

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ  
ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ<sup>1</sup>**

Λύσανδρος Κ. Τσουόλος

1. Εισαγωγή

Η εποχή που διανύουμε χαρακτηρίζεται από ένα είδος καθολικής διεξόδου της πληροφορικής και της μικροηλεκτρονικής στο σύνολο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και επιστημών.

Στον χώρο της χαρτογραφίας η τάση αυτή εκδηλώθηκε τόσο με την διάξοδο που δόθηκε στα " υπολογιστικά " και " σχεδιαστικά " προβλήματα των χαρτών, όσο - κυρίως - και με την δημιουργία οργανωμένων τραπεζών ψηφιακών πληροφοριών. Η νέα αυτή μορφή της πληροφορίας έδωσε την δυνατότητα στους χαρτογραφικούς φορείς να αξιοποιήσουν σωστά τον τεράστιο όγκο των στοιχείων που διαθέτουν και να εκδώσουν σειρές χαρτογραφικών προϊόντων, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών. Φυσικά, η διεξόδου αυτή επηρέασε κατά κύριο λόγο την μεθοδολογία συνθέσεως, δεδομένου ότι το τελικό προϊόν - έστω και με διαφορετικές προδιαγραφές - ήταν ένας χάρτης τυπωμένος σε χαρτί ή σχεδιασμένος στην οθόνη γραφικών του αυτόματου συστήματος χαρτογραφήσεως (ηλεκτρονικός χάρτης).

Η απεικόνιση του χάρτη στην οθόνη των γραφικών υλοποιείται με την χρήση των χαρτογραφικών συμβόλων που αποτελούν το κύριο μέσο (γλώσσα) επικοινωνίας μεταξύ χρήστη και χάρτη. Η σχεδίαση της βιβλιοθήκης των συμβόλων του συστήματος αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης έρευνας αν ληφθούν υπ' όψιν οι παράγοντες που διέπουν το πρόβλημα, ήτοι:

α. Τα σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν όμοια με τα αντίστοιχα της παραδοσιακής μορφής του χάρτη, σε σχέση με τα εξγενή χαρακτηριστικά των γραφικών τερματικών. Αυτό θα διευκολύνει τον χρήστη στην αξιοποίηση της ήδη αποκτηθείσας εμπειρίας για την επικοινωνία με την νέα μορφή του χάρτη.

β. Η ταχύτητα απόδοσης του κάθε συμβόλου στην οθόνη θα πρέπει να είναι η μεγαλύτερη δυνατή, με παράλληλη ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου για την αποθήκευση της βιβλιοθήκης συμβόλων χώρου μνήμης του συστήματος.

γ. Η βιβλιοθήκη συμβόλων καθ'αυτή (στην ψηφιακή της φυσική μορφή) θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το σύνολο των συστημάτων χαρτογραφήσεως ή/και των γραφικών τερματικών.

-----  
1. " DESIGN OF A SYMBOL LIBRARY  
FOR ELECTRONIC CHART DISPLAY SYSTEMS "

Lysandros K. Tsoulos, Surveying Eng. - Cartographer  
Head, Computing Center - Hellenic Navy Hydrographic Service  
TGN 1040 Athens - Greece  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Το σύμβολο στη χαρτογραφία είναι μία επιλεγμένη εικόνα η οποία απεικονίζει ένα γεωγραφικό δεδομένο, που μπορεί να είναι πρωτογενές ή παράγωγο. Η σχεδίαση οποιουδήποτε συμβόλου υλοποιείται με την διαφοροποίηση μιάς ή περισσοτέρων παραμέτρων οι οποίες καλούνται οπτικές μεταβλητές.

Οι οπτικές μεταβλητές είναι το σχήμα, η απόχρωση, το μέγεθος, η ένταση και ο προσανατολισμός.

Η απόδοση των συμβόλων στην οθόνη του συστήματος (ηλεκτρονικός κάρτης), επηρεάζεται καθοριστικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οθόνης του τερματικού και είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού με τον οποίο υλοποιούνται οι πέντε οπτικές μεταβλητές στην οθόνη γραφικών.

## 2. Η δημιουργία της εικόνας στην οθόνη γραφικών

Η δημιουργία της εικόνας στην οθόνη γραφικών, έχει γενικά τρεις συνιστώσες:

- α. Την λειτουργία της οθόνης γραφικών.
- β. Την διαδικασία με την οποία αποδίδεται η εικόνα στην οθόνη.
- γ. Την μέθοδο γραφικών που χρησιμοποιεί το τερματικό.

### 2.1 Η λειτουργία της οθόνης γραφικών

Η λειτουργία της οθόνης γραφικών έχει πολλές ομοιότητες με την λειτουργία της τηλεόρασης. Ένας εκτοξευτής ηλεκτρονίων (electron gun) "βομβαρδίζει" την εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα των καθοδικών ακτίνων (CRT - Cathode Ray Tube) με μια λεπτή δέσμη ηλεκτρονίων (electron beam). Η εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα των καθοδικών ακτίνων είναι επικρισμένη με στοιχεία φωσφόρου (phosphors) τα οποία ακτινοβολούν, όταν πέσει στην επιφάνειά τους η δέσμη ηλεκτρονίων.

Στην μονόχρωμη οθόνη γραφικών υπάρχει ένας απλός εκτοξευτής που σαρώνει την εσωτερική επιφάνεια του καθοδικού σωλήνα. Η δέσμη ηλεκτρονίων κατά την σάρωση εκπέμπεται με μικρής διάρκειας και ακριβείς διακοπές, ώστε να φωτίζονται ορισμένα τμήματα της οθόνης και να παράγεται κατά τον τρόπο αυτό η εικόνα.

Στην έγχρωμη οθόνη γραφικών υπάρχουν τρεις δέσμες εκτόξευσης ηλεκτρονίων για κάθε μια από τις βασικές (πρωτεύουσες) αποχρώσεις (κόκκινο, πράσινο και μπλε), που ακτινοβολούν ανάλογα σε διαφορετικές ποσότητες. Επίσης, στην επικρισμένη επιφάνεια υπάρχει μεγάλος αριθμός στοιχείων φωσφόρου που είναι διατεταγμένα σε τριάδες. Η κάθε τριάδα αποτελείται από τρία διαφορετικά στοιχεία φωσφόρων που ακτινοβολεί το κάθε ένα διαφορετικό χρώμα (κόκκινο, πράσινο και μπλε). Οι εκτοξευτές σαρώνουν την εσωτερική επιφάνεια της οθόνης ταυτόχρονα. Μεγάλης ακρίβειας σύγκλιση των ακτίνων διατηρείται σε χρόνο, διεύθυνση και θέση, ώστε η εικόνα να είναι ακριβής. Το λευκό χρώμα ενός στοιχειώδους τμήματος της οθόνης είναι αποτέλεσμα του φωτισμού της τριάδας φωσφόρων του με ίση αναλογία πρωτευουσών αποχρώσεων.

Οι φώσφοροι μένουν διεγερμένοι και ακτινοβολούν μόνο για κλάσματα του δευτερολέπτου μετά τον βομβαρδισμό. Για να παραμένουν φωτεινοί, θα πρέπει να "βομβαρδίζονται" με μεγάλη συχνότητα.

Κάθε δέσμη ηλεκτρονίων εκτελεί "κύκλο" εκπομπής και διακοπής με μεγάλη συχνότητα και ακρίβεια, ενώ σαρώνει την εσωτερική επιφάνεια της οθόνης και παράγει ένα σύστημα διατεταγμένων κουκίδων κατά τις δύο διαστάσεις της οθόνης που καλούνται στοιχειώδη τμήματα ή pixels (picture elements). Το pixel είναι το ελάχιστο στοιχείο γραφικής πληροφορίας που μπορεί να εμφανίσει η οθόνη γραφικών. Οι εντολές γραφικών που στέλνονται από την μονάδα ελέγχου γραφικών του τερματικού (graphics controller), προσδιορίζουν το pixel που θα φωτισθεί, την ένταση και την απόχρωση. Όταν μια ομάδα από διαδοχικά pixels φωτισθούν συγχρόνως, το ανθρώπινο μάτι τα αντιλαμβάνεται σαν ενιαία εικόνα.

Η ανάλυση (resolution) της οθόνης του τερματικού μετράται με τον αριθμό των pixels που έχει στον κάθε άξονα. Υψηλότερη ανάλυση χαρακτηρίζεται αυτή που προσφέρει τον μεγαλύτερο αριθμό pixels στον κάθε άξονα και ως εκ τούτου ακριβέστερη και λεπτομερέστερη ψηφιακή εικόνα που προσεγγίζει την αναλογική.

## 2.2 Η απόδοση της εικόνας στην οθόνη γραφικών

Κάθε εικόνα εμφανίζεται στην οθόνη του τερματικού σαν σύνολο από φωτισμένα pixels. Για να παρουσιαστεί αυτό το αποτέλεσμα, θα πρέπει το τερματικό να "χωνίζει" την θέση και τα χαρακτηριστικά των pixels που πρέπει να φωτίσει. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι απαραίτητο ο χειριστής να προσδιορίσει τι θα πρέπει να συμβεί σε κάθε pixel. Το σύστημα του Η/Υ εμφανίζει τις παραστάσεις αυτές μέσα σε πρακτικά αμελητέο χρόνο, χρησιμοποιώντας λογισμικό (firmware instruction sets) που είναι εγκατεστημένο μόνιμως στο σύστημα (Graphics Controller). Τα προγράμματα αυτά μεταφράζουν τις εντολές γραφικών σε λειτουργίες που θα πρέπει το τερματικό να εκτελέσει.

Η βασική ροή της λειτουργίας μέσω της οποίας μία εντολή γραφικών γίνεται εικόνα στην οθόνη του τερματικού γραφικών ακολουθεί τα επόμενα βήματα :

i. Το τερματικό γραφικών λαμβάνει μία εντολή γραφικών. Η εντολή αυτή μπορεί να προέρχεται, είτε από την εκτέλεση προγράμματος είτε από αρχείο που υπάρχει σε μονάδα δευτερεύουσας μνήμης (storage device), είτε ακόμα και από το πληκτρολόγιο.

ii. Το τερματικό αναλύει (ελέγχει τυχόν ύπαρξη λαθών) και μεταφράζει την εντολή σε κώδικες γραφικών (internal display data), τους οποίους μπορεί να αναγνωρίσει το κύκλωμα οθόνης (terminal's display circuitry) και στη συνέχεια αποθηκεύει τους κώδικες στην μνήμη της οθόνης (display memory).

iii. Το κύκλωμα οθόνης ενεργοποιούμενο σαρώνει την μνήμη της οθόνης και μεταφράζει τους κώδικες σε εντολές προς τον κάθε εκτοξευτή ηλεκτρονίων (electron gun). Έτσι, φωτίζονται τα κατάλληλα pixels της οθόνης, με κατάλληλη απόχρωση και ένταση.

Συνοπτικά μπορεί να λεχθεί ότι, για να δημιουργηθεί ή να εμφανισθεί μία εικόνα, πρέπει να δοθούν οι κατάλληλες εντολές γραφικών στο τερματικό, το οποίο στη συνέχεια θα τις μετατρέψει σε λειτουργικά δεδομένα οθόνης, με αποτέλεσμα την απόδοση της εικόνας σαν σύνολο κατάλληλα φωτισμένων pixels.

### 3. Μέθοδοι απόδοσης γραφικών.

Ενας παράγων που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εικόνα στις οθόνες γραφικών, είναι η μέθοδος με την οποία λειτουργεί το τερματικό, για να παράγει τα κατάλληλα γραφικά. Έχουν αναπτυχθεί τρεις διαφορετικές μέθοδοι, οι οποίες χαρακτηρίζονται σαν μέθοδοι γραφικών. Η διαφορά τους συνίσταται στον τρόπο που διαχειρίζονται την στοιχειώδη γραφική μονάδα της οθόνης, το pixel. Οι τρεις μέθοδοι είναι :

α. Με χρήση χαρακτήρων γραφικών (character cell graphics)

β. Με χρήση εντολών στοιχειωδών τμημάτων - pixels (raster graphics)

γ. Με χρήση εντολών διανυσμάτων (vector graphics)

Κάθε μέθοδος είναι κατάλληλη για ορισμένο τύπο εφαρμογών και είναι ανεξάρτητη, δηλαδή κάθε εικόνα παράγεται από την χρήση μόνο μιας μεθόδου και μέχρι προσφάτως ήταν αδύνατη η χρησιμοποίηση δύο μεθόδων στην ίδια εφαρμογή. Επίσης πολλές οθόνες έχουν την δυνατότητα να παράγουν γραφικά μόνο με μία μέθοδο, με αποτέλεσμα πολλά τερματικά να ανταποκρίνονται σε ένα μόνο τύπο γραφικών. Στην συνέχεια θα γίνει περιγραφή κάθε μεθόδου ξεχωριστά, καθώς και των πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων τους, ώστε να χρησιμοποιηθεί η καταλληλότερη στην απόδοση των γεωγραφικών δεδομένων με την μορφή του ηλεκτρονικού κάρτη.

#### 3.1 Απόδοση με χρήση χαρακτήρων γραφικών.

Στα πρώτα βήματα των υπολογιστών, όταν το τηλετύπο (teletype) ήταν η μοναδική μονάδα εξόδου με απόδοση γραφικών σε καρτί; για την δημιουργία της εικόνας μπορούσε να χρησιμοποιήσει σαν στοιχεία μόνο αλφαριθμητικούς χαρακτήρες. Έτσι π.χ για να σχεδιασθεί μια γραμμή υπολογίζονται αρχικά οι θέσεις, στις οποίες στην συνέχεια τυπώνονται χαρακτήρες. Τα γραφικά της μορφής αυτής χαρακτηρίζονται σήμερα σαν πρωτόγονα, αν και υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές στις οποίες παρουσιάζουν πραγματικό ενδιαφέρον.

Στην συνέχεια, όταν η οθόνη εξελίχθηκε, κάθε χαρακτήρας εμφανίστηκε σαν πρότυπο (pattern) κατάλληλα διατεταγμένων pixels σε φανίλα καθορισμένων διαστάσεων. Αυτή την μορφή έχουν και σήμερα οι χαρακτήρες στις οθόνες των τερματικών.

#### 3.2 Απόδοση γραφικών με χρήση εντολών στοιχειωδών τμημάτων-pixels

Η μέθοδος γραφικών με χρήση εντολών pixels, αξιοποιεί ένα σύνολο εντολών των pixels, το οποίο επιτρέπει τον έλεγχο μεμονωμένων ή και ομάδων pixels. Οι pixel εντολές δίνουν απ' ευθείας σήμα στη μνήμη της οθόνης του τερματικού.

Η μέθοδος των pixel εντολών είναι σε μεγάλο βαθμό εφαρμόσιμη σε αποδόσεις που απαιτούν οθόνες υψηλής ανάλυσης, εικόνες που

προσεγγίζουν κατά το δυνατό τις αναλογικές. Τέτοιες εφαρμογές στην картоγραφία, είναι η ανάλυση και απόδοση δορυφορικών εικόνων της γήινης επιφανείας.

### 3.3 Απόδοση γραφικών με χρήση εντολών διανυσμάτων

Η μέθοδος γραφικών με χρήση εντολών διανυσμάτων αξιοποιεί σαν στοιχειώδες μέσο απόδοσης το διάνυσμα. Ένα διάνυσμα μπορεί να σχεδιαστεί με μία απλή εντολή. Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί της μεθόδου των pixels, γιατί δεν χρειάζεται η επεξεργασία πλήθους μεμονωμένων σημείων. Επίσης πλεονεκτεί της μεθόδου με χρήση χαρακτηριστικών γραφικών, γιατί είναι ανεξάρτητη των διαστάσεων των φαντίων (graphics cell).

Η απόδοση των γραφικών με χρήση εντολών διανυσμάτων επιτρέπουν την "μεταφορά" της βιβλιοθήκης των συμβόλων (portability) που θα δημιουργηθεί με βάση τις επιταγές της. Αυτό σημαίνει ότι αν και κάθε τερματικό έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά με την παρεμβολή ενός κατάλληλου προγράμματος συμβατότητας, μπορεί η ίδια εικόνα να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε οθόνη, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά της.

Ένα τυπικό σύνολο εντολών διανυσμάτων περιλαμβάνει εντολές πρωτογενών γραφικών, όπως ευθύγραμμο και κυκλικά τμήματα, πολύγωνα, χαρακτήρες και σύνολα συμβόλων. Η εικόνα σχηματίζεται από εντολές που σχεδιάζουν τα στοιχειώδη τμήματά της, σε ποικίλες θέσεις, μεγέθη και χρώματα.

## 4. Χαρτογραφική απόδοση

Το λογισμικό απεικόνισης των συμβόλων αποτελείται από δύο μέρη τα οποία συσχετίζονται άμεσα:

α. Την βάση δεδομένων των θέσεων και χαρακτηριστικών των γεωγραφικών στοιχείων.

β. Την βιβλιοθήκη συμβόλων και το λογισμικό επεξεργασίας - σχεδίασης.

Το δεύτερο τμήμα έχει σχεδόν αμετάβλητο περιεχόμενο, ενώ το πρώτο αναθεωρείται και επεκτείνεται συστηματικά.

### 4.1 Βάση δεδομένων

Η δομή της βάσης δεδομένων των γεωγραφικών στοιχείων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων (που απεικονίζονται με σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά σύμβολα) και να είναι λειτουργική, απλή, ευέλικτη και να αποδίδει άμεσα την εικόνα. Πρέπει επίσης να είναι επεκτάσιμη και η δομή της να προσφέρει δυνατότητα αναθεώρησης των γεωγραφικών δεδομένων.

### 4.2 Βιβλιοθήκη συμβόλων και λογισμικά σχεδίασης

Η βιβλιοθήκη συμβόλων και το λογισμικό επεξεργασίας και σχεδίασης αποτελούν το "μόνιμο" μέρος του συστήματος απόδοσης των συμβόλων στον ηλεκτρονικό χάρτη. Το λογισμικό επικοινωνεί άμεσα με τη βάση δεδομένων των θέσεων και περιγραφών των γεωγραφικών στοιχείων και τη βιβλιοθήκη των συμβόλων.

Γενικά η λειτουργία του συστήματος μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Η μονάδα εκτέλεσης δέχεται εντολές από το λογισμικό σχεδίασης, που απευθύνονται στην βάση δεδομένων των συμβόλων (θέσεις, περιγραφές) και χρησιμοποιούν τα κατάλληλα δεδομένα από τη βιβλιοθήκη συμβόλων (δεδομένα σχεδίασης συμβόλων) για την απόδοση.

Τα λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί επηρεάζεται κυρίως, από τον τύπο των αρχείων των συμβόλων που είναι οργανωμένα στη βιβλιοθήκη και λιγότερο από την δομή της βάσης δεδομένων θέσεων και χαρακτηριστικών των συμβόλων. Ως εκ τούτου η μέθοδος δημιουργίας των συμβόλων αποτελεί σημαντική παράμετρο λειτουργικότητας του συστήματος.

##### 5. Μέθοδοι δημιουργίας συμβόλων

Η σχεδίαση του συστήματος απόδοσης συμβόλων, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο των αρχείων των συμβόλων. Η τελική μορφή ενός συμβόλου της βιβλιοθήκης είναι αποτέλεσμα της σύνθεσης επί μέρους γραφικών στοιχείων και προκύπτει από μια σειρά δοκιμών, που στοχεύουν στην βελτιστοποίηση της εικόνας του συμβόλου. Η βιβλιοθήκη συμβόλων για τον ηλεκτρονικό χάρτη μπορεί να δημιουργηθεί με δύο μεθόδους: Την μέθοδο που χρησιμοποιεί εντολές γραφικών (graphics commands) και την μέθοδο που χρησιμοποιεί πακέτα γραφικών (drawing editors).

Στην πρώτη μέθοδο το αρχείο του συμβόλου περιλαμβάνει μια σειρά εντολών γραφικών που διαθέτουν σχεδόν όλες οι γλώσσες προγραμματισμού. Το σύμβολο σχηματίζεται από μία σειρά εντολών που σχεδιάζουν ευθύγραμμα τμήματα ορισμένου μήκους και σε καθορισμένες θέσεις, κύκλους με καθορισμένα κέντρα και ακτίνες, τόξα, πολύγωνα, ... . Το κάθε σύμβολο δηλαδή, χρειάζεται ιδιαίτερο κώδικα για τα γραφικά στοιχεία που το συνθέτουν.

Ο αριθμός των συμβόλων είναι μεγάλος και τα γραφικά στοιχεία που τα αποτελούν ποικίλα, γι' αυτό η μέθοδος αυτή κρίνεται ως μη πρόσφορη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Επίσης εμφανίζει κι άλλες αδυναμίες όπως:

α. Το αρχείο κάθε συμβόλου επειδή λειτουργεί σαν πλήρες πρόγραμμα περιλαμβάνει, εκτός από τις σχεδιαστικές εντολές και άλλες εντολές που αφορούν στο ίδιο πρόγραμμα, με αποτέλεσμα ο χώρος που καταλαμβάνει στη μνήμη να είναι μεγάλος.

β. Η ταχύτητα σχεδίασης με τη μέθοδο αυτή είναι μικρή, γιατί το κάθε σύμβολο εμφανίζεται μετά την "εκτέλεση" του κατάλληλου προγράμματος.

γ. Η επέμβαση, με την μορφή της αλλαγής του σχήματος, του χρώματος ή, του μεγέθους σε ένα σύμβολο που έχει σχεδιαστεί με εντολές γραφικών, είναι χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία.

Η δεύτερη μέθοδος αναφέρεται στην αξιοποίηση πακέτου γραφικών (drawing editor). Τα πακέτα γραφικών είναι προγράμματα που επιτρέπουν την σχεδίαση εικόνων άμεσα και εύκολα στην οθόνη του τερματικού. Προκαθορισμένοι τύποι γραφικών (σημεία, ευθείες, κύκλοι, τόξα, ...) μπορούν να επιλεγούν μέσα από τον κατάλογο επιλογών (pop-up menu) που εμφανίζεται στην οθόνη, και ο χειριστής του τερματικού έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει μια

γραφική παράσταση στη θέση, στο μέγεθος και στο χρώμα που επιθυμεί. Το πακέτο γραφικών δίνει τη δυνατότητα, στα ήδη δημιουργημένα σχήματα να αλλάξουν θέση, προσανατολισμό, απόχρωση, κλίμακα και να καλυφθούν με επιλεγμένα χρώματα ή μοτίβα (patterns). Τέλος οι εικόνες που σχηματίζονται μπορούν να καταχωρηθούν σαν αρχεία στη μονάδα αποθήκευσης του συστήματος.

Η αξιοποίηση ενός πακέτου γραφικών κρίνεται σαν η πιο κατάλληλη μέθοδος για τη δημιουργία συμβόλων του ηλεκτρονικού χάρτη. Το πακέτο γραφικών επιτρέπει τη σχεδίαση των επί μέρους γραφικών στοιχείων των συμβόλων και στη συνέχεια τη σύνθεσή τους. Δίνει τη δυνατότητα μεταβολής των γραφικών στοιχείων σε σχήμα, μέγεθος και απόχρωση, δυνατότητα που είναι πολύ χρήσιμη για τυχόν διορθώσεις και βελτιώσεις της μορφής των συμβόλων. Τα αρχεία των συμβόλων που σχηματίζονται με αυτή τη μέθοδο έχουν δομή περίπλοκη και είναι αναγνωρίσιμα μόνο στο περιβάλλον του πακέτου γραφικών.

Ορισμένα πακέτα γραφικών έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν τις εικόνες τους σε αρχεία κώδικα ASCII, τα οποία δεν είναι εκτελέσιμα. Η μορφή αυτή των αρχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε σύστημα. Τα αρχεία σε κώδικα ASCII είναι αναγνωρίσιμα και περιέχουν τα δεδομένα των στοιχειωδών γραφικών μονάδων (σημείων, γραμμών, κύκλων, ...) που συνθέτουν τα σύμβολα.

Ένα πρόγραμμα σχεδίασης, που έχει δημιουργηθεί με χρήση κάποιας γλώσσας προγραμματισμού, μπορεί να αξιοποιήσει τα δεδομένα αυτά και να τα απεικονίσει σε "ουδέτερο περιβάλλον" (ανεξάρτητο του συστήματος). Για να μπορεί το πρόγραμμα να σχεδιάσει τα σύμβολα σε οθόνες διαφορετικής ανάλυσης, πρέπει τα γραφικά να παράγονται από εντολές διανυσμάτων (π.χ. vector graphics). Κάτι τέτοιο είναι δυνατό, αν τα δεδομένα των συμβόλων που είναι αποθηκευμένα στα ASCII αρχεία είναι δεδομένα που μπορούν να απεικονιστούν με χρήση εντολών διανυσμάτων.

Ανακεφαλαιώνοντας διαπιστώνεται ότι, η καταλληλότερη μέθοδος για την δημιουργία συμβόλων του ηλεκτρονικού χάρτη είναι αυτή που χρησιμοποιεί πακέτα γραφικών (drawing editors). Τα πακέτα γραφικών που εξυπηρετούν με τον καλύτερο τρόπο την συγκεκριμένη εφαρμογή, είναι αυτά που προσφέρουν την δυνατότητα μετασχηματισμού των αρχείων των εικόνων τους σε αρχεία κώδικα ASCII και των οποίων τα δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν από εντολές διανυσμάτων (vector graphics).

### 5.1 Διαδικασία απόδοσης

Στην απόδοση των συμβόλων στον ηλεκτρονικό χάρτη, συμβάλλουν τρεις διαφορετικοί παράγοντες, οι οποίοι συνεργάζονται μεταξύ τους. Οι παράγοντες αυτοί είναι: η βιβλιοθήκη συμβόλων, η βάση δεδομένων των θέσεων και χαρακτηριστικών των γεωγραφικών στοιχείων που θα αποδοθούν και ένα πρόγραμμα το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα και αποδίδει τα σύμβολα στην οθόνη.

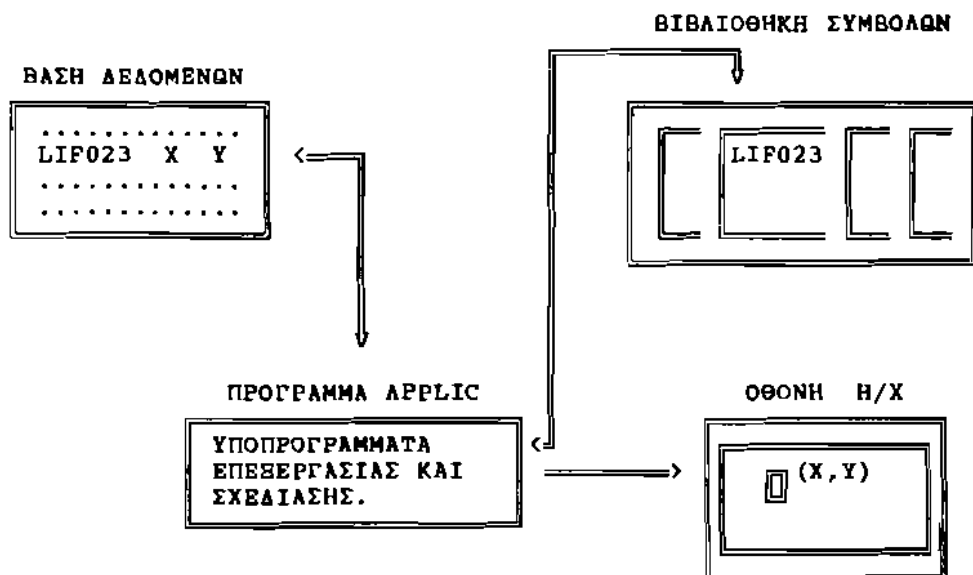
Η δομή των αρχείων που αποτελούν τη βιβλιοθήκη συμβόλων είναι δεδομένη, αφού παράγονται από συγκεκριμένο πακέτο γραφικών. Επίσης η δομή της βάσης δεδομένων, μέσα στην οποία έχουν αρχειοθετηθεί οι θέσεις και τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών στοιχείων είναι δεδομένη για κάθε σύστημα. Το πρόγραμμα το οποίο υλοποιεί την απόδοση ακολουθεί γενικά, την εξής ροή :

**ΦΑΣΗ 1.** : Διαβάζει από τη βάση δεδομένων τον κωδικό ενός συμβόλου, τις θέσεις στις οποίες θα πρέπει να σχεδιαστεί και τα χαρακτηριστικά του για κάθε θέση.

**ΦΑΣΗ 2.** : Ανατρέκει στη βιβλιοθήκη συμβόλων από την οποία διαβάζει τα δεδομένα που αφορούν στο συγκεκριμένο σύμβολο.

**ΦΑΣΗ 3.** : Σχεδιάζει το σύμβολο στις θέσεις και με τα χαρακτηριστικά που έχουν ορισθεί από την βάση δεδομένων.

Γενική σχηματική παράσταση της λειτουργίας αυτής φαίνεται στο σχήμα 1. Τα επί μέρους ειδικότερα στάδια του προγράμματος καθορίζονται από τη δομή της βάσης δεδομένων, τη δομή των αρχείων συμβόλων και τις σχεδιαστικές δυνατότητες του συστήματος.



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση της συνεργασίας του προγράμματος, με την βιβλιοθήκη συμβόλων και τη βάση δεδομένων.

#### 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ : Δημιουργία βιβλιοθήκης συμβόλων σε ηλεκτρονικό κάρτη για χρήση στη ναυτιλία.

Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι η τεκμηρίωση της μεθόδου δημιουργίας συμβόλων που αναλύθηκε στα προηγούμενα.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε αποτελείται από τρία μέρη :

- Την δημιουργία αρχείων σημειακών και γραμμικών συμβόλων ναυτικού χάρτη μέσα από ένα πακέτο γραφικών.
- Την κωδικοποίηση των αρχείων και την οργάνωσή τους σε βιβλιοθήκη συμβόλων.
- Την σύνταξη προγράμματος που χρησιμοποιεί τα αρχεία της βιβλιοθήκης, για να αποδώσει τα σύμβολα σε περιβάλλον αποδεκτό για όλα τα συστήματα.



Οι παράμετροι που προέκυψαν από την ανάλυση των συμβόλων και οι τρόποι οργάνωσης που αναφέρθηκαν συνθέτουν το θεωρητικό μέρος της εφαρμογής αυτής. Η χρησιμοποίηση προγραμμάτων - εργαλείων, με τρόπο που να ευθυγραμμίζεται με το θεωρητικό μέρος, δίνει μια πρώτη προσέγγιση για το λογισμικό μέρος απόδοσης των συμβόλων στον ηλεκτρονικό χώρο.

### 5.1 Δημιουργία συμβόλων με χρήση λογισμικού πακέτου γραφικών .

Η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για την δημιουργία συμβόλων είναι αυτή κατά την οποία η σχεδίαση γίνεται μέσα από ένα πακέτο γραφικών (drawing editor). Για την εφαρμογή αυτή δοκιμάστηκαν μια σειρά πακέτων γραφικών, όπως το Golden Graphics, Harvard Graphics, κ.ά., τα οποία δεν πληρούσαν με τον καλύτερο τρόπο τις απαιτήσεις που είχαν αρχικά προσδιοριστεί. Σαν καταλληλότερο πακέτο γραφικών που ήταν διαθέσιμο, κρίθηκε το AutoCad Ver. 2.52 της εταιρίας Autodesk.

Η επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα γίνεται μέσω περιφερειακών εισόδου, ή απευθείας από το πληκτρολόγιο. Η σχεδίαση των σχημάτων γίνεται σε ένα χώρο της οθόνης στον οποίο είναι ορισμένο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε σημείο ορίζεται από τις συντεταγμένες του στο σύστημα. Οι εντολές γραφικών, επιλέγονται μέσα από βοηθητικά "παράθυρα". Οι δυνατότητες που προσφέρει το AutoCad και χρησιμοποιούνται στην σχεδίαση των συμβόλων διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- α. Γραφικές παραστάσεις : σημείων, ευθειών, κύκλων, τόξων, πολυγώνων καλυμμένων ή όχι κ.ά. .
- β. Παλέττα χρωμάτων : δυνατότητα άμεσης παραγωγής επτά βασικών χρωμάτων: κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, κυανό, μπλε, ματζέντα και άσπρο καθώς και δυνατότητα σχηματισμού 255 χρωμάτων που συντίθενται από συνδυασμό των βασικών.
- γ. Διαφορετικοί τύποι γραμμών : συνεχείς, διακεκομμένες κλπ.
- δ. Επέμβαση σε ήδη σχηματισμένες γραφικές παραστάσεις, όπως
  - Μεταφορά μιας γραφικής παράστασης από το ένα σημείο της οθόνης σε άλλο (εντολή Move).
  - Αντιγραφή γραφικών παραστάσεων σε καθορισμένα σημεία (εντολή Copy).
  - Στροφή ορισμένων σχεδίων ως προς ένα κέντρο με κάποια γωνία (εντολή Rotate).
  - Μεταβολή του μεγέθους των γραφικών παραστάσεων (εντολή Scale).
  - Αλλαγή παραμέτρων γραφικών παραστάσεων, όπως απόχρωση, τύπος της γραμμής (εντολή Change).
  - Αφαίρεση ορισμένων τμήματα γραφικών παραστάσεων (εντολές Break, Trim).
- ε. Βοηθήματα σχεδίασης: κάνναβος, βαθμονομημένοι άξονες
- στ. Σύνθεση αρχείων εικόνων: δυνατότητα σύνθεσης δύο αρχείων εικόνων στη δημιουργία μιας τρίτης (εντολή Block).
- ζ. Εξοδοί απόδοσης : δυνατότητα απόδοσης σε οποιοδήποτε περιφερειακό εξόδου.
- η. Αρχεία εικόνων : δυνατότητα εγχρωμής στην μονάδα αποθήκευσης με διάφορες μορφές :

i) Με διακριτικό ".DWG". Προκύπτουν με την εντολή "Save". Τα αρχεία αυτά αξιοποιούνται μόνο στο περιβάλλον του AutoCad.

ii) Με διακριτικό ".DXF". Τα αρχεία αυτά σχηματίζονται με την εντολή "Dxfout". Το περιεχόμενο των αρχείων αυτών είναι σε κώδικα ASCII, είναι αναγνώσιμο και έχει δομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις εντολές διανυσμάτων. Τα αρχεία ".DXF" είναι δύο τύπων. Ο πρώτος τύπος περιέχει σε ASCII κώδικα εκτός από τα δεδομένα των συμβόλων και επιπλέον στοιχεία που αφορούν τα modes στα οποία δουλεύει το ίδιο το AutoCad (πυκνότητα κανάβου, αφετηρία και φορά μετρήσεως των γωνιών, κλπ). Τα επιπλέον στοιχεία είναι χρήσιμα για το περιβάλλον των πακέτων γραφικών. Ο δεύτερος τύπος είναι απαλλαγμένος από τα στοιχεία αυτά, δηλαδή περιέχει μόνο τα δεδομένα των γραφικών παραστάσεων των συμβόλων και προκύπτει από την υποεπιλογή "Entities" που περιλαμβάνεται στην εντολή "Dxfout".

iii) Με διακριτικό ".DXB". Σχηματίζονται με την εντολή "Bxbin" και είναι σε κώδικα Binary.

## 6.2 Σχεδίαση των συμβόλων στο Autocad

Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους ναυτιλιακούς χάρτες έχουν τυποποιηθεί από τον I.H.O. (International Hydrographic Organization), και περιέχονται στην έκδοση "International Chart Series" τεύχος INT1 με τίτλο "Symbols Abbreviations Terms, Used on Charts". Η έκδοση αυτή απεικονίζει τα σύμβολα στο μέγεθος και στην απόκρωση που αυτά χρησιμοποιούνται στους ναυτιλιακούς χάρτες. Τα σύμβολα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την σχεδίαση των αντιστοιχών συμβόλων στο περιβάλλον του πακέτου γραφικών AutoCad. Προηγήθηκε αναγνώριση των συμβόλων, για να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά τους :

α. Οι αποχρώσεις που εμφανίζονται (κίτρινο, πράσινο, ματζέντα και κωνό).

β. Οι τύποι γραμμών που εμφανίζονται (συνεχής, εστιγμένη).

γ. Ορισμένα τμήματα συμβόλων επαναλαμβάνονται σε πολλά σύμβολα.

δ. Τα μεγέθη των συμβόλων ποικίλουν.

ε. Υπάρχουν σημειακά σύμβολα που ένα μέρος τους απεικονίζει μια διεύθυνση και σημειακά σύμβολα που στο σύνολό τους απεικονίζουν διεύθυνση.

Τα χαρακτηριστικά αυτά λαμβάνονται υπόψη πριν την σχεδίαση των συμβόλων. Κρίθηκε σκόπιμο τα σύμβολα να σχεδιαστούν μεγεθυμένα, ώστε να χίνει καλύτερη η απόδοση των λεπτομερειών τους και να μικρυνθούν στη συνέχεια στο πραγματικό τους μέγεθος. Μια ικανοποιητική κλίμακα για τη σχεδίαση των συμβόλων είναι αυτή του 10:1 (σχήμα 2).

Τα μεγέθη των γεωμετρικών παραστάσεων που συνθέτουν τα σύμβολα μετρήθηκαν με ακρίβεια. Θεωρείται ότι η διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού είναι 0.25mm. Γι' αυτό οι διαστάσεις των συμβόλων από τον κατάλογο θεωρούνται ότι μετρώνται με ακρίβεια μέχρι 0.25mm. Η διάσταση των 0.25mm στην κλίμακα 10:1 είναι  $10 \times 0.25\text{mm} = 2.5\text{mm}$ . Δηλαδή οι διαστάσεις στην οθόνη θα είναι ακρίβειας μέχρι 2.5mm, μέγεθος που καθορίζει την ισοδιάσταση του κανάβου στην οθόνη σχεδίασης, για να διευκολύνει και να ελέγχει τη σχεδίαση.

Της σχεδίασης των συμβόλων προηγείται αλλαγή των παραμέτρων του πλαισίου, δηλαδή του αρχείου "ACAD .DWG" που ενεργοποιεί το πλαίσιο. Η αλλαγή αυτή συνίσταται στα εξής βήματα :

α. Μετατροπή των μονόδων μέτρησης των μηκών από ίντσες σε εκατοστά και των μονάδων μέτρησης των γωνιών από ακτίνια σε μοίρες.

β. Μεταφορά της αρχής των αξόνων από την κάτω αριστερή γωνία στο κέντρο του πλαισίου (με εντολή Pan).

γ. Προσαρμογή των μονάδων στις πραγματικές διαστάσεις του πλαισίου (με εντολή Zoom).

δ. Σχηματισμός ορθογώνιων αξόνων X,Y στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων (0,0) (με εντολή Axis).

ε. Σχηματισμός κανάβου πυκνότητας 2.5mm.

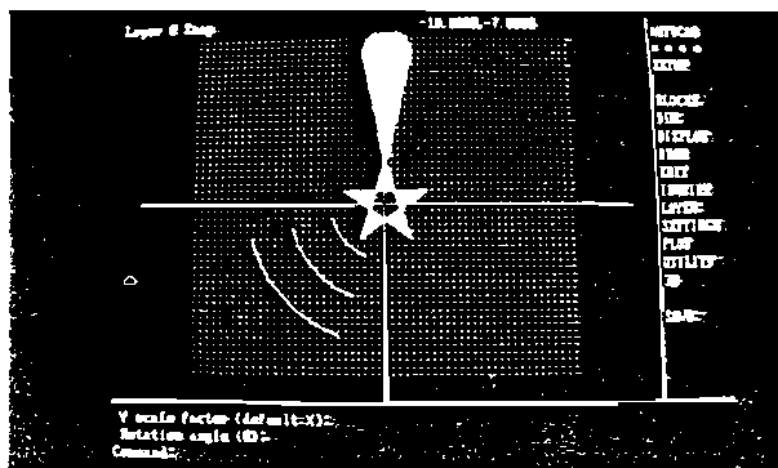
στ. Η σχεδίαση γίνεται σε σκοτεινό φόντο. Το χρώμα που χρησιμοποιείται για τις γραφικές παραστάσεις, εκτός αν γίνει αλλαγή, είναι το λευκό.

Οι μεταβολές αυτές σποηκεύονται στο αρχείο με όνομα "ACAD .DWG" και όλα τα σύμβολα θα σχεδιαστούν σε πλαίσιο με τις παραπάνω παραμέτρους.

Το σκεπτικό που διέπει την σχεδίαση των σημειακών και των γραμμικών συμβόλων είναι:

- Τα σημειακά σύμβολα σχεδιάζονται σε τέτοια θέση, ώστε η αρχή του συστήματος των συντεταγμένων να ταυτίζεται με το σημείο αναφοράς των συμβόλων.

- Τα γραμμικά σύμβολα σχεδιάζονται έτσι, ώστε η αρχή του προτύπου τους να ταυτίζεται με την αρχή του συστήματος των συντεταγμένων (0,0), ο δε άξονάς τους ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα Y. Το τέλος του προτύπου του γραμμικού συμβόλου ορίζεται από ένα σημείο πάνω στον άξονα X, δηλαδή στο τέλος του, σχεδιάζεται ένα σημείο.



Σχήμα 2. Πλαίσιο σχεδίασης συμβόλων σε περιβάλλον Autocad

Τα σύμβολα προκύπτουν από σύνθεση επί μέρους γραφικών στοιχείων, όπως γραμμών, κύκλων, πολυγώνων, ... μεγεθυμένα κατά δέκα φορές. Η μεγέθυνση αυτή επιτρέπει εύκολη επέμβαση και διόρθωση ορισμένων παραμέτρων που σε πρώτη φάση δεν ήταν επιτυχής (όπως σχήμα, χρώμα, διεύθυνση, ...). Όταν τα σύμβολα πάρουν την καλύτερή τους μορφή τότε μικρύνονται.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, υπάρχουν ομάδες συμβόλων που έχουν κοινά τμήματα στο σχήμα τους. Τα κοινά τμήματα σχεδιάζονται απομονωμένα και φυλάσσονται σε αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια σαν "blocks". Τα αρχεία αυτά έχουν όνομα της μορφής BLV.DXF όπου ν = 001, 002, 003, ... . Τα αρχεία blocks περιέχουν έτοιμα μέρη συμβόλων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση πολυπλοκότερων συμβόλων με χρήση της εντολής INSERT.

Τα σύμβολα του ηλεκτρονικού χάρτη πρέπει να είναι μεγεθυμένα σε σύγκριση με αυτά του κοινού τουλάχιστον κατά 20%. Για να επιτευχθεί αυτό το μέγεθος τα ήδη μεγεθυμένα σύμβολα στο AutoCad (μεγεθυμένα κατά δέκα φορές), μεγεθύνονται κατά 20% (SCALE: 1.2) και στη συνέχεια μικρύνονται δέκα φορές (SCALE: 0.1). Το τελικό μέγεθος είναι το ενδεδειγμένο για τον ηλεκτρονικό χάρτη και εξυπηρετεί εργονομικές απαιτήσεις του συστήματος.

Όταν τα σύμβολα πάρουν την τελική τους μορφή στο πλαίσιο του AutoCad με την εντολή "DXFOUT" και με την υποεπιλογή "Entities" δημιουργείται το αρχείο που περιέχει μόνο τα σχεδιαστικά δεδομένα των γραφικών στοιχείων των συμβόλων σε κώδικα ASCII. Ο κώδικας ASCII είναι αναγνωρίσιμος από όλα τα υπολογιστικά συστήματα. Τα αρχεία αυτά οργανώνονται στη συνέχεια σε βιβλιοθήκη συμβόλων.

Το σύνολο των αρχείων της βιβλιοθήκης τύπου '.DWG' καταλαμβάνουν χώρο 1.15 Mbytes, ενώ τα αρχεία τύπου '.DXF' καταλαμβάνουν μόλις 110 Kbytes, δηλαδή υποδεκαπλάσιο χώρο.

### 6.3 Οργάνωση των αρχείων των συμβόλων σε βιβλιοθήκη

Τα αρχεία των συμβόλων που δημιουργήθηκαν, για να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά, πρέπει να οργανωθούν σε βιβλιοθήκη. Η οργάνωσή τους συνίσταται, αφ'ενός στη συγκεντρωσή τους σε μια μονάδα αποθήκευσης, αφ'ετέρου στην κωδικοποίηση των ονομάτων των αρχείων με τρόπο, ώστε να μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να τα χρησιμοποιεί εύκολα. Η κωδικοποίηση συμβόλων στηρίχθηκε στους κωδικούς που έχει υιοθετήσει ο I.H.O.

### 6.4 Λογισμικό απόδοσης

Στο πλαίσιο της εφαρμογής αυτής, αναπτύχθηκε το πρόγραμμα APPLIC με σκοπό την τεκμηρίωση των όσων έχουν αναπτυχθεί στα προηγούμενα. Το πρόγραμμα APPLIC χρησιμοποιεί τα αρχεία των συμβόλων που έχουν δημιουργηθεί από το πακέτο γραφικών (drawing editor) και τα σχεδιάζει μέσα από ένα περιβάλλον αποδεκτό για όλα τα συστήματα.

Το πρόγραμμα έχει συνταχθεί σε γλώσσα FORTRAN, και έχει λειτουργήσει σε περιβάλλον MS-DOS. Για τη μετατροπή του προγράμματος σε εκτελέσιμο κώδικα (compilation) χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες της Microsoft FORTRAN 4.0 (Optimizing Compiler Ver.1987) και η βιβλιοθήκη γραφικών PLOT88 (Ver.1986). Το πρόγραμμα συντίθεται από 1300 εντολές και το 'APPLIC.FOR' αρχείο καταλαμβάνει στη μόνιμη μνήμη 38.785 bytes, ενώ το εκτελέσιμο αρχείο 'APPLIC.EXE' 180.410 bytes.

Ο αλγόριθμος πάνω στον οποίο στηρίχθηκε η σύνταξη του προγράμματος σχεδιάστηκε, έτσι ώστε να γίνεται η απόδοση των συμβόλων με τον ταχύτερο, ακριβέστερο και οικονομικότερο από πλευράς χώρου μνήμης, τρόπο.

Επισημαίνεται ότι η μεθοδολογία της δημιουργίας βιβλιοθήκης συμβόλων που εκτέθηκε, προτάθηκε από τον γράφοντα στην σύνοδο της επιτροπής του ΙΗΘ για τον ηλεκτρονικό χάρτη και υιοθετήθηκε ως η πλέον αποτελεσματική για τον σκοπό αυτό.

#### SUMMARY

The subject of this paper is the design of a symbol library to be used on electronic chart display systems (ECDIS).

The design of the symbols which will portray the various cartographic features on ECDIS is an important factor for the functionality of the system and thus deserves special attention.

In designing the symbol library for ECDIS the following factors were taken in to account:

- The "similarity" with the corresponding symbols used on traditional paper charts.
- The "portability" of the library in order to be system independent and utilized by any cartographic system.
- The minimization of space (required for the storage of the symbol library on system's disc) and response time.

The above mentioned factors led to the adoption of a drawing editor (Autocad) for the design of the symbols which could create files not only in it's internal (Autocad) format but also in ascii standard format. The ascii files are utilized by any application package which directs output to almost any of the known peripherals.

The results of this study were a digital file containing the symbol library, encoded according to the International Hydrographic Organization's coding system and an analog file attached therewith.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- AutoCAD, 1987. Reference Manual V2.6 Supplement, Autodesk, Inc.
- Burden G.P., 1987. "Electronic Chart Desing.", a status report for the Frachbereich Seefahrt.
- Chart Specifications of the I.H.O, 1982. "Sections 100, 200, 300, 400, 500, 600.", International Hydrographic Bureau.
- Dearbaugh B. & Gean K., 1986. "A Symbology Standard for Electronic Chart Display.", NOAA Charting Research and Development Laboratory, Rockville, Maryland 20852.
- Drinkwater C.R., 1985. "Factors Affecting the Conversion of Paper Charts to Electronic Charts.", Royal Institute of Navigation.
- Hobbs D, 1985. "An Introduction to Computer Color Graphics.", Tektronix.
- International Chart Series, 1987. "INT1 Symbols Abbreviations Terms Used on Charts.", International Hydrographic Organization.
- Kaufmann R., 1987. "Colour Considerations for Electronic Charts.", Department of National Defence - Canada.
- Μητσακάρη Χ. & Νάκος Β. & Τσούλος Α. & Φιλιππακοπούλου Μ., 1989. "Σημειώσεις Γενικής Χαρτογραφίας.", Τομέας Τοπογραφίας, Ε.Μ.Π.
- Νάκος Β. & Τσούλος Α. & Φιλιππακοπούλου Μ., 1988. "Θεματική Χαρτογραφία.", Τομέας Τοπογραφίας, Ε.Μ.Π.
- Παταλιώτης Απόστολος, 1985. "Ναυτικοί Χάρτες.", Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ.
- Robinson Arthur H. & Sale Randall D., 1969. "Elements of Cartography.", Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- The Hydrographic Society of America, 1986. "Electronic Chart Standardization Workshop.", Norfolk, Virginia, U.S.A., SP No 16.
- Στεφανάκης Κ. 1989, " Δημιουργία βιβλιοθήκης συμβόλων". Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ
- Τσούλος Λύσανδρος, Ιούνιος 1989. "Ο Ηλεκτρονικός Χάρτης και η χρήση του στη Ναυτιλία", Διδακτορική διατριβή (μη δημοσιευθείσα). Τμήμα Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π
- Χάλαρης Γεώργιος, 1986. "Σχεδιασμός και Υλοποίηση Γεωγραφικής Βάσης Πληροφοριών για Βασική Χαρτογραφία", ΓΥΣ.
- Ψάλτης Παναγιώτης, 1987. "Ο Ηλεκτρονικός Χάρτης και η Εφαρμογή του στη Ναυτιλία.", Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π.