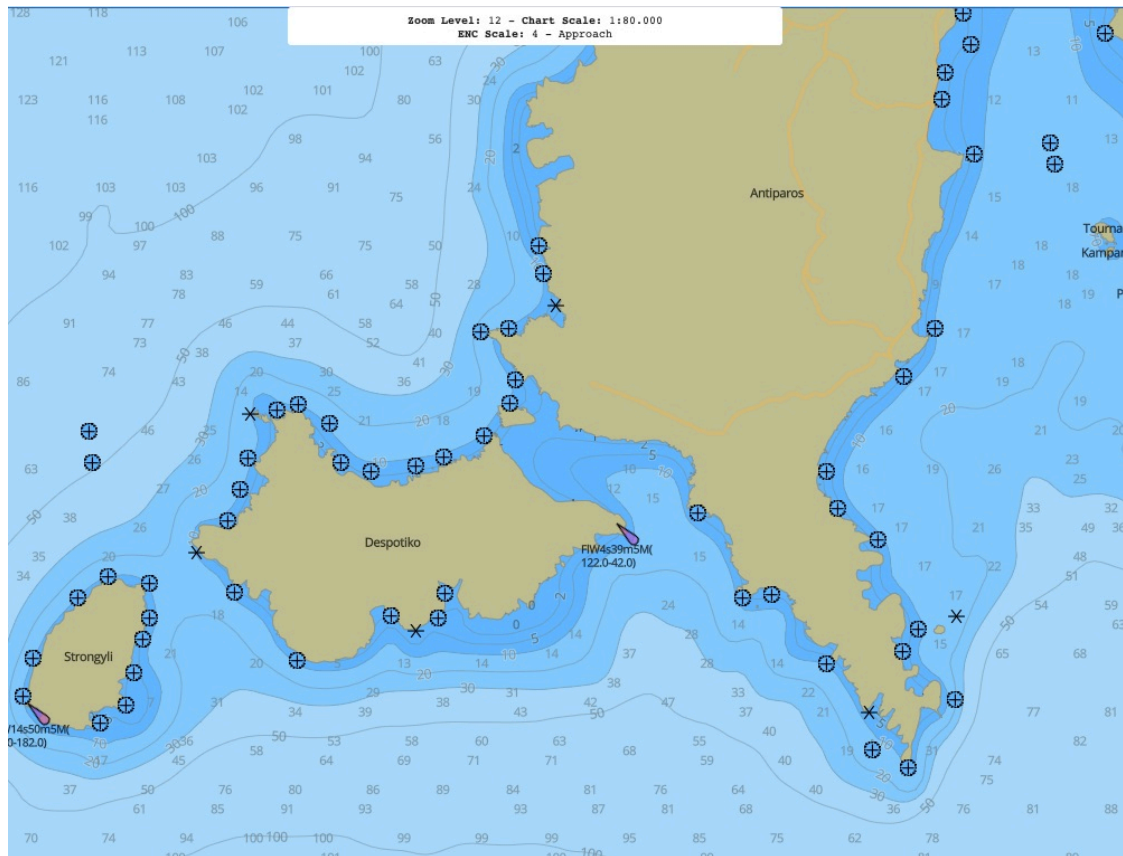
Εικόνα 8-1. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Overview



Εικόνα 8-2. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) General



Εικόνα 8-3. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Coastal



Εικόνα 8-4. Χάρτης Σκοπού Πλοήγησης (αγγλ. navigational purpose) Approach

Η χαρτογραφική απόδοση έγινε με χρήση του ανοιχτού προτύπου mapbox styles, που με βάση τη δυνατότητα του για φίλτρα και επιλογή των προς απόδοση αντικειμένων με διαφορετικό συμβολισμό, ικανοποιήθηκε η αναγκαιότητα για χαρτογραφική απόδοση υπό όρους (αγγλ. conditional symbology), όπως συζητήθηκε αναλυτικότερα στο 6^ο κεφάλαιο. Επίσης, η τεχνολογία διανυσματικών πλακιδίων που χρησιμοποιήθηκε έδωσε επιπρόσθετη ευελιξία για δοκιμές και ελέγχους, καθώς και το περιβάλλον διαδικτύου σε συνδυασμό με την υιοθέτηση της scripting γλώσσας JavaScript έδωσαν δυνατότητα για χρήση βιβλιοθηκών, όπως το turf.js που παρέχει χρήσιμες λειτουργίες για τον χειρισμό γεωγραφικών δεδομένων και την επεξεργασία γεωμετρικών υπολογισμών, όπως ανάλυση, τομή, ένωση και διαφορά γεωμετριών. Η ίδια βιβλιοθήκη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό αποστάσεων, τον υπολογισμό περιοχών, τη δημιουργία σημείων στα περιθώρια γεωμετρικών σχημάτων, τη μετατροπή μεταξύ συστημάτων συντεταγμένων, κ.ά.

8.1.2. Ερώτημα 2^ο - Απαιτήσεις Σύνθεσης Ναυτιλιακών Χαρτών

Το δεύτερο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι ποιες είναι οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιηθούν για τη σύνθεση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών. Η χαρτογραφική σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών σε περιβάλλον διαδικτύου με διανυσματικά πλακίδια προσφέρει πολλές δυνατότητες, αλλά συνοδεύεται και από προκλήσεις και περιορισμούς σε σχέση με την παραδοσιακή χαρτογραφική σύνθεση έντυπων ναυτικών χαρτών ή και των ηλεκτρονικών χαρτών με raster πλακίδια. Η σύνθεση ηλεκτρονικών χαρτών απαιτεί εξοικείωση με τη χρήση σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και τεχνολογιών, καθώς και η υιοθέτηση διανυσματικών πλακιδίων επιφέρει προκλήσεις στην αναγνωσιμότητα των χαρτών, ειδικά σε μικρότερες οθόνες. Από την άλλη, η ευχρηστία του περιβάλλοντος διαδικτύου με διανυσματικά πλακίδια μπορεί να επηρεαστεί από την πολυπλοκότητα των διεπαφών που χρειάζονται για την αναζήτηση πληροφοριών και αλλαγή παραμέτρων από τον χρήστη.

Ειδικότερα η αυτοματοποίηση της διαδικασίας σύνθεσης ναυτικών χαρτών αφορά ενέργειες πέρα από την απλή εφαρμογή αλγορίθμων σε μια πλατφόρμα υδροχωρικών πληροφοριών. Απαιτεί την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων και της σημασίας των πληροφοριών του κάθε αντικειμένου. Η διαδικασία σύνθεσης έγινε αρχικά σε επίπεδο Προσέγγισης Ακτών (αγγλ. Approach) με εύρος κλίμακας 1: 22.000 - 1: 89.999 και στη συνέχεια με γενίκευση σε μικρότερες κλίμακες για Ακτοπλοΐα (αγγλ. Coastal) με εύρος κλίμακας 1: 90.000 - 1: 349.999, Πλου Ανοιχτής Θάλασσας ή Γενικό (αγγλ. General) με εύρος κλίμακας 1: 350.000 - 1: 1.499.999 και τελικά Σχεδίασης Πλου ή Επισκόπησης (αγγλ. Overview), εύρος κλίμακας < 1: 1.499.999. Όπως έχει αναφερθεί, οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να δείχνουν με ακρίβεια τις ακτογραμμές, τους ναυτιλιακούς κινδύνους, τις παράκτιες γεωμορφολογίες, τα αγκυροβόλια, τους λιμένες και άλλα γεωγραφικά στοιχεία που είναι σημαντικά για τη ναυσιπλοΐα. Κατά τη σύνθεση ηλεκτρονικών χαρτών, πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των δεδομένων και των πηγών πληροφοριών προκειμένου να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η εμπιστοσύνη στην τοπολογία του χάρτη.

Κατά την πιλοτική ανάπτυξη του συστήματος και της μεθοδολογίας διεφάνει πως η σύνθεση των ναυτικών χαρτών είναι αποτέλεσμα συν-αξιολόγησης μεταξύ των τεσσάρων απαιτήσεων, όπως αρχικά τέθηκαν για τη γενίκευση χαρτογραφικών αντικειμένων γενικά,

καθώς και εν συνεχεία για τις ισοβαθείς γραμμές ειδικότερα, όπως συζητήθηκε στο 1^ο κεφάλαιο. Οι απαιτήσεις όπως έχει αναφερθεί αφορούν τη διασφάλιση της ασφάλειας, της τοπολογίας, της αναγνωσιμότητας και της μορφολογίας για τη σύνθεση των βασικών χαρτογραφικών αντικειμένων του ναυτικού χάρτη όπως οι βυθομετρήσεις (αγγλ. soundings, κωδικός SOUNDG), ισοβαθείς (αγγλ. depth contours, κωδικός DEPCNT), περιοχές βαθών (αγγλ. depth areas, κωδικός DEPRE). Καθώς για την περίπτωση του OpenNCS συστήματος δεν υπήρχαν πρωτογενή δεδομένα (*soundings*), έπρεπε να «δημιουργηθούν» επιλέγοντας επιμέρους δεδομένα από διαθέσιμα δευτερογενή δεδομένα. Τα διαθέσιμα (ανοιχτά) δευτερογενή δεδομένα είναι τα ψηφιακά μοντέλα βυθού EMODnet και GEBCO. Η επιλογή των σημείων και η δημιουργία των ισοβαθών στην κλίμακα βάσης (*Προσέγγισης Ακτών*) έγινε τηρώντας τις σχετικές απαιτήσεις, οι οποίες οδήγησαν στην επιλογή της κατάλληλης σειράς ενεργειών προκειμένου να τηρούνται, κυρίως η ασφάλεια και η τοπολογία.

Επιπρόσθετα η απαίτηση για αναγνωσιμότητα συνδέεται με την ευκρίνεια και την κατανόηση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών. Στο περιβάλλον διαδικτύου πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως η ανάλυση της οθόνης, το μέγεθος και ο τύπος της γραμματοσειράς, οι χρωματικές αντιθέσεις και η διάταξη των στοιχείων για να εξασφαλιστεί η ευανάγνωστη παρουσίαση των πληροφοριών. Η χρήση των κατάλληλων συμβόλων, ετικετών και γραφικών στοιχείων είναι σημαντική για να βελτιωθεί η αναγνωσιμότητα των ηλεκτρονικών χαρτών. Από την άλλη, η απαίτηση μορφολογίας αφορά το σχεδιασμό και την οργάνωση των στοιχείων στον ηλεκτρονικό χάρτη. Η μορφή του χάρτη πρέπει να είναι λογική, με κατάλληλη διάταξη και ομαδοποίηση των πληροφοριών. Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να παρέχουν ευκρινείς πληροφορίες για την τοποθεσία, την κατεύθυνση, τις αποστάσεις και άλλες σχετικές παραμέτρους που είναι σημαντικές για τη ναυσιπλοΐα.

Οι απαιτήσεις της αναγνωσιμότητας και της μορφολογίας καθοδήγησαν την εμφάνιση αντικειμένων, επιπρόσθετα των ιδιοτήτων SCAMIN & SCAMAX, στην κλίμακα βάσης που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και για τη γενίκευση των οντοτήτων για τις μικρότερες κλίμακες. Οι τέσσερις απαιτήσεις παίζουν καθοριστικό ρόλο στη σύνθεση του χάρτη και αντιπροσωπεύουν τις απαιτούμενες συνθήκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όχι μόνο όσον αφορά την αρχική κατάσταση των οντοτήτων αλλά και την τελική τους κατάσταση και οργάνωση στη βάση δεδομένων. Όσο δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις, η διαδικασία της σύνθεσης πρέπει να επαναληφθεί με διαφορετικές παραμέτρους και εμπλουτισμό δεδομένων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής των απαιτήσεων είναι οι φανοί των φάρων. Η απαίτηση τοπολογίας αφορά την ορθή αναπαράσταση της γεωμετρίας των κύκλων ορατότητας στους χάρτες. Οι εμβέλεις των φάρων πρέπει να αποδίδονται στην πραγματική τους διάσταση, ώστε οι ναυτιλλόμενοι να μπορούν να εντοπίζουν με ακρίβεια τη θέση τους σε σχέση με τους φάρους. Με αυτή τη λογική η τοπολογία αφορά τη σωστή απεικόνιση των φάρων στον χάρτη με βάση την κλίμακα και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Από την άλλη για λόγους αναγνωσιμότητας στη μεγαλύτερη κλίμακα βάσης η εμβέλεια του φάρου πρέπει υπό προϋποθέσεις να είναι ευδιάκριτη πάνω στο χάρτη, ειδικά για αυτούς που έχουν *τομείς* και αντίστοιχα πολλαπλούς χρωματισμούς. Για τους φάρους με

μεγάλη εμβέλεια εφαρμόστηκε «επιλεκτικά» η δυνατότητα να μειωθεί η απεικονιζόμενη εμβέλεια των κύκλων ορατότητας κατά αναλογία ώστε να είναι ευδιάκριτοι στον χρήστη στη βασική κλίμακα του χάρτη. Επίσης οι χαρακτηριστικές λεπτομέρειες του φάρου πρέπει να είναι αναγνώσιμες, ώστε οι ναυτιλλόμενοι να μπορούν να τον εντοπίζουν εύκολα στον χάρτη και στο θαλάσσιο περιβάλλον τη νύχτα.

Γενικότερα η υπερβολική απόδοση πληροφοριών των αντικειμένων θαλασσιών σημάνσεων (αγγλ. *seamarks*) τείνει να επιβραδύνει τη διαδικασία ανάγνωσης του ναυτικού χάρτη από τον ναυτιλλόμενο, και επομένως μόνο οι βασικές πληροφορίες θα πρέπει να απεικονίζονται σε μια μορφή που να είναι κατανοητή με σαφήνεια και αποτελεσματικότητα. Ο ναυτικός χάρτης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικός και ακριβής, δηλαδή το ανάγλυφο του βυθού να είναι άμεσα αντιληπτό και να είναι εύληπτα και κατανοητά τα σύμβολα ναυτιλιακών κινδύνων, όπως βράχοι, ύφαλοι, γλώσσες κ.ά. Με την τήρηση των τεσσάρων απαιτήσεων, οι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες δύνανται να παρέχουν αξιόπιστες, ακριβείς και ευανάγνωστες πληροφορίες για την ασφαλή ναυσιπλοΐα σε περιβάλλον διαδικτύου.

8.1.3. Ερώτημα 3^ο - Χαρτογραφική Απόδοση βάσει επίσημων Προδιαγραφών

Το τρίτο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι αν γίνεται οι παραγόμενοι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες να αποδοθούν χαρτογραφικά βάσει των προδιαγραφών των επίσημων HNX, δηλαδή με εύληπτο και τυποποιημένο τρόπο, το οποίο απαντάται επίσης θετικά. Η διατριβή βασίστηκε στα οφέλη που προκύπτουν από την διεθνή συνεργασία στη ναυτική χαρτογραφία, και ειδικότερα την προτυποποίηση προδιαγραφών και την μοντελοποίηση δεδομένων. Είναι γνωστό πως η διεθνής συνεργασία στην επιστήμη και την τεχνολογία έχει αναγνωριστεί ως καταλύτης για την αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων όπως η προστασία του περιβάλλοντος, η ενεργειακή ασφάλεια, ο μετριασμός των επιπτώσεων από φυσικές καταστροφές, η πρόληψη και η θεραπεία μολυσματικών ασθενειών, η διασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας (OECD, 2011) καθώς και για μεγάλο χρονικό διάστημα, η ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα. Η διεθνής συνεργασία αποτελεί σημαντικό μέσο για την ενίσχυση της κατανόησης των διαφόρων τομέων, παρέχοντας το πλαίσιο για την εφαρμογή των εννοιών του εκάστοτε τομέα (Meyer & Kurian, 2017). Προωθεί, μέσω του διαλόγου, την αμοιβαία μάθηση, την ανταλλαγή δεδομένων και γνώσης, καθώς και διαδικασίες τυποποίησης, οι οποίες με τη σειρά τους προωθούν την εφαρμογή των βέλτιστων πρακτικών του εκάστοτε τομέα.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα κράτη μέλη του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (ΙΗΟ), για περισσότερα από 100 χρόνια, εργάζονται με συνέπεια για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής προτυποποίησης στις πρακτικές υδρογραφίας, ναυτικής χαρτογραφίας και παραγωγής σχετικών ψηφιακών προϊόντων και υπηρεσιών. Το πρότυπο S-4 του ΙΗΟ (αρχικά δημοσιευμένο ως M-4) είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα διεθνούς συνεργασίας από τα κράτη μέλη του ΙΗΟ, που οδήγησε στην τυποποίηση χρωμάτων, συμβόλων, επιτημήσεων και συνολικής παρουσίασης των έντυπων ναυτικών χαρτών (Newson, 1984). Η αποστολή του προτύπου S-4 είναι να εξηγεί τις γενικές αρχές καθώς και τους λόγους για την χαρτογραφική απόδοση των οντοτήτων στους ναυτικούς χάρτες, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης κειμένου και συμβόλων. Ως αποτέλεσμα, οι διεθνείς σειρές χαρτών, γνωστοί ως INT

Charts, έχουν δημιουργηθεί με ένα ενιαίο σύνολο κοινά αποδεκτών προδιαγραφών από το 1971, όταν εισήχθη η σχετική σειρά. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα στους ναυτικούς να χρησιμοποιούν χάρτες που έχουν συνταχθεί από οποιαδήποτε Υδρογραφική Υπηρεσία (IHB, 1980) ανεξαρτήτως περιοχής πλεύσης.

Από τη δεκαετία του 1980, έγιναν πολυάριθμες προσπάθειες για τη σύνταξη ενός ναυτικού χάρτη από ψηφιακά δεδομένα καθώς και την αυτόματη σύνταξη του χάρτη (Evangelatos, 1989). Το Πρότυπο Μεταφοράς S-57 του IHO για Ψηφιακά Υδρογραφικά Δεδομένα δημιουργήθηκε το 1992, επιτρέποντας για πρώτη φορά την ανταλλαγή δεδομένων ναυτιλιακών χαρτών ψηφιακά και με ομοιόμορφο τρόπο. Το S-57, μαζί με το S-52 που αφορά τους κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης και τους ορισμούς συμβόλων των ENC, είναι ένα ώριμο σύνολο επιχειρησιακών διαδικασιών που έχει εξελιχθεί σε μια πλήρη λύση για τη δημιουργία και διανομή ψηφιακών συνόλων δεδομένων και περιοδικών ενημερώσεων για ENC παγκοσμίως. Αυτές οι προδιαγραφές παρέχουν σύνολα δεδομένων που είναι συμπαγή, αξιόπιστα, που επιτρέπονται σε επικοινωνίες χαμηλού εύρους ζώνης και εφαρμόζονται ευρέως (Arctur, 2011).

Το πιλοτικό σύστημα OpenNCS λαμβάνει υπόψη του τα υφιστάμενα πρότυπα υδρογραφικών δεδομένων (S-57, S-52, και τη νέα σειρά προτύπων S-100) και εφαρμόζει τις προδιαγραφές (feature και portrayal catalogue) του προτύπου S-101. Το σύστημα και η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διατριβής αποδεικνύει πως με το νέο πρότυπο υδρογραφικών δεδομένων S-100 του IHO, η κωδικοποίηση της χαρτογραφικής απόδοσης των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών είναι πλέον διαθέσιμη μέσω του portrayal catalogue (S-101), σε αντίθεση με το παλαιότερο καθεστώς των προτύπων (S-57/S-52) όπου η χρήση των συμβόλων και των κανόνων χαρτογραφικής απόδοσης προϋπέθετε την αγορά σχετικών βιβλιοθηκών (βλέπε S-52 Annex A - IHO ECDIS Presentation Library⁹⁹).

8.1.4. Ερώτημα 4^ο - Επάρκεια και Καταλληλότητα Ανοιχτών Υδροχωρικών Δεδομένων

Το τέταρτο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι αν υφίστανται διαθέσιμες μέσω ανοιχτών δεδομένων υδροχωρικές πληροφορίες που να είναι επαρκείς και κατάλληλες για τη σύνθεση ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (συντ. ENC), το οποίο απαντάται εν μέρει θετικά ως προς το πρώτο σκέλος (διαθεσιμότητα) και αρνητικά ως προς το δεύτερο σκέλος (καταλληλότητα), όπως ξεκάθαρα διαφαίνεται από τα σχετικά disclaimers των datasets τα οποία παρουσιάστηκαν στο 6^ο κεφάλαιο. Υπάρχουν αρκετές ανοιχτές πηγές υδροχωρικών δεδομένων που παρέχουν πληροφορίες για θαλάσσιες περιοχές, όπως:

- EMODnet,
- OpenStreetMap,
- Marine Regions,

⁹⁹ IHO Standards and Specifications - <https://iho.int/en/standards-and-specifications>

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), κ.ά.

όμως οι πηγές αυτές παρέχουν δεδομένα με διαφορετική κάλυψη και ακρίβεια, και απαιτούν επιπλέον επεξεργασία και επαλήθευση για να χρησιμοποιηθούν για ανάγκες της ναυτιλίας.

Για την πιλοτική υλοποίηση έγινε χρήση του EMODnet Bathymetry Digital Terrain Model (DTM) το οποίο περιλαμβάνει περίπου 12,3 δισεκατομμύρια κόμβους πλέγματος, οργανωμένους σε 64 πλακίδια (tiles), από τα οποία τρία πλακίδια της Μεσογείου χρησιμοποιήθηκαν για τη βάση δεδομένων του πιλοτικού συστήματος. Τα πρωτογενή ψηφιακά μοντέλα εδάφους που αναγνωρίστηκαν, όπως το EMODnet και το GEBCO, δεν παρέχουν διασφάλιση για χρήση στη ναυσιπλοΐα. Από την άλλη εκτιμάται πως οι παραγόμενοι ENC με συμπλήρωση δεδομένων από δορυφορική βαθυμετρία καθώς και με κατάλληλους ελέγχους ποιότητας και δοκιμές επικύρωσης, δύνανται να γίνουν ευρύτερα διαθέσιμοι για σκοπούς θαλάσσιας πλοήγησης, όπως αναλύεται στην παράγραφο για τις προοπτικές του συστήματος.

Επιπρόσθετα με την πάροδο του χρόνου συλλέγονται και διατίθενται συνεχώς και περισσότερα ανοιχτά υδροχωρικά (hydrospatial) δεδομένα, όπως στο πλαίσιο των πρωτοβουλιών Seabed 2030, UN Ocean Decade, κ.ά., με πληροφορίες αναφορικά με βαθυμετρία και σημεία ναυτιλιακού-πλοηγικού ενδιαφέροντος για τον θαλάσσιο χώρο. Ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός (IHO) έχει εκφράσει θετική στάση έναντι των ανοιχτών δεδομένων (open data) στον τομέα της υδρογραφίας, καθώς προωθεί την αρχή του πληθοπορισμού και της ανοιχτής πρόσβασης στα συλλεγόμενα δεδομένα. Επίσης ο IHO με την πρωτοβουλία S-100 προωθεί την αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων γεωχωρικών δεδομένων. Το πλαίσιο S-100 παρέχει τις βασικές προδιαγραφές για την ανάπτυξη, τη διαχείριση και τη διανομή γεωχωρικών δεδομένων από διάφορους παρόχους. Με την πρωτοβουλία S-100, ο IHO ενθαρρύνει τα κράτη μέλη και τις υδρογραφικές υπηρεσίες να παρέχουν ευρεία πρόσβαση σε υδρογραφικά δεδομένα και προϊόντα, με σκοπό την προώθηση της ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της καινοτομίας στη ναυσιπλοΐα.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως από την αρχική εφαρμογή τους, η ζήτηση για ENC αυξάνεται διαρκώς με βάση και την δυνατότητά τους να διαλειτουργούν με άλλα δεδομένα πλοήγησης και αναμένεται να αποκτήσουν ακόμη μεγαλύτερη εφαρμογή, όταν προϊόντα και υπηρεσίες που βασίζονται στα νέα πρότυπα της σειράς S-100 του IHO γίνουν ευρέως διαθέσιμα. Επιπλέον, ενώ τα ENCs βασίζονταν αρχικά σε ψηφιοποίηση έντυπων ναυτικών χαρτών, η διαδικασία παραγωγής τους πλέον αποκλίνει σταδιακά από τον αρχικό έντυπο χάρτη (IHO, 2020g). Εξέχουσες Υδρογραφικές Υπηρεσίες (YY), όπως η NOAA των ΗΠΑ και το Βρετανικό Ναυαρχείο (UKHO), διαμορφώνουν προγράμματα για επανασχεδιασμό της κάλυψης ENC για περιοχές της δικαιοδοσίας τους σε μια δομή πλέγματος. Ο στόχος είναι να σχεδιαστούν κυψέλες ENC μεγαλύτερης κλίμακας χωρίς την παραγωγή του αντίστοιχου έντυπου προϊόντος, διαφοροποιώντας πλήρως τις δύο κατηγορίες προϊόντων.

8.1.5. Ερώτημα 5^ο – Δυνητικές Χρήσεις Ηλεκτρονικών Ναυτικών Χαρτών

Το πέμπτο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι αν οι παραγόμενοι ναυτικοί χάρτες μπορούν να αποτελέσουν συμπληρωματικό υποβάθρου ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών και για ποιες χρήσεις. Οι δυνητικές χρήσεις του νέου συστήματος ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών σε

περιβάλλον διαδικτύου με διανυσματικά πλακίδια είναι πολλές και ποικίλες, όπως για παράδειγμα:

- υπηρεσίες εύρεσης βέλτιστων διαδρομών υπό μεταβλητές καιρικές συνθήκες,
- αναγνώριση μεταβολών του παραλιακού μετώπου και λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής,
- οριοθέτηση προστατευόμενων θαλάσσιων περιοχών, καθώς και πληροφόρηση και εφαρμογή θαλάσσιων περιορισμών,
- με κατάλληλο επιπρόσθετο λογισμικό δύναται να γίνει απόδοση χρονικά μεταβαλλόμενων φυσικών φαινομένων στο θαλάσσιο χώρο, όπως θαλάσσια ρεύματα, παλίρροιες κ.λπ.,
- σχεδιασμό και αποτύπωση του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού
- υλοποίηση θαλάσσιου κτηματολογίου
- συστήματα αποφάσεων για εκμετάλλευση αιολικών και άλλων ενεργειακών πόρων στο θαλάσσιο χώρο,
- ωκεανογραφική έρευνα,
- βιομηχανικές εφαρμογές, όπως ποντίσεις καλωδίων, εξόρυξη υδρογονανθράκων, εκμετάλλευση υπεδάφους του βυθού,
- χωροθέτηση λιμενικών και άλλων παράκτιων υποδομών,
- ως υπόβαθρο σε υποδομές θαλάσσιων γεωχωρικών δεδομένων (MSDI),
- για εκπαιδευτικούς σκοπούς στη ηλεκτρονική ναυτική χαρτογραφία,
- χάρτες πειρατείας και ασφάλειας στη ναυτιλία, κ.ά.

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες, τα ρεύματα, τα παλιρροϊκά κύματα και άλλα φαινόμενα που επηρεάζουν τη ναυσιπλοΐα. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, μπορούν να προταθούν βέλτιστες διαδρομές που λαμβάνουν υπόψη τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Για την αναγνώριση μεταβολών του παραλιακού μετώπου και λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τις μεταβολές του παραλιακού μετώπου, όπως αλλαγές στην ακτογραμμή, αύξηση της στάθμης της θάλασσας και άλλες κλιματικές επιπτώσεις. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση μέτρων προσαρμογής και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες περιοχές. Για την οριοθέτηση προστατευόμενων θαλάσσιων περιοχών και πληροφόρηση και εφαρμογή θαλάσσιων περιορισμών οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές, όπως θαλάσσια πάρκα και οικολογικές περιοχές. Επίσης, μπορούν να δείχνουν θαλάσσιους περιορισμούς και κανονισμούς που πρέπει να τηρούνται κατά τη ναυσιπλοΐα.

Για την απόδοση χρονικά μεταβαλλόμενων φυσικών φαινομένων στο θαλάσσιο χώρο οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρουσιάζουν δυναμικά μεταβλητές παραμέτρους στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτή η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για την πρόβλεψη της κίνησης των πλοίων, την αποφυγή επικίνδυνων περιοχών ή την ανάπτυξη εναλλακτικών ενεργειακών πηγών. Αναφορικά με συστήματα αποφάσεων για εκμετάλλευση αιολικών και

άλλων ενεργειακών πόρων στο θαλάσσιο χώρο, οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την κατάλληλη τοποθεσία και τις συνθήκες για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και άλλων ενεργειακών υποδομών στο θαλάσσιο χώρο. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη αιφόρων και αποδοτικών ενεργειακών πηγών. Για την χωροθέτηση λιμενικών και άλλων παράκτιων υποδομών οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να βοηθήσουν στην αποτύπωση και χωροθέτηση λιμενικών εγκαταστάσεων, μαρίνων, αλιευτικών λιμένων και άλλων παράκτιων υποδομών, που συμβάλει στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της ακτοπλοΐας και των θαλάσσιων δραστηριοτήτων.

Οι ηλεκτρονικοί χάρτες προσφέρουν τη δυνατότητα λεπτομερούς γεωχωρικής αναπαράστασης, αλληλεπίδρασης και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό τους καθιστά ισχυρό εργαλείο για το σχεδιασμό και υλοποίηση του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού και του θαλάσσιου κτηματολογίου. Δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού, που περιλαμβάνει την οριοθέτηση περιοχών και την ανάθεση χρήσεων στον θαλάσσιο χώρο. Οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να παρέχουν λεπτομερείς γεωχωρικές πληροφορίες σχετικά με τοπολογία, βάθος νερού, οικοσυστήματα και άλλα στοιχεία που αφορούν τον θαλάσσιο χώρο. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στον σχεδιασμό της αιφόρου ανάπτυξης των παράκτιων περιοχών, τη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων και την καλύτερη αποτύπωση των πολιτικών και των προγραμμάτων που αφορούν το θαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης, το θαλάσσιο κτηματολόγιο αποτελεί ένα σύστημα καταγραφής, διαχείρισης και παροχής πληροφοριών σχετικά με τη χρήση των θαλάσσιων περιοχών. Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την υλοποίηση του θαλάσσιου κτηματολογίου, παρέχοντας λεπτομερείς γεωχωρικές πληροφορίες για τις θαλάσσιες περιοχές και τις χρήσεις τους. Αυτό μπορεί να επιτρέψει την καλύτερη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων και τη βέλτιστη αποτύπωση των δικαιωμάτων χρήσης επί των θαλάσσιων περιοχών.

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες δύνανται να παρέχουν ένα σύνολο πληροφοριών και εργαλείων που να επιτρέπουν την αξιοποίηση του θαλάσσιου χώρου για πολλούς σκοπούς, από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη έργων έως την επιστημονική έρευνα και την εκμετάλλευση φυσικών πόρων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων που σχετίζονται με την ωκεανογραφία, όπως θαλάσσια ρεύματα, θερμοκρασία, αλατότητα, υψομετρία κ.α. Οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση των θαλάσσιων φαινομένων, την πρόβλεψη και παρακολούθηση των κλιματικών αλλαγών, καθώς και για την υποστήριξη της ωκεανογραφικής έρευνας και της επιστημονικής κοινότητας. Επίσης οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικές δραστηριότητες που συνδέονται με τον θαλάσσιο χώρο. Για παράδειγμα, στην εκμετάλλευση υδρογονανθράκων, μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την τοποθεσία και τη διαχείριση των ενεργειακών πόρων στον θαλάσσιο χώρο. Επίσης, στην εγκατάσταση καλωδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό της βέλτιστης διαδρομής πόντισης και την αποφυγή περιοχών με γεωλογικούς ή θαλάσσιους κινδύνους.

Αναφορικά με τις υποδομές θαλάσσιων γεωχωρικών δεδομένων (MSDI) οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες μπορούν να αποτελέσουν το υπόβαθρο και να παρέχουν τη βάση για την αποθήκευση, τη διαμοίραση και την ανάλυση γεωχωρικών πληροφοριών που

σχετίζονται με τον θαλάσσιο χώρο. Σημειώνεται πως οι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς στον τομέα της ναυτικής χαρτογραφίας. Μπορούν να παρουσιάζουν βασικές έννοιες και τεχνικές σχετικές με την προετοιμασία, την ανάγνωση και την ερμηνεία των ναυτιλιακών χαρτών. Επίσης χάρτες πειρατείας και ασφάλειας στη ναυτιλία μπορούν να περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με συμβάντα επιθέσεων και άλλους κινδύνους για τη ναυτιλία. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή επικίνδυνων περιοχών και στη λήψη μέτρων ασφαλείας. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, οι δυνητικές χρήσεις μπορούν να αυξηθούν και να προσαρμοστούν σε νέες απαιτήσεις και προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι τομείς της ναυτιλίας, της προστασίας του περιβάλλοντος και της γαλάζιας οικονομίας.

8.1.6. Ερώτημα 6^ο - Προϋποθέσεις για παραγωγή Επίσημων Ναυτιλιακών Χαρτών

Το έκτο ερώτημα που διατυπώθηκε είναι κάτω από ποιες προϋποθέσεις δύνανται να γίνουν ευρύτερα διαθέσιμοι οι ηλεκτρονικοί χάρτες του συστήματος, όπως οι επίσημοι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες. Το σύστημα δύναται να εξελιχθεί περαιτέρω και με κατάλληλους ελέγχους επικύρωσης (αγγλ. validation tests) θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε υπηρεσίες σχεδίασης και παρακολούθησης πλου. Η δομή δεδομένων και οι κανόνες χαρτογραφικής απόδοσης που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της ερευνητικής εργασίας μπορούν να αποτελέσουν υπόβαθρο για ένα ανοιχτό σύστημα θαλάσσιας πλοήγησης με προηγμένες δυνατότητες όπως:

- αυτόματο υπολογισμό βέλτιστου θαλάσσιου πλου βασισμένου σε δεδομένα ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών και προγνώσεων καιρού, καθώς και σε αναπροσαρμογή του σχεδίου πλου σε πραγματικό χρόνο βάσει συνθηκών θαλάσσιας κυκλοφορίας
- αμφίδρομη επικοινωνία με σταθμούς ξηράς για λήψη και μετάδοση πληροφοριών με σκοπό τη βέλτιστη λήψη αποφάσεων (σχετικό πρότυπο S-421-Route Exchange)

Προκειμένου να επιτευχθεί το επίπεδο αξιοπιστίας που είναι προαπαιτούμενο για ναυτιλιακή χρήση, η ποιότητα των υδροχωρικών δεδομένων, η επεξεργασία και η απεικόνισή τους χρειάζεται να ελέγχεται μέσω κατάλληλων δοκιμών επικύρωσης, όπως τα S-164 Validation Tests τα οποία είναι σε διαδικασία προσδιορισμού από την αρμόδια ομάδα εργασίας του IHO (S-101PT).

Όπως έχει αναφερθεί και στο 5ο κεφάλαιο τα validation tests (δοκιμές επικύρωσης) είναι μια σειρά δοκιμών που πραγματοποιούνται για να επαληθευθεί η ακρίβεια, η αξιοπιστία και η συμμόρφωση με πρότυπα και προδιαγραφές. Ειδικότερα, στο πεδίο της υδρογραφίας, τα validation tests είναι σημαντικά για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδρογραφικών δεδομένων, καθώς και τη συμμόρφωσή τους με τα πρότυπα που καθορίζονται από τον Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (IHO). Οι δοκιμές επικύρωσης εφαρμόζονται για να εξασφαλιστεί ότι τα υδρογραφικά δεδομένα πληρούν τις απαιτήσεις ποιότητας και ακρίβειας που απαιτούνται για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Περιλαμβάνουν ελέγχους γεωμετρίας των χαρτογραφικών δεδομένων, συμβατότητάς με τα πρότυπα κωδικοποίησης του IHO, συνοχής των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πηγών, αξιολόγηση σφαλμάτων μέτρησης και άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα των υδρογραφικών δεδομένων.

Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει επίσης να συμμορφώνονται προς τις ισχύουσες διεθνείς κανονιστικές απαιτήσεις, όπως καθορίζονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ). Ο ΙΜΟ έχει θεσπίσει απαιτήσεις για την απόδοση των ναυτιλιακών χαρτών, οι οποίες περιλαμβάνουν θέματα όπως:

- Μορφή και δομή δεδομένων
- Κάλυψη και εκτενής περιεχόμενο
- Ποιότητα δεδομένων
- Ακρίβεια
- Επικαιρότητα και ενημέρωση πληροφοριών
- Συμβατότητα με εγκεκριμένα εργαλεία πλοήγησης
- Συμβατότητα με υδρογραφικά πρότυπα
- Ασφάλεια δεδομένων
- Συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις
- Πιστοποίηση από ανεξάρτητους οργανισμούς (π.χ. RENCs)

Όλοι οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις απόδοσης που ισχύουν για τους επίσημους ναυτιλιακούς χάρτες, όπως η σωστή απεικόνιση των ναυτιλιακών βοηθημάτων, των κινδύνων και άλλων χαρτογραφικών στοιχείων που είναι σημαντικά για τη ναυσιπλοΐα. Πρέπει να βασίζονται σε δεδομένα που έχουν υποστεί υδρογραφική επεξεργασία, το οποίο σημαίνει ότι πρέπει να έχουν γίνει οι απαραίτητες μετρήσεις και τυχόν διορθώσεις για την ακριβή αναπαράσταση του πυθμένα, των βαθών, των κινδύνων και άλλων στοιχείων που επηρεάζουν τη ναυσιπλοΐα. Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να χρησιμοποιούν αποδεκτή μορφή και δομή δεδομένων που είναι συμβατή με τα πρότυπα του ΙΗΟ. Αυτό περιλαμβάνει την παροχή απαιτούμενων πεδίων δεδομένων και διάταξη των πληροφοριών. Οι χάρτες πρέπει να είναι ενημερωμένοι και να παρέχουν πληροφορίες για τυχόν αλλαγές στη θαλάσσια περιοχή ενδιαφέροντος, όπως νέοι κίνδυνοι, αλλαγές σε βάθη, αλλαγές σε πλωτές υποδομές κ.λπ. Οι ενημερώσεις πρέπει να είναι διαθέσιμες γρήγορα και να είναι αξιόπιστες. Οι χάρτες πρέπει να είναι συμβατοί με τα ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στα πλοία, όπως τα συστήματα ECDIS. Αυτό εξασφαλίζει την αποτελεσματική χρήση των χαρτών κατά την πλοήγηση. Οι χάρτες πρέπει να διατηρούνται ασφαλείς από τυχόν αλλοιώσεις ή τροποποίηση των δεδομένων που μπορεί να οδηγήσουν σε παραπλανητικές πληροφορίες και επικίνδυνη χρήση για τη ναυσιπλοΐα.

Οι ηλεκτρονικοί ναυτιλιακοί χάρτες του συστήματος OpenNCS χρήζουν πιστοποίησης από αρμόδιες αρχές για να εξασφαλίσουν τη συμμόρφωση με τα πρότυπα και τις απαιτήσεις ποιότητας. Οι ανωτέρω προϋποθέσεις δύνανται να διασφαλίσουν ότι οι χάρτες θα παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες για την ασφάλεια των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων.

8.1.7. Αξιολόγηση Μεθοδολογίας Διατριβής

Η προσέγγιση της έρευνας βασίστηκε στην πολυετή παρακολούθηση των θεμάτων που σχετίζονται με την ηλεκτρονική ναυτική χαρτογραφία και ιδιαίτερα την τυποποίηση των

υδροχωρικών δεδομένων και υπηρεσιών. Σε αυτό το πλαίσιο, η διδακτορική διατριβή αποσκοπεί στη επίλυση του προβλήματος σύνταξης ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών από ανοιχτές πηγές, όπως ισχύει αντίστοιχα με πληθώρα ανοιχτών πηγών για τοπογραφικούς χάρτες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως με τη διατριβή δεν προτείνεται αλλαγή των βασικών κανόνων παραγωγής των επίσημων ναυτιλιακών χαρτών που εκδίδονται από τις ΥΥ για τη διασφάλιση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, αλλά διερεύνηση νέων μεθόδων για ενίσχυση των σχετικών διαδικασιών με χρήση ανοιχτού λογισμικού και ανοιχτών πηγών δεδομένων. Δεδομένης της ευρύτητας του θέματος, η διατριβή δεν περιορίζεται, όπως ένα παραδοσιακό ερευνητικό αντικείμενο, στην εφαρμογή μιας νέας μεθοδολογίας που αποφέρει συγκρίσιμα αποτελέσματα σε σχέση με κάποια παλιότερη, αλλά είναι μια ερευνητική εργασία που εξετάζει ένα πλήθος αλληλεξαρτώμενων πεδίων που κυμαίνονται από διεργασίες υδρογραφίας έως τεχνολογίες αιχμής για χαρτογραφικές εφαρμογές.

Στο πλαίσιο της διατριβής δόθηκε η δυνατότητα για κατανόηση από θεωρητική σκοπιά της σειράς προτύπων S-100 του IHO και πειραματισμό με πρακτικά ζητήματα όπου αναδεικνύονται εφαρμογές γύρω από την ηλεκτρονική ναυτική χαρτογραφία καθώς και περιοχές περαιτέρω έρευνας αναφορικά με την ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα (e-Navigation). Για τη θεωρητική υποστήριξη της έρευνας έγινε ενδελεχής μελέτη σε πρότυπα μεταφοράς γεωχωρικών πληροφοριών (ιστορική αναδρομή, συγκριτική μελέτη, ανάλυση προτύπου ISO8211 και σειράς ISO19100), στα ειδικά πρότυπα μεταφοράς HNX (S-57, S-63) (ανάλυση χαρακτηριστικών), στη νέα σειρά προτύπων ENC (S-101) (ανάλυση των προτύπων μορφοποίησης δεδομένων GML, HDF5) καθώς και του προτύπου χαρτογραφικής απόδοσης ENC (S-52), την εξέλιξη μέχρι την έκδοση 4.0 και ανάλυση νέων μεθόδων χαρτογραφικής απόδοσης με SVG symbols και Lua scripting rules.

Με συνδυασμό των παραπάνω, η πιλοτική ανάπτυξη του συστήματος OpenNCS αποδεικνύει πως είναι δυνατόν να συνταχθούν και να διατεθούν ναυτιλιακοί χάρτες ως υπόβαθρο σε χάρτες ιστού (αγγλ. web maps) και mobile εφαρμογές με βάση τις επίσημες (αγγλ. official) προδιαγραφές του IHO για τους ENC. Παράλληλα με την πρόοδο της εργασίας έγινε παρακολούθηση των εργασιών επιτροπών και ομάδων εργασίας του IHO (HSSC, S-100WG, NIPWG, DQWG, MSDIWG, κ.α.), του OGC (Marine Domain Working Group, OGC API WGs) καθώς και ερευνητικών έργων της στρατηγικής πρωτοβουλίας του IMO για την Ηλεκτρονική Ναυσιπλοΐα (e-Navigation), όπως το Smart Navigation και τις σχεδιαζόμενες υπηρεσίες του Maritime Connectivity Platform - MCP και προσαρμόστηκε ανάλογα η ερευνητική δραστηριότητα.

8.2. Προοπτικές Βελτίωσης Συστήματος OpenNCS

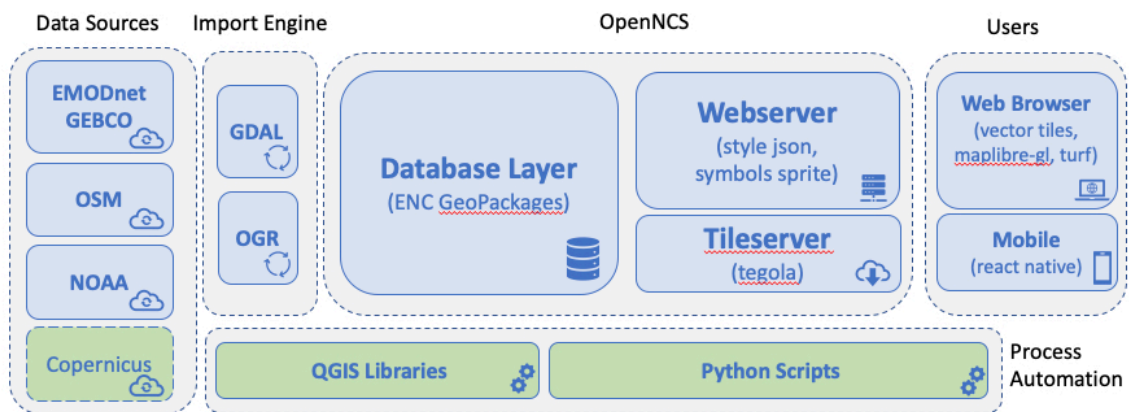
Όπως έχει σημειωθεί, αποτέλεσμα της διατριβής ήταν η πιλοτική ανάπτυξη συστήματος και ειδικότερα μεθοδολογίας σύνθεσης ναυτιλιακών χαρτών από ανοιχτά δεδομένα, με χρήση ανοιχτού λογισμικού, με εφαρμογή των διαθέσιμων «ανοιχτών» προτύπων του IHO, καθώς και τεχνολογικών λύσεων και ερευνητικών προτάσεων αιχμής, όπως για παράδειγμα για την επιλογή βαθών, τη δημιουργία και γενίκευση ισοβαθών, κ.ά. Οι χάρτες που παράγονται με χρήση της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μπορούν να αποτελούν υπόβαθρο σε διαδικτυακές εφαρμογές με δυνατότητα για σχεδιασμό πλου (αγγλ. route planning), καθώς και offline λειτουργίας σε κινητές συσκευές, για παρακολούθηση πλου (αγγλ. route monitoring) και

παροχή προηγμένων υπηρεσιών, όπως δήλωση διαδρομής σε αρχές, real-time παρακολούθηση πλου από τρίτους, αναπροσαρμογή σχεδιασμού εν πλω, λήψη μηνυμάτων ασφάλειας από λιμεναρχείο ή τρίτους. Η ακρίβεια, η ενημέρωση και η αποδοτική αναπαράσταση των χαρτογραφικών στοιχείων είναι οι πιο ουσιώδεις παράγοντες για την ισοδυναμία με τους επίσημους ναυτιλιακούς χάρτες. Με αυτή τη λογική, προκειμένου το χαρτογραφικό υπόβαθρο που παράγει το σύστημα OpenNCS να είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί από χρήστες της ναυτιλίας θα πρέπει να διασφαλιστεί πως τα δεδομένα είναι αξιόπιστα που σημαίνει να είναι:

- i. ακριβή,
- ii. πλήρη και
- iii. ενημερωμένα (επικαιροποιημένα).

8.2.1. Ακρίβεια Υδροχωρικών Δεδομένων

Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να αναπαράγουν τις γεωγραφικές θέσεις των αντικειμένων με κατάλληλη ακρίβεια, σύμφωνη με τα πρότυπα και τις απαιτήσεις που καθορίζονται από τον ΙΗΟ. Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να βασίζονται σε αξιόπιστες πηγές δεδομένων και να διαθέτουν υψηλή ακρίβεια στην χαρτογραφική απόδοση των υδροχωρικών πληροφοριών. Η ακρίβεια στη ναυσιπλοΐα αφορά την ακριβή αποτύπωση των βαθών, των κινδύνων και των ναυτιλιακών βοηθημάτων. Με τις σύγχρονες διαθέσιμες μεθόδους και συστήματα συλλογής υδρογραφικών δεδομένων, πολλά ερευνητικά έργα και προγράμματα εστιάζουν πλέον στην βαθυμετρία υψηλής ανάλυσης (αγγλ. High Density Bathymetry, συντ. HDB). Επίσης, η θαλάσσια τηλεπισκόπηση και ειδικότερα η δορυφορική βαθυμετρία είναι διεργασίες που δύνανται να βοηθήσουν, με την αποτύπωση βαθών σε αβαθείς περιοχές (βάθη μικρότερα των 30μ), καθώς και για ενημέρωση της μεταβολής των οντοτήτων που απεικονίζονται στο ναυτιλιακό χάρτη (π.χ. βράχων, υφάλων, γλωσσών, ναυαγίων, κ.ά.).



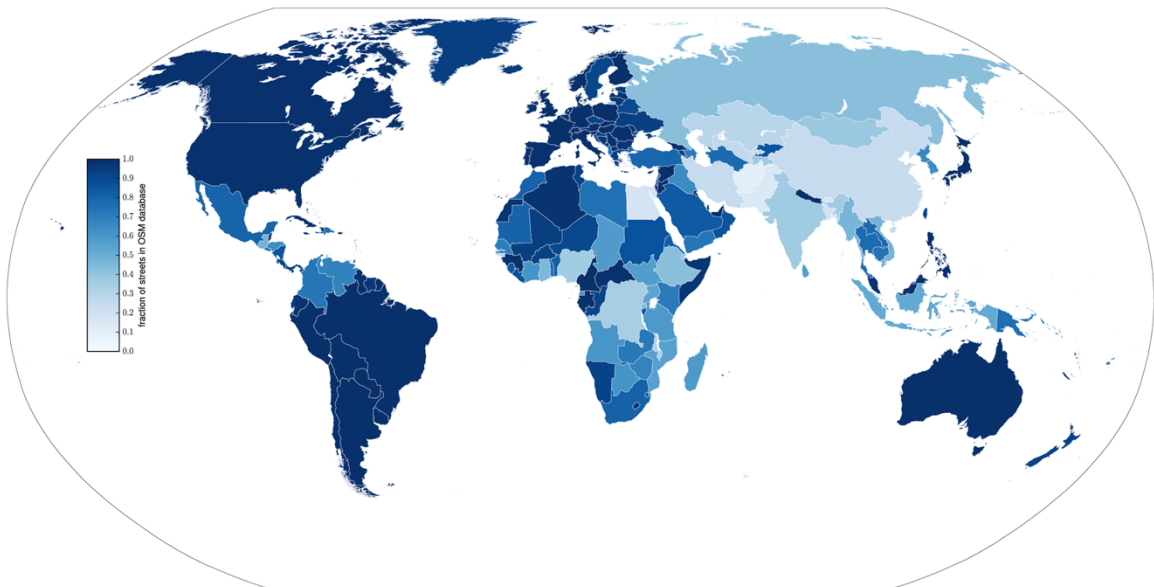
Εικόνα 8-7. Περιοχές Βελτίωσης OpenNCS

8.2.2. Πληρότητα Υδροχωρικών Δεδομένων

Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να καλύπτουν εκτενώς τις περιοχές που απαιτούνται για τη εκάστοτε ναυτιλιακή και όχι μόνο χρήση. Αυτό περιλαμβάνει την παροχή πληροφοριών για ακτογραμμές, βάθη, πυθμένα, ναυτιλιακούς κινδύνους και άλλα στοιχεία που είναι σημαντικά για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την προστασία του περιβάλλοντος. Μέσω

της δορυφορικής βαθυμετρίας (π.χ. δεδομένα προγράμματος Copernicus που διατίθενται ελεύθερα) (πηγή δεδομένων με πράσινο χρώμα **Εικόνα 8-7**), δύναται να καλυφθεί και η πληρότητα αναφορικά με τα βάθη για έως 30 μέτρα βάθος, καθώς μέσω αυτής δύναται να υπάρχουν δεδομένα για περιοχές όπου δεν υφίστανται ικανοποιητικές υδρογραφικές αποτυπώσεις με συμβατικές μεθόδους, όπως συλλεχθέντα από συμβατικά ηχοβολιστικά συστήματα.

Η πληρότητα των ανοιχτών δεδομένων όσον αφορά τις ναυτιλιακές σημάνσεις (OSM seamarks) είναι επίσης μια σημαντική περιοχή που χρειάζεται να διερευνηθεί περαιτέρω. Όπως επισημάνθηκε στο 6^ο κεφάλαιο υπάρχει εκθετική αύξηση στο tagging των πληροφοριών OSM αναφορικά με τα seamarks. Από την άλλη πλευρά η συνεισφορά στο OpenStreetMap δεν γίνεται στον ίδιο βαθμό σε όλες τις χώρες του κόσμου, όπως διαφαίνεται από αντίστοιχες έρευνες για το οδικό δίκτυο σε παγκόσμιο επίπεδο στην **Εικόνα 8-8** (Barrington-Leigh & Millard-Ball, 2017). Εναλλακτικές πηγές δεδομένων βοηθημάτων ναυσιπλοΐας χρειάζεται να διερευνηθούν στις περιπτώσεις χωρών που η συνεισφορά δεδομένων ή το seamarks tagging δεν είναι ικανοποιητικό μετά από σχετική συγκριτική μελέτη.



Εικόνα 8-8. Πληρότητα δεδομένων OSM για το οδικό δίκτυο ανά χώρα το 2016 (Barrington-Leigh & Millard-Ball, 2017)

8.2.3. Επικαιροποίηση Υδροχωρικών Δεδομένων

Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να είναι ενημερωμένοι και να αντανακλούν τις τρέχουσες καταστάσεις του φυσικού περιβάλλοντος και των βοηθημάτων για τη ναυσιπλοΐα. Οι ναυτιλιακοί χάρτες πρέπει να είναι ενημερωμένοι με τυχόν αλλαγές που επηρεάζουν τη ναυτιλία, όπως αλλαγές στο πυθμένα, τους ναυτικούς κινδύνους, τα καταφανή σημεία και άλλες ναυτιλιακές σημάνσεις. Αυτό απαιτεί συστηματική ενημέρωση και συντήρηση των χαρτών με την ενσωμάτωση νέων δεδομένων και την αφαίρεση ή την επισήμανση απαρχαιωμένων πληροφοριών. Η ενημέρωση πρέπει να γίνεται τακτικά και σύμφωνα με τις προβλεπόμενες κανονιστικές απαιτήσεις.

Με αυτή τη λογική ο τρίτος παράγοντας που αφορά την ενημέρωση των δεδομένων, σχετίζεται με την συνολική αυτοματοποίηση της διαδικασίας σύνθεσης των ναυτιλιακών χαρτών (διεργασίες αυτοματισμού με πράσινο χρώμα στην **Εικόνα 8-7**) μέσω διαθέσιμων τεχνολογιών (π.χ. QGIS Modeler, python workflow automation¹⁰⁰, OGC API Processes) και κατά πόσο είναι δυνατόν να είναι επαναλήψιμη σε τακτά χρονικά διαστήματα. Για την εξοικονόμηση πόρων επεξεργασίας και βελτιστοποίηση της περιόδου ενημέρωσης των οντοτήτων, μια λογική κατηγοριοποίησης δύναται να είναι ο διαχωρισμός τους σε κατηγορίες πιθανής μεταβλητότητας στη διάρκεια του χρόνου, δηλαδή σε οντότητες αμετάβλητες (π.χ. λιμάνια, γλίστρες, φάρου), σχετικά αμετάβλητες (π.χ. πλωτές εξέδρες), πιθανά μεταβαλλόμενες (π.χ. σημαντήρες) και συχνά μεταβαλλόμενες (π.χ. προσωρινές κατασκευές). Για κάθε κατηγορία μπορεί να ακολουθηθεί διαφορετική πολιτική περιοδικής ενημέρωσης, με επιπρόσθετη δυνατότητα για ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο από πηγές που διαθέτουν τέτοιες πληροφορίες, όπως για παράδειγμα για πλοηγικές ειδοποιήσεις (αγγλ. Navigation Warnings¹⁰¹).

8.3. Προκλήσεις & Ερευνητικές Προοπτικές

8.3.1. Υλοποίηση Υπηρεσιών Δεδομένων Ηλεκτρονικής Πλοήγησης

Το πρότυπο S-100 διαφαίνεται πως θα απαιτήσει συνολικά μια 20ετία σχεδιασμού μέχρι την αναμενόμενη εφαρμογή του, από το 2006 έως το 2026. Οι λόγοι που δεν κατέστη δυνατή η εφαρμογή του νωρίτερα είναι πολλοί και ως πιο σημαντικοί θεωρούνται οι κάτωθι:

- η ευρύτητα και η πολυπλοκότητα του αντικειμένου εφαρμογής,
- οι αρχικά γενικές απαιτήσεις και οι ασαφείς περιγραφές των προδιαγραφών προϊόντων, εξαιρουμένων αυτών των ναυτικών χαρτών, που όσο εξετάζονται από τις σχετικές ομάδες εργασίας του IHO με άλλους διεθνείς φορείς, εξειδικεύονται,
- επιχειρηματικά, και όχι μόνο, συμφέροντα για τη διατήρηση της εφαρμογής του ιδιαίτερα πετυχημένου υφιστάμενου ‘κλειστού’ πρότυπου (S-57) για τα συστήματα ECDIS.

Τα τελευταία χρόνια η αρμόδια ομάδα εργασίας του IHO (S100WG) προσπαθεί συστηματικά να προσεγγίσει τον στόχο ολοκλήρωσης του σχεδιασμού του πρότυπου S-100 μέσα από διεύρυνση των ομάδων εργασίας, με ειδικές ομάδες ανά προδιαγραφή προϊόντος (S-101, S-102, κ.λπ.) και στις τελευταίες συναντήσεις της επιτροπής HSSC (Hydrographic Services and Standards Committee) τίθεται ο στόχος το πρότυπο να τεθεί σε εφαρμογή σε Dual Fuel mode¹⁰².

¹⁰⁰ <https://github.com/topics/workflow-automation?l=python&o=desc&s=updated>

¹⁰¹ <https://iho.int/navigation-warnings-on-the-web>

¹⁰² S-100 ECDIS Governance Document - https://iho.int/uploads/user/Services%20and%20Standards/S-100WG/S-100WG6/S100WG6_2022_6.2_EN_S100Governance%20Document%20Draft%20v008.pdf

Με βάση την πρόσφατη απόφαση¹⁰³ της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) (106) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), τα υδρογραφικά/χαρτογραφικά προϊόντα στα νέα συστήματα ECDIS θα πρέπει να είναι συμβατά με τις προδιαγραφές προϊόντων της σειράς S-100 (δηλ. S-101 για ENC και S-98 για διαλειτουργικότητα με τα υπόλοιπα προϊόντα της σειράς) από την 1^η Ιανουαρίου 2029 και προαιρετικά από την 1^η Ιανουαρίου 2026, με βάση την προσέγγιση του Dual Fuel (ταυτόχρονη διάθεση S-57 & S-101).

Επιπρόσθετα και σύμφωνα με τον οδικό χάρτη για την υλοποίηση του S-100 (Implementation Decade 2020 – 2030 Roadmap)¹⁰⁴ και τις προτεραιότητες εφαρμογής του σημειώνεται πως για την πρώτη έκδοση του S-98, το οποίο χειρίζεται τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών επιπέδων στο μελλοντικό S-100 ECDIS, προτεραιότητα θα δοθεί στα επίπεδα που χρησιμοποιούνται στη λειτουργία παρακολούθησης πλου (αγγλ. route monitoring mode) και ειδικότερα σύμφωνα με τον ακόλουθο **Πίνακα 8-1**:

Πίνακας 8-1. Προτεραιότητες εφαρμογής S-100 για ENDS (Οδικός Χάρτης)

1 ^η Προτεραιότητα – Παρακολούθηση Πλου (Route monitoring mode)	
S-101	Electronic Navigational Chart (ENC)
S-102	Bathymetric Surface
S-104	Water Level Information for Surface Navigation
S-111	Surface Currents
S-124	Navigational Warnings
S-129	Under Keel Clearance Management
Πλαίσιο Υποστήριξης	
	IHO Geospatial Information Registry
S-98	Interoperability Specification
S-100	Universal Hydrographic Data Model
S-128	Catalogue of Nautical Products
S-164	Test Data Set for S-100 and ECDIS Type Approval
2 ^η Προτεραιότητα – Σχεδίαση Πλου (Route planning mode)	
S-122	Marine Protected Areas
S-123	Marine Radio Services
S-125	Marine Aids to Navigational (AtoN)
S-126	Marine Physical Environment
S-127	Marine Traffic Management
S-131	Marine Harbour Infrastructure

¹⁰³ *Adopted an MSC resolution on Performance standards for electronic chart display and information systems (ECDIS), which revises resolution MSC.232(82) and introduces a phased implementation of new IHO product specifications (i.e. S-98, S-100 and S-101) for ECDIS as from 1 January 2026.* <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-106.aspx>

¹⁰⁴ https://iho.int/uploads/user/About%20IHO/Council/S-100_ImplementationStrategy/S-100%20Roadmap_Annex_2_v2.0_July2022.docx

Σε επόμενο βήμα θα συμπεριληφθούν τα επίπεδα που χρησιμοποιούνται στη λειτουργία σχεδιασμού διαδρομής (*route planning mode*). Προκειμένου να επιτευχθεί η χρήση των προϊόντων S-100 στο μελλοντικό S-100 ECDIS, είναι σημαντικό να αναπτυχθεί επίσης το πλαίσιο υποστήριξης σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του S-100 και σε ορισμένες περιπτώσεις να επιταχυνθεί αυτή η ανάπτυξη. Το πλαίσιο υποστήριξης S-100 αποτελείται από το Μητρώο Γεωχωρικών Πληροφοριών (GI) IHO, το μοντέλο υδρογραφικών δεδομένων (S-100), την προδιαγραφή διαλειτουργικότητας (S-98), τον κατάλογο ναυτικών προϊόντων (S-128) και το σύνολο δεδομένων δοκιμών για την έγκριση τύπου S-100 ECDIS (S-164). Σημειώνεται ότι η προτεραιότητα που δίνεται στα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία παρακολούθησης διαδρομής και στο πλαίσιο υποστήριξης του S-100 δεν εμποδίζουν την παράλληλη ανάπτυξη προϊόντων σχεδιασμού διαδρομής.

8.3.2. Ανάπτυξη και Αξιοποίηση Υποδομών Υδροχωρικών Δεδομένων

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανές πως οι Υδρογραφικές Υπηρεσίες (ΥΥ) λειτουργούν πλέον σε ένα περιβάλλον επιταχυνόμενων τεχνολογικών και κανονιστικών αλλαγών που επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, δημιουργώντας νέες ανάγκες και τρόπους αξιοποίησης των δεδομένων που συλλέγονται και διαχειρίζονται. Οι ΥΥ ήταν παραδοσιακά οι παραγωγοί ναυτικών πληροφοριών για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα, με την εμφάνιση του προτύπου S-57, η κύρια πρόκλησή τους ήταν να εξελιχθούν σε υπηρεσίες παραγωγής ψηφιακών συνόλων δεδομένων. Σήμερα, η κύρια πρόκληση και ευκαιρία είναι να εξελιχθούν σε γεωχωρικές υπηρεσίες, αναπτύσσοντας μια Υποδομή Υδροχωρικών Δεδομένων (ΥΥΔ) για την περιοχή ευθύνης τους ικανή να παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες για πολυδιάστατη ανάλυση και λήψη αποφάσεων μέσω εφαρμογών και προγραμμάτων περιήγησης ιστού (αγγλ. web browsers) (Ponce, 2021).

Η Υδρογραφία, όπως ορίζεται από το υδρογραφικό λεξικό (S-32) του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO, 2023) είναι «ο κλάδος των εφαρμοσμένων επιστημών που ασχολείται με τη μέτρηση και την περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών των ωκεανών, θαλασσών, παράκτιων περιοχών, λιμνών και ποταμών, καθώς και με την πρόβλεψη της μεταβολής τους με την πάροδο του χρόνου, με πρωταρχικό σκοπό την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την υποστήριξη του συνόλου των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της οικονομικής ανάπτυξης, της ασφάλειας και της άμυνας, της επιστημονικής έρευνας και της προστασίας του περιβάλλοντος».¹⁰⁵

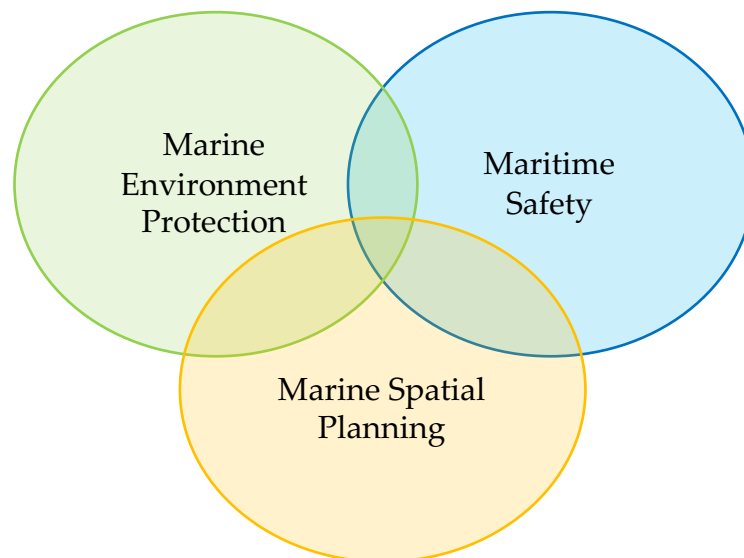
Από αυτόν τον ορισμό, είναι σαφές ότι υπάρχουν πολλές ευκαιρίες για τις ΥΥ να αναπτυχθούν χωρίς να μειώνεται η θεμελιώδης ευθύνη τους για την ασφάλεια της

¹⁰⁵ Στα αγγλικά αναφέρεται ως “Hydrography is the branch of applied sciences which deals with the measurement and description of the physical features of oceans, seas, coastal areas, lakes and rivers, as well as with the prediction of their change over time, for the primary purpose of safety of navigation and in support of all other marine activities, including economic development, security and defense, scientific research, and environmental protection”.

ναυσιπλοΐας. Όλες οι περιοχές επιρροής που αναφέρονται στον ορισμό, διατεταγμένες και οργανωμένες με τον χρόνο και τον χώρο να είναι οι θεμελιώδεις διαστάσεις, μπορούν να αποτελέσουν μια Υποδομή Υδροχωρικών Δεδομένων (ΥΥΔ), την «υδάτινη» εκδοχή αυτής που θα ήταν υποδομή γεωχωρικών πληροφοριών για τη στεριά. Δύναται να θεωρηθεί ως ένα διασυνδεδεμένο σύστημα στο οποίο ένα ναυτιλιακό σύστημα πληροφοριών, ένα βαθυμετρικό σύστημα πληροφοριών και ένα ωκεανογραφικό σύστημα πληροφοριών και κάθε άλλο είδος απαιτούμενου συστήματος συνυπάρχουν και αλληλοσυμπληρώνονται, λειτουργώντας ως ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων και επιτρέποντας τη συνεργασία με μια ευρύτερη κοινότητα για την ανάλυση και την κατανόηση του υδροχωρικού περιβάλλοντος και τη λήψη αποφάσεων (Ponce, 2021).

Οι τρεις κύριοι τομείς (**Εικόνα 8-9**) επιρροής στους οποίους η χρήση υδρογραφικών δεδομένων είναι θεμελιώδης είναι:

- Το θαλάσσιο περιβάλλον, που συμπληρώνει τις επιστήμες των ωκεανών, για να κατανοηθούν οι φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του θαλάσσιου οικοσυστήματος.
- Η γαλάζια οικονομία, που συμβάλλει στην ανάπτυξη χωρών και περιοχών μέσω ασφαλών και βιώσιμων θαλάσσιων δραστηριοτήτων όπως η υπεράκτια αιολική ενέργεια, η κατασκευή και η λειτουργία λιμένων, οι υδατοκαλλιέργειες, κ.ά.
- Η ασφάλεια ναυσιπλοΐας αλλά και η εθνική ασφάλεια, ορίζοντας τα κυριαρχικά δικαιώματα των εθνών προκειμένου να προστατεύουν τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εντός των θαλασσιών ζωνών, επιτρέποντας στις υπηρεσίες ακτοφυλακής να σχεδιάζουν και να αναπτύσσουν δυνάμεις με κατάλληλες πληροφορίες για διαχείριση έκτακτων περιστατικών έρευνας και διάσωσης, προστασίας του περιβάλλοντος και άλλες ναυτικές επιχειρήσεις.



Εικόνα 8-9. Τομείς Θαλάσσιων Πληροφοριών (Marine Information Domains) (Contarinis et al., 2020)

8.3.3. Αυτοματοποίηση Διεργασιών με Υιοθέτηση Τεχνολογιών Γεωχωρικής Ευφυΐας

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000, η πρόκληση ήταν να δημιουργηθούν συστήματα κεντρικών βάσεων δεδομένων από τα οποία θα μπορούσαν να δημιουργηθούν ταυτόχρονα έντυποι (ράστερ) και Ηλεκτρονικοί Ναυτιλιακοί Χάρτες (ENC). Η πρόκληση της μετάβασης σε ένα νέο σύστημα παραγωγής σύμφωνα με το πρότυπο S-101 γίνεται με αργό ρυθμό σε σύγκριση με τις σημερινές ανάγκες του κόσμου της θάλασσας και η αυτοματοποίηση δύναται να υποστηρίξει την ομαλή μετάβαση. Πλέον στην τρίτη δεκαετία του 21ου αιώνα, η πρόκληση είναι να εξελιχθεί αυτό το υπάρχον σύστημα παραγωγής χαρτών σε ένα γεωχωρικό σύστημα επιχειρησιακής ευφυΐας, από το οποίο η λειτουργία του μέσω αυτοματισμών και μεθόδων διαλειτουργικότητας να επεκτείνει τη χρήση υδρογραφικών και ωκεανογραφικών δεδομένων με βάση νέες απαιτήσεις από τους ενδιαφερόμενους χρήστες του θαλάσσιου χώρου.

Η τεχνολογία λογισμικού επιτρέπει πλέον τη χρήση αυτοματοποιημένων διαδικασιών που μειώνουν τη χειρωνακτική εργασία στο ελάχιστο και αυτό δύναται να έχει σημαντικές εφαρμογές σε διεργασίες σχετικές με την απόκτηση δεδομένων για ναυτιλιακούς χάρτες, όπως για παράδειγμα από τη Δορυφορική Βαθυμετρία. Με την επικείμενη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (αγγλ. Artificial Intelligence, συντ. AI) και της βαθιάς μάθησης (αγγλ. Deep Learning, συντ. DL), ακόμη κι εκείνες οι αποφάσεις που έπαιρνε ένας υδρογράφος ή ένας χαρτογράφος για την παραγωγή χαρτών θα γίνονται από σύστημα με τεχνητή νοημοσύνη που εστιάζει στην τυποποίηση της παραγωγής. Η μηχανική μάθηση (αγγλ. Machine Learning, συντ. ML) θα επιτρέψει στα νέα συστήματα παραγωγής να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τις εγκεκριμένες βέλτιστες πρακτικές για επιλογή βυθομετρήσεων, γενίκευση χαρτογραφικών οντοτήτων, παρουσίαση πληροφοριών όπως ετικέτες και τοποθέτηση κειμένου, απόκρυψη οντοτήτων, κ.ά. (Kastrisios et al., 2023). Η μηχανική μάθηση που συνδέεται με γεωχωρικά δεδομένα θα βελτιώσει διαδικασίες και την μοντελοποίηση προγνώσεων, όπως για παράδειγμα θαλάσσιων ρευμάτων και παλιρροιών. Μέσω της χωρικής ευφυΐας (αγγλ. location intelligence), δηλαδή της χρήσης χωρικών πληροφοριών και αναλύσεων δεδομένων για την αποκάλυψη προτύπων και τάσεων, μια ΥΥ μπορεί να παρατηρεί τις μεταβολές της ακτογραμμής, να προβλέπει τη μελλοντική κατάσταση και, στη συνέχεια, να σχεδιάζει και να εκτελεί κατανοώντας τα προβλήματα που ενδεχομένως προκύψουν. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται για το εγγύς μέλλον, οι υδρογράφοι και οι ναυτικοί χαρτογράφοι αναμένεται να εξελιχθούν και να γίνουν υδροχωρικοί αναλυτές (Ponce, 2021).

8.3.4. Δημιουργία Αξίας από Βέλτιστη Διαχείριση Υδροχωρικών Δεδομένων

Σε πρόσφατο (2022) Διεθνές Συνέδριο για την Παγκόσμια Διαχείριση Γεωχωρικών Πληροφοριών των Ηνωμένων Εθνών και ειδικότερα για την αποτελεσματική και ολοκληρωμένη διαχείριση θαλάσσιων γεωχωρικών πληροφοριών σημειώθηκε (Jonas, 2022) πως αναφορικά με τις παγκόσμιες τάσεις στη διαχείριση υδροχωρικών δεδομένων οι πιο σημαντικές προκλήσεις σχετίζονται με:

- την κλιματική αλλαγή,
- την ασφαλή και αποτελεσματική αποστολή δεδομένων,
- τις αλλαγές στη γεωπολιτική κατάσταση,

- τις αλλαγές στα πρότυπα του IMO,
- την ηλεκτρονική πλοήγηση,
- την προσβασιμότητα δεδομένων από το κοινό,

και γενικότερα η διαχείριση των δεδομένων θα πρέπει να γίνεται βάσει των αρχών FAIR (Findable, Accessible, Interoperable and Reusable) (Contarinis & Kastrisios, 2022).

Οι σημαντικότερες απαιτήσεις που σχετίζονται με υδροχωρικά δεδομένα αφορούν :

- την περαιτέρω αυτοματοποίηση διαδικασιών,
- υπηρεσίες παροχής δεδομένων πραγματικού χρόνου,
- πλοήγηση με καθοδήγηση από τη στεριά,
- διαλειτουργικότητα, φιλτράρισμα, κατηγοριοποίηση δεδομένων,
- ασφάλεια δεδομένων και πολιτικές στον κυβερνοχώρο,
- αξιόπιστες και έγκυρες πηγές δεδομένων,
- εφαρμογή τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης,

ενώ βασικές δράσεις που στοχεύουν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων και των απαιτήσεων αφορούν:

- επικέντρωση σε δεδομένα μέσω αποκεντρωμένης προσέγγισης για την δημιουργία ψηφιακών διδύμων,
- μείωση του χάσματος μεταξύ στεριάς και θάλασσας,
- υψηλού επιπέδου προστασία & διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων,
- καλύτερη επικοινωνία με όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.

8.3.5. Δημιουργία Καινοτόμων Υδροχωρικών Προϊόντων και Υπηρεσιών

Η διαρκής ψηφιακή κωδικοποίηση και μετάδοση δεδομένων (αγγλ. *Digital Data Streams - DDSs*), τα οποία παράγονται καθώς συμβαίνουν διάφορα γεγονότα, δύναται να είναι το θεμέλιο της επόμενης εποχής (Pigni et al., 2021). Αναμένεται πως τεχνολογίες όπως το *Διαδίκτυο των Πραγμάτων* (αγγλ. *Internet of Things - IoT*) και οι εξελίξεις στην ψηφιακή μοντελοποίηση (αγγλ. *digital modeling*) να βελτιώσουν την πιστότητα με την οποία δύναται να αναπαρασταθούν υδροχωρικές οντότητες και το θαλάσσιο περιβάλλον. Υπάρχουν αναδυόμενες ευκαιρίες για ψηφιακή αναπαράσταση και προσομοίωση αντικειμένων και γεγονότων πριν από τη λήψη αποφάσεων. Τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις να γίνονται με τόση ακρίβεια και ρεαλισμό που, σε πολλές περιπτώσεις, να υποκαταστήσουν το αντίστοιχο φυσικό αντικείμενο ή διαδικασία.

Όπως έχει σημειωθεί, το πρότυπο S-100 ως *Universal Hydrographic Data Model* αφορά την επόμενη γενιά μοντελοποίησης δεδομένων θαλάσσιων γεωχωρικών πληροφοριών που αναπτύσσεται από τον Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (IHO). Το S-100 έχει στόχο να υποστηρίξει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα πηγών υδρογραφικών δεδομένων, προϊόντων και τελικών χρηστών, σε σχέση με το S-57. Αν και το S-100 έχει ενημερωθεί πέντε φορές από την 1^η έκδοση τον Ιανουάριο του 2010, εξακολουθούν να υπάρχουν ελλείψεις που πρέπει να βελτιωθούν. Ενώ αρχικά οι ομάδες εργασίας του IHO και οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στη θεωρητική ανάπτυξη του S-100, συμπεριλαμβανομένων βασικών ιδεών όπως η σύνθεσή

του, η σύγκριση με το S-57 και την εισαγωγή νέων προδιαγραφών προϊόντος, στη συνέχεια η έμφαση δόθηκε στην εφαρμοσμένη έρευνα και εφαρμογή του S-100, όπως τη δημιουργία εργαλείων λογισμικού, νέων προϊόντων και υπηρεσιών πλοήγησης, οπτικοποίηση δεδομένων και συσχέτιση με τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής πλοήγησης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (Weintrit & Zalewski, 2020). Αυτό σημαίνει ότι το S-100 προχωρά από τη θεωρία στην πράξη και από την εννοιολογική εξέταση και τον σχεδιασμό στην εκτέλεση, τη βελτιστοποίηση και την καινοτομία (Duan et al., 2021). Τα προϊόντα και οι υπηρεσίες δεδομένων που βασίζονται στο S-100 βρίσκονται υπό ανάπτυξη (IHO, 2020b) και μια υποδομή υδροχωρικών δεδομένων (YYΔ) βασισμένη στο S-100 που οργανώνει υδρογραφικά, ωκεανογραφικά και άλλα θαλάσσια δεδομένα είναι κρίσιμο να επικεντρωθεί στην επιχειρησιακή αξία των τριών κύριων τομέων, του θαλάσσιου περιβάλλοντος, της γαλάζιας οικονομίας και της ασφάλειας στη θάλασσα (Contarinis et al., 2020).

Όπως επισημάνθηκε, η υποχρέωση για τις YY της μετάβασης από ένα σύστημα παραγωγής ENC με βάση το πρότυπο S-57, σε ένα αντίστοιχο με βάση το S-101, και μέσω της αυτοματοποίησης, είναι ευκαιρία να γίνουν οι διαδικασίες παραγωγής πιο αποτελεσματικές και τυποποιημένες. Ωστόσο, η πρόκληση εξακολουθεί να είναι η συλλογή ποιοτικών δεδομένων και η αυτοματοποιημένη σύνθεση των οντοτήτων και ιδιοτήτων του νέου προτύπου για την ενημέρωση του χαρτογραφικού συστήματος. Υπάρχει ανάγκη να αποτυπωθούν βέλτιστες πρακτικές για τη νέα γενιά ναυτικών χαρτογράφων, οι οποίοι χρειάζεται να υιοθετήσουν νέες υπηρεσίες και εφαρμογές υδροχωρικών δεδομένων.

Η έλευση νέων προϊόντων και υπηρεσιών S-100 με δυνατότητες GIS, σε συνδυασμό με συνεχώς εξελισσόμενες γεωχωρικές τεχνολογίες, επιτρέπει στις YY να δημιουργήσουν μια προσβάσιμη υποδομή υδροχωρικών δεδομένων και να αυξήσουν σημαντικά τις δυνατότητές τους. Στο εγγύς μέλλον, οι YY και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς, θα δύνανται να πραγματοποιούν πολυδιάστατη ανάλυση των υδροχωρικών δεδομένων κάτω από την ομπρέλα ενός MSDI, παρέχοντας νέα προϊόντα και πραγματικού χρόνου υπηρεσίες με πολλαπλασιαστικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και στη γαλάζια οικονομία. Καθώς οι απαιτήσεις για υδρογραφικά δεδομένα και υπηρεσίες αυξάνονται, απαιτείται όραμα και στρατηγική για καθορισμό των στόχων των YY καθώς και του οδικού χάρτη που πρέπει να ακολουθήσουν, με στόχο την βέλτιστη εκμετάλλευση των γεωχωρικών δυνατοτήτων που η τεχνολογία προσφέρει και οι ενδιαφερόμενοι της ναυτιλίας και του θαλάσσιου χώρου αναμένουν. Σε αυτή τη διαδρομή, το σύστημα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διατριβής δύναται να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για μετάδοση γνώσης και ανάπτυξη δεξιοτήτων στο θεματικό πεδίο της ηλεκτρονικής ναυτικής χαρτογραφίας, καθώς και για την ανάπτυξη καινοτόμων υδροχωρικών προϊόντων και υπηρεσιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aalders H. (1998). GIS - standards in CEN and ISO. *Paper in Symposium GIS Ostrava 1998, Delft University of Technology, Faculty of Geodetic Engineering*. .
https://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_1998/Sbornik/aalders/aalders.html
- Alexander, L., Brown, M., Brown, M., & Pharaoh, A. (2007). Development of IHO S-100: The New IHO Geospatial Standard for Hydrographic Data. *International Hydrographic Review*, 8(1). <https://scholars.unh.edu/ccom/1033>
- Ambler, S. W. (2004). *The Object Primer: Agile modeling-driven development with UML 2.0*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511584077>
- Arctur, D. (2011). Evolution in Nautical Charting - Toward Convergence of Paradigms. *Open Geospatial Consortium*. <https://www.hydro-international.com/content/article/evolution-in-nautical-charting>
- Astle, H., & Schwarzberg, P. (2013). Towards a Universal Hydrographic Data Model. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 7(4), 567–571. <https://doi.org/10.12716/1001.07.04.12>
- Baldauf, M., Kitada, M., Mehdi, R., & Dalaklis, D. (2018). *E-NAVIGATION, DIGITALIZATION AND UNMANNED SHIPS: CHALLENGES FOR FUTURE MARITIME EDUCATION AND TRAINING*. 9525–9530. <https://doi.org/10.21125/inted.2018.2374>
- Barrington-Leigh, C., & Millard-Ball, A. (2017). The world’s user-generated road map is more than 80% complete. *PLOS ONE*, 12(8), e0180698. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180698>
- Becker-Heins, R. (2014). *ECDIS BASICS*. Geomares Publishing, Lemmer, the Netherlands, ISBN/EAN: 978-90-806205-9-9.
- Bergmann, M. (2015). The Concept of “Apps” as a Tool to Improve Innovation in e-Navigation. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 9(3), 437–441. <https://doi.org/10.12716/1001.09.03.17>
- Bergmann, M. (2021). *Route Exchange in IEC 61174 ed 4 and S-421*.
- Bowditch, N. (1995). *The American Practical Navigator : an Epitome of Navigation*.
- Caballero, I., & Stumpf, R. (2020). Towards Routine Mapping of Shallow Bathymetry in Environments with Variable Turbidity: Contribution of Sentinel-2A/B Satellites Mission. *Remote Sensing*, 12(3), 451. <https://doi.org/10.3390/rs12030451>
- Calder, B., Byrne, S., Lamey, B., Brennan, R. T., Case, J. D., Fabre, D., Gallagher, B., Ladner, R. W., Moggert, F., & Paton, M. (2005). The open navigation surface project. *The International Hydrographic Review*, 6(2).
- Camkin, J., Neto, S., Bhattarai, B., Ojha, H., Khan, S., Sugiura, A., Lin, J., Nurritasari, F. A., & Karanja, J. M. (2022). Open Science for Accelerating the Sustainable

- Development Goals: Status and Prospects in Asia and the Pacific. *Frontiers in Political Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpos.2022.878761>
- Chan, S. R., Hamid, N. A., & Mokhtar, K. (2016). A Theoretical Review of Human Error in Maritime Accidents. *Advanced Science Letters*, 22(9), 2109–2112. <https://doi.org/10.1166/asl.2016.7058>
- Chircop, A. (2019). The IMO Initial Strategy for the Reduction of GHGs from International Shipping: A Commentary. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 34(3), 482–512. <https://doi.org/10.1163/15718085-13431093>
- Choi, H., Oh, S., & Hwang, S. (2017). A Study of Development and Application on S-100 Registry. *Transportation Research Procedia*, 21, 263–268. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.096>
- Coetzee, S., Ivánová, I., Mitasova, H., & Brovelli, M. (2020). Open Geospatial Software and Data: A Review of the Current State and A Perspective into the Future. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 90. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020090>
- Contarinis, S., & Kastrisios, C. (2022). Marine Spatial Data Infrastructure. *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, 2022(Q1). <https://doi.org/10.22224/gistbok/2022.1.6>
- Contarinis, S., Kastrisios, C., & Nakos, B. (2023). Marine protected areas and electronic navigational charts: legal foundation, mapping methods, IHO S-122 portrayal, and advanced navigation services. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. <https://doi.org/10.1007/s41207-023-00343-9>
- Contarinis, S., & Nakos, B. (2018). Electronic Nautical Cartography and Crisis Management. The dynamic characteristics of the new Electronic Nautical Charts of the S-100 standard series and their contribution to the optimum crisis management at sea (in Greek). *15th National Cartographic Conference*.
- Contarinis, S., Nakos, B., Tsoulos, L., & Palikaris, A. (2022). Web-based nautical charts automated compilation from open hydrospatial data. *Journal of Navigation*, 75(4), 763–783. <https://doi.org/10.1017/S0373463322000327>
- Contarinis, S., Pallikaris, A., & Nakos, B. (2020). The Value of Marine Spatial Open Data Infrastructures—Potentials of IHO S-100 Standard to Become the Universal Marine Data Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 564. <https://doi.org/10.3390/jmse8080564>
- Cortada, J. W. (2015). Andrew L. Russell. Open Standards and the Digital Age: History, Ideology, and Networks. *The American Historical Review*, 120(2), 570–571. <https://doi.org/10.1093/ahr/120.2.570>
- Dominguez-Péry, C., Vuddaraju, L. N. R., Corbett-Etchevers, I., & Tassabehji, R. (2021). Reducing maritime accidents in ships by tackling human error: a bibliometric review

- and research agenda. *Journal of Shipping and Trade*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00098-y>
- Douglas, D. H., & Peucker, T. K. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 10(2), 112–122. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3138/FM57-6770-U75U-7727>
- Duan, J., Wan, X., & Luo, J. (2021). A review of universal hydrographic data model. *Survey Review*, 53(377), 183–191. <https://doi.org/10.1080/00396265.2019.1708048>
- Evangelatos, T. (1989). The Technology of Interactive Compilation. *International Hydrographic Review*, LXVI(2). <https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/view/23330>
- Fairbairn, D., Andrienko, G., Andrienko, N., Buziek, G., & Dykes, J. (2001). Representation and its Relationship with Cartographic Visualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 13–28. <https://doi.org/10.1559/152304001782174005>
- Farkas, G. (2017). Applicability of open-source web mapping libraries for building massive Web GIS clients. *Journal of Geographical Systems*, 19(3), 273–295. <https://doi.org/10.1007/s10109-017-0248-z>
- Folk, M., Heber, G., Koziol, Q., Pourmal, E., & Robinson, D. (2011). An overview of the HDF5 technology suite and its applications. *Proceedings of the EDBT/ICDT 2011 Workshop on Array Databases - AD '11*, 36–47. <https://doi.org/10.1145/1966895.1966900>
- Foody, G., See, L., Fritz, S., Mooney, P., Olteanu-Raimond, A.-M., Fonte, C. C., & Antoniou, V. (2017). *Mapping and the Citizen Sensor* (G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, & V. Antoniou, Eds.). Ubiquity Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv3t5qzc>
- Formela, K., Neumann, T., & Weintrit, A. (2019). Overview of Definitions of Maritime Safety, Safety at Sea, Navigational Safety and Safety in General. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13(2), 285–290. <https://doi.org/10.12716/1001.13.02.03>
- Francois, A., Raffin, R., & Daniel, M. (2010). GEOMETRIC DATA STRUCTURES AND ANALYSIS IN GIS: ISO 19107 CASE STUDY. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 115–120.
- GEBCO Bathymetric Compilation Group. (2021). *The GEBCO_2021 Grid - a continuous terrain model of the global oceans and land*. NERC EDS British Oceanographic Data Centre NOC. <https://doi.org/10.5285/C6612CBE-50B3-0CFF-E053-6C86ABC09F8F>
- GITC bv. (2009). *The History of GEBCO 1903-2003: The 100-year Story of the General Bathymetric Chart of the Oceans* (J. Carpine-Lancre, Ed.). University of California.
- Goetz, M., & Zipf, A. (2013). The Evolution of Geo-Crowdsourcing: Bringing Volunteered Geographic Information to the Third Dimension. In *Crowdsourcing Geographic*

- Knowledge* (pp. 139–159). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_9
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Hardy, P., & Field, K. (2011). Portrayal and Cartography. In *Springer Handbook of Geographic Information* (pp. 179–190). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_11
- Haskins, G. (1988). The integration of digital navigation information into multiple-use data bases. In Haskins & L. Geoffrey (Eds.), *Proceedings of the Challenger Society/Society for Underwater Technology Conference, UWIST, Cardiff, 12–13 April 1988*.
- Hecht, H. (2000). WEND and RENC: Keywords for IHO’s Distribution System for ECDIS Data - An Evaluation of Terminology and Concept. *International Hydrographic Review*, 1.
- Hetland, B. (2019). How e-navigation will transform passage planning. *Safety4Sea*. <https://safety4sea.com/cm-how-e-navigation-will-transform-passage-planning/>
- Hua, H., & Weiss, B. (2011). Strategies for Infusing ISO 19115 Metadata in Earth Science Data Systems. *AGU Fall Meeting Abstracts*, 1, 4.
- IALA. (2017). *G1117 VHF DATA EXCHANGE SYSTEM (VDES) OVERVIEW Edition 2.0*. <https://www.iala-aism.org/product/g1117/>
- ICA. (1973). *Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography*. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag.
- IC-ENC. (2015). *ENC Validation*. http://www.ic-enc.org/Documents/Validation_Description_Document_-_IC-ENC_December_2015.pdf
- IHB, D. C. (1980). The IHO International Chart, the Way Ahead. *The International Hydrographic Review*, 57(1). <https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/view/23618>
- IHO. (1995). *S-52 Annex A - ECDIS Presentation Library Edition 3.2*.
- IHO. (2000). *S-57: Transfer standard for digital hydrographic data* (3.1). International Hydrographic Organization.
- IHO. (2011). *C-13 Manual on Hydrography*.
- IHO. (2012a). *IHO Geospatial Information Register*. International Hydrographic Bureau. http://registry.iho.int/s100_gi_registry/home.php
- IHO. (2012b). *S-99 - Operational Procedures for the Organization and Management of the S-100 Geospatial Information Registry (Edition 1.1.0)*.
- IHO. (2015). *S-52 - Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS (Edition 6.1(1), October 2014 - with Clarifications up to June 2015)*.

- IHO. (2017). *S-64 - TEST DATA SETS FOR ECDIS*.
- IHO. (2018a). *IHO Electronic Navigational Chart Product Specification. IHO Publication S-101 (1.0.0)*.
- IHO. (2018b). *IHO S-100 - Universal Hydrographic Data Model (1.0.0)*. International Hydrographic Bureau.
- IHO. (2018c). *M-2 THE NEED FOR A NATIONAL HYDROGRAPHIC SERVICE*.
- IHO. (2018d). *S-58 - ENC VALIDATION CHECKS. Edition 6.1.0, September 2018*.
- IHO. (2018e). *S-66 - Facts about Electronic Charts and Carriage. Requirements. Edition 1.1.0*.
- IHO. (2019a). *Bathymetric Surface Product Specification. Publication S-102 (2.0.0)*.
- IHO. (2019b). *S-122 Marine Protected Areas (MPAs). Edition 1.0.0*.
- IHO. (2020a). *B-12. Guidance on Crowdsourced Bathymetry, Edition 2.0.3. .*
- IHO. (2020b). *Hydrographic Services and Standards Committee (HSSC) Work Plan 2020-22, ver.14*.
- IHO. (2020c). *INT1 Symbols and Abbreviations used on Paper Charts, English ver., Ed. 8*.
- IHO. (2020d). *S-52 Annex A - ECDIS Presentation Library (Edition 4.0(3), October 2014 - with Clarifications up to December 2020)*.
- IHO. (2020e). *S-97 - IHO Guidelines for Creating S-100 Product Specifications. Edition 1.1.0 – June 2020*.
- IHO. (2020f). *S-101 Annex A: Data Classification and Encoding Guide (1.1.0)*. International Hydrographic Organization.
- IHO. (2020g). *The Future of the Paper Nautical Chart Final Report. International Hydrographic Organization, Nautical Cartography Working Group. <https://iho.int/uploads/user/Services and Standards/HSSC/HSSC12/2020-08-28 Future of the Paper Nautical Chart Final Report FINAL.pdf>*
- IHO. (2021a). *S-4 Regulations for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO, Edition 4.9.0. <https://iho.int/uploads/user/Services and Standards/HSSC/HSSC12/2020-08-28 Future of the Paper Nautical Chart Final Report FINAL.pdf>*
- IHO. (2021b). *S-100 ECDIS Governance Document (Draft: v008 11th Dec 2021)*.
- IHO. (2021c). *S-101 DCEG Ed 0.0.2 Annex A Data Classification and Encoding Guide Edition 1.0.1 – March 2021*.
- IHO. (2022a). *M-3 Resolutions of the IHO. (April 2022)*.
- IHO. (2022b). *S-98 - Data Product Interoperability in S-100 Navigation Systems. Edition 1.0.0 – May 2022*.
- IHO. (2022c). *S-101 Portrayal Catalogue*.

- IHO. (2023). *S-32: Hydrographic Dictionary - English*. International Hydrographic Bureau. <http://iho-ohi.net/S32/engView.php>
- IMO. (1995). *Resolution A.817(19) - Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*.
- IMO. (2006). *Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*. IMO Resolution MSC 82/24/Add.2/Annex 24.
- IMO. (2007). *MSC.252(83) ADOPTION OF THE REVISED PERFORMANCE STANDARDS FOR INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS (INS)*.
- IMO. (2008). *Strategy for the development and implementation of e-navigation, MSC 85/26/Add.1, Annex 20*.
- IMO. (2009). *A.1021(26) CODE ON ALERTS AND INDICATORS, 2009*.
- IMO. (2010). *MSC.302(87) ADOPTION OF PERFORMANCE STANDARDS FOR BRIDGE ALERT MANAGEMENT*.
- IMO. (2017). *MSC.428(98) MARITIME CYBER RISK MANAGEMENT IN SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS*.
- IMO. (2018). *Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). Final Report: Analysis of Regulatory Barriers to the Use of Autonomous Ships*.
- IMO. (2019a). *MSC.1/Circ.1610. Initial Descriptions of Maritime Services in the Context of e-Navigation*.
- IMO. (2019b). *MSC.467(101) GUIDANCE ON THE DEFINITION AND HARMONIZATION OF THE FORMAT AND STRUCTURE OF MARITIME SERVICES IN THE CONTEXT OF E-NAVIGATION*.
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Routledge.
- ISO. (2003a). *ISO 19107 - Geographic information - Spatial schema*.
- ISO. (2003b). *ISO 19115 - Geographic Information - Metadata*.
- ISO. (2005). *ISO 19109 - Geographic information - Rules for application schema*.
- ISO. (2007a). *ISO 19111 - Geographic information - Spatial referencing by coordinates*.
- ISO. (2007b). *ISO 19131:2007 Geographic information – Data product specification*.
- ISO. (2007c). *ISO 19136:2007 Geographic Information - Geography Markup Language*.
- Jin, M., Bai, Y., Devys, E., & Di, L. (2020). Toward a Standardized Encoding of Remote Sensing Geo-Positioning Sensor Models. *Remote Sensing*, 12(9), 1530. <https://doi.org/10.3390/rs12091530>
- Jonas, M. (2022). Effective and integrated marine geospatial information management - Global trends in hydrographic geodata management. *INTERNATIONAL SEMINAR ON*

UNITED NATIONS GLOBAL GEOSPATIAL INFORMATION MANAGEMENT.
<https://ggim.un.org/meetings/2022/3rd-WG-MGI/documents/Session%201-Mathias%20Jonas.pdf>

- Jonas, M., & Oltmann, J.-H. (2013). IMO e-Navigation Implementation Strategy – Challenge for Data Modelling. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 7(2), 45–49. <https://doi.org/10.12716/1001.07.01.05>
- Joung, T.-H., Kang, S.-G., Lee, J.-K., & Ahn, J. (2020). The IMO initial strategy for reducing Greenhouse Gas(GHG) emissions, and its follow-up actions towards 2050. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/25725084.2019.1707938>
- Kang, L., Meng, Q., & Liu, Q. (2018). Fundamental diagram of ship traffic in the Singapore Strait. *Ocean Engineering*, 147, 340–354. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.10.051>
- Kastrisios, C., Calder, B., Masetti, G., & Holmberg, P. (2019). Towards automated validation of charted soundings: Existing tests and limitations. *Geo-Spatial Information Science*, 22(4). <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1618636>
- Kastrisios, C., Dyer, N., Nada, T., Contarinis, S., & Cordero, J. (2023). Increasing Efficiency of Nautical Chart Production and Accessibility to Marine Environment Data through an Open-Science Compilation Workflow. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), 116. <https://doi.org/10.3390/ijgi12030116>
- Kavadas I., & Tsoulos L. (2008). ISO Standards in the Development of Spatial Data Quality Models (in Greek) Τα Πρότυπα ISO στην Ανάπτυξη Μοντέλου Ποιότητας Χωρικής Πληροφορίας. *10th National Cartographic Conference*.
- Kerr, A. (1990). *Status Report on Activities of IMO and IHO Concerning the Electronic Chart*. *International Hydrographic Review, Monaco, Vol. LXVII, No. 2, July 1*.
- Knoop H. (2000). International standardization and management of GIS activities. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 33, n. B6; Part 6, p. 164–171.
- Komninos, A., Kostopoulos, C., & Garofalakis, J. (2022). Automatic generation of sailing holiday itineraries using vessel density data and semantic technologies. *Information Technology & Tourism*. <https://doi.org/10.1007/s40558-022-00224-x>
- Koranne, S. (2011). Hierarchical Data Format 5 : HDF5. In *Handbook of Open Source Tools* (pp. 191–200). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7719-9_10
- Kotsev, A., Minghini, M., Tomas, R., Cetl, V., & Lutz, M. (2020). From Spatial Data Infrastructures to Data Spaces—A Technological Perspective on the Evolution of European SDIs. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 176. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030176>

- Kresse, W., & Fadaie, K. (2004). *ISO Standards for Geographic Information*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-08039-9>
- Lee, H., Aydin, N., Choi, Y., Lekhavat, S., & Irani, Z. (2018). A decision support system for vessel speed decision in maritime logistics using weather archive big data. *Computers & Operations Research*, 98, 330–342. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.06.005>
- Lindstad, E., Borgen, H., Eskeland, G. S., Paalson, C., Psaraftis, H., & Turan, O. (2019). The Need to Amend IMO’s EEDI to Include a Threshold for Performance in Waves (Realistic Sea Conditions) to Achieve the Desired GHG Reductions. *Sustainability*, 11(13), 3668. <https://doi.org/10.3390/su11133668>
- Lloyd’s Register. (2017). *Cyber-enabled ships shipright procedure assignment for cyber descriptive notes for autonomous & remote access ships. Guidance document Version 2.0*.
- Luglio, M., Roseti, C., & Zampognaro, F. (2018). VDES Performance Evaluation for Future e-navigation Services. *Proceedings of the 15th International Joint Conference on E-Business and Telecommunications*, 67–75. <https://doi.org/10.5220/0006850200670075>
- Luras, S. (2016). *Systemic design in complex contexts: an enquiry through designing a ship’s bridge, PhD thesis, January 2016*.
- Manzano, J. (2021). THE BATHYMETRIC COMPILATION, A TRUE CHALLENGE IN THE NAUTICAL CHART GENERATION PROCESS. *The International Hydrographic Review*. <https://ihr.iho.int/articles/the-bathymetric-compilation-a-true-challenge-in-the-nautical-chart-generation-process/>
- Mayer, L., Jakobsson, M., Allen, G., Dorschel, B., Falconer, R., Ferrini, V., Lamarche, G., Snaith, H., & Weatherall, P. (2018a). The Nippon Foundation—GEBCO Seabed 2030 Project: The Quest to See the World’s Oceans Completely Mapped by 2030. *Geosciences*, 8(2), 63. <https://doi.org/10.3390/geosciences8020063>
- Mayer, L., Jakobsson, M., Allen, G., Dorschel, B., Falconer, R., Ferrini, V., Lamarche, G., Snaith, H., & Weatherall, P. (2018b). The Nippon Foundation—GEBCO Seabed 2030 Project: The Quest to See the World’s Oceans Completely Mapped by 2030. *Geosciences*, 8(2), 63. <https://doi.org/10.3390/geosciences8020063>
- McMaster, R. B., & Shea, S. (1992). Generalization in Digital Cartography. In *Resource Publications in Geography Series*. Association of American Geographers.
- Medvidovic, N., Rosenblum, D. S., Redmiles, D. F., & Robbins, J. E. (2002). Modeling software architectures in the Unified Modeling Language. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 11(1), 2–57. <https://doi.org/10.1145/504087.504088>
- Mennis, J. L., Peuquet, D. J., & Qian, L. (2000). A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(6), 501–520. <https://doi.org/10.1080/136588100415710>

- Meyer, K., & Kurian, M. (2017). *The Role of International Cooperation in Operationalizing the Nexus in Developing Countries* (pp. 89–102). <https://doi.org/10.1002/9781119243175.ch9>
- Monmonier, M. (Ed.). (1987). *The History of Cartography: Cartography in the Twentieth Century* (Vol. 6). The University of Chicago Press.
- Mooney, P., & Minghini, M. (2017). A Review of OpenStreetMap Data. In *Mapping and the Citizen Sensor* (pp. 37–59). Ubiquity Press. <https://doi.org/10.5334/bbf.c>
- Morgere, J.-C., Diguët, J.-P., & Laurent, J. (2014). Electronic navigational chart generator for a marine mobile augmented reality system. *2014 Oceans - St. John's*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2014.7003021>
- Netek, R., Masopust, J., Pavlicek, F., & Pechanec, V. (2020). Performance Testing on Vector vs. Raster Map Tiles—Comparative Study on Load Metrics. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 101. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020101>
- Neteler, M., & Raghavan, V. (2006). Advances in free software geographic information systems. *Journal of Informatics*, 3(2).
- Newson, D. W. (1984). Nautical Chart Standardization. *The International Hydrographic Review*, 61(2). <https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/view/23499>
- NOAA. (2020). *Nautical Chart Manual. Volume 2 - Definitions, Abbreviations, Symbolology & References*.
- OECD. (2011). Opportunities, Challenges and Good Practices in International Research Cooperation between Developed and Developing Countries. *OECD Global Science Forum*. <https://www.oecd.org/sti/inno/47737209.pdf>
- Pais, L. M. F. V. (1998). *A case study of the production of an S-57 ENC with Caris tools, Technical report no.194, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Canada*.
- Park, D., Kwon, H.-C., & Park, S. (2013). Design and Implementation of Feature Catalogue Builder based on the S-100 Standard. *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, 2(8), 571–578. <https://doi.org/10.3745/KTSDE.2013.2.8.571>
- Park, D., & Park, S. (2014). Ontology Mapping for Enhanced Interoperability of S-100 Geographic Information Registers. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 8(1), 225–234. <https://doi.org/10.14257/ijseia.2014.8.1.20>
- Peters, R., Ledoux, H., & Meijers, M. (2014). A Voronoi-Based Approach to Generating Depth-Contours for Hydrographic Charts. *Marine Geodesy*, 37(2), 145–166. <https://doi.org/10.1080/01490419.2014.902882>
- Pigni, F., Watson, R. T., & Piccoli, G. (2021). Digital Twins: Representing the Future. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3855535>
- Ponce, R. (2021). Multidimensional Marine Data: The next frontier for Hydrographic Offices. *International Hydrographic Review*.

<https://ihr.iho.int/articles/multidimensional-marine-data-the-next-frontier-for-hydrographic-offices/>

- Porathe, T. (2016). A Navigating Navigator Onboard or a Monitoring Operator Ashore? Towards Safe, Effective, and Sustainable Maritime Transportation: Findings from Five Recent EU Projects. *Transportation Research Procedia*, 14, 233–242. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.060>
- Porathe, T., Brodje, A., Weber, R., Camre, D., & Borup, O. (2015). Supporting Situation Awareness on the Bridge: Testing Route Exchange in a Practical e-Navigation Study. In *Information, Communication and Environment* (pp. 85–92). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18514-12>
- Porathe, T., & Rødseth, Ø. J. (2019). Simplifying interactions between autonomous and conventional ships with e-Navigation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1357(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1357/1/012041>
- Powell, J. (2011). *The new electronic chart product specification S-101: an overview. Transnav the international journal on marine navigation & safety of Sea transportation*, 5 (2), 167–171.
- Psaraftis, H. (2019). Speed Optimization vs Speed Reduction: the Choice between Speed Limits and a Bunker Levy. *Sustainability*, 11(8), 2249. <https://doi.org/10.3390/su11082249>
- Rihacek, C., Lutz, T., Weinert, B., & Bolles, A. (2016). *Conceptual Model, EfficienSea2, Deliverable 3.2, Jan. 2016 (16)*.
- Ritchie, G. S. (1972). International Cooperation in Hydrography. *Journal of Navigation*, 25(1), 2–12. <https://doi.org/10.1017/S0373463300040133>
- Rødseth, Ø. J., Frøystad, C., Meland, P. H., Bernsmed, K., & Nesheim, D. A. (2020). The need for a public key infrastructure for automated and autonomous ships. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 929(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/929/1/012017>
- Ruas A, & Plazanet C. (1997). Strategies for Automated Generalization. *Advances in GIS Research II: Proceedings of the Seventh International Symposium on Spatial Data Handling*.
- Schmitt, T., Schaap, D., Spoelstra, G., Slabon, P., Wintersteller, P., & Hartmann, K. (2020). The European harmonised bathymetry grid EMODnet Bathymetry [JB]. *Hydrographische Nachrichten*, 117, 20–26. <https://doi.org/10.23784/HN117-03>
- Sedes F. (2018). How information systems can help in alarm/alert detection. *ISTE Press Ltd ; Elsevier Ltd*.
- See, L., Mooney, P., Foody, G., Bastin, L., Comber, A., Estima, J., Fritz, S., Kerle, N., Jiang, B., Laakso, M., Liu, H.-Y., Milčinski, G., Nikšič, M., Painho, M., Pödör, A., Olteanu-Raimond, A.-M., & Rutzinger, M. (2016). Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic

- Information. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(5), 55. <https://doi.org/10.3390/ijgi5050055>
- Senaratne, H., Mobasher, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (Muki). (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(1), 139–167. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- Shea, K. S., & McMaster, R. B. (1989). Cartographic generalization in a digital environment: When and how to generalize. *Proceedings Auto-Carto*, 9, 56–67.
- Shin, Y. W., Abebe, M., Noh, Y., Lee, S., Lee, I., Kim, D., Bae, J., & Kim, K. C. (2020). Near-Optimal Weather Routing by Using Improved A* Algorithm. *Applied Sciences*, 10(17), 6010. <https://doi.org/10.3390/app10176010>
- Skopeliti, A., Stamou, L., Tsoulos, L., & Pe'eri, S. (2020). Generalization of Soundings across Scales: From DTM to Harbour and Approach Nautical Charts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/ijgi9110693>
- Skopeliti, A., Tsoulos, L., & Pe'eri, S. (2021). Depth Contours and Coastline Generalization for Harbour and Approach Nautical Charts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4), 197. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040197>
- Škrobonja, A., Valčić, S., Žuškin, S., & Brčić, D. (2020). On VDES/ECDIS Integration. *Pomorstvo*, 34(1), 195–200. <https://doi.org/10.31217/p.34.1.21>
- Smith, S. M. (2003). *The navigation surface: A multipurpose bathymetric database*.
- Sorel, J. (2018). *3D Tiles in action for ENC. Geomatys, published July 18, 2018*. .
- SPAWAR Atlantic. (2016). *Proposed Changes to the S-100 Portrayal - Paper for Consideration by the S-100WG / Test Strategy Meeting (TSM4)*.
- Steiniger, S., Hunter, A. J. S., Cartwright, W., Gartner, G., Meng, L., & Peterson, M. P. (2012). *Free and Open Source GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure. Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century* (E. Bocher & M. Neteler, Eds.; pp. 247–261). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-10595-1_15
- Svilicic, Rudan, Jugović, & Zec. (2019). A Study on Cyber Security Threats in a Shipboard Integrated Navigational System. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(10), 364. <https://doi.org/10.3390/jmse7100364>
- UKHO. (2019). *NP231 Admiralty Guide to the Practical Use of ENCs*.
- USCG. (2019). *Recreational Boating Statistics*. US Coast Guard, Department of Homeland Security. https://uscgboating.org/statistics/accident_statistics.php
- Varshney, A. (2012). Principles of Map Design. *International Planning Studies*, 17(3), 330–332. <https://doi.org/10.1080/13563475.2012.698063>
- Vieira G., & Mandarino F. (2021). CONVERSION OF ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS FROM S-57 TO S-101 STANDARD FORMAT. *The International*

- Hydrographic Review (IHR)*. <https://ihr.iho.int/articles/conversion-of-electronic-navigational-charts-from-s-57-to-s-101-standard-format/>
- Viljanen, M. (2020). *Shore-Based Voyage Planning* [Masters Of Maritime Management, Satakunta University of Applied Sciences]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/343683/Viljanen_Mareena.pdf
- Vu, V. D., Lützhöft, M., & Emad, G. R. (2019). Frequency of use – the First Step Toward Human-Centred Interfaces for Marine Navigation Systems. *Journal of Navigation*, 72(5), 1089–1107. <https://doi.org/10.1017/S0373463319000183>
- Wang, H., Mao, W., & Eriksson, L. (2020). Efficiency of a Voluntary Speed Reduction Algorithm for a Ship’s Great Circle Sailing. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14(2), 301–308. <https://doi.org/10.12716/1001.14.02.04>
- Wang, Z., & Müller, J.-C. (1998). Line Generalization Based on Analysis of Shape Characteristics. *Cartography and Geographic Information Systems*, 25(1), 3–15. <https://doi.org/10.1559/152304098782441750>
- Ward, R., Alexander, L., & Greenslade, B. (2009). IHO S-100: the new IHO hydrographic geospatial standard for marine data and information. *International Hydrographic Review*, 44–55.
- Ward, R., & Greenslade, B. (2011). *IHO Information Paper – S-100 The universal Hydrographic data Model*.
- Weinrit, A. (2018). Clarification, Systematization and General Classification of Electronic Chart Systems and Electronic Navigational Charts Used in Marine Navigation. Part 2 - Electronic Navigational Charts. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 12(4), 769–780. <https://doi.org/10.12716/1001.12.04.17>
- Weinrit, A., & Zalewski, P. (2020). *A Critical Analysis of the IMO Description of Maritime Services in the Context of e-Navigation* (pp. 402–414). https://doi.org/10.1007/978-3-030-59270-7_30
- Yoo, B., & Kim, J. (2016). Path optimization for marine vehicles in ocean currents using reinforcement learning. *Journal of Marine Science and Technology*, 21(2), 334–343. <https://doi.org/10.1007/s00773-015-0355-9>
- Zhang, X., & Guilbert, E. (2011). A multi-agent System Approach for Feature-driven Generalization of isobathymetric Line. In A. Ruas (Ed.), *Advances in Cartography and GIScience. Volume 1: Selection from ICC 2011, Paris* (pp. 477–495). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19143-5_27
- Zhao, W., Wang, Y., Zhang, Z., & Wang, H. (2021). Multicriteria Ship Route Planning Method Based on Improved Particle Swarm Optimization–Genetic Algorithm. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 357. <https://doi.org/10.3390/jmse9040357>

- Zis, T. P. V., Psaraftis, H. N., & Ding, L. (2020). Ship weather routing: A taxonomy and survey. *Ocean Engineering*, 213, 107697. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107697>
- Νάκος, Β. (2021). *Στοιχεία Αναλυτικής Χαρτογραφίας*. Εκδόσεις Παπαζήση.
- Παλληκάρης, Α., Γεώργιος Κατσούλης, & Δημήτριος Δαλακλής. (2016). *Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα και Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη ECDIS*. Εκδ. Ι. Ευγενίδου, ISBN 978-960-337-086-4.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΑΡΧΕΤΥΠΙΑ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ S-101

Στον Πίνακα που ακολουθεί, οι συντομογραφίες είναι οι εξής: σημείο (P), καμπύλη (C) και επιφάνεια (S). Μία οντότητα που δεν έχει επιτρεπόμενο γεωμετρικό αρχέτυπο αναφέρεται ως κανένα (N) και μία οντότητα που είναι σύνολα σημείων ως (PS) στην στήλη O.

Όνομα	Κωδικός	Κωδικός (S-57)	Τύπος Χρήσης	P	C	S	O
Administration Area	AdministrationArea	ADMARE	geographic			S	
Airport/airfield	AirportAirfield	AIRARE	geographic	P		S	
Anchor berth	AnchorBerth	ACHBRT	geographic	P		S	
Anchorage area	AnchorageArea	ACHARE	geographic	P		S	
Archipelagic Sea Lane	ArchipelagicSeaLane	C_AGGR	geographic				N
Archipelagic sea lane area	ArchipelagicSeaLaneArea	ARCSLN	geographic			S	
Archipelagic sea lane axis	ArchipelagicSeaLaneAxis	ASLXIS	geographic		C		
Beacon Cardinal	BeaconCardinal	BCNCAR	geographic	P			
Beacon Isolated Danger	BeaconIsolatedDanger	BCNISD	geographic	P			
Beacon Lateral	BeaconLateral	BCNLAT	geographic	P			
Beacon Safe Water	BeaconSafeWater	BCNSAW	geographic	P			
Beacon Special Purpose/General	BeaconSpecialPurposeGeneral	BCNSPP	geographic	P			
Berth	Berth	BERTHS	geographic	P	C	S	
Bridge	Bridge	BRIDGE	geographic		C	S	N
Building	Building	BUISGL	geographic	P		S	
Built-up area	BuiltUpArea	BUAARE	geographic	P		S	
Buoy Cardinal	BuoyCardinal	BOYCAR	geographic	P			
Buoy Emergency Wreck Marking	BuoyEmergencyWreckMarking	BOYSPP	geographic	P			
Buoy Installation	BuoyInstallation	BOYINB	geographic	P			
Buoy Isolated Danger	BuoyIsolatedDanger	BOYISD	geographic	P			
Buoy Lateral	BuoyLateral	BOYLAT	geographic	P			
Buoy Safe Water	BuoySafeWater	BOYSAW	geographic	P			
Buoy Special Purpose/General	BuoySpecialPurposeGeneral	BOYSPP	geographic	P			
Cable area	CableArea	CBLARE	geographic			S	
Cable Overhead	CableOverhead	CBLOHD	geographic		C		
Cable Submarine	CableSubmarine	CBLSUB	geographic		C		
Canal	Canal	CANALS	geographic		C	S	
Cargo transhipment area	CargoTranshipmentArea	CTSARE	geographic	P		S	
Causeway	Causeway	CAUSWY	geographic		C	S	
Caution Area	CautionArea	CTNARE	geographic	P		S	
Checkpoint	Checkpoint	CHKPNT	geographic	P		S	

Coastguard station	CoastguardStation	CGUSTA	geographic	P	S	
Coastline	Coastline	COALNE	geographic		C	
Collision regulations limit	CollisionRegulationsLimit		geographic		C	
Contiguous zone	ContiguousZone	CONZNE	geographic			S
Continental shelf area	ContinentalShelfArea	COSARE	geographic			S
Conveyor	Conveyor	CONVYR	geographic		C	S
Crane	Crane	CRANES	geographic	P	C	S
Current - non-gravitational	CurrentNonGravitational	CURENT	geographic	P	C	S
Custom zone	CustomZone	CUSZNE	geographic			S
Dam	Dam	DAMCON	geographic		C	S
Data Coverage	DataCoverage	M_COVR	meta			S
Daymark	Daymark	DAYMAR	geographic	P		
Deep Water Route	DeepWaterRoute	C_AGGR	geographic			N
Deep Water Route Centreline	DeepWaterRouteCentreline	DWRTCL	geographic		C	
Deep water route part	DeepWaterRoutePart	DWRTPT	geographic			S
Depth - No Bottom Found	DepthNoBottomFound	SOUNDG (QUASOU = 5)	geographic			PS
Depth area	DepthArea	DEPARE	geographic			S
Depth contour	DepthContour	DEPCNT	geographic		C	
Discoloured Water	DiscolouredWater	CTNARE	geographic	P		S
Distance mark	DistanceMark	DISMAR	geographic	P		
Dock area	DockArea	DOCARE	geographic			S
Dredged area	DredgedArea	DRGARE	geographic			S
Dry dock	DryDock	DRYDOC	geographic			S
Dumping ground	DumpingGround	DMPGRD	geographic	P		S
Dyke	Dyke	DYKCON	geographic		C	S
Exclusive economic zone	ExclusiveEconomicZone	EXEZNE	geographic			S
Fairway	Fairway	FAIRWY	geographic			S
Fairway System	FairwaySystem	C_AGGR	geographic			N
Fence/Wall	FenceWall	FNCLNE	geographic		C	
Ferry route	FerryRoute	FERYRT	geographic		C	S
Fishery zone	FisheryZone	FSHZNE	geographic			S
Fishing facility	FishingFacility	FSHFAC	geographic	P	C	S
Fishing ground	FishingGround	FSHGRD	geographic			S
Floating dock	FloatingDock	FLODOC	geographic	P	C	S
Fog signal	FogSignal	FOGSIG	geographic	P		
Fortified structure	FortifiedStructure	FORSTC	geographic	P	C	S
Foul Ground	FoulGround	OBSTRN (CATOBS = 7)	geographic	P	C	S
Free port area	FreePortArea	FRPARE	geographic			S
Gate	Gate	GATCON	geographic	P	C	S
Gridiron	Gridiron	GRIDRN	geographic			S

Harbour area (administrative)	HarbourAreaAdministrative	HRBARE	geographic			S
Harbour facility	HarbourFacility	HRBFAC	geographic	P		S
Hulk	Hulk	HULKES	geographic	P		S
Ice area	IceArea	ICEARE	geographic			S
Information Area	InformationArea	M_NPUB	geographic	P	C	S
Inshore traffic zone	InshoreTrafficZone	ISTZNE	geographic			S
Island Group	IslandGroup	C_AGGR	geographic			N
Lake	Lake	LAKARE	geographic			S
Land area	LandArea	LNDARE	geographic	P	C	S
Land elevation	LandElevation	LNDELV	geographic	P	C	
Land region	LandRegion	LNDRGN	geographic	P	C	S
Landmark	Landmark	LNDMRK	geographic	P	C	S
Light Air Obstruction	LightAirObstruction	LIGHTS	geographic	P		
Light All Around	LightAllAround	LIGHTS	geographic	P		
Light float	LightFloat	LITFLT	geographic	P		
Light Fog Detector	LightFogDetector	LIGHTS	geographic	P		
Light Sector	LightSector	LIGHTS	geographic	P		
Light vessel	LightVessel	LITVES	geographic	P		
Local Direction of Buoyage	LocalDirectionOfBuoyage	M_NSYS	meta			S
Local magnetic anomaly	LocalMagneticAnomaly	LOCMAG	geographic	P	C	S
Lock basin	LockBasin	LOKBSN	geographic			S
Log pond	LogPond	LOGPON	geographic	P		S
Magnetic variation	MagneticVariation	MAGVAR	geographic	P	C	S
Marine farm/culture	MarineFarmCulture	MARCUL	geographic	P	C	S
Military practice area	MilitaryPracticeArea	MIPARE	geographic	P		S
Mooring Trot	MooringTrot	C_AGGR	geographic			N
Mooring/Warping facility	MooringWarpingFacility	MORFAC	geographic	P	C	S
Navigation line	NavigationLine	NAVLNE	geographic		C	
Navigational system of marks	NavigationalSystemOf Marks	M_NSYS	meta			S
Obstruction	Obstruction	OBSTRN	geographic	P	C	S
Offshore platform	OffshorePlatform	OFSPLF	geographic	P		S
Offshore production area	OffshoreProductionArea	OSPARE	geographic			S
Oil barrier	OilBarrier	OILBAR	geographic		C	
Physical AIS aid to navigation	PhysicalAISAidTo Navigation		geographic	P		
Pile	Pile	PILPNT	geographic	P	C	S
Pilot Boarding Place	PilotBoardingPlace	PILBOP	geographic	P		S
Pilotage district	PilotageDistrict		geographic			S
Pipeline Overhead	PipelineOverhead	PIPOHD	geographic		C	
Pipeline Submarine/On Land	PipelineSubmarineOn Land	PIPSOL	geographic		C	
Pontoon	Pontoon	PONTON	geographic	P	C	S
Precautionary area	PrecautionaryArea	PRCARE	geographic	P		S

Production/storage area	ProductionStorageArea	PRDARE	geographic	P	S	
Pylon/bridge support	PylonBridgeSupport	PYLONS	geographic	P	S	
Quality of Bathymetric Data	QualityOfBathymetricData	M_QUAL	meta		S	
Quality of Non-Bathymetric Data	QualityOfNonBathymetricData	M_ACCY	meta		S	
Quality of Survey	QualityOfSurvey	M_SREL	meta	C	S	
Radar line	RadarLine	RADLNE	geographic	C		
Radar range	RadarRange	RADRNG	geographic		S	
Radar reflector	RadarReflector	RADRFL	geographic	P		
Radar station	RadarStation	RADSTA	geographic	P		
Radar transponder beacon	RadarTransponderBeacon	RTPBCN	geographic	P		
Radio calling-in point	RadioCallingInPoint	RDOCAL	geographic	P	C	
Radio station	RadioStation	RDOSTA	geographic	P		
Railway	Railway	RAILWY	geographic		C	
Range System	RangeSystem	C_AGGR	geographic			N
Rapids	Rapids	RAPIDS	geographic	P	C	S
Recommended Route Centreline	RecommendedRouteCentreline	RCRTCL	geographic		C	
Recommended track	RecommendedTrack	RECTRC	geographic		C	
Recommended traffic lane part	RecommendedTrafficLanePart	RCTLPT	geographic	P		S
Rescue station	RescueStation	RSCSTA	geographic	P		S
Restricted Area Navigational	RestrictedAreaNavigational	RESARE	geographic			S
Restricted Area Regulatory	RestrictedAreaRegulatory	RESARE	geographic			S
Retroreflector	Retroreflector	RETRFL	geographic	P		
River	River	RIVERS	geographic		C	S
Road	Road	ROADWY	geographic		C	S
Runway	Runway	RUNWAY	geographic	P	C	S
Sandwave	Sandwave	SNDWAV	geographic	P	C	S
Sea area/named water area	SeaAreaNamedWaterArea	SEAARE	geographic	P		S
Seabed area	SeabedArea	SBDARE	geographic	P	C	S
Seaplane Landing Area	SeaplaneLandingArea	SPLARE	geographic	P		S
Shoreline construction	ShorelineConstruction	SLCONS	geographic	P	C	S
Signal Station Traffic	SignalStationTraffic	SISTAT	geographic	P		S
Signal Station Warning	SignalStationWarning	SISTAW	geographic	P		S
Silo/tank	SiloTank	SILTNK	geographic	P		S
Slope topline	SlopeTopline	SLOTOP	geographic		C	
Sloping ground	SlopingGround	SLOGRD	geographic	P		S
Small craft facility	SmallCraftFacility	SMCFAC	geographic	P		S
Sounding	Sounding	SOUNDG	geographic			PS
Sounding datum	SoundingDatum	M_SDAT	meta			S

Span Fixed	SpanFixed	BRIDGE	geographic	C	S	
Span Opening	SpanOpening	BRIDGE	geographic	C	S	
Spring	Spring	SPRING	geographic	P		
Straight territorial sea baseline	StraightTerritorialSeaBaseline	STSLNE	geographic	C		
Submarine pipeline area	SubmarinePipelineArea	PIPARE	geographic	P	S	
Submarine transit lane	SubmarineTransitLane	SUBTLN	geographic		S	
Swept Area	SweptArea	SWPARE	geographic		S	
Territorial sea area	TerritorialSeaArea	TESARE	geographic		S	
Text placement	TextPlacement		cartographic	P		
Tidal stream - flood/ebb	TidalStreamFloodEbb	TS_FEB	geographic	P	S	
Tidal stream panel data	TidalStreamPanelData	TS_PAD	geographic	P	S	
Tideway	Tideway	TIDEWY	geographic	C	S	
Traffic separation line	TrafficSeparationLine	TSELNE	geographic	C		
Traffic Separation Scheme	TrafficSeparationScheme	C_AGGR	geographic			N
Traffic separation scheme boundary	TrafficSeparationSchemeBoundary	TSSBND	geographic	C		
Traffic separation scheme crossing	TrafficSeparationSchemeCrossing	TSSCRS	geographic		S	
Traffic separation scheme lane part	TrafficSeparationSchemeLanePart	TSSLPT	geographic		S	
Traffic separation scheme roundabout	TrafficSeparationSchemeRoundabout	TSSRON	geographic		S	
Traffic separation zone	TrafficSeparationZone	TSEZNE	geographic		S	
Tunnel	Tunnel	TUNNEL	geographic	C	S	
Two-Way Route	TwoWayRoute	C_AGGR	geographic			N
Two-way route part	TwoWayRoutePart	TWRTPT	geographic		S	
Underwater/awash rock	UnderwaterAwashRock	UWTROC	geographic	P		
Unsurveyed area	UnsurveyedArea	UNSARE	geographic		S	
Update information	UpdateInformation		meta	P	C	S
Vegetation	Vegetation	VEGATN	geographic	P	C	S
Vertical datum of data	VerticalDatumOfData	M_VDAT	meta		S	
Vessel Traffic Service Area	VesselTrafficServiceArea	ADMARE	geographic		S	
Virtual AIS Aid to Navigation	VirtualAISAidToNavigation	NEWOBJ	geographic	P		
Water turbulence	WaterTurbulence	WATTUR	geographic	P	C	S
Waterfall	Waterfall	WATFAL	geographic	P	C	
Weed/Kelp	WeedKelp	WEDKLP	geographic	P	S	
Wind Turbine	WindTurbine	LNDMRK (CATLMK = 19)	geographic	P		
Wreck	Wreck	WRECKS	geographic	P	S	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΟΜΑΔΕΣ ΠΡΟΒΟΛΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ S-101

id	Όνομα	Περιγραφή
11000	Information about the chart display	Base: A, B - Chart Furniture
11010	cursor [symbol SY(CURSRA01)]	Base: A, B - Chart Furniture
11030	scalebar, latitude scale [SY(SCALEB10),SY(SCALEB11)]	Base: A, B - Chart Furniture
11040	north arrow [SY(NORTHAR1)]	Base: A, B - Chart Furniture
11050	no data [colour NODTA, AP(NODATA03)], unsurveyed (UNSARE), incompletely surveyed area	Base: A, B - Chart Furniture
11060	Non-HO data boundary LC(NONHODAT)	Base: A, B - Chart Furniture
12000	Land area	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12010	land area (LANDARE)	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12200	Dangers above water	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12210	bridge (BRIDGE), pylon (PYLONS), overhead cable (CBLOHD), conveyor (CONVYR), overhead pipeline (PIPOHD), offshore platform (OFSPLF)	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12400	Shoreline	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12410	coastline (COALNE), ice shelf, glacier (ICEARE), shoreline construction (SLCONS), tie-up wall, dolphin (MORFAC), gate (GATCON, pile (PILPNT), crib, wellhead, ice boom (OBSTRN), floating dock (FLODOC), hulk (HULKES), pontoon (PONTON), oilboom (OILBAR), log boom (LOGPON), flood barrage (DAMCON, CATDAM3)	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
12420	dock (DOCARE), lock (LOKBSN), canal (CANALS), river (RIVERS)	Base: C, D, E, F - Topography and Infrastructure
13000	Safety Contour	Base: H, I - Hydrography
13010	safety contour (from conditional symbology procedure DEPCNT03)	Base: H, I - Hydrography
13030	depth area (DEPARE), dredged area (DRGARE)	Base: H, I - Hydrography
14000	Dangers under water	Base: J, K, L - Subsea Features
14010	isolated underwater dangers in water deeper than the displayed safety contour (rocks, wrecks, obstructions, mooring cables from conditional symbology procedure)	Base: J, K, L - Subsea Features
14050	Isolated above water danger in safe water	Base: J, K, L - Subsea Features
21000	Information about the chart display	Standard: A, B - Information about the chart display
21010	Unknown object (magenta question mark)	Standard: A, B - Information about the chart display
21020	Generic object (NEWOBJ01)	Standard: A, B - Information about the chart display
21030	Chart scale boundary, overscale data [AP(OVERSCO1)]	Standard: A, B - Information about the chart display

21060	Place-holder for geographic names (LNDRGN, SEAARE)	Standard: A, B - Information about the chart display
22000	Major Coastal Features	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
22010	Lake (LAKARE), sloping ground (SLOGRD), slope top (SLOTOP), dyke (DYKCON), causeway (CAUSWY), dam (DAMCON)	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
22200	Conspicuous landmarks	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
22210	Radar conspicuous object (any object with attribute CONRAD 1)	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
22220	Visually conspicuous object (any object with attribute CONVIS 1)	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
22240	Built up area (BUAARE)	Standard: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
23000	Depths	Standard: H, I - Depths, Currents, etc.
23010	Area of depth less than the safety contour (DIAMOND1 pattern)	Standard: H, I - Depths, Currents, etc.
23030	Swept area (SWPARE)	Standard: H, I - Depths, Currents, etc.
24000	Seabed dangers	Standard: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
24010	Mooring cables (MORFAC, CATMOR6), (CBLSUB, CATCBL6), tunnel on Seabed (TUNNEL, BURDEP=0), sandwaves (SNDWAV)	Standard: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
24020	Isolated underwater danger in unsafe water	Standard: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
24050	Isolated above water danger in unsafe water	Standard: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
25000	Routes and Tracks	Standard: M - Traffic routes
25010	Leading line, clearing line (NAVLNE), traffic lane (TSSLPT), deep water route (DWRTPPT), traffic separation area (TSEZNE), traffic separation line (TSELNE), traffic roundabout (TSSRON), traffic crossing (TSSCRS), precautionary area (PRCARE), traffic separation scheme boundary (TSSBND), deep water route centre line (DWRCTCL), two way route part (TWRTPPT), inshore traffic zone (ISTZNE)	Standard: M - Traffic routes
25020	Recommended track (RECTRC), recommended traffic lane (RCTLPT), recommended route centreline (RCRTCL)	Standard: M - Traffic routes
25030	Ferry route (FERYRT)	Standard: M - Traffic routes
25040	Radar line (RADLNE), limit of shore radar (RADRNG)	Standard: M - Traffic routes
25060	Radio calling in point (RDOCAL)	Standard: M - Traffic routes
26000	Restricted and Cautionary Areas	Standard: N - Special areas
26010	Restricted area (RESARE)	Standard: N - Special areas
26040	Submarine transit lane (SUBTLN), military practice area (MIPARE), sea plane landing area (SPLARE), offshore production area (OSPARE)	Standard: N - Special areas
26050	Fairway (FAIRWY)	Standard: N - Special areas
26150	Caution area (CTNARE)	Standard: N - Special areas
26200	Information Areas. Protected Areas	Standard: N - Special areas
26210	Information Areas. Protected Areas	Standard: N - Special areas
26220	Anchorage area (ACHARE), anchor berth (ACHBRT)	Standard: N - Special areas
26240	Dumping ground (DMPGRD)	Standard: N - Special areas

26250	Cargo transhipment (CTSARE), incineration (ICNARE)	Standard: N - Special areas
26260	Archipelagic sea lane (ASLXIS, ARCSLN)	Standard: N - Special areas
27000	Buoys, Beacons, Topmarks, Lights, Fog Signals	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27010	Buoy (BOYxxx), light float (LITFLT), mooring buoy (MORFAC, CATMOR7)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27011	Light vessel (LITVES)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27020	Beacon (BCNxxx)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27025	Daymark (DAYMAR)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27030	Distance mark (DISMAR)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27040	Direction of buoyage IALA buoyage regions (M_NSYS)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27050	topmarks (TOPMAR) - for paper chart symbols	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27060	gridiron (GRIDRN)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27070	light (LIGHTS)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27080	fog signal (FOGSIG), retro-reflector (RETRFL)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27200	Radar	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27210	racon (RTPBCN)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
27230	radar reflector (RADRFL)	Standard: P, Q, R, S - Buoys and Beacons, Lights, Fog signals, RADAR
28000	Services	Standard: T, U - Services and Small craft facilities
28010	pilot boarding point (PILBOP)	Standard: T, U - Services and Small craft facilities
28020	signal station, traffic (SISTAT), sig. stn. warning (SISTAW)	Standard: T, U - Services and Small craft facilities
31000	Information about the Chart Display	Other: A, B - Information about the chart display
31010	accuracy of data (M_ACCY), survey reliability (M_SREL), quality of data (M_QUAL)	Other: A, B - Information about the chart display
31011	symbol LOWACC01, identifying low accuracy data, applied to the spatial object of point and area wrecks, rocks and obstructions and to point land areas	Other: A, B - Information about the chart display
31020	nautical publication (M_NPUB)	Other: A, B - Information about the chart display
31030	Additional Information INFORM, NINFOM	Other: A, B - Information about the chart display
31031	Additional Documents NTXTDS, TXTDSC, PICREP	Other: A, B - Information about the chart display
31032	Date dependent	The object is present only during the indicated period
31040	dataCoverage	Other: A, B - Information about the chart display
31080	magnetic variation (MAGVAR), local magnetic anomaly (LOCMAG)	Other: A, B - Information about the chart display
32000	Natural Features	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features

32010	dunes , hills (SLOGRD), ridge, clifftop (SLOTOP), contours and elevation (LNDELV)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32030	trees, vegetation, mangrove (VEGATN), marsh (LNDRGN)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32050	river (RIVERS) or lake (LAKARE); also rapids (RAPIDS), waterfall (WATFAL)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32070	tideway (TIDWAY)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32200	Shore Structures	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32220	any of the following not classified as CONVIS1 (conspicuous): landmark (LNDMRK), building (BUISGL), tank, silo, water tower (SILTNK), wall (FNCLNE), fort (FORSTC)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32240	airport (AIRARE), runway (RUNWAY)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32250	any of the following not classified as CONVIS1 (conspicuous): landmark (LNDMRK), building (BUISGL), tank, silo, water tower (SILTNK), wall (FNCLNE), fort (FORSTC)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32270	quarry, refinery, power station, tank farm, wind farm, factory, timber yard (PRDARE)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32400	Port Features	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32410	harbour type (HRBFAC), customs check point (CHKPNT) [note: \"small craft facilities\" (SMCFAC) is in group 38210]	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
32440	berth number (BERTHS), mooring facility (such as bollard) (MORFAC), , gate (such as lock gate) (GATCON) , dry dock (DRYDOC), crane (CRANES)	Other: C, D, E, F - Natural and man made features, Port features
33000	Depths, Currents, Tide rips, etc.	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33010	Soundings (SOUNDG)	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33020	depth contours (DEPCNT) other than the safety contour	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33021	label for the safety contour	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33022	label for contours other than the safety contour	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33040	water turbulence (WATTUR)	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33050	tidal information (T_HMON, T_NHMN, T_TIMS)	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
33060	current and tidal stream information (CURENT, TS_FEB, TS_PAD, TS_PNH, TS_PRH, TS_TIS)	Other: H, I - Depths, Currents, etc.
34000	Seabed Information: rocks, wrecks and obstructions, pipes and cables	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34010	nature of seabed (SBDARE)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34020	spring (SPRING), sea weed (WEDKLP)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34030	Pipeline area (PIPARE), cable area (CBLARE)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34050	rocks (UWTROC), wrecks (WRECKS), obstructions (OBSTRN), which are not a danger to own ship's navigation (these are all Display Base if a danger to own ship)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34051	non-dangerous rocks (UWTROC), wrecks (WRECKS) and obstructions (OBSTRN) which have a VALSOU attribute and are not a danger to own-ship's navigation (these objects are all Display Base if a danger to own-ship)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines
34070	submarine cable (CBLSUB), submarine pipeline (PIPSOL)	Other: J, K, L - Seabed, Obstructions, Pipelines

35000	Routes	Other: M - Traffic Routes
36000	Administrative Areas, (by cursor enquiry)	Other: N - Special areas
36010	continental shelf (COSARE)	Other: N - Special areas
36020	harbour area (HRBARE) free port area (FRPARE), customs zone (CUSZNE)	Other: N - Special areas
36040	fishery zone (FSHZNE)	Other: N - Special areas
36050	Contiguous zone (CONZNE), exclusive economic zone (EXEZNE), national territorial area (NATARE), territorial sea (TESARE), territorial sea baseline (STSLNE), administration area (ADMARE)	Other: N - Special areas
38000	Services	Other: T, U - Services and Small craft facilities
38010	radar station (RADSTA), radio station (RDOSTA)	Other: T, U - Services and Small craft facilities
38030	coastguard station (CGUSTA), rescue station (RSCSTA)	Other: T, U - Services and Small craft facilities
38200	Small craft facilities	Other: T, U - Services and Small craft facilities
38210	small craft facilities (SMCFAC)	Other: T, U - Services and Small craft facilities
11	Text: Important	Various important text: Bearings, Clearances, Recommendations, Radio info
21	Text: Name or number	Name or Number of Buoys, Beacons, Daymarks, Light Vessels, Light Floats, Offshore Platforms
23	Text: Light Description	Light description string
24	Text: Supplementary information	Note on chart data (INFORM) or nautical publication (TXTDSC)
25	Text: Nature of Seabed	Seabed area surface characteristics
26	Text: Geographic Names	Names of Anchorages, Bridges, Buildings, Docks, etc.
27	Text: MagVar, Swept Depth	Value of magnetic variation and swept depth
28	Text: Height of land area	Height of islet or land feature
29	Text: Berth Number	Number of Berth or Anchor Berth
30	Text: Current velocity	The velocity of a tidal or non-tidal current.
101	Safety Contour Highlight	Used to turn on or off the graphical highlighting of alerts triggered by the safety contour.
102	Traffic Separation Zone Highlight	Alert highlight: Traffic Separation Zone
103	Inshore Traffic Zone Highlight	Alert highlight: Inshore Traffic Zone
104	Restricted Area Highlight	Alert highlight: Restricted Area
105	Caution Area Highlight	Alert highlight: Caution area
106	Offshore Production Area Highlight	Alert highlight: Offshore production area
107	Areas to be Avoided Highlight	Alert highlight: Areas to be avoided
108	User Defined Areas to be Avoided Highlight	Alert highlight: User defined areas to be avoided
109	Military Practice Area Highlight	Alert highlight: Military practice area
110	Seaplane Landing Area Highlight	Alert highlight: Seaplane landing area
111	Submarine Transit Lane Highlight	Alert highlight: Submarine transit lane
112	Anchorage Area Highlight	Alert highlight: Anchorage area
113	Marine Farm/Aquaculture Highlight	Alert highlight: Marine farm/aquaculture
114	PSSA (Particularly Sensitive Sea Area) Highlight	Alert highlight: PSSA (Particularly Sensitive Sea Area)
115	Navigational Hazards Highlight	Used to turn on or off the graphical highlighting of alerts triggered by navigational hazards