ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Κατασκευή δυναμικών χαρτών για την απεικόνιση ροών δεδομένων με την χρήση μέγιστων κύκλων.

Μελέτη περίπτωσης: μεταναστευτικές ροές στην Ευρώπη.

Διπλωματική εργασία Καραβίτη Γεώργιου

Αθήνα, Μάρτιος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Κατασκευή δυναμικών χαρτών για την απεικόνιση ροών δεδομένων με την χρήση μέγιστων κύκλων.

Μελέτη περίπτωσης: μεταναστευτικές ροές στην Ευρώπη.

Διπλωματική εργασία Καραβίτη Γεώργιου
Επιβλέπων καθηγητής Χαλκιάς Χρήστος

Αθήνα, Μάρτιος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ……6

ΠΕΡΙΛΗΨΗ……7

ABSTRACT……...8

ΕΙΣΑΓΩΓΗ……9

ΕΝΟΤΗΤΑ Α – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Κεφάλαιο 1 – γλώσσες προγραμματισμού στην χαρτογραφία

1.1 Βασικές έννοιες……13

1.1.1 Γενικά Στοιχεία……..13-14

1.1.2 Βασικά στοιχεία της αντικειμενοστραφής προσέγγισης……14-15

1.1.3 Αντικειμενοστραφής γλώσσες προγραμματισμού……...16-17

1.1.4 Αντικειμενοστραφής ανάλυση και σχεδιασμός χωρικών δεδομένων…...17-18

1.2 Έννοιες αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού……..18

1.2.1 Αντικείμενα και τάξεις……...18-19

1.2.2 Λειτουργίες και Μέθοδοι……..20-21

1.2.3 Σχέσεις τάξεων –Αντικειμένων……...21-22

1.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αντικειμενοστραφούς Τεχνολογίας……22

1.3.1 Πλεονεκτήματα……22-23

1.3.2 Πολυμορφισμός……...23-24

1.3.3 Απόκρυψη πληροφοριών και ενθυλάκωση……25-26

1.3.4 Προβλήματα της Αντικειμενοστραφούς τεχνολογίας……..27

Κεφάλαιο 2 – Αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού Python

2.1 Τι είναι η Python…….28-29

2.2 Στοιχεία και φιλοσοφία της γλώσσας……..29-30

2.3 Πλεονεκτήματα της γλώσσας Python……31

Κεφάλαιο 3 – Χαρτογραφικές προβολές

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία……..32-36

3.2 Προβολή σφαίρας στο εφαπτόμενο επίπεδο……37-38

3.2.1 Γενικές εξισώσεις χαρτογράφησης……..38-39

3.2.2 Βασικά στοιχεία ισαπέχουσας προβολής……39-40

3.2.3 Εξισώσεις ισαπέχουσας προβολής……40-41

3.2.4 Βασικά στοιχεία γνωμονικής προβολής……..41-42

3.2.5 Εξισώσεις γνωμονικής προβολής……43-44

3.3 Θεωρία μέγιστων κύκλων……..….44

3.3.1 Εισαγωγή στους μέγιστους κύκλους……44-45

3.3.2 Παγκόσμιες τοποθεσίες των μέγιστων κύκλων……..45-46

3.3.3 Μαθηματική ερμηνεία μέγιστων κύκλων……46-50

ΕΝΟΤΗΤΑ Β – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΥΚΛΩΝ

Κεφάλαιο 4– Στοιχεία για το εργαλείο

4.1 Γενικά για τους χάρτες ροών……51-52

4.2 Σχετικές εργασίες – έρευνες……52-55

4.2 Σκοπός κατασκευής……...56-60

4.3 Βασικές αρχές σχεδίασης του συστήματος ……...60-62

4.4 Πλατφόρμα και εργαλεία……...62-65

4.5 Γενικό διάγραμμα αρχιτεκτονικής και ροής δεδομένων……..65-72

4.6 Αντικείμενα συντεταγμένων (cCoords) και διαδρομών (cRoutes)……73-76

Κεφάλαιο 5– Χρήση Google API και WEBGL στους μέγιστους κύκλους

5.1 Γενικά στοιχεία οπτικοποίησης……..77

5.2 Βάση δεδομένων MYSQL και σύνδεση με το Python εργαλείο……..78-79

5.2.1 Δομή πινάκων MYSQL……79-80

5.3 Γλώσσα προγραμματισμού PHP……81-83

5.4 Χάρτες Google και GoogleAPI……84-86

5.4 Εναλλακτικός τρόπος απεικόνισης με την χρήση WEBGL……..86-87

Κεφάλαιο 6– Σύνδεση με την θεωρία μέγιστων κύκλων

6.1 Χαρτογραφικές προβολές και πλατφόρμα υλοποίησης……...88-89

6.1.1 Οι χαρτογραφικές προβολές στο ArcGIS……89-91

6.1.2 Σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων (GCS) στο ArcGIS……91-92

6.2 Δομή προβολικών δεδομένων (.prj)……92-96

6.3 Δοκιμαστικά δεδομένα εφαρμογής……96-108

Κεφάλαιο 7– Μελλοντικές αναβαθμίσεις εφαρμογής.

7.1 Ανεξαρτητοποίηση των εργαλείων……110

7.2 Χρήση γλώσσας ArcPy…….110-111

7.3 Αναβάθμιση βάσης δεδομένων……..111-112

7.4 Δυναμική χάρτες Open Layer……..113-114

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

I. Συμπεράσματα θεωρητικής προσέγγισης……115-116

II. Συμπεράσματα υλοποίησης και σύγκριση με την θεωρία……116-117

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……...118

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ……122

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ……..125

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πάντα ο άνθρωπος προσπαθούσε να αναπαραστήσει την γη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η δίψα και η ανάγκη για την σωστή ερμηνεία της μορφολογίας του εδάφους γέννησε την επιστήμη της χαρτογραφίας. Τα τελευταία χρόνια έχουν ανακαλυφθεί τρόποι αναπαράστασης του εδάφους με την ραγδαία και συνεχή εξέλιξη των Συστημάτων Γεωγραφικών πληροφοριών.

Παράλληλα με την ανάπτυξη των εργαλείων για την χαρτογράφηση της γης αυξήθηκε και η ανάγκη να μπορούν οι επιστήμονες να αποτυπώσουν σε έναν χάρτη τις κινήσεις των οικονομικών ροών, των πληθυσμιακών , των ροών δεδομένων κ.α. Οι μετρήσεις αυτές λόγω της πολυπλοκότητας του σχήματος της γης είναι δύσκολες. Ανακαλύφθηκαν επομένως τρόποι ώστε η αποτύπωση των αποστάσεων να είναι πιο ακριβής ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται και σε άλλες εφαρμογές όπως μετακινήσεις αεροπλάνων, πλοίων κ.α Για αυτόν τον λόγο επομένως η παρακάτω εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των μέγιστων κύκλων , μιας μορφής μέτρησης των ελάχιστων αποστάσεων πάνω στην γη.

Θα ήθελα επομένως να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Χαλκιά Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου για τον χρόνο που διέθεσε και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας ως επιβλέπων καθηγητή. Η επιστημονική του υποστήριξη στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και οι εξειδικευμένες χαρτογραφικές του γνώσεις αποτέλεσε θεμέλιο λίθο στην προσπάθεια που έχει καταβληθεί.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους του ερευνητικού έργου «Διερεύνηση των δυνατοτήτων και των προοπτικών ένταξης των Αφρικανών μεταναστών στην ελληνική κοινωνία υποδοχής» και πιο συγκεκριμένα τον κ. Απόστολο Γ. Παπαδόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου για τα δεδομένα που παρείχε και για τον χρόνο που διέθεσε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση τρόπων χαρτογραφικής αναπαράστασης ροών και κινήσεων σε μικρή κλίμακα με την εφαρμογή τεχνικών κατασκευής μέγιστων κύκλων. Οι μέγιστοι κύκλοι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των μεταφορών και της ανάλυσης δεδομένων σε παγκόσμιο επίπεδο. Με την χρήση μαθηματικών τύπων και πιο συγκεκριμένα της σφαιρικής τριγωνομετρίας κατασκευάστηκε ένα εργαλείο το οποίο υπολογίζει πολύπλοκους μέγιστους κύκλους και τους ενδιάμεσους σταθμούς τους.

Για την υλοποίηση του τελικού αποτελέσματος χρησιμοποιήθηκε ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός. Η ευελιξία των λειτουργιών με την χρήση των αντικειμένων βοήθησε πολύ στην επικοινωνία με την βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε αλλά και την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Υπάρχει επομένως η δυνατότητα διάθεσης των αποτελεσμάτων τόσο σε μια βάση δεδομένων MYSQL όσο και στο διαδίκτυο. Η χρήση γλωσσών προγραμματισμού όπως η PHP και η Python αλλά και εξωτερικών δεδομένων πληροφοριών (GoogleAPI) ήταν καθοριστική στην υλοποίηση των διάφορων κομματιών της εργασίας.

Το εμπειρικό μέρος της εργασίας χωρίζεται σε τρία διαφορετικά κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι είναι η κατασκευή του εργαλείου στην γλώσσα Python που θα δημιουργεί τους μέγιστους κύκλους αλλά και θα καταγραφεί σε μια βάση δεδομένων τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του. Το δεύτερο κομμάτι είναι η απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε μια διαδικτυακή εφαρμογή που εκμεταλλεύεται τους χάρτες της Google. Το τρίτο και τελευταίο κομμάτι είναι η απεικόνιση από την βάση δεδομένων των πληροφοριών σε τρισδιάστατη μορφή μέσω της γλώσσας WEBGL. Η γλώσσα αυτή είναι μια καινούργια τεχνολογία που δημιουργεί 3D περιβάλλοντα σε οποιονδήποτε μοντέρνο φυλλομετρητή χωρίς να χρειάζεται η χρήση πρόσθετων προγραμμάτων.

Θα συγκριθούν οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν και θα αναλυθούν σε βάθος ώστε να υπάρχει μια πλήρης άποψη των διαδικασιών.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to probe all the techniques available in constructing great circle distance flow maps in a small scale, with the implementation of great circle construction techniques. The great circles are an integral part of data flow and analysis worldwide. With the use of mathematical formulas and more precisely spherical geometry and map projections we were able to build a tool for calculating great circle distances and all the midpoints.

Object oriented programming was used for the implantationof the final result along with 3d visualization techniques. Flexibility of functions with the use of objects has helped significantlyin communicating with the database, that was created, and the representation of the results.In this project there is an option to save all the calculated results in a MYSQL database for future reference. Furthermore, through the use of object oriented languages such as PHP, Python and web services (Google API) the information are distributed to the world wide web.

The practical part of the work is divided into three different sections. The first part is the construction of the tool in Python language which creates the great circles and stores the results in a MYSQL database.The second part is the display of the results in a Web application that takes advantage of Google maps. The third and final part is the three dimensional visualization of the information retrieved from the database, using WEBGL, which is a JavaScript API for rendering 2D and 3D graphics with any compatible browser without using additional plugins.

All implemented techniques will be compared and analyzed in depth, thus a comprehensive view of procedures will be provided.

Εισαγωγή

Η χαρτογράφηση δεδομένων είναι μία διαδικασία πολύ πολύπλοκη και χρονοβόρα. Η κατασκευή ενός χάρτη που θα περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και παράλληλα να είναι ευδιάκριτη χρειάζεται πολύ σχεδιασμό και μελέτη από τον χαρτογράφο. Ο σκοπός του χαρτογράφου είναι να επεξεργαστεί την γεωγραφική πληροφορία την οποία κατέχει ώστε να παράγει αναπαραστάσεις σχετικά με το αποτέλεσμα που επιθυμεί. Την σπουδαιότητα της χαρτογραφίας θα την αντιληφθούμε αν κατανοήσουμε τα επιμέρους σημεία της παραγωγής και επικοινωνίας χαρτών που είναι : χαρτογράφος – γεωγραφική πληροφορία – τελικός χρηστής.

Η Χαρτογραφία σχετίζεται στενά με την επιστήμη της Γεωγραφίας, αφού οι χάρτες είναι ένα από τα κυριότερα μέσα παρουσίασης και μελέτης των γεωγραφικών δεδομένων. Αυτό το τρίγωνο παραγόντων αποτελεί και τα κριτήρια παραγωγής ενός χάρτη. Ο χαρτογράφος είναι ο κύριος παράγοντας, από τον οποίο εξαρτάται και το προϊόν. Η φύση της γεωγραφικής πληροφορίας όπως την γνωρίζουμε σήμερα έχει αλλάξει άρδην σε σχέση με το παρελθόν. Πλέον, και με την τεχνολογική εξέλιξη, μιλάμε για γεωγραφικά δεδομένα ή Geo-Data, τα οποία έχουν ψηφιακή δομή και η χρήση/διαχείριση τους, απαιτεί λογισμικά Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα των χαρτογράφων ήταν να προβάλουν την σφαιρική φύση της γης πάνω σε ένα επίπεδο χαρτί που θα προβάλει την πληροφορία σε πραγματικές τιμές. Για την επίλυση των δυσκολιών οι σχεδιαστές των χαρτών χρησιμοποίησαν μαθηματικούς τύπους που τους βοήθησαν να προσαρμόσουν τους χάρτες ώστε να μπορούν να τείνουν στην πραγματικότητα. Ο τομέας της τριγωνομετρίας βοήθησε πολύ τους χαρτογράφους στην αναπαράσταση της γης.

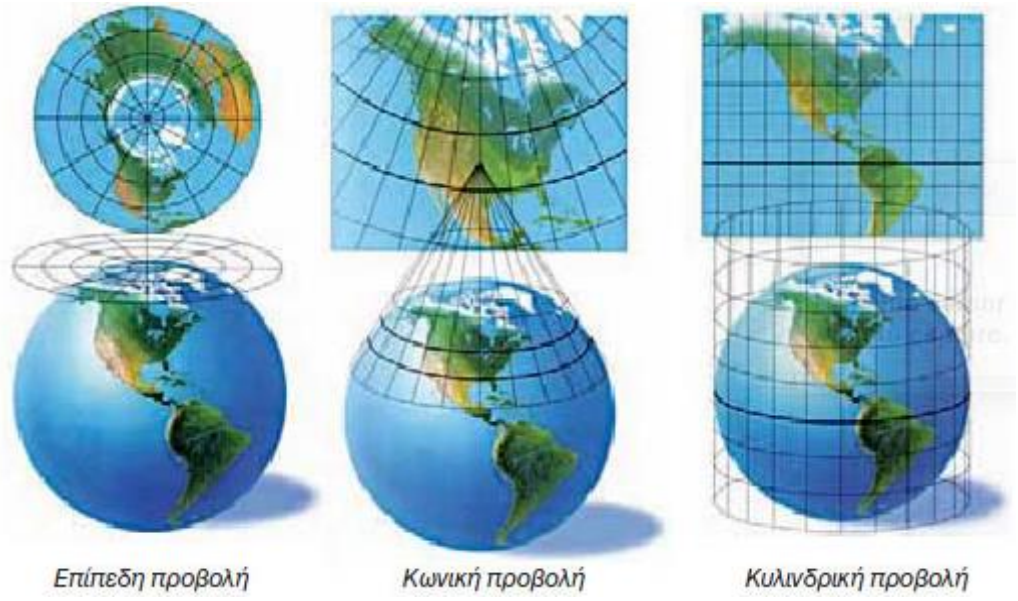
Οι Λατίνοι της δυτικής Ευρώπης γνώρισαν τη μουσουλμανική τριγωνομετρία μέσα από τις μεταφράσεις των αραβικών αστρονομικών εγχειριδίων. Τον 12ο αιώνα ο Richardof Wallingford[1] ήταν ο πρώτος που συσχέτισε το «ινδικό ημίτονο» με την

[1] Ο Richard of Wallingford (1292–1336) ήταν ένας Άγγλος μαθηματικός που συνέβαλε στην ανάπτυξη εξισώσεων στην αστρονομία/αστρολογία χρησιμοποιώντας σφαιρική τριγωνομετρία. Τον καιρό που εξασκούσε τα μαθηματικά ήταν ηγούμενος στο St Albans Abbey στο Hertfordshire. Πηγή:. berkshirehistory.com/bios

Ελληνική χορδή και χρησιμοποίησε τα στοιχεία του Ευκλείδη για την απόδειξη θεωρημάτων τριγωνομετρικών.

Τον 16ο αιώνα η τριγωνομετρία ενσωματώθηκε στη Γεωγραφία ενώ ήταν ήδη εργαλείο της Αστρονομίας. Η γνώση τριγωνομετρίας ήταν αναγκαία για τον προσδιορισμό της θέσης πάνω στη Γη σε συνδυασμό με τις έννοιες γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος. Η ανάγκη αυτή γέννησε ένα καινούργιο κλάδο την Αναλυτική (ή Μαθηματική) Χαρτογραφία.

Εικόνα 1. Διαφορετικές χαρτογραφικές προβολές



Πηγή: National Geographic Student Atlas, σελ. 6,7

Η Αναλυτική (ή Μαθηματική) Χαρτογραφία είναι ο κλάδος της Χαρτογραφίας που ασχολείται με την επίλυση χαρτογραφικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας μαθηματικούς ή αναλυτικούς τρόπους. Ο όρος μαθηματική χαρτογραφία χρησιμοποιούνταν από παλιά, για να περιγραφεί ο κλάδος των μαθηματικών που ασχολήθηκε με το πρόβλημα των απεικονίσεων. Ο όρος αναλυτική χαρτογραφία χρησιμοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 από τον καθηγητή Waldo Tobler[2],

[2] Map Projection Transformation: Principles and Applications by Qihe Yang, John Snyder and Waldo Tobler (Dec 18, 1999),Taylor and Francis 2000

γεωγράφο και χαρτογράφο στο πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν, ο οποίος και θεωρείται από πολλούς ο πατέρας της Αναλυτικής Χαρτογραφίας.

Η Αναλυτική Χαρτογραφία περιλαμβάνει μαθηματικές έννοιες και μεθόδους που εφαρμόζονται στη σύγχρονη χαρτογραφία και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Το αντικείμενο της περιλαμβάνει τους παρακάτω τομείς :

1. Απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας σε ένα επίπεδο ,γνωστές ως χαρτογραφικές προβολές (map projections).
2. Μονοδιάστατες και δισδιάστατες παρεμβολές
3. Αυτόματες γενικεύσεις για την δημιουργία χαρτών μικρής κλίμακας από χωρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν σε μεγάλες κλίμακες.
4. Μεθόδους για την κατασκευή ψηφιακών μοντέλων εδάφους, άντληση υψομέτρων και σκίασης ανάγλυφου.
5. Επεξεργασίας χωρικών δεδομένων και δειγματοληψίας.
6. Δημιουργία γεωμετρικών μετασχηματισμών
7. Μέθοδοι χαρτομετρίας.

Η αναλυτική χαρτογραφία χρησιμοποιείται ευρέως από τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και πιο γενικά τον τομέα της Γεωπληροφορικής. Οι διάφοροι μαθηματικοί τύποι σε συνδυασμό με την μεγάλη υπολογιστική δύναμη των σημερινών ηλεκτρονικών υπολογιστών συνθέτουν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τους χαρτογράφους. Μέσω των ΣΓΠ υπάρχει η δυνατότητα να γίνουν γρήγορα οι μαθηματικοί υπολογισμοί για την αναπαράσταση των γεωγραφικών οντοτήτων με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς ώστε να τείνουν περισσότερο στην πραγματικότητα.

Μετά την είσοδο των υπολογιστών στην καθημερινή ζωή και πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή χαρτών τα λογισμικά αυτά έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό όλες τις προηγούμενες τεχνικές χαρτογράφησης της γης. Μια μεγάλη αναβάθμιση αυτών των λογισμικών εισήγαγε ο καινούργιος τρόπος κατασκευής αλγορίθμων που ονομάζεται αντικειμενοστραφής προγραμματισμός. Μέσω αυτού όλοι οι επιμέρους αλγόριθμοι και οι συναρτήσεις ενός λογισμικού θεωρούνται αντικείμενα και λειτουργούν σαν ξεχωριστές οντότητες. Αυτό βοηθάει πολύ τους προγραμματιστές – χαρτογράφους να βελτιώσουν ή

να τροποποιήσουν μέρη των συστημάτων χωρίς να χρειάζεται να επαναπρογραμματιστούν από την αρχή.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει μεγάλες βελτιώσεις των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Υπάρχει μια ποικιλία λογισμικών (ArcGIS[3], QGIS[4], SAGA[5] κτλ) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό πολύπλοκων μαθηματικών πράξεων και για την εύκολη απεικόνιση των αποτελεσμάτων τους. Τα ΣΓΠ έχουν κατασκευαστεί έτσι ώστε να είναι ευέλικτα και να παρέχουν την δυνατότητα σε εξωτερικούς χρήστες ή προγραμματιστές να δημιουργήσουν εργαλεία ώστε να επεκτείνουν την λειτουργία τους και να τα προσαρμόσουν στις ανάγκες τους.

Οι πιο διαδεδομένες γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται ευρέως από συστήματα ΣΓΠ είναι η Python, Java, C++ κ.α οι οποίες προσφέρουν την δυνατότητα κατασκευής αλγορίθμων που βοηθούν στον υπολογισμό πιο πολύπλοκων προβλημάτων.

[3] Λεπτομέρειες σχετικά με το λογισμικό στην σελίδα: www.arcgis.com/features
[4] Λογισμικό ανοιχτού κώδικα που διατίθεται στην σελίδα www.qgis.org
[5] Εξειδικευμένο σύστημα αυτοματοποιημένης γεωγραφικής ανάλυσης ανοιχτού κώδικα που διατίθεται στην σελίδα: www.saga-gis.org

ΕΝΟΤΗΤΑ Α – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Κεφάλαιο 1 – γλώσσες προγραμματισμού στην χαρτογραφία

1.1 Βασικές έννοιες

1.1.1 Γενικά Στοιχεία

Τα τελευταία 25 χρόνια έχει αναπτυχθεί πολύ μια προσέγγιση στην Τεχνολογία Λογισμικού που βασίζεται στο μοντέλο των αντικειμένων. Αρχικά εμφανίστηκαν οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού όπως η Simula και η Smalltalk και αργότερα η ιδέα των αντικειμένων ωρίμασε περισσότερο ώστε να δημιουργηθούν τεχνικές Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης και Σχεδιασμού. Τώρα πλέον θεωρείται σχεδόν βέβαιο ότι η Αντικειμενοστραφής Τεχνολογία Λογισμικού θα επικρατήσει και τα επόμενα χρόνια αναμένεται ότι θα εξελιχθεί περισσότερο.

Η Αντικειμενοστραφής Τεχνολογία Λογισμικού βασίζεται στην ιδέα των αντικειμένων με τα οποία μπορούμε να περιγράψουμε τον κόσμο και επομένως τον εκάστοτε χώρο προβλήματος που αντιμετωπίζει ένας μηχανικός λογισμικού.

Ο μεγαλύτερος στόχος της Αντικειμενοστραφούς Τεχνολογίας Λογισμικού είναι να βελτιώσει την παραγωγικότητα και να αυξήσει την επαναχρησιμοποίηση του λογισμικού, με συνέπεια το χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης και συντήρησης.

Η επαναχρησιμοποίηση του λογισμικού επιτυγχάνεται με τον ορισμό αντικειμένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τρόπο όπως κάποιος οδηγός αυτοκινήτου μπορεί να κάνει χρήση των λειτουργιών ενός αυτοκινήτου (να στρίβει το τιμόνι , να πατάει φρένο, να επιταχύνει , κ.λ.π) χωρίς να γνωρίζει πως δουλεύει η μηχανή του αυτοκινήτου.

Στην περίπτωση του παραδείγματος , ένας μηχανικός λογισμικού ορίζει αντικείμενα όπως η μηχανή του αυτοκινήτου και μετά τα χρησιμοποιεί χωρίς να εστιάζει στον τρόπο λειτουργίας τους. Τα αντικείμενα μπορεί να χρησιμοποιούνται στο ίδιο πρόγραμμα αλλά και σε άλλα προγράμματα, κατά τον ίδιο τρόπο που η μηχανή ενός αυτοκινήτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς τύπους αυτοκινήτων.

Ο βασικότερος τρόπος δόμησης ενός χώρου προβλήματος είναι η κατηγοριοποίηση των εννοιών σε αντικείμενα τα οποία ανήκουν σε τάξεις αντικειμένων, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να ανήκουν σε κάποιες άλλες τάξεις κ.λ.π. Η διαφορά μεταξύ μιας τάξης και ενός αντικειμένου δεν είναι πάντοτε σαφής. Η τάξη αντιπροσωπεύει μία γενίκευση , ενώ ένα αντικείμενο είναι συγκεκριμένο. Ένας σαφής διαχωρισμός τάξεων και αντικειμένων μπορεί να επιτευχθεί αν όλα τα δείγματα ή στιγμιότυπα (instances) των τάξεων θεωρούνται αντικείμενα. Τα αντικείμενα κληρονομούν χαρακτηριστικά και λειτουργίες από την τάξη στην οποία ανήκουν . Η έννοια της κληρονομικότητας είναι πολύ σημαντική για την αντικειμενοστραφή τεχνολογία.

1.1.2 Βασικά στοιχεία της αντικειμενοστραφής προσέγγισης

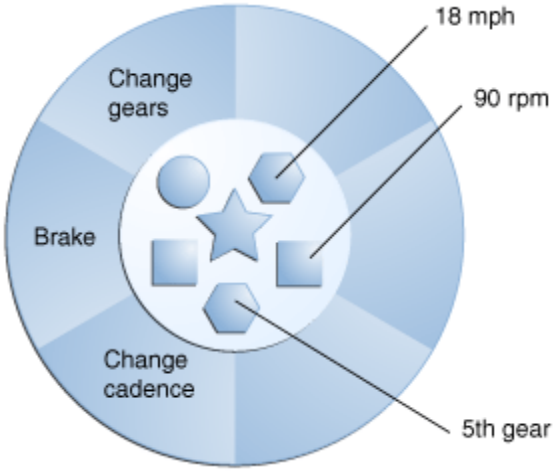
Εκτός από τις ιεραρχίες και την κληρονομικότητα, η αντικειμενοστραφής τεχνολογία λογισμικού είναι συνδεδεμένη άμεσα με ορισμένα χαρακτηριστικά λογισμικού όπως είναι η απόκρυψη πληροφοριών και η ενθυλάκωση. Σύμφωνα με τον Parnas(1971)[6], η αρχή της απόκρυψης πληροφοριών εφαρμόζεται στο σχεδιασμό αν κάθε τμήμα κρύβει τις λεπτομέρειες υλοποίησης του από άλλα τμήματα. Στην περίπτωση της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης η απόκρυψη πληροφοριών εφαρμόζεται στις τάξεις και τα αντικείμενα. Η κάθε τάξη ή αντικείμενο ενθυλακώνει τα στοιχεία υλοποίησης.

Το πλεονέκτημα της ενθυλάκωσης είναι ότι στην πράξη , όταν τα αντικείμενα ανταλλάσσουν υπηρεσίες παίζοντας τους ρόλους πελάτη –εξυπηρετητή(client –server), ο πελάτης δεν χρειάζεται να γνωρίζει τις εσωτερικές δομές του εξυπηρετητή , επομένως αυτές μπορούν να αλλάξουν χωρίς να χρειάζεται να γίνουν αλλαγές και στον κάθε πελάτη. Εδώ εννοείται ότι εξυπηρετητής είναι ένα αντικείμενο που παρέχει υπηρεσίες σε άλλα αντικείμενα , ενώ πελάτης είναι ένα αντικείμενο που χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του εξυπηρετητή.

[6]Parnas, D (1971), Information distribution aspects of design methodology, IFIP Congress Proceedings, Ljubljana , Yugoslavia.

Η ενθυλάκωση επιτυγχάνεται σε γενικές γραμμές με τη δόμηση των τάξεων σε δύο μέρη , την υλοποίηση (implementation) και τη διεπαφή (interface). Οι συναλλαγές των τάξεων πραγματοποιούνται μέσω των διεπαφών του, ενώ η υλοποίηση παραμένει συνήθως κρυμμένη , όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1.

Σχήμα 1.1 Ενθυλάκωση : Διεπαφή και υλοποίηση



Πηγή: http://www.androidseminar.com/

Κατά τον Cox (Cox 86[7]), η ενθυλάκωση είναι η βάση της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης δίνοντας έμφαση στην πακετοποίηση αντί στη γραφή του κώδικα, ενώ η κληρονομικότητα χτίζεται πάνω στην ενθυλάκωση για να πραγματοποιεί την επαναχρησιμοποίηση του κώδικα.

Στα βασικά στοιχεία της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης είναι και η αφαίρεση (abstraction) με την έννοια ότι κατά την ανάπτυξη λογισμικού η προσοχή εστιάζεται στο τι είναι ένα αντικείμενο και πως συμπεριφέρεται αντί για το πώς υλοποιείται. Η χρήση της αφαίρεσης κατά τη διάρκεια της ανάλυσης μετατοπίζει τη λήψη αποφάσεων υλοποίησης για αργότερα, όταν το πρόβλημα θα έχει κατανοηθεί καλύτερα από τους μηχανικούς λογισμικού.

Στην αντικειμενοστραφή προσέγγιση , ο μηχανικός λογισμικού πρέπει πρώτα να βρει τα αντικείμενα που συνθέτουν τον χώρο του προβλήματος και μετά να χρίσει

[7]Cox, B.(1986), Object – Oriented Programming :An Evolutionary Approach, Reading , MA: Addison -Wesley

κάποιες διαδικασίες γύρω από αυτά, σε αντίθεση με την πιο παραδοσιακή λειτουργική (functional) προσέγγιση (DeMarco 79) όπου ο χώρος του προβλήματος αναλύεται στις κύριες λειτουργίες που τον συνθέτουν.

1.1.3 Αντικειμενοστραφής γλώσσες προγραμματισμού

Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 αναπτύχθηκε η πρώτη αντικειμενοστραφής γλώσσα από τους Dahl, Myhrhang και Nygard, η Simula 67, η οποία βασιζόταν στην Algol 60 , αλλά περιείχε επίσης τις έννοιες της ενθυλάκωσης και της κληρονομικότητας. Η Simula ήταν η βασική επιρροή για την ανάπτυξη της Smalltalk που έγινε στο Xerox Palo Alto Research Center στην αρχή της δεκαετίας του 70 κατά την ίδια εποχή που έγινε και η Pascal.

Η Smalltalk θεωρείται καθαρά αντικειμενοστραφής γλώσσα διότι όλα , ακόμα και οι τύποι δεδομένων όπως οι ακέραιοι , αντιμετωπίζονται σαν τάξεις.Η Smalltalk αναπτύχθηκε από τον Άλαν Κέι της εταιρείας Xerox στο πλαίσιο μίας εργασίας με στόχο τη δημιουργία ενός χρήσιμου, αλλά και εύχρηστου, προσωπικού υπολογιστή. Όταν η τελική έκδοση της Smalltalk έγινε διαθέσιμη το 1980 η έρευνα για την αντικατάσταση του δομημένου προγραμματισμού με ένα πιο σύγχρονο υπόδειγμα ήταν ήδη εν εξελίξει.

Την ίδια περίπου εποχή, και επίσης με επιρροές από τη Simula, ολοκληρωνόταν η ανάπτυξη της C++ ως μίας ισχυρής επέκτασης της δημοφιλούς γλώσσας προγραμματισμού C στην οποία είχαν "μεταμοσχευθεί" αντικειμενοστραφή χαρακτηριστικά. Η επιρροή της C++ καθ' όλη της δεκαετία του '80 ήταν καταλυτική με αποτέλεσμα τη σταδιακή κυκλοφορία αντικειμενοστραφών εκδόσεων πολλών γνωστών διαδικαστικών γλωσσών προγραμματισμού. Κατά το πρώτο ήμισυ της δεκαετίας του '90 η βαθμιαία καθιέρωση στους μικροϋπολογιστές των γραφικών διασυνδέσεων χρήστη (GUI), για την ανάπτυξη, των οποίων ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός φαινόταν ιδιαιτέρως κατάλληλος, και η επίδραση της C++ οδήγησαν στην επικράτηση της αντικειμενοστραφείς ως βασικού προγραμματιστικού υποδείγματος.

Το 1995 η εμφάνιση της Java, μίας ιδιαίτερα επιτυχημένης, πλήρως αντικειμενοστραφούς γλώσσας που έμοιαζε συντακτικώς με τη C/C++ και προσέφερε

πρωτοποριακές για την εποχή δυνατότητες, έδωσε νέα ώθηση στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Παράλληλα εμφανίστηκαν ποικίλες άτυπες βελτιώσεις στο βασικό προγραμματιστικό υπόδειγμα, όπως οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες μοντελοποίησης λογισμικού, τα σχεδιαστικά πρότυπα κλπ. Το 2001 η Microsoft εστίασε την προσοχή της στην πλατφόρμα .NET, μία ανταγωνιστική της Java πλατφόρμα ανάπτυξης και εκτέλεσης λογισμικού η οποία ήταν εξολοκλήρου προσανατολισμένη στην αντικειμενοστρέφεια.

Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση έχει επιρροές από την τεχνητή Νοημοσύνη και ειδικά από την Αναπαράσταση της Γνώσης (Knowledge Representation) με τα λεγόμενα σημασιολογικά δίκτυα (semanticnets) και τα πλαίσια (frames).

Η ιδέα των σημασιολογικών δικτύων είχε ξεκινήσει από τα τέλη της δεκαετίας του 60 και ήταν ένας τρόπος ν αναπαρασταθεί η γνώση σαν ένα σύνολο κόμβων που συμβολίζουν έννοιες και συνδέονται μεταξύ τους με βέλη.

1.1.4 Αντικειμενοστραφής ανάλυση και σχεδιασμός χωρικών δεδομένων

Η επιστήμη των γεωγραφικών πληροφοριών έχει πρόσφατα ενταχθεί σαν ένα ευδιάκριτο γνωστικό αντικείμενο που περιέχει πολλές διαφορετικές εφαρμογές όπως στην γεωγραφία , στην χαρτογραφία , στον προγραμματισμό και στην τεχνολογία των υπολογιστών. Σε αυτό τον τομέα τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ) έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των χωρικών δεδομένων σχετικά με περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα. Αυτό έχει οδηγήσει στην ενσωμάτωση μια ποικιλίας από κοινωνικο-οικονομικά και περιβαλλοντικά μοντέλα με τα ΣΓΠ.

Ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός στην μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων έχει παγκοσμίως αναγνωριστεί σαν ένα πολύ δυνατό εργαλείο που μπορεί να λύσει πολλά προβλήματα (Rojas-vega και Kemp, 1994)[8]. Αυξάνει το επίπεδο αφαιρετικότητας με έναν τρόπο που τείνει προς την πραγματική αντίληψη του πραγματικού κόσμου, προσφέροντας έναν μηχανισμό για την κατανόηση του κόσμου. Ο

[8]Rojas –Vega, E. και Kemp , Z. 1994 , Object-orientation and spatial data modeling: a formal approach , Poster Session at the UKRGIS'94 Conference

Jacson (1994)[9] επισημαίνει την χρήση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην επιστήμη του χώρου σαν σκελετό στην ενσωμάτωση διάφορων εννοιών τόσο σε οικονομικό αλλά και κοινωνικό επίπεδο. Η αντικειμενοστραφής λογική παρουσιάζεται σαν μια συστηματική προσέγγιση στην μοντελοποίηση των δύσκολων και πολύπλοκων συστημάτων που εντοπίζονται στον πραγματικό κόσμο. Προσφέρει έναν τρόπο ώστε να δημιουργηθούν κάποιοι κανόνες που θα βοηθήσουν ώστε να λυθούν τα προβλήματα.

Ο Bian (1997) χρησιμοποίησε την αντικειμενοστραφή λογική για να επεκτείνει το δισδιάστατο στατικό μοντέλο ανάπτυξης σε ένα τρισδιάστατο δυναμικό μοντέλο. Ο σκοπός ήταν να μελετήσει την συμπεριφορά μεμονωμένων ψαριών σε ένα υδάτινο περιβάλλον.

Παρόλα αυτά η πολυπλοκότητα στην ενσωμάτωση αντικειμενοστραφών και γεωγραφικών εννοιών σε ένα χωρικό μοντέλο είναι μια ενδιαφέρουσα πρόκληση στην σύλληψη και στην υλοποίηση της ιδέας. Διαλέγοντας μια αντικειμενοστραφή μέθοδο είναι ένα δύσκολο έργο. Οι αντικειμενοστραφείς μέθοδοι ανάλυσης είναι πάρα πολλές και υπάρχουν πάνω από πενήντα δημοσιοποιημένες μέθοδοι για λύση προβλημάτων. Καμία από αυτές δεν είναι ολοκληρωμένη με την έννοια ότι είναι καλύτερη από τις άλλες και για να γίνει επιλογή μια μεθόδου πρέπει να έχει αναλυθεί το πρόβλημα σε βάθος.

1.2 Έννοιες αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού

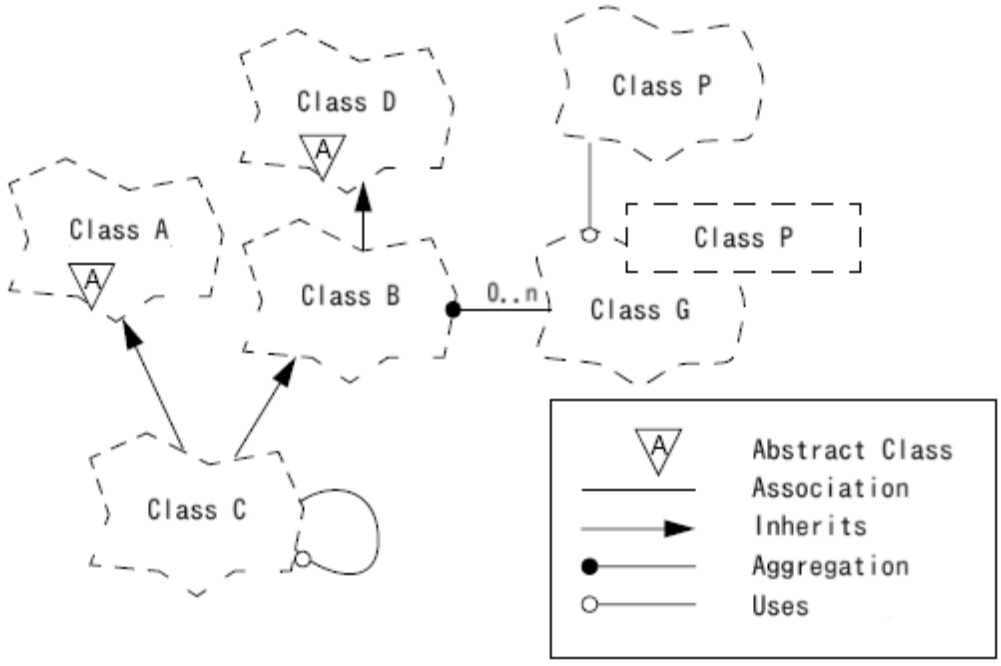
1.2.1 Αντικείμενα και τάξεις

Αντικείμενα: είναι μια έννοια, ή αφαίρεση ή πράγμα με σαφή όρια και σημασία στο χώρο του προβλήματος. Το αντικείμενο είναι μοναδικό, δηλαδή ξεχωρίζει από κάθε άλλο αντικείμενο και έχει ταυτότητα.

Τάξη αντικειμένων: είναι μια αφαίρεση που περιγράφει ένα σύνολο αντικειμένων με παρόμοιες ιδιότητες , κοινή συμπεριφορά , κοινές σχέσεις με άλλες τάξεις και κοινή σημασιολογία.

[9]Jackson, R.W 1994, Object-oriented modeling in regional sciene : an advocacy view, *Papers in Regional Science,* 73(4), 1-21.

Σχήμα 1.2: Τρόπος σύνδεσης των κλάσεων



Πηγή:G. Booch, R. A. Maksimchuk, M.W. Engle, B. J. Young, J. Conallen, K. A. Houston (2007),Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition), Addison-Wesley

Σύμφωνα με τον Booch[10] , τα αντικείμενα καθορίζονται από τρία πράγματα :

1. Ταυτότητα (identity)
2. Κατάσταση (state)
3. Συμπεριφορά (behaviour)

Ταυτότητα (identity): είναι ο μοναδικός κωδικός που ξεχωρίζει ένα αντικείμενο από κάθε άλλο. Μερικά μέσα υλοποίησης, όπως οι Βάσεις Δεδομένων χρειάζονται τη δήλωση ενός μοναδικού κωδικού που προσδιορίζει ένα αντικείμενο , αλλά γενικά σε ένα μοντέλο αντικειμένων δεν χρειάζεται να αναφέρεται συγκεκριμένο αναγνωριστικό,

[10]G. Booch, R. A. Maksimchuk, M.W. Engle, B. J. Young, J. Conallen, K. A. Houston (2007),Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition), Addison-Wesley

παρόλο που υπονοείται η ύπαρξη του. Στις αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού γίνεται αυτόματη παραγωγή αναγνωριστικών που προσδιορίζουν μοναδικά το κάθε αντικείμενο χωρίς να χρειάζεται ο προγραμματιστής να τα δηλώσει.

Γενικώς η εσωτερική ταυτότητα ενός αντικειμένου δεν πρέπει να συγχέεται με τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου που ανταποκρίνονται στον πραγματικό κόσμο. Η εσωτερική ταυτότητα είναι ένα θέμα υλοποίησης που δεν έχει νόημα στο πεδίο του προβλήματος.

Κατάσταση: ενός αντικειμένου αποτελείται από τις ιδιότητες του αντικειμένου και τις τιμές τους. Με άλλα λόγια είναι η αναπαράσταση των πληροφοριών γύρω από το αντικείμενο. Η κατάσταση ενός αντικειμένου αλλάζει όταν αλλάζουν οι τιμές κάποιες χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, αν έχουμε το αντικείμενο «δωμάτιο», το οποίο έχει ένα χαρακτηριστικό που λέγεται «χρώμα» με τρέχουσα τιμή «άσπρο» και αυτή η τιμή αλλάξει σε «γαλάζιο» τότε θεωρείται ότι η κατάσταση του δωματίου έχει αλλάξει. Οι αλλαγές στην κατάσταση των αντικειμένων συνήθως γίνονται με την επίδραση μιας λειτουργίας . για παράδειγμα, το δωμάτιο άλλαξε χρώμα , από άσπρο σε γαλάζιο , διότι βάφτηκε. Δύο ή περισσότερα αντικείμενα τα οποία έχουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με τις ίδιες τιμές δεν σημαίνει ότι είναι το ίδιο αντικείμενο.

Συμπεριφορά: ενός αντικειμένου αντιστοιχεί στις υπηρεσίες που παρέχει το αντικείμενο σους λεγόμενους πελάτες (clients). Η συμπεριφορά καθορίζεται από το πώς ένα αντικείμενο αντιδρά σε συμβάντα που προέρχονται από εξωτερικές πηγές πως αλληλεπιδρά ε άλλα αντικείμενα

1.2.2 Λειτουργίες και Μέθοδοι

Συνήθως οι τάξεις και τα αντικείμενα χαρακτηρίζονται από το όνομα τους , τα χαρακτηριστικά τους και τις λειτουργίες τους (operations). Μία λειτουργία είναι μία συνάρτηση ή μεταβλητή που εφαρμόζεται από ένα αντικείμενο σε κάποιο άλλο που είναι το αντικείμενο-στόχος.

Σε κάθε τάξη τα αντικείμενα έχουν τις ίδιες λειτουργίες . Η ακριβής συμπεριφορά της λειτουργίας εξαρτάται από την τάξη του στόχου της. Το αντικείμενο-

στόχος γνωρίζει την τάξη του και επομένως γνωρίζει την υλοποίηση της λειτουργία. Σε γλώσσες που προέρχονται από διαδικαστικές γλώσσες , όπως η C++ που προέρχεται από τη C, μία λειτουργία είναι η ενεργοποίηση της συνάρτησης-μέλους (member function) ενός αντικειμένου-στόχου από το αντικείμενο που εκτελεί τη λειτουργία.

Η μέθοδος είναι ένα όρος που χρησιμοποιείται με μικρές παραλλαγές στην αντικειμενοστραφή βιβλιογραφία. Άλλοτε μέθοδος σημαίνει ακριβώς το ίδιο πράγμα με τη λειτουργία και άλλοτε μέθοδος σημαίνει υλοποίηση μιας λειτουργίας για μια τάξη

Μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα είδη λειτουργιών που μπορεί να εκτελέσει ένα αντικείμενο πάνω σε ένα άλλο:

1.**Λειτουργία Επιλογέας (Selector):** Μια λειτουργία που έχεο πρόσβαση στις τιμές των χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου, αλλά δεν τις αλλάζει. Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με READ_ONLY λειτουργίες.

2.**Λειτουργία Τροποποιητής (Modifier):**Μια λειτουργία που αλλάζει κάποιες τιμές χαρακτηριστικών του αντικειμένου. Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με WRITE λειτουργίες.

3.**Λειτουργία Κατασκευαστή (Constructor):**Μια λειτουργία που δημιουργεί ένα αντικείμενο και αρχικοποιεί την κατάσταση του.

4.**Λειτουργία Καταστροφέας (Destructor):**Μία λειτουργία που καταστρέφει ένα αντικείμενο.

1.2.3 Σχέσεις τάξεων –Αντικειμένων

Οι σχέσεις των τάξεων είναι το μέσο για να δηλώνονται οι συνεργασίες μεταξύ τάξεων. Όταν δύο τάξεις συσχετίζονται μεταξύ τους, τότε σχετίζονται και τα δείγματα των τάξεων δηλαδή τα αντικείμενα, οπότε μπορούν να στείλουν μηνύματα το ένα στο άλλο. Ένα μήνυμα ξεκινά συνήθως από μία λειτουργία ενός αντικείμενου-πελάτη και κατευθύνεται σε ένα αντικείμενο-εξυπηρέτη.

Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε τρία είδη σχέσεων τάξεων:

1. Συσχετισμοί
2. Σχέσεις-συναθροίσεις
3. Κληρονομικότητα

Οι πιο απλές σχέσεις είναι οι συσχετισμοί , οπότε κάθε άλλου είδους σχέση είναι και συσχετισμός.

Στις σχέσεις συνάθροισης έχουμε σχέση μέρους-όλου μεταξύ των τάξεων , δηλαδή μία τάξη αποτελείται από κάποιες άλλες τάξεις.

Στις σχέσεις κληρονομικότητας μία τάξη αποτελεί εξειδίκευση μιας άλλης , οπότε κληρονομεί από τη γενικευμένη τάξη τη δομή και τη συμπεριφορά της.

Η κληρονομικότητα είναι η πιο σημαντική σχέση δύο τάξεων για την αντικειμενοστραφή προσέγγιση. Σημασιολογικά, η κληρονομικότητα είναι η πιο ισχυρή σχέση απ` όλες. Μία τάξη μπορεί να συνδέεται με σχέση κληρονομικότητας με μία λεγόμενη υπέρ-τάξη , εάν η σχέση κληρονομικότητας είναι σχέση ειδίκευσης/ γενίκευσης και πολλές φορές ονομάζεται σχέση είναι (isa) ή σχέση «ένα είδος του» (a kind of).

Οι σχέσεις κληρονομικότητας είναι μεταβατικές με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ιεραρχίες, οι οποίες αποτελούνται από πολλά επίπεδα γενικεύσεων-εξειδικεύσεων.

1.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αντικειμενοστραφούς Τεχνολογίας

1.3.1 Πλεονεκτήματα

Η Αντικειμενοστραφής Τεχνολογία δεν ακολουθεί κάποια προσέγγιση που καταργεί τα αποδεδειγμένα καλά στοιχεία της Τεχνολογίας Λογισμικού, αλλά προσθέτει ορισμένα καινούργια στα ήδη υπάρχοντα, όπως η κληρονομικότητα.

Ο λόγος που η Αντικειμενοστραφής τεχνολογία κερδίζει έδαφος είναι γιατί δίνει καλές λύσεις και προοπτικές σε ορισμένα προβλήματα του κύκλου ζωής λογισμικού, όπως για παράδειγμα τη συντηρησιμότητα

Επαναχρησιμοποιησιμότητα

Η επαναχρησιμοποιησιμότητα (reusability) είναι ίσως το πιο γνωστό και πολυσυζητημένο πλεονέκτημα της Αντικειμενοστραφούς τεχνολογίας. Κάποιες τάξεις αντικειμένων που αναπτύσσονται σε μια εφαρμογή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες εφαρμογές όπου ενδεχομένως θα αποτελέσουν τις βασικές τάξεις, δηλαδή τις τάξεις –ρίζες των δέντρων κληρονομικότητας που θα οριστούν για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της νέας εφαρμογής.

Το γεγονός ότι μία τάξη ενθυλακώνει τα δεδομένα και την υλοποίηση της , μπορεί να την καταστήσει μια μονάδα ανεξάρτητη που μπορεί να εμφυτευτεί σε διαφορετική εφαρμογή προκειμένου να παρέχει στοιχεία προς κληρονόμηση

Συντηρησιμότητα

Η συντηρησιμότητα (maintainability) του λογισμικού διευκολύνεται με την αντικειμενοστραφή προσέγγιση διότι τα αντικειμενοστραφή συστήματα λογισμικού είναι επεκτάσιμα και φιλικά στις αλλαγές. Επιπλέον , αν μεγάλο κομμάτι του συστήματος χρειάζεται να ξανασχεδιαστεί αυτό δεν σημαίνει ότι όλες οι τάξεις που είχαν αρχικά οριστεί θα είναι άχρηστες , αφού μπορούν να εμφυτευτούν στο καινούριο σύστημα με ευκολία.

1.3.2 Πολυμορφισμός

Ο πολυμορφισμός είναι μία ιδιότητα κάποιων γλωσσών προγραμματισμού που συνδέεται άμεσα με τα λεγόμενα αντικειμενοστραφή χαρακτηριστικά.

Η έννοια πολυμορφισμός έχει τις ρίζες της στη θεωρία τύπων των γλωσσών προγραμματισμού. Οι γλώσσες με παραδοσιακή τυποποίηση είναι μονομορφικές διότι βασίζονται στο γεγονός ότι οι συναρτήσεις και οι διαδικασίες έχουν

ένα μοναδικό τύπο. Οι περισσότερες διαδικαστικές γλώσσες είναι μονομορφικές , όπως η FORTRAN , η PASCAL, η C και η Cobol.

Αντίθετα από τον μονομορφισμό , ο πολυμορφισμός επιτρέπει σε ένα μόνο όνομα να συμβολίζει δείγματα από διαφορετικές τάξεις εφόσον υπάρχει μία κοινή υπερ-τάξη που συνδέει τις διαφορετικές τάξεις. Ο πολυμορφισμός συνδέεται με δυναμική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της μεταγλώττισης.

Οι Cardelli και Wegner (1985) έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχουν αρκετά είδη πολυμορφισμού τα οποία σε μικρό ή μεγάλο βαθμό υποστηρίζονται από τις διάφορες αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού . τα πιο σημαντικά είδη πολυμορφισμού είναι τα εξής:

1. Παραμετρικός πολυμορφισμός

Αυτού του είδους ο πολυμορφισμός συμβαίνει όταν μία συνάρτηση μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά είδη τύπων.

2. Συμπεριλαμβάνων πολυμορφισμός (inclusionpolymorphism)

Αυτού του είδους ο πολυμορφισμός έχει γίνει για να εξυπηρετήσει την κληρονομικότητα, όπου ένα αντικείμενο μπορεί να ανήκει σε πολλές τάξεις. Υλοποιείται χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις virtual.

3. Αυθαίρετος πολυμορφισμός

Αυτού του είδους ο πολυμορφισμός αντιστοιχεί σε ένα μικρό σύνολο μονομορφικών συναρτήσεων , όπου το ίδιο όνομα μεταβλητής χρησιμοποιείται για να σημαίνει πολλές συναρτήσεις και τα συμφραζόμενα χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν ποια συνάρτηση εννοείται κάθε φορά. Αυτή η περίπτωση λέγεται υπερφόρτωση (overloading).

1.3.3 Απόκρυψη πληροφοριών και ενθυλάκωση

Η απόκρυψη πληροφοριών είναι μια έννοια που συστάθηκε από τον Parnas (1971). Αυτός διατύπωσε την άποψη ότι ένα σύστημα λογισμικού πρέπει να αποτελείται από τμήματα τα οποία κρύβουν τις λεπτομέρειες υλοποίησης τους και επικοινωνούν μεταξύ τους διαμέσου καλά ορισμένων διεπαφών (interfaces).

Ειδικότερα, θα πρέπει να κρύβονται οι δύσκολες σχεδιαστικές αποφάσεις οι οποίες είναι πιθανό να αλλάξουν, και οι αλγόριθμοι. Στην αντικειμενοστραφή προσέγγιση η απόκρυψη πληροφοριών γίνεται μέσα στην αφαίρεση της τάξης.

Η απόκρυψη πληροφοριών σχετίζεται άμεσα με την έννοια της ενθυλάκωσης η οποία είναι η διαδικασία πακετοποίησης των στοιχείων μιας αφαίρεσης, είτε αυτά είναι χαρακτηριστικά , είτε λειτουργίες. Οι Britton και Parnas αποκαλούν τα ενθυλακωμένα στοιχεία «μυστικά» της αφαίρεσης.

Το κυριότερο πλεονέκτημα της ενθυλάκωσης είναι η δυνατότητα αλλαγής της εσωτερικής δομής και λειτουργίας μιας αφαίρεσης χωρίς αυτό να επηρεάζει κανέναν από τους πελάτες της.

Κάθε τάξη έχει τρία μέρη:

1. **Το δημόσιο (public)**

Εκεί δηλώνονται τα μέλη τα οποία είναι ορατά από όλους τους πελάτες της τάξης και επομένως είναι τα λιγότερο κρυμμένα στοιχεία της τάξης.

2. **Το ιδιωτικό (private)**

Εκεί δηλώνονται τα μέλη τα οποία είναι πλήρως ενθυλακωμένα και τα οποία είναι ορατά μόνο από την ίδια την τάξη και τις τάξεις-φίλες της τάξης αυτής.

3. **Το προστατευμένο (protected)**

Εκεί δηλώνονται τα μέλη που είναι ορατά από την ίδια την τάξη και τις υπο-τάξεις της.

Στην αντικειμενοστραφή προσέγγιση , παρατηρείται ένας ανταγωνισμός μεταξύ της ενθυλάκωσης και της κληρονομικότητας.

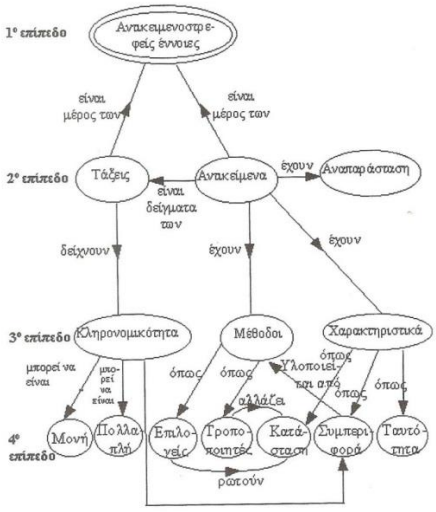
Αρχικά το πρόβλημα δίνεται από τους χρήστες στους μηχανικούς λογισμικού, οι οποίοι συνεργάζονται με τους εμπειρογνώμονες του πεδίου. Η αρχική επικοινωνία και ο ορισμός των απαιτήσεων δεν είναι απλό να γίνουν. Όταν καθοριστούν οι απαιτήσεις γίνεται η ανάλυση πεδίου, όπου θα πρέπει να αναζητηθούν οι τάξεις, τα χαρακτηριστικά, οι υπευθυνότητες , οι σχέσεις και οι ιεραρχίες.

Στην φάση της ανάλυσης , οι μηχανικοί λογισμικού ασχολούνται με τον προσδιορισμό του τι πρέπει να γίνει και όχι με το πώς θα γίνει αυτός.

Στην φάση του σχεδιασμού γίνεται η εκλέπτυνση των διαγραμμάτων τάξεων που έχουν προκύψει από την Ανάλυση, προκειμένου να συμπεριληφθούν νέες τάξεις που έχουν σχέση με την υλοποίηση και όχι με την περιγραφή του πεδίου της εφαρμογής. Τέτοιου είδους τάξεις λέγονται εσωτερικές τάξεις ή τάξεις λογισμικού.

Τέλος στην φάση της εξέλιξης γίνεται η υλοποίηση του λογισμικού.

Σχήμα 5.2 Εννοιολογικός χάρτης για αντικειμενοστρεφείς έννοιες από τους Novak και Gowin.



Πηγή: Novak J.D., D.B. Gowin (1984),Learning how to learn

1.3.4 Προβλήματα της Αντικειμενοστραφούς τεχνολογίας

Όπως σε κάθε καινούρια τεχνολογία, έχει ασκηθεί και κάποια κριτική για την αντικειμενοστραφή προσέγγιση. Το βασικότερο πρόβλημα είναι ότι αλλάζει τη φιλοσοφία ανάλυσης και σχεδιασμού, καταργώντας έτσι την παλαιότερη διαδικασία ανάπτυξης και το προϋπάρχον λογισμικό. Κατά συνέπεια , η αποκλειστική χρήση της αντικειμενοστραφούς τεχνολογίας καθίσταται δαπανηρή όταν πρέπει να αντικαταστήσει παλαιότερα συστήματα λογισμικού.

Υπάρχουν πολλοί επίσης που υποστηρίζουν ότι η αντικειμενοστραφής ανάλυση και σχεδιασμός δεν μπορούν να αποδώσουν πολύ καλά τη ροή δεδομένων σε ένα σύστημα, οπότε προτείνουν την παράλληλα χρήση Διαγραμμάτων Ροής Δεδομένων (Data Flow Diagrams) .

Οι υποστηρικτές της Αντικειμενοστραφούς τεχνολογίας Λογισμικού αντιπαραθέτουν σε αυτό το επιχείρημα ότι η αντικειμενοστραφής προσέγγιση μπορεί να αποδειχθεί ελλιπής μόνο όταν δεν υπάρχει κατάλληλα ειδικευμένο προσωπικό και τεχνολογική υποδομή που να ευνοούν την αντικειμενοστραφή ανάπτυξη.

Κεφάλαιο 2 – Αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού Python

2.1 Τι είναι η Python

Η Python[11] είναι μια γλώσσα προγραμματισμού **διερμηνευόμενη** (interpreted), **αλληλεπιδραστική** (interactive) και **προσανατολισμένη** σε αντικείμενα (object-oriented), που κατασκευάστηκε από τον Guidovan Rossum. Η Python είναι μια γλώσσα που συνδυάζει σημαντική αλγοριθμική ισχύ με πολύ απλή και σαφή σύνταξη. Χρησιμοποιεί ενθέματα (modules), τάξεις (classes), εξαιρέσεις (exceptions) καθώς και πολύ υψηλού επιπέδου τύπους δεδομένων.

Οι διερμηνευτές (interpreters) της Python είναι διαθέσιμοι για τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα και ο πηγαίος κώδικας της Python διατίθεται δωρεάν[12]. Η ανάπτυξη της Python ξεκίνησε το 1990 στο CWI του Άμστερνταμ και συνεχίζεται στο CNRI του Reston. Η γλώσσα διαθέτει μια κομψή αν και όχι πολύ απλοποιημένη σύνταξη και έναν μικρό αριθμό από ισχυρούς και υψηλού επιπέδου τύπους δεδομένων.

Αρχικά, η Python ήταν γλώσσα κατασκευής μοντέλων και σεναρίων που χρησιμοποιούνταν από το σύστημα Amoeba. Η Python 2.0 κυκλοφόρησε στις 16 Οκτωβρίου του 2000 που περιείχε σημαντικές βελτιώσεις και μπορούσε να υποστηρικτεί και από άλλα λειτουργικά συστήματα . Στις 3 Δεκεμβρίου 2008 κυκλοφόρησε η έκδοση 3.0. Πολλά από τα καινούργια χαρακτηριστικά αυτής της έκδοσης έχουν μεταφερθεί στις εκδόσεις 2.6 και 2.7 που είναι προς τα πίσω συμβατές.

Η python 3 είναι ιστορικά η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που έχει προς τα πίσω συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις ώστε να διορθωθούν κάποια λάθη που υπήρχαν σε προγενέστερες εκδόσεις και να καταστεί ακόμα πιο σαφής ο απλός τρόπος με τον οποίο μπορούν να γίνουν κάποια πράγματα.

Η Python μπορεί να επεκταθεί προσθέτοντάς της καινούργια modules που να είναι γραμμένα σε μια γλώσσα που μεταγλωττίζεται, όπως είναι η C ή η C++. Αυτά τα modules επέκτασης μπορούν να ορίσουν νέες συναρτήσεις (functions) και μεταβλητές

[11] http://www.python.org
[12] http://www.python.org/about/

(variables) καθώς επίσης και καινούργιους τύπους δεδομένων (objecttypes). Η Python συγκρίνεται συχνά μ' άλλες διερμηνευόμενες γλώσσες προγραμματισμού, όπως είναι οι Java, JavaScript, Perl, Tcl και η Smalltalk, αλλά συγκρίσεις μπορούν να γίνουν και με τις C++, CommonLisp και Scheme.

2.2 Στοιχεία και φιλοσοφία της γλώσσας

Η python χρησιμοποιεί δυναμικό συνδυασμό γραψίματος, καταμέτρησης αναφορών και κύκλο διαχείρισης σκουπιδιών (cycle-detecting garbage collector) για σωστότερη διαχείριση της μνήμης. Ένα σημαντικό στοιχείο της Python είναι η δυναμική δέσμευση , που δεσμεύει της μεθόδους και τα ονόματα μεταβλητών κατά την διάρκεια της εκτέλεσης.

Ο σχεδιασμός της python προσφέρει περιορισμένη υποστήριξη για λειτουργικό προγραμματισμό σύμφωνα με την Lisp[13] παράδοση. Η γλώσσα περιέχει συναρτήσεις όπως (map(), reduce() και filter()) , κατανόηση λίστας και λεξιλογίων.

Η βασική φιλοσοφία της γλώσσας προγραμματισμού συνοψίζεται στο άρθρο "PEP 20 (The Zen of Python)" όπου περιέχει χαρακτηρισμούς όπως:

- Το όμορφο είναι καλύτερο από το άσχημο
- Το σαφής είναι καλύτερο από το αφηρημένο
- Το απλό είναι καλύτερο από το σύνθετο
- Το σύνθετο είναι καλύτερο από το πολύπλοκο
- Η αναγνωσιμότητα μετράει

Αντί να χρειάζεται όλη η απαιτούμενη λειτουργία να ενσωματωθεί στον πυρήνα της γλώσσας, η Python σχεδιάστηκε ώστε να είναι επεκτάσιμη. Η γλώσσα μπορεί να ενσωματωθεί σε υπάρχουσες εφαρμογές που χρειάζονται ένα προγραμματιστικό περιβάλλον.

[13]Lisp ονομάζεται μια οικογένεια γλωσσών προγραμματισμού υπολογιστών με μεγάλη ιστορία και χαρακτηριστική σύνταξη με πλήρεις παρενθέσεις. Αρχικά προσδιορίστηκε το 1958, και είναι η δεύτερη σε ηλικία γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, νεότερη μόνο από τη Fortran.

Καθώς προσφέρει επιλογή στην μεθοδολογία κωδικοποίησης, η φιλοσοφία της γλώσσας απορρίπτει την πληθωρική σύνταξη όπως η Perl, ώστε να υπάρχει μειωμένο και ελεύθερο συντακτικό στην γλώσσα. Όπως είπε ο Alex Martelli : «να περιγράψουμε κάτι έξυπνο δεν θεωρείται ως προσόν στην φιλοσοφία της Python»[14]

Οι προγραμματιστές που χρησιμοποιούν την γλώσσα προσπαθούν να αποφύγουν την πρόωρη βελτιστοποίηση του κώδικα και πιο συγκεκριμένα, απορρίπτουν πρόσθετα πράγματα σε μη απαραίτητα κομμάτια της γλώσσας παρόλο που θα μπορούσε να αυξήσει την ταχύτητα αλλά σαν κόστος να είχε την καθαρότητα του συντακτικού[15]. Όταν η ταχύτητα είναι σημαντική οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν PyPy, έναν άμεσος μεταφραστή.

Ένας σημαντικός στόχος των προγραμματιστών της Python είναι να κάνουν την γλώσσα ευχάριστη για να χρησιμοποιείται. Αυτό είναι μια αντανάκλαση του ορίσματος του ονόματος. Ένας κοινός νεολογισμός στην κοινότητα της Python είναι το pythonic, που μπορεί να έχει μια μεγάλη γκάμα από νοήματα που αφορούν τον τρόπο προγραμματισμού. Για να χαρακτηρίσουμε έναν κώδικα pythonic πρέπει να χρησιμοποιεί τα ιδιώματα της γλώσσας σωστά, ότι συμμορφώνεται με την μινιμαλιστική φιλοσοφία της γλώσσας και δίνει έμφαση στην εύκολη ανάγνωση. Σε αντίθεση, ο κώδικας που είναι δύσκολο να κατανοηθεί ή να διαβαστεί χαρακτηρίζεται unpythonic.

Οι περισσότερες υλοποιήσεις της Python μπορούν να λειτουργήσουν σαν διερμηνέας γραμμών εντολών , όπου οι χρήστες μπορούν να γράψουν κώδικα ζωντανά και χωρίς να χρειάζεται να τρέξουν τον κώδικα και να δουν τα αποτελέσματα στην στιγμή. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν το κλασσικό περιβάλλον για να γράψουν κώδικα έχοντας πλεονεκτήματα όπως αυτόματη συμπλήρωση και τονισμός τους συντακτικού.

Σε αντίθεση με τα κλασσικά προγράμματα συγγραφής κώδικα PythonIDE(integrated development environments) υπάρχουν επίσης και διαδικτυακή τρόποι μέσω του φυλλομετρητή (browser).

[14] Alex Martelli, Python Cookbook (2nd ed., p. 230)
[15] http://www.python.org/dev/culture/

2.3 Πλεονεκτήματα της γλώσσας Python

Η γλώσσα Python υπερέχει σε σχέση με τις υπόλοιπες γλώσσες προγραμματισμού σε πολλούς τομείς. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά που την περιγράφουν είναι :

- Απλή σε σύνταξη
- Εύκολη στην εκμάθηση
- Δωρεάν και ανοικτού κώδικα
- Γλώσσα Υψηλού Επιπέδου
- Φορητή
- Διερμηνευόμενη
- Αντικειμενοστραφής

Η απλότητα στην σύνταξη της την καθιστά παράλληλα και πολύ εύκολη στην εκμάθηση. Χρησιμοποιώντας εύκολο συντακτικό και παράλληλα δυναμικούς τύπους δεδομένων λύνει τα χέρια στους προγραμματιστές να κάνουν πολύπλοκες εφαρμογές αλλά με κατανοητό και επαναχρησιμοποιήσιμο κώδικα. Παρόλα αυτά δεν έχει δύναμη σαν γλώσσα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απαιτητικές εφαρμογές. Σε σύγκριση με άλλες γλώσσες προγραμματισμού υπερέχει[16]:

Python vs Perl	**Python vs Java**
- Ευκολία εκμάθησης - Πιο ευανάγνωστος κώδικας - Λιγότερα προβλήματα - Περισσότερη ασφάλεια - Καλύτερη ενσωμάτωση με την Java - Λιγότερες «προκαταλήψεις» με τα Linux.	- 5-10 φορές πιο συνοπτική - Δυναμική πληκτρολόγηση - Πιο γρήγορη ανάπτυξη - Πιο αργή αλλά η διαδικασία ανάπτυξης πιο γρήγορη - Ενσωματώνει την Java στην γλώσσα JPython.

[16]http://www.python.org/

Κεφάλαιο 3 – Χαρτογραφικές προβολές

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Ένα από τα άλυτα προβλήματα είναι ο απόλυτα σωστός τρόπος μεταφοράς της γήινης επιφάνειας σε ένα επίπεδο. Το πρόβλημα αυτό παραμένει άλυτο γιατί ουσιαστικά προσπαθούμε να προβάλλουμε μία καμπύλη επιφάνεια (το σφαιρικό σχήμα της γης) σε μία επίπεδη επιφάνεια (χάρτη).Επειδή αυτό είναι αδύνατο να γίνει κατά απόλυτο τρόπο, η προσπάθεια επικεντρώνεται στο να γίνει μία όσο το δυνατόν πιο σωστή προβολή.

Η απόδοση της γήινης επιφάνειας πάνω στην υδρόγειο είναι η μοναδική σωστή προβολή γιατί αποδίδονται σωστά τα τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών οντοτήτων:

- οι αποστάσεις μεταξύ των ηπείρων,
- η έκταση τους
- η διεύθυνση μεταξύ των σημείων
- και το σχήμα τους.

Αντίθετα, σε οποιαδήποτε άλλη προβολή, είναι αδύνατο να υπάρχει σωστή απόδοση και των τεσσάρων αυτών χαρακτηριστικών. Επομένως, κάθε χάρτης ο οποίος απεικονίζει ένα τμήμα της γήινης επιφάνειας πάνω στο επίπεδο, θα αποδίδει σωστά μέχρι τα τρία από τα παραπάνω χαρακτηριστικά και το τέταρτο λάθος, ή θα αποδίδει και τα τέσσερα χαρακτηριστικά με τον καλύτερο δυνατόν τρόπο, χωρίς όμως κάποιο από αυτά να είναι απόλυτα σωστό.

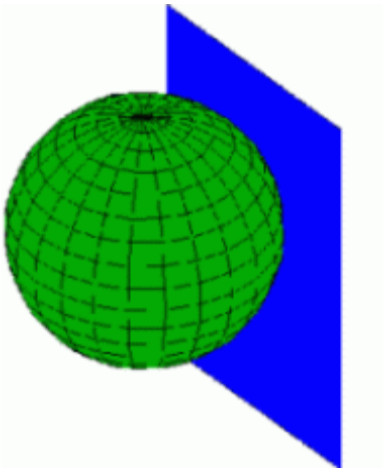
Στην προσπάθειά του ο άνθρωπος έχει ανακαλύψει πολλών ειδών τεχνικές προβολής της γης στο επίπεδο, με τις οποίες προσπαθεί να ξεπεράσει το εμπόδιο της καμπύλης επιφάνειας της. Οι προβολές αυτές, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε:

1. Γνήσιες: όταν η κατασκευή τους βασίζεται σε γεωμετρική κατασκευή
2. Μη γνήσιες: όταν η κατασκευή τους βασίζεται σε μαθηματικές εξισώσεις.

Οι προβολές κατασκευάζονται πάνω σε μία επιφάνεια προβολής. Ανάλογα με το είδος της επιφάνειας διακρίνονται σε:

α) Αζιμουθιακές: όταν η επιφάνεια είναι επίπεδο

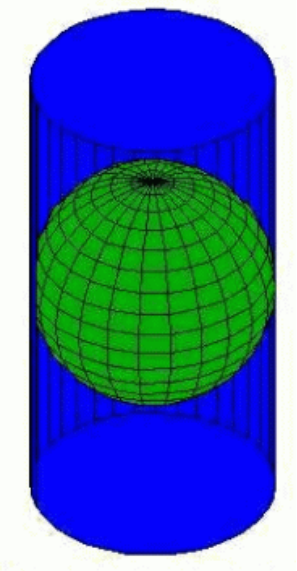
Σχήμα 3.1:Αζιμουθιακή προβολή



Πηγή : Peter H. Dana 1995

β) Κυλινδρικές: όταν η επιφάνεια προβολής είναι το εσωτερικό ενός κυλίδρου που περιβάλλει ή κόβει τη σφαίρα

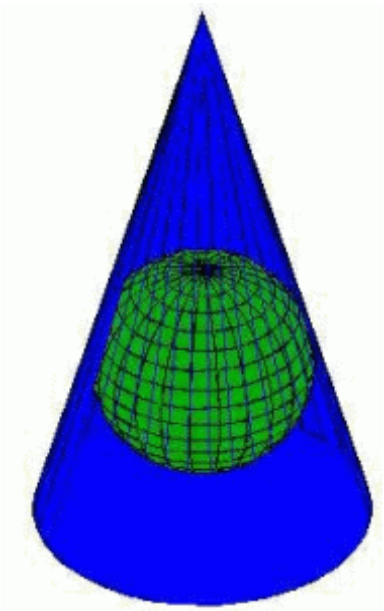
Σχήμα3.2:Κυλινδρική προβολή



Πηγή : Peter H. Dana 1995

γ) Κωνικές: όταν η επιφάνεια προβολής είναι το εσωτερικό ενός κώνου που περικλείει ή τέμνει την σφαίρα.

Σχήμα 3.3:Κωνική προβολή



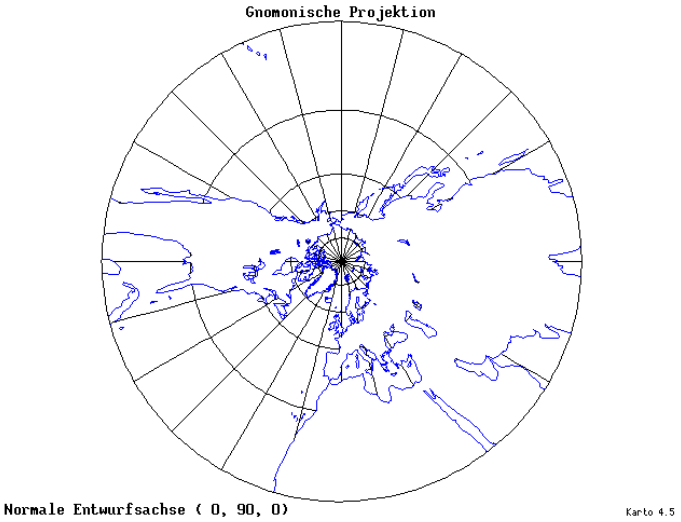
Πηγή : Peter H. Dana 1995

Οι προβολές επίσης διακρίνονται, ανάλογα με το πού βρίσκεται το κέντρο της προβολής στις παρακάτω κατηγορίες:

- Γνωμονική[17] :όταν το κέντρο της προβολής είναι και το κέντρο της γης

[17]Αζιμουθιακή Γνωμονική Πολική προβολή. Προβάλλεται το τμήμα της γης από τον 45ο παράλληλο έως τον βόρειο πόλο.

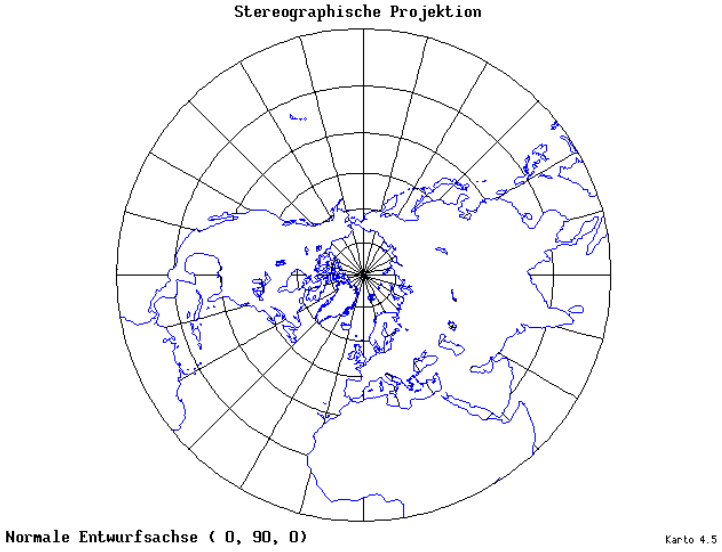
Σχήμα 3.4:Γνωμονική προβολή



Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

- στερεογραφική[18]: όταν το κεντρικό σημείο της προβολής βρίσκεται στο αντιδιαμετρικό σημείο του σημείου όπου εφάπτεται το επίπεδο.

Σχήμα 3.5:Στερεογραφική προβολή

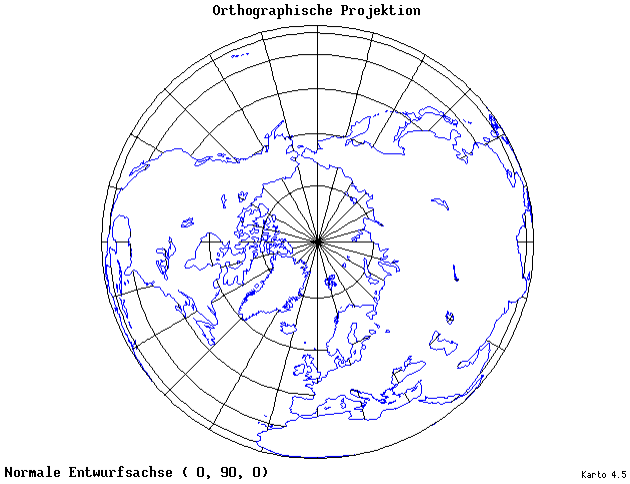


Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

[18]Αζιμουθιακή Στερεογραφική Πολική προβολή. Προβάλλεται το τμήμα της γης από τον 45ο παράλληλο έως τον βόρειο πόλο.

- ορθογραφική: όταν το κεντρικό σημείο βρίσκεται στο άπειρο

Σχήμα 3.6:Ορθογραφική



Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

Ένα τελευταίο στοιχείο το οποίο χαρακτηρίζει τις προβολές είναι το σημείο που εφάπτεται στο επίπεδο:

- Πολικές: όταν το σημείο που εφάπτεται στο επίπεδο είναι ένας από τους δύο πόλους.

- Ισημερινές: όταν το σημείο επαφής είναι κάπου στον Ισημερινό

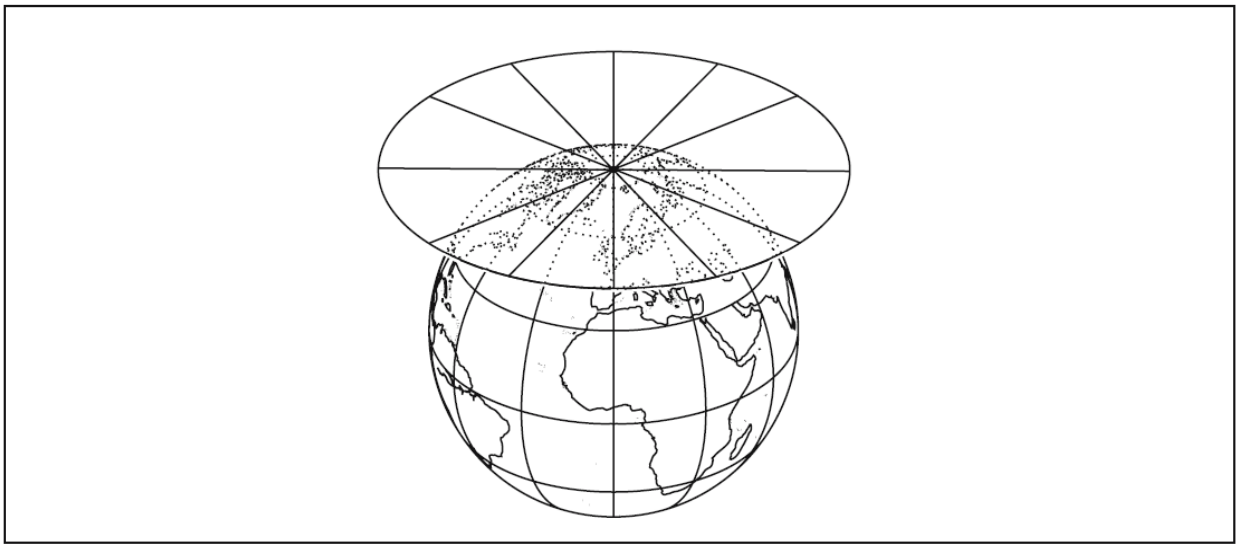
- Πλάγιες: όταν το εφαπτόμενο σημείο είναι κάποιο άλλο σημείο πάνω στην σφαιρική επιφάνεια της γης.

3.2 Προβολή σφαίρας στο εφαπτόμενο επίπεδο

Για την χαρτογράφηση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, οι χάρτες της επιφάνειας της γης πάνω σε εφαπτόμενο επίπεδο είναι η καλύτερη επιλογή. Στο σημείο αυτό μας ενδιαφέρει να επικεντρωθούμε στην αναπαράσταση της σφαίρας σε εφαπτόμενο επίπεδο, που το κέντρο του βρίσκεται ή στο Βόρειο ή στο Νότιο πόλο. Μια τέτοια τοποθέτηση του επιπέδου στο οποίο χαρτογραφούμε ονομάζεται πολικός προσανατολισμός. Εφόσον η σφαιρική συντεταγμένη Λ συμπίπτει με την πολική συντεταγμένη (α) του σημείου στο εφαπτόμενο επίπεδο, η χαρτογράφηση ονομάζεται αζιμουθιακή : α =Λ. Ένα παράδειγμα αζιμουθιακής προβολής φαίνεται από το σχήμα :

Σχήμα 3.7

Χαρτογράφηση της γης σε εφαπτόμενο επίπεδο: πολικός προσανατολισμός. Σημείο επαφής :Βόρειος πόλος, Παράμετροι : $\Lambda 0 \in [0\circ, 360\circ], \Phi 0 = 90$

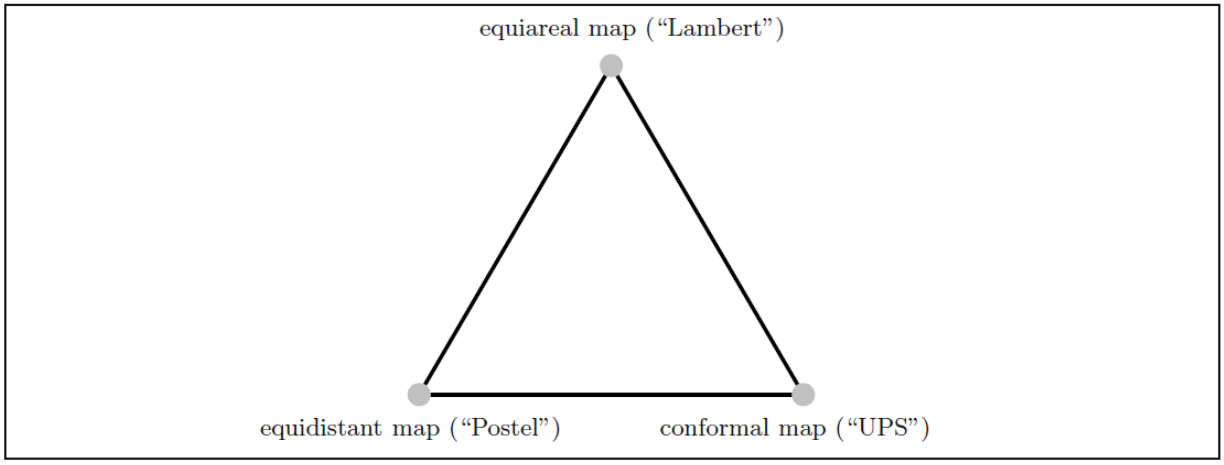


Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

Μία πρώτη ομάδα χαρτών απεικονίζεται από το μαγικό τρίγωνο όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.8. Από την κανονικοποιημένη με βασικές παραμορφώσεις (i) $\Lambda_2 = 1$, (ii) $\Lambda_1 = \Lambda_2$, and (iii) $\Lambda_1\Lambda_2 = 1$, παράγονται οι διαφορικές εξισώσεις που χαρακτηρίζουν (i) χάρτες με ισαπέχουσες προβολές, (ii) σύμμορφους χάρτες, και (iii) χάρτες με ισόποσες περιοχές. Αυτές οι διαφορικές εξισώσεις λύνονται σύμφωνα με την επιλογή μια συγκεκριμένης μεταβλητής. Έπειτα γίνεται η παραγωγή μια δεύτερης ομάδας χαρτών που ονομάζονται φυσιολογικής προοπτικής (normal perspective). Προσδιορίζουμε το

κέντρο της προοπτικής, την γραμμή όρασης και την γραμμή επαφής. Επομένως καταλήγουμε σε συγκεκριμένες χαρτογραφικές προβολές (i) την γνωμονική προβολή , (ii) την ορθογραφική προβολή, και (iii) την αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή.

Σχήμα 3.8



Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

3.2.1 Γενικές εξισώσεις χαρτογράφησης

Οι βασικές εξισώσεις χαρτογράφησης της σφαίρας σε εφαπτόμενο επίπεδο όσο αναφορά τις αζιμουθιακές προβολές με πολικό προσανατολισμό περιγράφονται παρακάτω.

Υπάρχουν δύο βασικά αξιώματα που διέπουν τις γενικές εξισώσεις χαρτογράφησης της σφαίρας S_{2R} ακτίνας R σε εφαπτόμενο επίπεδο $T\boldsymbol{X}_0S_{2\,R}$ που είναι τοποθετημένο στο σημείο **X**0 ∈TS2 R. Περιβάλλοντας το εφαπτόμενο επίπεδο από τις πολικές συντεταγμένες {α,r}. Τότε τα αξιώματα γίνονται :

Αξίωμα 1

Η πολικής συντεταγμένης α, η οποία επίσης ονομάζεται αζιμούθιο, είναι πανομοιότυπο με το σφαιρικό γεωγραφικό μήκος, i. e. α = Λ

Αξίωμα 2

Η πολική συντεταγμένη r εξαρτάται αποκλειστικά από τον σφαιρικό Φ γεωγραφικού πλάτους ή στο σφαιρικό συμπληρωματικό γεωγραφικό πλάτος Δ: =π/2,-Φ, δηλαδή r=x2 +y2= f (Δ) = f (π /2,-Φ). ΑνΦ=π/ 2ή, ισοδύναμα, Δ=0, τότε f(0) =0ισχύει

Στην τελική ανάλυση, οι γενικές εξισώσεις του αζιμούθιου χαρτογράφησης κατασκευάζεται από την ακόλουθη διανυσματική εξίσωση:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r\cos\alpha \\ r\sin\alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(\Delta)\cos\Lambda \\ f(\Delta)\sin\Lambda \end{bmatrix}$$

3.2.2 Βασικά στοιχεία ισαπέχουσας προβολής

Η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή είναι μια αζιμουθιακή προβολή. Έχει τα χρήσιμα στοιχεία ότι όλα τα σημεία στον χάρτη είναι σε αναλογικές σωστές αποστάσεις από το κεντρικό σημείο και ότι όλα τα σημεία του χάρτη είναι σε σωστό αζιμούθιο (διεύθυνση) από το κέντρο. Μια χρήσιμη εφαρμογή αυτού του τύπου προβολής είναι η πολική προβολή που απεικονίζει όλους τους μεσημβρινούς (γραμμές γεωγραφικού μήκους) σαν ευθείες, με αποστάσεις από τον βόρειο πόλο να είναι οι πραγματικές.

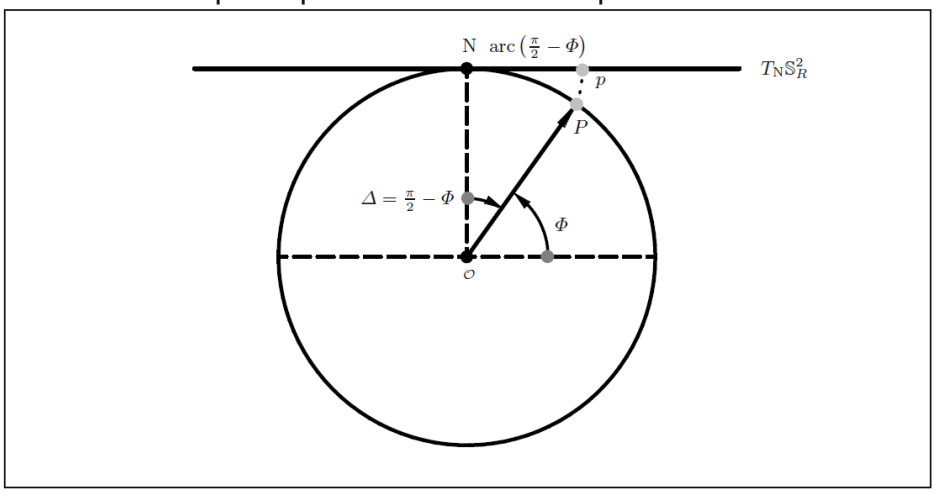
Βασικά χαρακτηριστικά.

- οι αποστάσεις και οι διευθύνσεις σε όλα τα σημεία είναι πραγματικές μόνο από το κέντρο της προβολής.
- οι αποστάσεις είναι πραγματικές κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής που περνάει από το κέντρο της προβολής.
- όλες οι άλλες αποστάσεις δεν είναι οι πραγματικές.
- η παραμόρφωση των περιοχών και των σχημάτων αυξάνεται όσο απομακρυνόμαστε από το κεντρικό σημείο.

3.2.3 Εξισώσεις ισαπέχουσας προβολής

Ας υποθέσουμε μια απόσταση όταν οι μεσημβρινοί Λ = σταθερό, δηλαδή η χαρτογράφηση r = f (Δ) = ΚΔ. Πράγματι, RARC (π / 2, - Φ) = r παράγει μια τέτοια απλή ισαπέχουσα προβολή, η οποία απεικονίζεται μέσω του σχήματος (Σχήμα 3.9).

Σχήμα 3.9Ένα σφαιρικό κάθετο τμήμα, μια ισαπεχουσα απεικόνιση της σφαίρας στο εφαπτόμενο επίπεδο στο Βόρειο Πόλο



Πηγή :http://www.geometrie.tuwien.ac.at/

Αφήνοντας επομένως φ1 και λ0 σαν το γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος του κέντρου της προβολής , τότε οι εξισώσεις παραμόρφωσης δίνονται από :

$$x = k' \cos\phi \sin(\lambda - \lambda_0)$$
$$y = k' [\cos\phi_1 \sin\phi - \sin\phi_1 \cos\phi \cos(\lambda - \lambda_0)].$$

Όπου k' είναι :

$$k' = \frac{c}{\sin c}$$

και :

$$\cos c = \sin\phi_1 \sin\phi + \cos\phi_1 \cos\phi \cos(\lambda - \lambda_0),$$

Όπου c είναι η γωνιακή απόσταση από το κέντρο. Η αντίστροφη συνάρτηση είναι :

$$\phi = \sin^{-1}\left(\cos c \sin\phi_1 + \frac{y \sin c \cos\phi_1}{c}\right)$$

και

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_0 + \tan^{-1}\left(\dfrac{x \sin c}{c \cos \phi_1 \cos c - y \sin \phi_1 \sin c}\right) & \text{for } \phi_1 \neq \pm 90\,^\circ \\ \lambda_0 + \tan^{-1}\left(-\dfrac{x}{y}\right) & \text{for } \phi_1 = 90\,^\circ \\ \lambda_0 + \tan^{-1}\left(\dfrac{x}{y}\right) & \text{for } \phi_1 = -90\,^\circ, \end{cases}$$

Με την γωνιακή απόσταση από το κέντρο να δίνεται από :

$$c = \sqrt{x^2 + y^2}\,.$$

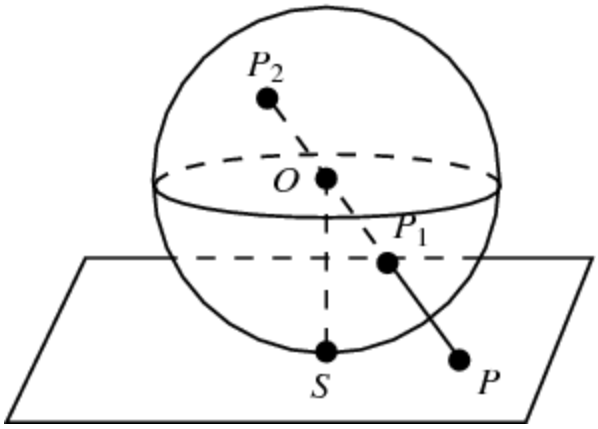
3.2.4 Βασικά στοιχεία γνωμονικής προβολής

Μια γνωμονική χαρτογραφική προβολή αναπαριστά όλους τους μέγιστους κύκλους σαν ευθείες γραμμές, που έχει σαν αποτέλεσμα ότι οπουδήποτε ευθύγραμμο τμήμα σε έναν γνωμονικό χάρτη να δείχνει την μικρότερη διαδρομή δύο σημείων.

Αυτό πετυχαίνεται με την προβολή των σημείων επιφάνειας της σφαίρας σε ένα εφαπτόμενο επίπεδο, κάθε σημείο στην επιφάνεια είναι μια ακτίνα που περνάει από το κέντρο της γης και καταλήγει στο επίπεδο.

Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται η γνωμονική προβολή. Καμία παραμόρφωση δεν γίνεται στο εφαπτόμενο σημείο αλλά οι παραμορφώσεις αυξάνονται πάρα πολύ γρήγορα όσο απομακρυνόμαστε από αυτό.

Σχήμα 3.10: Παράδειγμα γνωμονικής προβολής



Πηγή: Coxeter, H. S. M. *Introduction to Geometry, 2nd ed.* New York: Wiley, pp. 93 and 289-290, 1969.

Η γνωμονική προβολή είναι μια μη σύμμορφη χαρτογραφική προβολή που σχηματίζεται προβάλλοντας σημεία σε μια σφαιρική επιφάνεια από το κέντρο της Ο στο σημείο P στο επίπεδο που είναι εφαπτόμενο στο σημείο S (Coxeter 1969)[19] . Στην παραπάνω εικόνα , το σημείο S είναι ο νότιος πόλος , αλλά γενικά μπορεί να είναι οποιοδήποτε σημείο στην γη. Αφού αυτή η προβολή προβάλει αντιδιαμετρικά σημεία P1 και P2 στο ίδιο σημείο P , μπορεί να προβάλει ένα ημισφαίριο την φορά.

Οι γνωμονικές προβολές χρησιμοποιούνται στην ανάλυση σεισμικών δραστηριοτήτων επειδή τα σεισμικά κύματα τείνουν να ταξιδεύουν κατά μήκος μέγιστων κύκλων. Επίσης χρησιμοποιούνται για ναυτικούς σκοπούς για εύρεση διευθύνσεων. Στην αεροπορία χρησιμοποιείται πολύ αυτή η προβολή για την εύρεση της μικρότερης διαδρομής μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού.

Χαρακτηριστικά

- Από την στιγμή που οι μεσημβρινός και ο ισημερινός είναι μέγιστοι κύκλοι , πάντα εμφανίζονται σαν ευθείες γραμμές στην γνωμονική προβολή.
- Αν το εφαπτόμενο σημείο είναι ένας από τους πόλους τότε οι μεσημβρινοί είναι ακτινωτοί και ισαπέχουν μεταξύ τους.

[19] Coxeter, H. S. M. Introduction to Geometry, 2nd ed. New York: Wiley, pp. 93 and 289-290, 1969.

- Αν το εφαπτόμενο σημείο δεν είναι πόλος ή ο ισημερινός , τότε οι μεσημβρινοί είναι ακτινωτές γραμμές από τους πόλους αλλά δεν έχουν ίδια διαστήματα. Ο ισημερινός είναι μια ευθεία γραμμή που είναι κάθετος σε μόνο έναν μεσημβρινό.
- Αν το εφαπτόμενο σημείο είναι στον ισημερινό τότε οι μεσημβρινοί είναι παράλληλοι αλλά δεν έχουν την ίδια διάσταση. Ο ισημερινός είναι μια ευθεία γραμμή κάθετη στους μεσημβρινούς.

3.2.5 Εξισώσεις γνωμονικής προβολής

Όπως όλες οι αζιμουθιακές προβολές, οι γωνίες από το εφαπτόμενο σημείο διατηρούνται. Η απόσταση (d) από το σημείο είναι μια συνάρτηση r(d) που δίνεται από τον τύπο.

$$r(d) = R\,\tan(d/R)$$

Όπου R είναι η ακτίνα της γης. Πιο συγκεκριμένα στην παραπάνω εικόνα το γεωγραφικό μήκος και πλάτος (λ,φ) =(0,0) και ως εκ τούτου βρίσκεται στον ισημερινό.

Οι εξισώσεις μετασχηματισμού για το εφαπτόμενο επίπεδο στο σημείο S έχουν γεωγραφικό πλάτος (φ) και γεωγραφικό μήκος (λ) για μια προβολή με κεντρικό γεωγραφικό μήκος λ_0 και κεντρικό γεωγραφικό μήκος φ_1 δίνονται από :

$$x = \frac{\cos\phi \sin(\lambda - \lambda_0)}{\cos c}$$
$$y = \frac{\cos\phi_1 \sin\phi - \sin\phi_1 \cos\phi \cos(\lambda - \lambda_0)}{\cos c},$$

και c είναι η απόσταση γωνίας του σημείου (x,y) από το κέντρο της προβολής, που δίνεται από :

$$\cos c = \sin\phi_1 \sin\phi + \cos\phi_1 \cos\phi \cos(\lambda - \lambda_0).$$

Οι εξισώσεις του αντίστροφου μετασχηματισμού είναι :

$$\phi = \sin^{-1}\left(\cos c \sin\phi_1 + \frac{y \sin c \cos\phi_1}{\rho}\right)$$
$$\lambda = \lambda_0 + \tan^{-1}\left(\frac{x \sin c}{\rho \cos\phi_1 \cos c - y \sin\phi_1 \sin c}\right),$$

όπου:

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$
$$c = \tan^{-1}\rho$$

και τα δύο ορίσματα της αντίστροφης συνάρτησης εφαπτομένης είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς.

3.3 Θεωρία μέγιστων κύκλων

3.3.1 Εισαγωγή στους μέγιστους κύκλους

Ένας μέγιστος κύκλος ορίζεται σαν οποιοσδήποτε κύκλος στην γη (ή σε οποιαδήποτε σφαίρα) με το κέντρο του στο κέντρο του κύκλου. Επομένως ένας μέγιστος κύκλος χωρίζει την γη σε δύο ίσα μέρη. Επειδή πρέπει να ακολουθούν την περιφέρεια της γης ώστε να την χωρίσουν σε δύο μέρη, οι μέγιστοι κύκλοι είναι περίπου 40,000 χιλιόμετρα (24,854 μίλια) σε μήκος κατά μήκος των μεσημβρινών. Στον ισημερινό όμως, ένας μέγιστος κύκλος είναι λίγο μεγαλύτερος επειδή η γη δεν είναι μια τέλεια σφαίρα αλλά πεπλατυσμένη στους πόλους. Επίσης οι μέγιστοι κύκλοι αναπαριστούν την μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού τους , οι μέγιστοι κύκλοι είναι σημαντικοί πλοήγηση.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των μέγιστων κύκλων είναι:

- Οι μέγιστοι κύκλοι είναι ευθείες γραμμές οι οποίες διασχίζουν ολόκληρη την γη.

- Ο ισημερινός είναι ένας μέγιστος κύκλος.

- Οι μεσημβρινοί οι οποίοι διασχίζουν τον νότιο και βόρειο πόλο είναι επίσης μέγιστοι κύκλοι.

- Για κάθε περιοχή πάνω σε ένα μέγιστο κύκλο, η αντιδιαμετρική είναι επίσης πάνω στο ίδιο κύκλο.

- Εκτός από τον ίδιο τον ισημερινό , κάθε μέγιστος κύκλος τον διασχίζει σε δύο αντιδιαμετρικές περιοχές με διαφορά 180^{o}.

- Εκτός από τον ισημερινό και τους μεσημβρινούς που διασχίζουν τον βόρειο και τον νότιο πόλο, κάθε μέγιστος κύκλος φτάνει στο μέγιστο γεωγραφικό πλάτος σε δύο περιοχές που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος 90^{o} ανατολικά και δυτικά από τα δύο σημεία που κόβουν τον ισημερινό.

Λόγω της παραμόρφωσης που προκαλείται από τις χαρτογραφικές προβολές στην γη πάνω στο επίπεδο (χάρτη) , η ευθεία γραμμή σε αυτό το επίπεδο δεν είναι αναγκαστικά και η μικρότερη διαδρομή. Τα πλοία και τα αεροσκάφη συνήθως ακολουθούν την γεωμετρία των μέγιστων κύκλων ώστε να ελαχιστοποιήσουν τις αποστάσεις και να γλυτώσουν χρόνο και χρήμα στους πελάτες τους.

3.3.2 Παγκόσμιες τοποθεσίες των μέγιστων κύκλων

Οι μέγιστοι κύκλοι είναι εύκολο να ταυτοποιηθούν πάνω στην γη σύμφωνα με τις γραμμές του γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Κάθε γραμμή γεωγραφικού μήκους (μεσημβρινοί) κόβει την γη σε δύο ίσα μέρη. Αν πάρουμε σαν παράδειγμα τον Πρώτο Μεσημβρινό στις 0^{o} είναι μισός μέγιστος κύκλος με την αντίθετη πλευρά του να είναι η Διεθνής Γραμμή Ημερομηνίας στις 180^{o}.

Ενώ ο ισημερινός είναι ένας μέγιστος κύκλος οι υπόλοιποι παράλληλοι κύκλοι στα νότια και βόρεια του δεν είναι μέγιστοι κύκλοι επειδή το μήκος τους μικραίνει όταν

προχωράμε προς τους πόλους και δεν περνάνε από το κέντρο της γης. Επομένως αυτές οι γραμμές θεωρούνται μικροί κύκλοι και δεν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά που έχουν οι μέγιστοι.

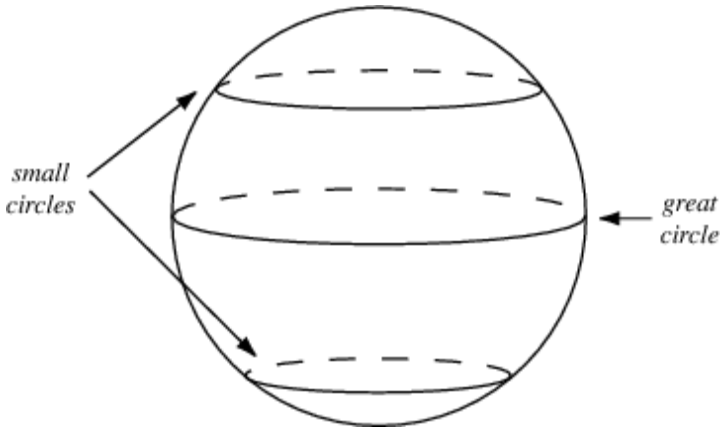
Η πιο διάσημη χρήση των μέγιστων κύκλων στην γεωγραφία είναι για την πλοήγηση επειδή αναπαριστούν την μικρότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων στην σφαίρα. Λόγω της περιστροφής της γης, οι ναυτικοί και οι πιλότοι που χρησιμοποιούν τους μέγιστους κύκλους πρέπει συνέχεια να προσαρμόζουν την πορεία τους καθώς ο προσανατολισμός της πλώρης ή τη μύτης του αεροπλάνου αλλάζει για τις μεγάλες αποστάσεις. Για τις μόνες περιοχές που ο προσανατολισμός δεν αλλάζει είναι όταν ταξιδεύουν κατά μήκος του ισημερινού ή όταν προς τους πόλους.

Λόγω αυτών των μεταβλητών, οι μέγιστοι κύκλοι χωρίζονται σε μικρότερες γραμμές που ονομάζονται γραμμές Rhumb που αναπαριστούν την σταθερή διεύθυνση της πυξίδας για την συγκεκριμένη διαδρομή. Οι γραμμές Rhumb επίσης διασχίζουν όλους τους μεσημβρινούς με την ίδια γωνία, που τις καθιστά πολύ χρήσιμες για να σπάνε μέγιστους κύκλους.

Σήμερα, οι μέγιστοι κύκλοι χρησιμοποιούνται σε μεγάλες αποστάσεις επειδή είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να ταξιδέψουν. Συνήθως χρησιμοποιούνται περισσότερο από πλοία και αεροσκάφη όπου τα ρεύματα της θάλασσας και του αέρα δεν είναι σημαντικά για μεγάλες αποστάσεις. Βέβαια υπάρχουν ρεύματα Αεροχείμαροι (jet stream) που είναι πιο αποδοτικά για μεγάλες αποστάσεις από ότι οι μέγιστοι κύκλοι.

3.3.3 Μαθηματική ερμηνεία μέγιστων κύκλων

Ο μέγιστος κύκλος είναι ένα τμήμα μιας σφαίρας που έχει την ίδια διάμετρο με αυτήν της γης (Kernand Bland 1948, p. 87). Τα τμήματα της σφαίρας που δεν έχουν ίδια διάμετρο με αυτήν ονομάζονται μικροί κύκλοι. Ένας μέγιστος κύκλος γίνεται ευθεία γραμμή στην γνωμονική προβολή και στην ισαπέχουσα. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην γνωμονική οποιαδήποτε ευθεία γραμμή αναπαριστά έναν μέγιστο κύκλο ενώ στην ισαπέχουσα πρέπει η γραμμή να ξεκινάει από το κέντρο της προβολής για να είναι μέγιστος κύκλος.



Πηγή: http://mathworld.wolfram.com

Η κοντινότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων στην σφαίρα, επίσης γνωστή και ως ορθοδρομική, είναι ένα τμήμα ενός μέγιστου κύκλου. Για να βρούμε την απόσταση μέγιστου κύκλου (γαιωδετική) μεταξύ δύο σημείων που βρίσκονται σε γεωγραφικό μήκος δ και γεωγραφικός πλάτος λ όπου (δ_1,λ_1) και (δ_2,λ_2) σημεία σε μια σφαίρα με ακτίνα a. πρέπει να μετατρέψουμε τις σφαιρικές συντεταγμένες σε καρτεσιανές χρησιμοποιώντας:

$$\mathbf{r}_i = a \begin{bmatrix} \cos\lambda_i \cos\delta_i \\ \sin\lambda_i \cos\delta_i \\ \sin\delta_i \end{bmatrix}.$$

Σημείωση: Το γεωγραφικό πλάτος δ σχετίζεται με το συμπληρωματικό γεωγραφικό πλάτος φ των σφαιρικών συντεταγμένων με $\delta=90^o-\varphi$. Επομένως η μετατροπή σε καρτεσιανές συντεταγμένες αντικαθιστά το $\sin\varphi$ και το $\cos\varphi$ με $\cos\delta$ και $\sin\delta$ αντίστοιχα.

Για να βρούμε επομένως την γωνία α μεταξύ r_1 και r_2 χρησιμοποιούμε :

$$\begin{aligned}\cos\alpha &= \hat{\mathbf{r}_1}\cdot\hat{\mathbf{r}_2} \\ &= \cos\delta_1\cos\delta_2\,(\sin\lambda_1\sin\lambda_2+\cos\lambda_1\cos\lambda_2)+\sin\delta_1\sin\delta_2 \\ &= \cos\delta_1\cos\delta_2\cos(\lambda_1-\lambda_2)+\sin\delta_1\sin\delta_2.\end{aligned}$$

Η απόσταση μέγιστων κύκλων είναι τότε:

$$d = a \cos^{-1} [\cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos (\lambda_1 - \lambda_2) + \sin \delta_1 \sin \delta_2].$$

Για την γη, η ακτίνα του ισημερινού είναι $a \approx 6378$ χλμ. Δυστυχώς, η συμπίεση της γης δεν μπορεί να είναι σαν μεταβλητή στην παραπάνω εξίσωση επειδή το πρόβλημα είναι πολύ πιο πολύπλοκο σε περίπτωση που είναι ελλειψοειδής (η οποία έχει ακτίνα που είναι συνάρτηση του γεωγραφικού μήκους). Αυτό καταλήγει σε τρομερά πολύπλοκους υπολογισμούς που καλύπτουν μια ολόκληρη ενότητα γεωδαιτικών συναρτήσεων πάνω στο ελλειψοειδές.

Για να μετατρέψουμε τις συντεταγμένες από το καρτεσιανό επίπεδο σε σφαιρικές συντεταγμένες :

$$\delta = \tfrac{1}{2}\pi - \nu.$$

Ο συνδυασμός των μεταβλητών P,Qκαι R δίνονται από :

$$\begin{aligned} P &\equiv \left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^2 = a^2 \sin^2 \nu \\ Q &\equiv \frac{\partial x}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial \nu} + \frac{\partial y}{\partial u}\frac{\partial y}{\partial \nu} + \frac{\partial z}{\partial u}\frac{\partial z}{\partial \nu} = 0 \\ R &\equiv \left(\frac{\partial x}{\partial \nu}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \nu}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \nu}\right)^2 = a^2. \end{aligned}$$

Η γεωδαιτική διαφορική εξίσωση γίνεται :

$$\cos \nu \sin^4 \nu + 2 \cos \nu \sin^2 \nu \nu'^2 + \cos \nu \nu'^4 - \sin \nu \nu'' = 0.$$

Όμως, επειδή είναι ειδική περίπτωση όπου το $Q = 0$ με το P και το R αποκλειστικές συναρτήσεις του ν , η γεωδαιτική εξίσωση γίνεται :

$$
\begin{aligned}
u &= \\
& c_1 \int \sqrt{\frac{R}{P^2 - c_1^2 P}}\, dv \\
&= \\
& c_1 \int \frac{dv}{\sqrt{a^2 \sin^4 v - c_1^2 \sin^2 v}} \\
&= \int \frac{dv}{\sin v \sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 \sin^2 v - 1}} \\
&= \\
& -\tan^{-1}\left[\frac{\cos v}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 \sin^2 v - 1}}\right] + c_2
\end{aligned}
$$

Πηγή: Gradshteynand Ryzhik 2000

Όπου c_1και c_2 είναι οι σταθερές ολοκλήρωσης. Επομένως γράφεται σε απλούστερη μορφή:

$$u = -\sin^{-1}\left(\frac{\cot v}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 - 1}}\right) + c_2$$

μετά βάζουμε το ημίτονο και στα δύο άκρα της εξίσωσης και μετατρέπεται:

$$\sin(u + c_2) = \frac{\cot v}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 - 1}}.$$

Έπειτα, επεκτείνουμε το αριστερό μεριά της εξίσωσης χρησιμοποιώντας τον τριγωνομετρικό επιμερισμό και γράφουμε $\cot v = \cos v / \sin v$ για να έχουμε:

$$a \cos u \sin v \sin c_2 + a \sin u \sin v \cos c_2 - \frac{a \cos v}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 - 1}} = 0.$$

Πολλαπλασιάζοντας επομένως με το $a \sin v$ παίρνουμε :

$$a\cos u\sin v\sin c_2 + a\sin u\sin v\cos c_2 - \frac{a\cos v}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 - 1}} = 0.$$

Αυτή είναι η γεωδαιτική εξίσωση. Παρακάτω βλέπουμε πως κάθε μέρος της εξίσωσης αν αντικατασταθεί με τις καρτεσιανές συντεταγμένες γίνεται:

$$x\sin c_2 + y\cos c_2 - \frac{z}{\sqrt{\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 - 1}} = 0,$$

Βλέπουμε επομένως πως μεταξύ δύο σημείων ο μέγιστος κύκλος είναι η συντομότερη διαδρομή.

ΕΝΟΤΗΤΑ Β – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΥΚΛΩΝ

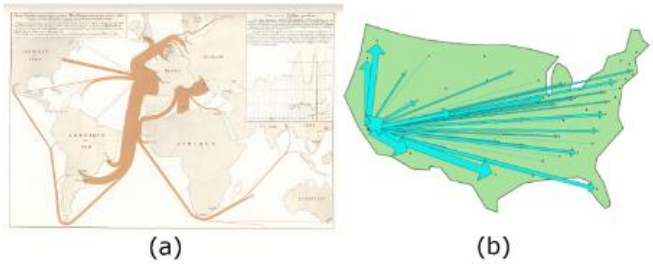
Κεφάλαιο 4– Στοιχεία για το εργαλείο

4.1 Γενικά για τους χάρτες ροών

Οι χαρτογράφοι έχουν χρησιμοποιήσει χάρτες ώστε να δείξουν την κίνηση αντικειμένων από μια τοποθεσία σε μια άλλη Phan(2005), όπως ο αριθμός των μεταναστών, ο αριθμός των αγαθών , ο αριθμός πακέτων σε ένα δίκτυο κ.α. Το πλεονέκτημα των χαρτών ροών είναι ότι μειώνουν την εικονική αταξία των ροών με την ένωση ευθύγραμμων τμημάτων. Οι περισσότεροι χάρτες ροών σχεδιάζονται με το χέρι και υπάρχουν λίγοι αλγόριθμοι που να σχεδιάζουν τέτοιου είδους χάρτες.

Σχήμα 4.1:

α) Χάρτης ροών εξαγωγής κρασιού από Minard (1864) β)Χάρτης ροών κατασκευασμένος αυτόματα από υπολογιστή μετακίνηση πληθυσμού California (1995-2000)



Πηγή: Edward R. Tufte. The Visual Display of Quantitative Information. GraphicsPress. Chesire, Conneticut. 2001.

Οι χάρτες ροών σύμφωνα με τον Harris (1999)[20] μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν μετακίνηση σχεδόν για τα πάντα.

Οι χάρτες ροών μπορούν να περιγράψουν :

- Τι κινείται, τις ροές, την μετανάστευση κ.α
- Ποια είναι η διεύθυνση της ροής , ποια είναι η αφετηρία της και ο προορισμός της.

[20] Robert L. Harris (1999). Information Graphics. Oxford University Press US

- Το ποσοστό που κινείται , μεταφέρεται , μετακινείται, ταξιδεύει κ.α
- Γενικές πληροφορίες για τι κινείται και πως.

Εκτός από τον τομέα της χαρτογραφίας ανάλογοι τύποι χαρτών ροών μπορούν να εντοπισθούν και σε άλλες επιστήμες. Μερικοί τύποι είναι :

- Χάρτες της ροής των υγρών
- Χάρτες της ροής του αίματος
- Διαγράμματα ροής επίλυσης προβλημάτων
- Διαγράμματα ροής κατασκευαστικής πορείας.

Γενικά οι χάρτες ροών βοηθάνε τους επιστήμονες και τους αναλυτές να παρακολουθήσουν την πορεία συγκεκριμένων φαινομένων ώστε να έχουν μια καλύτερη αντίληψη των διαδικασιών που εκτελούνται. Επίσης βοηθάνε σε μεγάλο βαθμό την επίλυση προβλημάτων αφού μέσω ενός διαγράμματος μπορεί να διαχωριστεί το πρόβλημα σε πολλά επιμέρους μικρότερα κομμάτια.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάγκης επίλυσης ή παρατήρησης πολύπλοκων προβλημάτων και φαινομένων αντίστοιχα οι χάρτες ροών είναι ένα σημαντικό εργαλείο που βοηθάει τους επιστήμονες να φτάσουν πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια στους στόχους τους.

4.2 Σχετικές εργασίες – έρευνες

Οι συνεχώς αυξανόμενες μετακινήσεις πληροφοριών και ανθρώπων ανάγκασαν τους επιστήμονες και διάφορες υπηρεσίες να υιοθετήσουν τους χάρτες ροών για να παρουσιάσουν μεγάλο όγκο πληροφορίας. Μια πολύ σχετική έρευνα που διεξάγεται κάθε χρόνο από την υπηρεσία Εσωτερικής Ασφάλειας (Homeland Security) των Η.Π.Α χρησιμοποιεί αναπαραστάσεις μέγιστων κύκλων σε για να περιγράψει μεταναστευτικές ροές.

Η ετήσια αναφορά δημοσιεύεται από την υπηρεσία Εσωτερικής Ασφάλειας των Η.Π.Α στην ιστοσελίδα τους[21] και περιέχει στατιστικά διαγράμματα ,πίνακες και χάρτες ροών σχετικά με την μεταναστευτική κίνηση προς και από τις Η.Π.Α. Η τελική ανάλυση είναι μια συλλογή από πίνακες που προσφέρουν δεδομένα σχετικά με νόμιμους μετανάστες , κατά την διάρκεια ενός οικονομικού έτους, που τους δόθηκε άδεια παραμονής στις Η.Π.Α ή τους προσφέρθηκε νόμιμο άσυλο στην χώρα ή ήρθαν νόμιμα για εργασία στην χώρα. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί τους χάρτες ροών για να αναπαραστήσει το μεγάλο εύρος πληροφοριών σε μια γραφική αναπαράσταση. Λόγου του όγκου των πληροφοριών η υπηρεσία σχεδιάζει τις καμπύλες των ροών χειροκίνητα , χωρίς την χρήση αλγορίθμων, ακολουθώντας τις ανάλογες νόρμες για την κατασκευή χαρτών ροών.

Μια ακόμη εφαρμογή αναπαράστασης των χαρτών ροών είναι η παρουσίαση της εισαγωγής και εξαγωγής μικρών όπλων (Small Arms Imports & Exports[22]) γενικά από όλο τον κόσμο. Η εφαρμογή είναι υλοποιημένη με την γλώσσα τρισδιάστατων γραφικών WebGl.

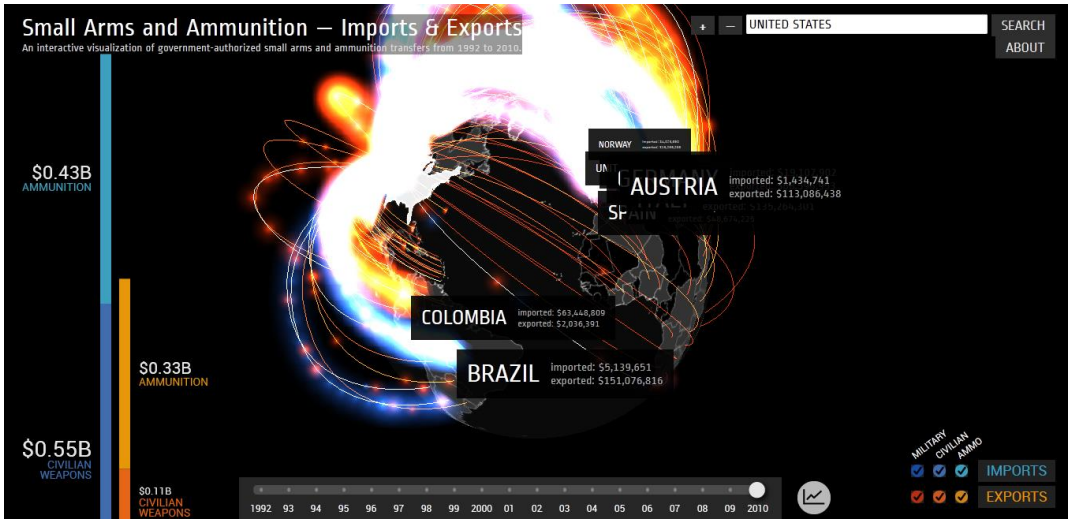
Η διεθνής υπηρεσία στατιστικών[23] όσον αναφορά τα μικρά όπλα σε συνεργασία με προγραμματιστές από την Google υλοποίησαν μια πολύπλοκη απεικόνιση για την αναπαράσταση των στατιστικών δεδομένων για τις χρονολογίες 1992-2010.

[21]Σελίδα δημοσίευσης ετήσιων αποτελεσμάτων της υπηρεσίας Εσωτερικής Ασφάλειας https://www.dhs.gov/yearbook-immigration-statistics

[22] Η διαδραστική εφαρμογή της αναπαράστασης των ροών μικρών όπλων γίνεται μέσω ενός 3D περιβάλλοντος. Πηγή: http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/

[23] http://www.smallarmssurvey.org

Σχήμα 4.2:



Πηγή: http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της υπηρεσίας οι στόχοι αυτής της εφαρμογής είναι :

- Η λειτουργία σαν διεθνής πηγή δημόσιων πληροφοριών όσο αναφορά όλες τις πλευρές της εισαγωγής και εξαγωγής μικρών όπλων
- Να λειτουργεί σαν πηγή για τα κράτη , να σχηματίζει σχετική εξωτερική και εσωτερική πολιτική για τα κράτη, για επιστήμονες και ακτιβιστές όσον αναφορά την πληροφόρηση και την αντιμετώπιση βίαιων συμπεριφορών λόγω της διακίνησης όπλων.
- Να λειτουργεί σαν ένα φόρουμ για την ανταλλαγή πληροφοριών αλλά και την συζήτηση σχετικά με τα μέτρα που χρειάζονται για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Αυτού του είδους η προβολή ξεφεύγει από τις συμβατικές τεχνικές κατασκευής χαρτών ροών και ενσωματώνει μια καινούργια τεχνολογία για την κατασκευή ροών και μέγιστων κύκλων.

Εκτός από τις καινούργιες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή χαρτών ροών υπάρχουν και άλλες κλασσικές εφαρμογές όπου η κατασκευή των ροών

γίνονταν αποκλειστικά χειροκίνητα χωρίς την χρήση αλγορίθμων ή γενικά υπολογιστών. Μια τέτοιου είδους γραφική απεικόνιση των ροών χρησιμοποίησε ο Charles Joseph Minard[24]. Η πιο διάσημη δημιουργία του είναι η κατασκευή μερικών γραφημάτων που περιγράφουν τις απόπειρες του Ναπολέοντα να εισβάλει στην Ρωσία. Θεωρείται ο πατέρας των χαρτών ροών αφού έχει δημιουργήσει δεκάδες από αυτούς και εγκαθίδρυσε τους βασικούς κανόνες σχεδίασης τέτοιου είδους χαρτών.

Στις δημοσιεύσεις[25] του περιγράφει όλες τις κινήσεις των στρατευμάτων του Ναπολέοντα με αναλυτικούς χάρτες για την κατάκτηση της Ρωσίας. Ο Edward Tufte[26] στην ανάλυση των χαρτών του Minard αναγνώρισε έξι ξεχωριστές μεταβλητές που χαρακτήριζαν τους χάρτες του Minard

- Το πάχος της γραμμής αναπαριστούσε τον όγκο του στρατού του Ναπολέοντα.
- Η γραμμή επίσης αναπαριστούσε και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος που ο στρατός μετακινούνταν.
- Τέταρτο οι γραμμές επίσης αναπαριστούσαν και τις διευθύνσεις που ακολούθησαν οι στρατιώτες κατά την μετακίνηση τους τόσο στον επιθετικό τομέα όσο και στον αμυντικό.
- Καταγράφηκαν οι τοποθεσίες του στρατού με χρονική αναφορά.
- Τελευταίο αναπαραστάθηκε και η θερμοκρασία κατά μήκος των διαδρομών που ακολούθησε ο γαλλικός στρατός.

Αυτοί οι χάρτες ήταν οι πρώτοι στο είδος τους και ήταν ο θεμέλιος λίθος για την μοντελοποίηση ροών και δεδομένων όσο αναφορά τους χάρτες ροών.

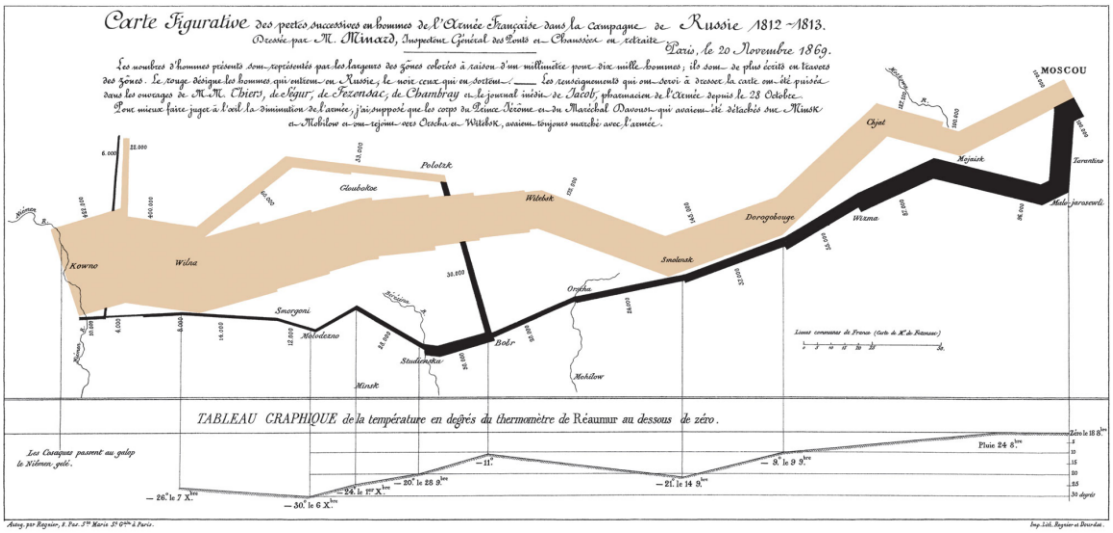
[24] Ο J. Minard ήταν ένας γάλλος πολιτικός μηχανικός που έγινε γνωστός στον τομέα γραφικών πληροφοριών Πηγή: http://www.edwardtufte.com/tufte/posters

[25] Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armée Française dans la campagne de Russie 1812–1813. (Paris: Regnier et Dourdet, 1869).

[26] Tufte, Edward R. The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire, CT: Graphics Press, 1983.

Σχήμα 4.3

Χάρτης Ροών του Minard που αναπαριστά την ροή του γαλλικού στρατού κατά την εισβολή στην Ρωσσία



Πηγή: Tufte, Edward R. The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire, CT: Graphics Press, 1983.

4.3 Σκοπός κατασκευής

Σε αυτό το κομμάτι της μελέτης μας θα αναλύσουμε την κατασκευή ενός εργαλείου το οποίο θα δημιουργηθεί με σκοπό την αναπαράσταση χαρτογραφικών ροών (flowmaps). Το εργαλείο θα δημιουργεί χάρτες ροών προγραμματιστικά και σύμφωνα με τις αποστάσεις μέγιστων κύκλων που θα δίνουν ακόμα μια πληροφορία για την ελάχιστη απόσταση που διανύθηκε.

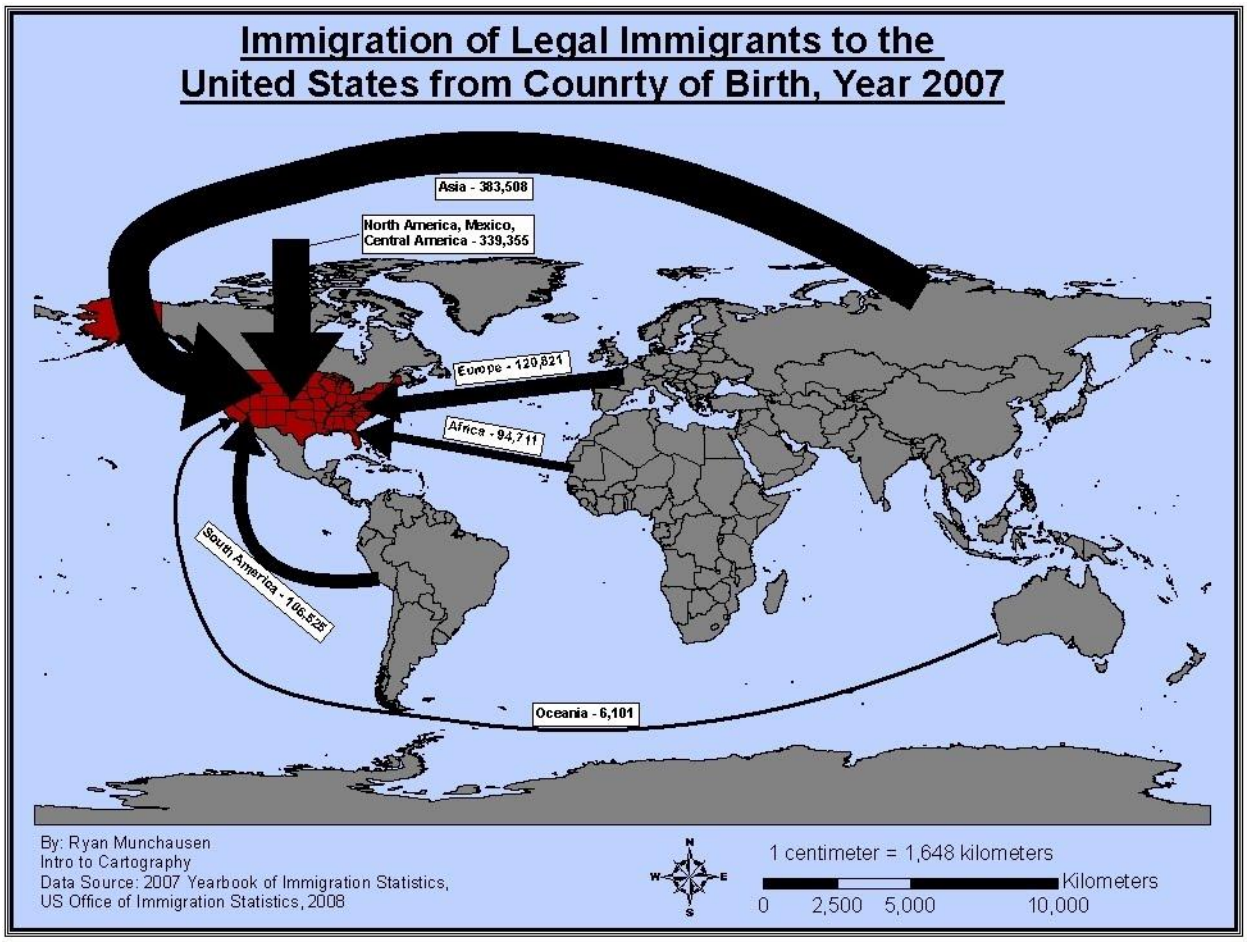
Στην γεωγραφία είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει μια άποψη για τις μετακινήσεις πάνω στην γη των ανθρώπων , των ζώων , των αγαθών κ.α. Όπως αναλύθηκε και προηγουμένως οι χάρτες αυτοί είναι πολύ χρήσιμοι για την επίλυση προβλημάτων.

Το πρόβλημα των χαρτών αυτών είναι ότι προσπαθούν να απεικονίσουν μεγάλο όγκο πληροφοριών σε έναν χάρτη που έχει περιορισμένη χωρητικότητα. Πρέπει επομένως να γίνει σωστή διαχείριση της πληροφορίας (ομαδοποίηση,

κατηγοριοποίηση, διαβάθμιση κτλ) ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι χρήσιμο για την ερμηνεία από τον επιστήμονα.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα γίνεται πιο έντονο σε χάρτες με μικρή κλίμακα (1:50000 και άνω) αφού περιέχουν περισσότερες γεωγραφικές περιοχές και ως εκ τούτου περισσότερη πληροφορία για την κίνηση του αντικειμένου που μελετάτε.

Σχήμα 4.4



Πηγή: Ryan Munchausen, Intro to Cartography, Data Source: 2007 Yearbook of Immigration Statistics, US Office of Immigration Statistics, 2008

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό του σχήματος 4.2 όπου η πληροφορία είναι πολύ μεγάλη και για να περιγραφεί η μετανάστευση των νόμιμων

μεταναστών στις Η.Π.Α. Ο χαρτογράφος αναγκάστηκε να κάνει μια σχετική ομαδοποίηση ανάλογα με τον αριθμό που μεταναστεύει από κάθε χώρα. Επομένως στις περιοχές που ο αριθμός από τις αρχικές χώρες είναι μεγάλος βλέπουμε πως οι γραμμές είναι πάρα πολύ πλατιές και με έντονο χρώμα ώστε να δοθεί το μέγεθος τους. Αντίθετα στις χώρες που οι μετανάστες δεν είναι πολλοί η γραμμή είναι μια λεπτή ευθεία.

Ο παραπάνω χάρτης έχει κατασκευασθεί χειροκίνητα και ήταν αποκλειστικά στην κρίση του χαρτογράφου να σχεδιάσει τις γραμμές που θα αναπαριστούν τις κινήσεις. Οι αλγόριθμοι που υπάρχουν για την δημιουργία χαρτών ροών είναι λίγοι και δεν προσφέρουν το ίδιο αποτέλεσμα με την χειροκίνητη σχεδίαση.

Το εργαλείο που κατασκευάστηκε προσπαθεί να γεφυρώσει τις δύο μεθόδους (αυτόματη, χειροκίνητη) δημιουργίας χαρτών ροών. Δημιουργεί αυστηρούς κανόνες σχεδίασης των γραμμών και ορίζει ακριβώς πως θα γίνεται η απεικόνιση τους. Για αυτόν τον λόγο έχει και προκαθορισμένα δεδομένα που δέχεται ώστε να τα επεξεργαστεί και να βγάλει αποτέλεσμα. Η φιλοσοφία κατασκευής του εργαλείου είναι να προσφέρει στις κλίμακες που υπάρχει πρόβλημα απεικόνισης μεγάλου όγκου δεδομένων έναν εναλλακτικό τρόπο σχεδίασης τους.

Το σκεπτικό σχεδίασης είναι οι γραμμές να μην είναι αυθαίρετες αλλά να αντιπροσωπεύουν μέγιστους κύκλους. Επομένως κάθε γραμμή για δύο σημεία θα είναι μοναδική και θα εφάπτεται πάνω στον μέγιστο κύκλο που θα έχει την διάμετρο και το κέντρο της γης. Κάθε γραμμή σύμφωνα με την θεωρία θα αντιπροσωπεύει επίσης και την συντομότερη διαδρομή μεταξύ των δύο σημείων. Επειδή μπορεί οι ροές να είναι πολλές για δύο ίδια σημεία ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί έξυπνες συναρτήσεις για να μετρήσει τις πιθανές γραμμές που θα σχηματιστούν και τις μετράει σε μεταβλητές.

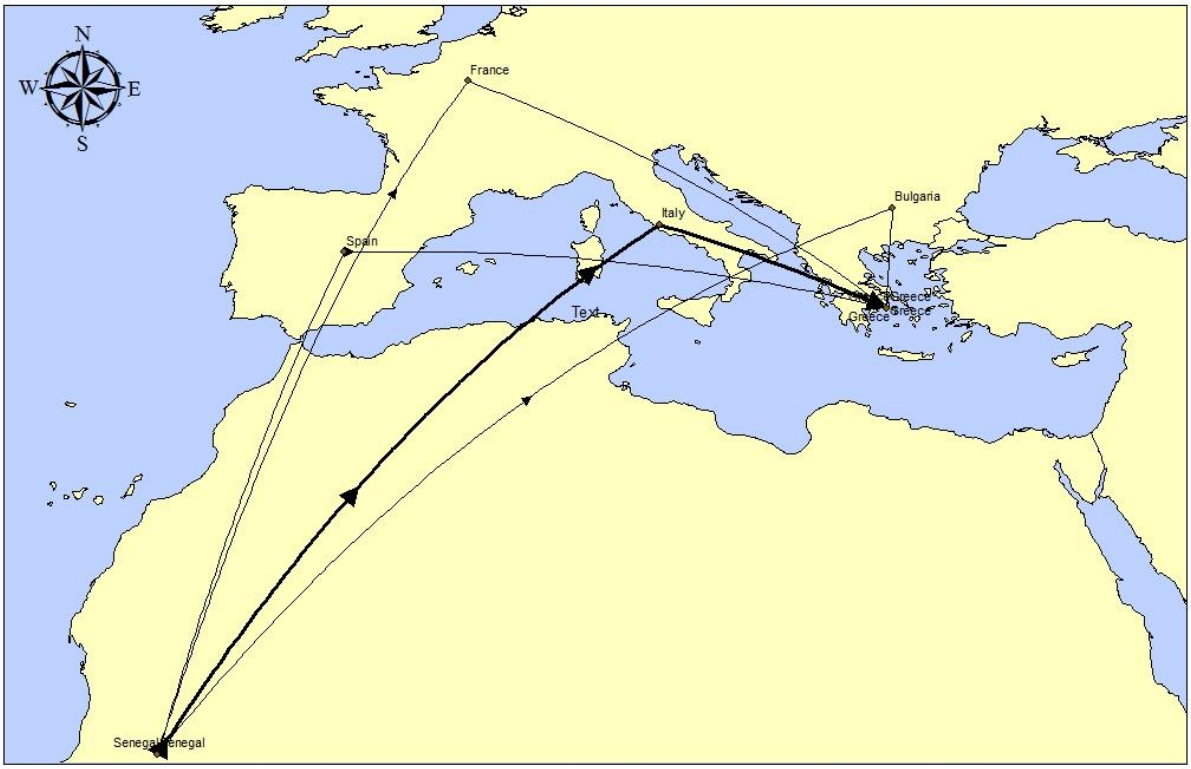
Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα για πολύ μεγάλο αριθμό ίδιων εγγραφών να έχουμε μία γραμμή η οποία θα διαβαθμίζεται ανάλογα με το μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο δεν έχουμε πλεονασμό πληροφορίας αλλά και παράλληλα εξάγουμε τον μέγιστο αριθμό στοιχείων από τον χάρτη. Το εργαλείο αυτό έχει πολλές εφαρμογές αφού εντάσσει μέσα του σφαιρική τριγωνομετρία για να υπολογίσει τους μέγιστους κύκλους.

Επομένως κάποιος που δεν θέλει να κατασκευάσει χάρτη ροών αλλά να υπολογίσει τις συντομότερες διαδρομές μεταξύ δύο περιοχών πάνω στον πλανήτη έχει την δυνατότητα μέσω του εργαλείου χωρίς να χρειάζεται καμία παραμετροποίηση. Υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστεί και μια διαδρομή που μεταξύ των σημείων θα κατασκευάζεται ο ανάλογος μέγιστος κύκλος ώστε να υπάρχει μια γενικευμένη εικόνα της πορείας που πρέπει να ακολουθηθεί.

Σχήμα

4.5

Χάρτης απεικόνισης ροών μεταναστών απο την Σενεγάλη



Παραγόμενος χάρτης από το εργαλείο που κατασκευάστηκε. Φαίνονται οι μέγιστοι κύκλοι και οι διευθύνσεις μεταξύ των αφετηριών και των προορισμών. Οι καμπύλες γραμμές είναι οι συντομότερες διαδρομές μεταξύ των πρωτευουσών των χωρών.

Πηγή: Χάρτης κατασκευασμένος από τον αλγόριθμο

Το τελικό αποτέλεσμα που θα παράγει το εργαλείο είναι ένας χάρτης ο οποίος θα περιέχει τις καμπύλες γραμμές που θα είναι τμήματα μέγιστων κύκλων σχεδιασμένα με

τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει αταξία στην πληροφορία και να υπάρχει και μια γεωμετρική βάση στις καμπύλες που θα δημιουργηθούν. Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται κάποια από τα στατιστικά δεδομένα τα οποία επεξεργάστηκαν και τα εισάγαμε στο εργαλείο που αυτομάτως κατασκεύασε τον παραπάνω χάρτη.

Βλέπουμε πως οι διευθύνσεις των διαδρομών είναι ξεκάθαρες και επειδή είναι πάνω σε μέγιστους κύκλους είναι και η συντομότερες διαδρομές. Το πάχος των γραμμών υποδεικνύει τον αριθμό των ατόμων που μετανάστευσαν από την Σενεγάλη. Οι διαδρομές δεν είναι αυτές που ακολούθησαν οι μετανάστες αλλά οι συντομότερες που μπορούν να ακολουθηθούν. Αυτές τις διαδρομές συνήθως τις ακολουθούν τα αεροπλάνα ώστε να φτάνουν πιο γρήγορα στον προορισμό τους και να ελαττώνουν το κόστος.

4.3 Βασικές αρχές σχεδίασης του συστήματος

Το σύστημα φτιάχτηκε με τέτοιον τρόπο ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο φιλικό προς τον χρήστη αλλά και παράλληλα να είναι εξίσου ευέλικτο ώστε να μπορεί να κάνει πολύπλοκους υπολογισμούς. Τα πρότυπα που ακολουθήθηκαν είναι της λογικής του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού αφού και η γλώσσα η οποία χρησιμοποιήθηκε είναι η Python.

Ο αλγόριθμος του εργαλείου εφαρμόζει τις βασικές και πιο σύνθετες έννοιες του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού. Ο αλγόριθμος δημιουργεί αντικείμενα για τις διαδρομές ,τα σημεία αφετηρίας και προορισμού. Τα αντικείμενα αυτά έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες και περιέχουν συγκεκριμένες συναρτήσεις που τα χαρακτηρίζουν. Κληρονομούν πολλές ιδιότητες από άλλα αντικείμενα και με αυτόν τον τρόπο συνθέτουν πολύπλοκα αντικείμενα για να περιγράψουν τις διαδρομές που χρειαζόμαστε.

Οι κλάσεις έχουν κατασκευαστεί έτσι ώστε να τείνουν προς την πραγματικότητα. Επομένως κάθε γραμμή για τον αλγόριθμο είναι ένα ξεχωριστό αντικείμενο διαδρομής το οποίο κατασκευάζεται για κάθε αφετηρία και προορισμό. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να απομονώσουμε όποια διαδρομή θέλουμε και προγραμματιστικά να

επεκτείνουμε το εργαλείο χωρίς να αναπτύξουμε από την αρχή τον κώδικα αφού οι κλάσεις είναι έτοιμες για να χρησιμοποιηθούν.

Το σκεπτικό του εργαλείου ήταν να κατασκευαστεί ένα σύνθετο σύστημα σχεδίασης χαρτών. Για να μην χρειαστεί να στηθεί από την αρχή ένα τέτοιο σύστημα το εργαλείο κατασκευάστηκε ώστε να είναι μια επέκταση σε ένα ήδη υπάρχον λογισμικό Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Το λογισμικό το οποίο επιλέχτηκε είναι το ArcGis της εταιρείας ESRI που εδρεύει στην Καλιφόρνια. Η επιλογή έγινε επειδή το λογισμικό δίνει την δυνατότητα κατασκευής εργαλείων με σκοπό την επέκταση της λειτουργίας του. Δεν έχει κώδικα ανοιχτού λογισμικού αλλά παρέχει ένα API(application programming interface) με το οποίο έχουμε πρόσβαση στα αντικείμενα (arc-objects) του λογισμικού.

Τα συγκεκριμένα αντικείμενα δίνουν πρόσβαση σε λειτουργίες επεξεργασίας και δημιουργίας αρχείων shapefile , σε σημαντικές λειτουργίες του λογισμικού επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων και πολλές δυνατότητες που παρέχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Επομένως για να δημιουργήσουμε ένα πολύπλοκο εργαλείο όπως η κατασκευή χαρτών ροών ,σχεδιασμένες να αντιπροσωπεύει τις συντομότερες διαδρομές πάνω σε μέγιστους κύκλους, χρειάστηκε να έχουμε πρόσβαση σε έτοιμα αντικείμενα που προσφέρει το πρόγραμμα. Όλα τα αντικείμενα που κατασκευάστηκαν ή που χρησιμοποιήθηκαν σε συνεργασία με το κεντρικό κομμάτι του αλγόριθμου δημιουργεί το τελικό αποτέλεσμα το οποίο βλέπουμε στο σχήμα 4.3. Επίσης δίνεται μέσω του προγράμματος ένα πολύ φιλικό περιβάλλον προβολής των χαρτών και η δυνατότητα αναπαράστασης τους σε γραφικό περιβάλλον.

Τα δεδομένα προέρχονται από δύο αρχεία κατασκευασμένα από τον χρήστη :

- Ένα αρχείο που περιέχει όλες τις συντεταγμένες των σημείων που είναι πάνω στις διαδρομές. Αυτό το αρχείο μπορεί να έχει αυθαίρετα σημεία αλλά και προκαθορισμένα όπως πόλεις ή πρωτεύουσες χωρών. Η ιδεολογία κατασκευής αρχείου από τον χρήστη υιοθετήθηκε με σκοπό να υπάρξει μια ευελιξία των

δεδομένων που μπορούν να εισαχθούν χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί στον αριθμό ή στην πολυπλοκότητα των σημείων που θα επεξεργαστεί το εργαλείο.

- Ένα δεύτερο αρχείο το οποίο περιέχει της διαδρομές με τις ονομασίες των πόλεων ώστε να είναι φιλικό προς τον χρήστη. Επομένως αν έχει κατασκευαστεί ένα αρχείο με όλα τα πιθανά σημεία μπορούν να κατασκευαστούν κάθε συνδυασμός διαδρομών για τα σημεία αυτά.

Το εργαλείο είναι ένα πολύπλοκο σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ξεχωριστά αρχεία σαν εισαγωγή δεδομένων, εργαλεία κατασκευασμένα από τρίτους τα οποία προσθέτουν στην λειτουργία του και ήδη κατασκευασμένα αντικείμενα από το λογισμικό σύμφωνα με το οποίο έχει κατασκευαστεί. Όμως αντίθετα από την πολυπλοκότητα επειδή έχει γίνει σωστή διαχείριση της πληροφορίας μέσα στον αλγόριθμο τα αποτελέσματα εξάγονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Πιο αναλυτικά σχετικά με τις μεθόδους και τις συναρτήσεις που δημιουργήθηκαν θα αναφερθούμε σε επόμενα κεφάλαια τα οποία θα περιγράφουν σε βάθος την λειτουργία του εργαλείου.

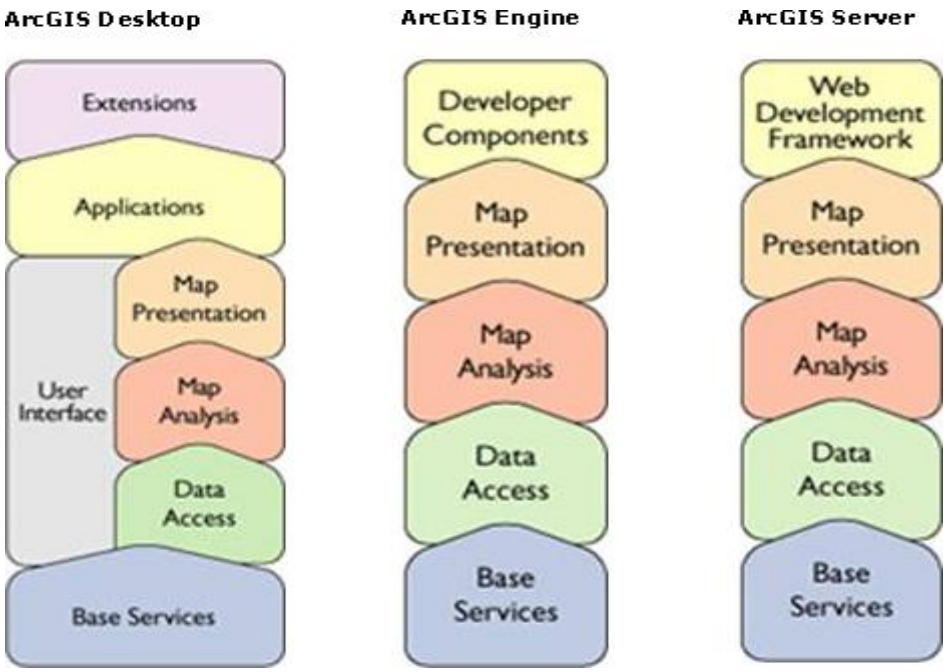
4.4 Πλατφόρμα και εργαλεία

Η πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του εργαλείου όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι το ArcGis της εταιρείας ESRI. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν το σύνολο των έτοιμων λειτουργιών τις οποίες περιέχει. Με αυτόν τον τρόπο ο κώδικας μας χρησιμοποιεί αντικείμενα τα οποία δεν είναι γραμμένα στο εσωτερικό του αλλά τα καλεί από τρίτες βιβλιοθήκες. Τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιεί ονομάζονται arcobjects.

Τα arcobjects είναι ένα API (application programming interface) το οποίο δίνει πρόσβαση στους προγραμματιστές στις λειτουργίες του λογισμικού. Με αυτόν τον τρόπο οποιαδήποτε λειτουργία του γραφικού περιβάλλοντος μπορεί να γίνει μέσω κώδικα. Αυτό δίνει την ευελιξία στον προγραμματιστή να δημιουργήσει σύνθετα εργαλεία. Το σχήμα 4.4 περιέχει αναλυτικά σε ποια εργαλεία του λογισμικού έχουμε πρόσβαση.

Σχήμα 4.6

Κατηγορίες ArcObjects. Στον αλγόριθμο που κατασκευάστηκε χρησιμοποιείται η πλατφόρμα ArcGIS Desktop.



Πηγή: http://resources.esri.com/

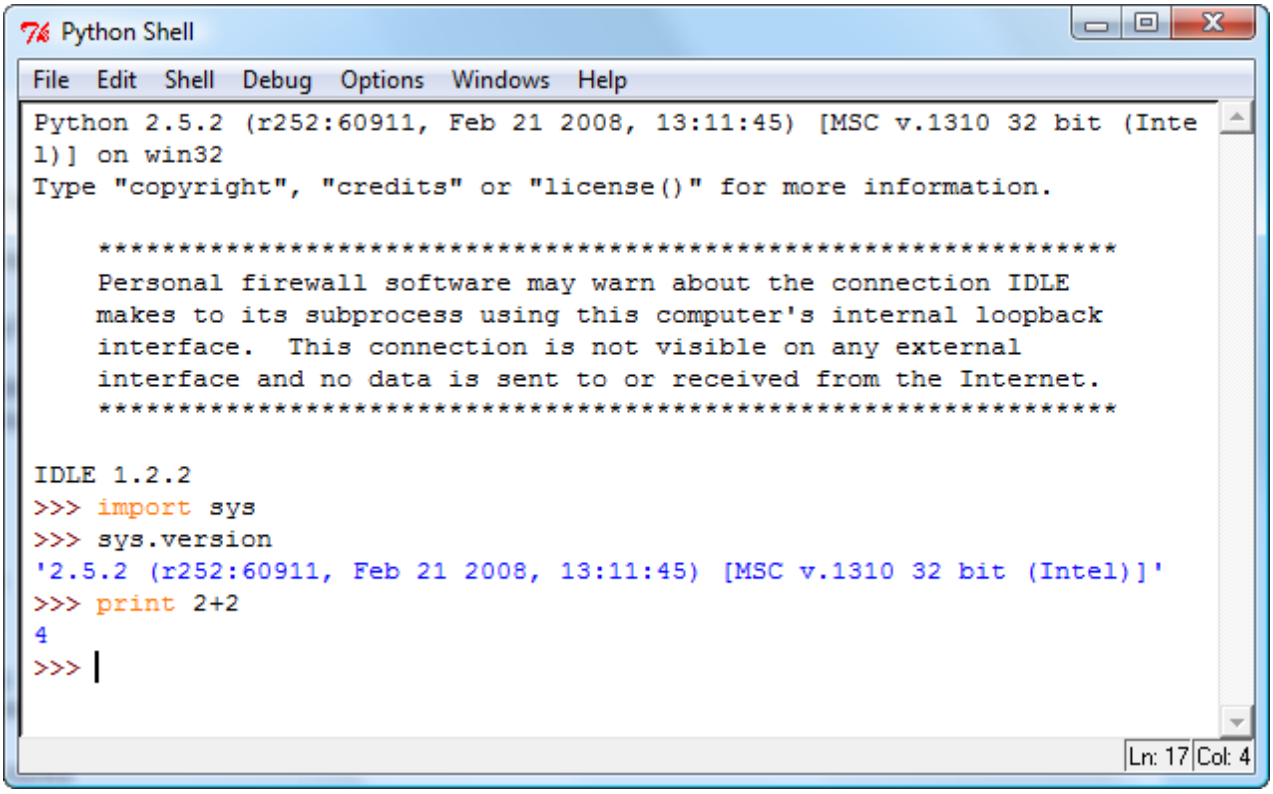
Το λογισμικό έχει γραφτεί στην προγραμματιστική γλώσσα C++ αλλά οι επεκτάσεις που υποστηρίζει το λογισμικό γράφονται σε Python, Javascript και Visual Basic. Η κάθε μια από αυτές τις γλώσσες έχει τα πλεονεκτήματα της και τα μειονεκτήματα της. Για λόγους άνεσης για την κατασκευή του εργαλείου επιλέχτηκε η γλώσσα Python. Το μόνο μειονέκτημα αυτής της γλώσσας είναι ότι για κάθε έκδοση του λογισμικού χρειάζεται συγκεκριμένη έκδοση γλώσσας Python.

Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση ArcGis (9.2) η οποία υποστηρίζει την έκδοση της Python 2.5. Επομένως το εργαλείο φτιάχτηκε σύμφωνα με τα πρότυπα της Python 2.5 το οποίο δεν αποτελεί πρόβλημα ούτε με το λειτουργικό που θα τρέξει το εργαλείο ούτε με άλλες ρυθμίσεις. Εφόσον έχει εγκατασταθεί σε έναν υπολογιστή το ArcGis (9.2) το εργαλείο θα τρέξει κανονικά.

Υπάρχουν πολλά προγράμματα μέσω των οποίων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί αλγόριθμος στην Python. Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκε το επίσημο λογισμικό που δίνεται μαζί με τον μεταφραστή της Python το Python Shell. Μέσω αυτού του προγράμματος έχουμε την δυνατότητα να κατασκευάσουμε Python αλγόριθμους, να τους τρέξουμε (run) για να δούμε τα αποτελέσματα που εμφανίζονται και τέλος να κάνουμε απασφαλμάτωση του αλγορίθμου για να δούμε σε ποια σημεία του δεν λειτουργεί σωστά. Ο αλγόριθμος που τρέχει δεν έχει γραφικό περιβάλλον και όλες οι εντολές ή τα αποτελέσματα εμφανίζονται με την μορφή κειμένου.

Σχήμα 4.7

Το περιβάλλον του Python Shell που προγραμματίζονται οι αλγόριθμοι.



Πηγή: http://www.python.org/

Εφόσον υπάρχουν οι απαραίτητες βιβλιοθήκες στον υπολογιστή που δημιουργείται ο αλγόριθμος με μία εντολή μπορούμε να φορτώσουμε όλα τα αντικείμενα του λογισμικού ArcGis και να τα χρησιμοποιήσουμε στον κώδικα μας. Η εντολή είναι :

```
gp = arcgisscripting.create(9.3)
```

Έπειτα μπορούμε να καλέσουμε οποιοδήποτε αντικείμενο του λογισμικού και πιο βασικά τα εργαλεία τα οποία περιέχει:

```
gp.AddField_management("greatcircle_step0.shp", "pCount", "SHORT", "", "", "", "",
"NON_NULLABLE", "NON_REQUIRED", "")
```

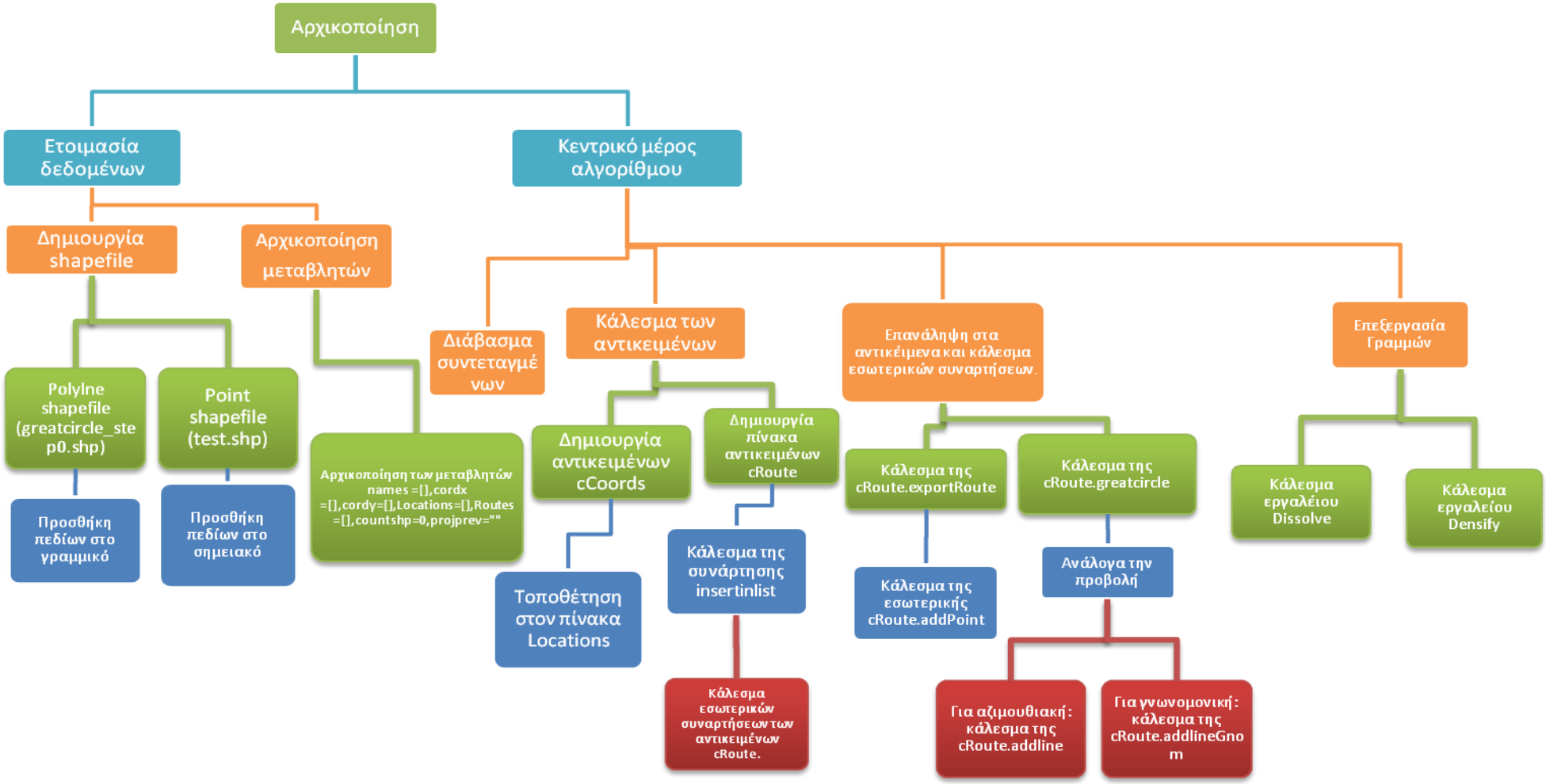
Η παραπάνω εντολή προσθέτει σε ένα θεματικό επίπεδο ένα έξτρα πεδίο που ονομάζεται pcount και θα περιέχει ακέραιους αριθμούς. Κατευθείαν επομένως ο πίνακας χαρακτήρων του θεματικού επιπέδου θα έχει ένα ακόμα κενό πεδίο. Έπειτα μπορούμε να γεμίσουμε το πεδίο με ότι τιμές θέλουμε μέσω κώδικα χωρίς να χρειάζεται καθόλου να ανατρέξουμε στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού. Επομένως για να γεμίσει ένα πεδίο με όσες εγγραφές θέλουμε είναι πολύ πιο απλό και γρήγορο από το να πλοηγηθούμε στο γραφικό περιβάλλον τις εφαρμογής. Αυτές οι διαδικασίες βοηθάνε όταν έχουμε μεγάλο όγκο πληροφορίας που θέλουμε να περάσουμε σε ένα πεδίο αφού η εισαγωγή τους μπορεί να γίνει μαζικά μέσω αλγορίθμου και όχι χειροκίνητα.

4.5 Γενικό διάγραμμα αρχιτεκτονικής και ροής δεδομένων

Η λογική κατασκευής του συστήματος είχε ως κεντρικό πυλώνα να μην υπάρχει περιττός κώδικας ώστε το εργαλείο να τρέχει όσο πιο γρήγορα γίνεται αλλά παράλληλα να κάνει πολύπλοκους υπολογισμούς. Αυτό δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι ο αλγόριθμος είναι μικρού μήκους αλλά ότι είναι σωστά δομημένος ώστε να εκτελούνται γρήγορα η σειρά των διαφορετικών υπολογισμών που γίνονται. Πολύ σημαντικό στην ταχύτητα εκτέλεσης του αλγορίθμου είναι διαχείριση της ροής των δεδομένων. Το πώς διαχειρίζεται ο κώδικας την εισαγόμενη πληροφορία είναι πολύ σημαντικό για τον τελικό χρόνο παραγωγής των αποτελεσμάτων. Στο σχήμα 4.5 αναπαριστάται όλη η ροή των δεδομένων εκτέλεσης του αλγορίθμου.

Σχήμα 4.8

Διάγραμμα ροής των λειτουργιών του αλγορίθμου και της επεξεργαζόμενης πληροφορίας



Πηγή : Κατασκευασμένο διάγραμμα ροών σύμφωνα με τον αλγόριθμο που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της εργασίας.

Στην αρχή σχεδόν κάθε προγράμματος ή αλγορίθμου που καλεί ή δημιουργεί συναρτήσεις πρέπει να υπάρχει μια αρχικοποίηση των μεταβλητών. Με την έννοια αρχικοποίηση αναφερόμαστε στις πρώτες τιμές που θα έχουν οι μεταβλητές οι οποίες θα αλλάξουν κατά την εκτέλεση του κώδικα. Σπάνιες φορές οι μεταβλητές ενός προγράμματος δεν θα έχουν αρχικές τιμές. Στην διαδικασία αρχικοποίηση αναφερόμαστε και στην κατασκευή των απαραίτητων αρχείων ή μεταβλητών που θα χρειαστούν μετά στον αλγόριθμο. Στην γλώσσα Python ανάλογα τη μορφή δεδομένων (string, int, float etc) που θα τοποθετηθεί στην μεταβλητή, αυτομάτως θα δηλωθεί και με αυτό τον τύπο μεταβλητών.

Στην περίπτωση της εργασίας πριν ακόμα αρχίσει οποιαδήποτε διεργασία στον αλγόριθμο αρχικοποιούμε ένα μεγάλο εύρος μεταβλητών και δημιουργούμε κενά αρχεία για να τα γεμίσουμε έπειτα με δεδομένα.

Μερικές από τις μεταβλητές οι οποίες δηλώνονται είναι :

- Κενό σημειακό θεματικό επίπεδο που έπειτα θα γεμίσει με τις πόλεις – προορισμούς των ροών.
- Κενό γραμμικό θεματικό επίπεδο που θα εξυπηρετήσει την τελική παραγωγή των μέγιστων κύκλων.
- Αρχικοποίηση των υπόλοιπων μεταβλητών και πινάκων που χρησιμοποιούνται από τα αντικείμενα και το εργαλείο.

Επειδή οι μεταβλητές στον συγκεκριμένο αλγόριθμο είναι πολύπλοκες δομές δεδομένων όπως τα θεματικά επίπεδα (shapefiles) υπάρχει και ένα δεύτερο κομμάτι αρχικοποίησης τους αφού πρέπει να προσαρμοστούν κατάλληλα πριν γίνουν οι υπολογισμοί. Το δεύτερο επομένως κομμάτι μετά την δημιουργία είναι να δημιουργήσουμε στην εσωτερική τους δομή δεδομένων πεδία τα οποία θα φιλοξενήσουν τις μεταβλητές μας.

Αφού τελειώσει η αρχικοποίηση των δεδομένων αυτομάτως ο αλγόριθμος θα συνεχίσει να εκτελεί εντολές από το κεντρικό κομμάτι του. Το κεντρικό του κομμάτι μπορεί να είναι και το τελευταίο κομμάτι γραμμένο στον αλγόριθμο αλλά εκτελείται πριν

τις προηγούμενες εντολές αφού έχει προτεραιότητα εκτέλεσης. Αυτή είναι και η κύρια διαφορά του αντικειμενοστραφής προγραμματισμού από τον σειριακό προγραμματισμό. Δεν έχει σημασία στον αντικειμενοστραφή σε ποια σειρά είναι γραμμένες οι εντολές αρκεί να ακολουθούν την ιεράρχηση και τους κανόνες του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού.

Στο κεντρικό κομμάτι επομένως εκτελούνται όλες οι βασικές λειτουργίες του αλγορίθμου :

- Γίνεται το διάβασμα των συντεταγμένων
- Καλούνται τα αντικείμενα και γεμίζουν τους πίνακες αντικειμένων που έχουν αρχικοποιηθεί.
- Έπειτα γίνεται επανάληψη μεταξύ των αντικειμένων για να γίνουν οι απαραίτητες συναρτήσεις και οι υπολογισμοί.
- Και τέλος γίνονται οι τελικές τροποποιήσεις για τις γραμμές ώστε να τελειοποιηθεί το θεματικό επίπεδο των θεματικών κύκλων.

Το κεντρικό κομμάτι καλεί όλα τα αντικείμενα που χρειάζεται για να γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί. Στο σχήμα 4.5 βλέπουμε αναλυτικά την πορεία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των μέγιστων κύκλων.

Πρώτα εκτελείται μια διαδικασία που θα δημιουργήσει τα αντικείμενα cCoords τα οποία θα τοποθετηθούν σε έναν πίνακα Locations. Τα αντικείμενα αυτά περιέχουν συναρτήσεις και δεδομένα που περιγράφουν τις συντεταγμένες των σημείων. Επομένως ο αλγόριθμος θεωρεί πως κάθε αφετηρία και κάθε προορισμός είναι ένα αντικείμενο cCoords το οποίο έχει τις δικές του ιδιωτικές και δημόσιες παραμέτρους που το περιγράφουν. Μπορούμε έτσι να έχουμε πληροφορίες για κάθε σημείο στο σημειακό θεματικό επίπεδο που έχουμε δημιουργήσει πιο πριν.

Αφού δημιουργηθούν τα αντικείμενα αυτά θα χρησιμοποιηθούν να κατασκευαστούν τα αντικείμενα cRoute τα οποία θα περιέχουν στοιχεία σχετικά με τις διαδρομές που έχουν δοθεί σαν δεδομένα από τον χρήστη. Αυτά τα αντικείμενα

περιέχουν πληροφορίες για την αφετηρία , τους ενδιάμεσους σταθμούς και τους τελικούς προορισμούς των διαδρομών. Είναι πιο πολύπλοκα αντικείμενα από τα cCoords αφού περιέχουν πιο πολλές συναρτήσεις και υπολογισμούς.

Οι δύο τύποι αρχείων χρησιμοποιούν εσωτερικές συναρτήσεις του αλγορίθμου για να επεξεργαστούν την πληροφορία που χρειάζεται για να παραμετροποιηθούν σωστά. Αυτά τα κομμάτια κώδικα είναι μέσα σε συναρτήσεις (function) που επειδή χρειάζεται να επαναλαμβάνονται πολλές φορές μέσα στον κώδικα τα τοποθετούμε εκεί αφού με μια εντολή μπορούμε να τα καλέσουμε σε πολλά σημεία του κώδικα. Με αυτόν τον τρόπο μικραίνουμε τον όγκο του αλγορίθμου και ο κώδικας γίνεται πιο ευανάγνωστος από κάποιον που θέλει να κάνει μια αλλαγή χωρίς να χρειάζεται κάθε φορά να ανατρέξει σε όλα τα μέρη του κώδικα για να εντοπίσει που βρίσκεται η γραμμή που θέλει να αλλάξει.

Αφού έχουν προετοιμαστεί όλα τα δεδομένα εκτελείται ένας αλγόριθμος ο οποίος θα καλέσει τις εσωτερικές συναρτήσεις των αντικείμενων που θα υπολογίσουν τους μέγιστους κύκλους. Η σειρά των διαδικασιών που γίνονται στην επανάληψη είναι :

- Τοποθέτηση σημείων στον πραγματικό χώρο ώστε να προετοιμαστεί ο σχεδιασμός της γραμμής.
- Κάλεσμα των συναρτήσεων που θα φτιάξουν την γραμμή.

Όταν ο αλγόριθμος φτάσει στο σημείο να δημιουργήσει τον μέγιστο κύκλο έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί με δύο τρόπους το αποτέλεσμα ανάλογα την προβολή που έχει επιλεγεί από τον χρήστη. Οι δύο προβολές που έχει την δυνατότητα ο χρήστης να επιλέξει είναι :

- Αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή
- Γνωμονική προβολή

Όταν τελειώσουν και οι απαραίτητες επεξεργασίες ανάλογα με την προβολή που έχει επιλεγεί από τον χρήστη ο αλγόριθμος τροποποιεί τα τελικά αποτελέσματα ώστε να είναι χρησιμοποιήσιμα σε γραφικό περιβάλλον. Στο τέλος του αλγορίθμου

γίνεται και ένας καθαρισμός των αρχείων των οποίων δεν είναι πια χρήσιμα ώστε στον τελικό φάκελο που θα έχει τα δεδομένα να μην υπάρχουν σκουπίδια που θα μπερδέψουν τον χρήστη να αποθηκεύσει τα τελικά αρχεία.

4.6 Αντικείμενα συντεταγμένων (cCoords) και διαδρομών (cRoutes)

Στην προηγούμενη ενότητα αναλύσαμε την ροή των δεδομένων και την επεξεργασία τους κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου. Παρατηρήσαμε ότι είναι μια πολύπλοκη διεργασία η οποία καλεί αντικείμενα για την παραγωγή του τελικού αποτελέσματος. Τα αντικείμενα από μόνα τους είναι πολύπλοκοι αλγόριθμοι που αποτελούνται από συναρτήσεις και μεταβλητές που τα περιγράφουν.

Για τις ανάγκες υλοποίησης του εργαλείου χρησιμοποιήθηκαν δύο αντικείμενα. Κάθε ένα από αυτά χρησιμεύει για την κατασκευή των τελικών γραμμών μέγιστων κύκλων. Το βάθος πολυπλοκότητας διαφέρει ανάμεσα στα δύο αντικείμενα αφού έχουν διαφορετική χρήση μέσα στον αλγόριθμο.

Αντικείμενα συντεταγμένων (cCoords)

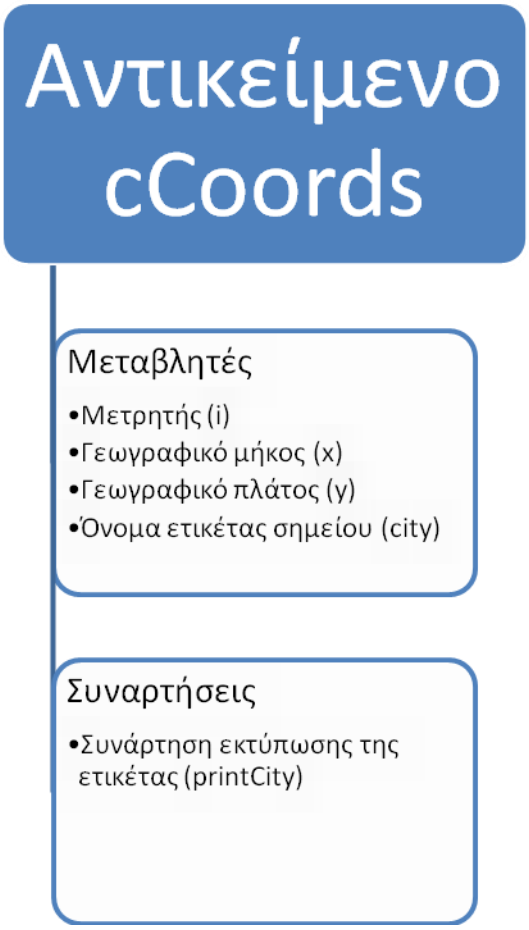
Το αντικείμενο cCoords είναι η κλάση εκείνη η οποία περιέχει όλες τις ιδιότητες των συντεταγμένων του συστήματος και τις αντίστοιχες συναρτήσεις για την κατασκευή του σημειακού θεματικού επιπέδου. Επίσης χρησιμοποιείται και ως αντικείμενο από το οποίο ανακτούμε πληροφορίες για το γεωγραφικό μήκος και πλάτος των σημείων.

Κάθε ένας προορισμός ή αφετηρία είναι ένα αντικείμενο cCoords το οποίο περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται ο αλγόριθμος. Κατά την διάρκεια εκτέλεσης του εργαλείου μπορεί να δημιουργηθούν πάρα πολλά τέτοια αντικείμενα τα οποία θα χρησιμεύσουν ώστε να κατασκευαστούν οι γραμμές οι οποίες έπειτα θα μετατραπούν σε μέγιστους κύκλους. Τα αντικείμενα αυτά δεν διαγράφονται κατά την διάρκεια επεξεργασίας των δεδομένων παρά μόνο στο τέλος του αλγορίθμου που δεν χρειάζονται άλλο από το σύστημα και πρέπει να ελευθερωθεί η μνήμη που έχουν δεσμεύσει.

Το παρακάτω σχήμα 4.6 περιγράφει σχηματικά την σύσταση της κλάσης , τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις από τις οποίες αυτό αποτελείται.

Σχήμα 4.9

Διάγραμμα αντικειμένου cCoords που απεικονίζει τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις που το αποτελούν.



Πηγή : Κατασκευασμένο διάγραμμα σύμφωνα με το αντικείμενο συντεταγμένων που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της εργασίας.

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα ένα αντικείμενο συντεταγμένων είναι μία σχετική απλή κλάση που περιέχει λίγες συναρτήσεις και ουσιώδεις μεταβλητές. Το αντικείμενο αυτό επίτηδες φτιάχτηκε με όσο τον δυνατόν λιγότερες μεταβλητές αφού θα

δημιουργηθεί από το εργαλείο πάρα πολλές φορές επομένως δεν χρειάζεται να καταλαμβάνει πολύ μνήμη στην προσωρινή μνήμη RAM του υπολογιστή που εκτελείται.

Οι μεταβλητές οι οποίες περιγράφουν το αντικείμενο είναι :

- **Μετρητής i :** χρησιμεύει για να μετράμε μέσα στο αντικείμενο πόσες φορές έχουμε εντοπίσει την αφετηρία και τον προορισμό.
- **Γεωγραφικό μήκος και πλάτος (x,y) :** είναι οι συντεταγμένες σε WGS84 οι οποίες διαβάζονται και παίρνουν τιμή από την διαδικασία ανάγνωσης (parsing) των αρχείων δεδομένων.
- **Όνομα ετικέτας (city):** Η μεταβλητή αυτή είναι το λεκτικό κομμάτι του σημείου που περιγράφει το αντικείμενο. Η μεταβλητή αυτή δεν είναι απαραίτητα μια πόλη για το εργαλείο μπορεί να είναι οποιοδήποτε λεκτικό που θα περιγράφει τα σημεία τα οποία έχουμε τοποθετήσει στα αρχεία δεδομένων.

Εκτός από τις μεταβλητές των δεδομένων το αντικείμενο περιέχει εσωτερικές συναρτήσεις τις οποίες τις χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος κατά την διάρκεια επεξεργασίας του. Κάθε φορά που καλείται μια συγκεκριμένη κλάση η συνάρτηση της μας δίνει την δυνατότητα να κάνουμε κάποιες λειτουργίες στο εσωτερικό του αλγορίθμου με τις τιμές των μεταβλητών που έχει το εκάστοτε αντικείμενο.

Όσο αναφορά το αντικείμενο cCoords η μόνη συνάρτηση την οποία έχει είναι η printCity. Η συγκεκριμένη συνάρτηση απλά εκτυπώνει στην οθόνη του υπολογιστή ποια είναι τα λεκτικά και οι συντεταγμένες τους χώρους που τραβάει από τα δεδομένα εισαγωγής.

Αντικείμενα διαδρομών (cRoutes)

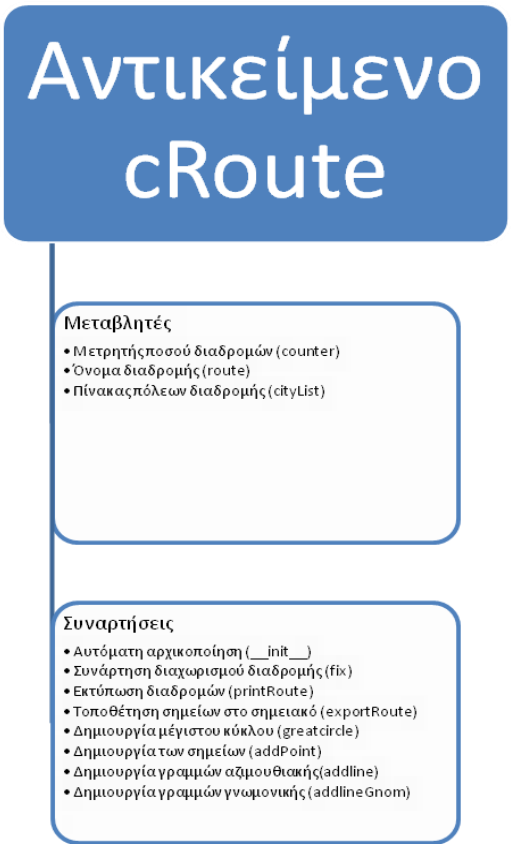
Προηγουμένως περιγράφηκε το αντικείμενο cCoords το οποίο περιέχει τις συντεταγμένες των σημείων. Το αντικείμενο cRoutes χρησιμοποιεί τα αντικείμενα cCoords για να κατασκευάσει τις γραμμές που έπειτα θα μετατραπούν και θα κατασκευάσουν τους μέγιστους κύκλους. Αυτό το αντικείμενο επειδή δεν καλείται πολλές φορές παρά μόνο όσες είναι οι διαδρομές που θα σχεδιαστούν είναι πολύπλοκο και οι περισσότερες διεργασίες του αλγορίθμου εκτελούνται μέσω αυτού.

Η κλάση αυτή περιγραφεί τις ροές και περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία για τις γραμμές τις οποίες θα σχεδιαστούν. Επίσης περιέχει και όλες εκείνες τις συναρτήσεις που θα ενώσουν τα σημεία θα τα μετατρέψουν σε ανάλογο σύστημα συντεταγμένων και θα τα αποθηκεύσει σε ένα γραμμικό θεματικό επίπεδο.

Το παρακάτω σχήμα 4.7 περιγράφει σχηματικά την σύσταση της κλάσης , τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις από τις οποίες αυτό αποτελείται.

Σχήμα 4.10

Διάγραμμα αντικειμένου c.Route που απεικονίζει τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις που το αποτελούν.



Το αντικείμενο cRoute χρησιμεύει στην σχεδίαση των διαδρομών και είναι ένα από τα σημαντικότερα μέρη του αλγορίθμου. Οι μεταβλητές που περιέχει είναι σχετικά λίγες αλλά τα δεδομένα τα οποία φιλοξενούν πολύπλοκα. Οι συναρτήσεις που περιέχονται στο αντικείμενο είναι αρκετές αφού όλες χρειάζονται για να μπορεί να παραχθεί το κατάλληλο αποτέλεσμα.

Οι μεταβλητές που περιγράφουν την κλάση είναι:

- **Μετρητής ποσού διαδρομών (counter) :** αυτή η μεταβλητή μετράει πόσες φορές η διαδρομή εντοπίζεται στα εισερχόμενα δεδομένα. Η μεταβλητή αυτή χρησιμεύει ώστε να μην σχεδιάζεται πολλές φορές η γραμμή που περιγράφει την ίδια διαδρομή. Αντιθέτως σε έναν μετρητή αποθηκεύουμε πόσες φορές εντοπίζεται στα δεδομένα ώστε μετά σαν ξεχωριστό πεδίο στον πίνακα ιδιοτήτων του γραμμικού θεματικού επιπέδου να αναγραφεί.

- **Όνομα διαδρομής (route) :** με το όνομα της διαδρομής αναφερόμαστε στο λεκτικό που έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με την αφετηρία , τους ενδιάμεσους προορισμούς και τον τερματισμό της διαδρομής. Επομένως να μία γραμμή πρέπει να περάσει από τα σημεία (Ελλάδα, Ισπανία,Βουλγαρία) το λεκτικό της θα είναι η ακριβής σειρά των προορισμών.

- **Πίνακας πόλεων διαδρομής (cityList) :** ο πίνακας διαδρομής είναι μια μεταβλητή πίνακα η οποία φιλοξενεί αντικείμενα cCoords. Με την πολυπλοκότητα αυτής της μεταβλητής μπορούμε για κάθε γραμμή που θα κατασκευάσουμε να έχουμε και τα αντικείμενα συντεταγμένων που την χαρακτηρίζουν. Επομένως θα υπάρχει η δυνατότητα να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με τους προορισμούς κατά μήκος της γραμμής.

Η τελευταία μεταβλητή έχει μια πολυδιάστατη χρήση αφού μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για κάθε σημειακό αντικείμενο διαδρομής. Εφόσον το σημειακό αντικείμενο έχει κάποιες ιδιότητες μέσα από την διαδρομή μπορούμε να έχουμε πάρα πολλές πληροφορίες σχετικά με τους προορισμούς. Εκτός των μεταβλητών των

σημειακών αντικειμένων θα μπορούμε να έχουμε πρόσβαση και στις συναρτήσεις τους. Αυτό το πάντρεμα των δύο κλάσεων του αλγορίθμου προσφέρει στην μείωση του κώδικα που θα χρησιμοποιηθεί για να συσχετίσει τα αντικείμενα μεταξύ τους. Επομένως το εργαλείο θα είναι πιο μικρό σε μέγεθος και παράλληλα θα εκτελούνται και λιγότερες γραμμές κώδικα.

Οι συναρτήσεις του αντικειμένου είναι :

- **Αυτόματη αρχικοποίηση (__init__) :** αυτή η συνάρτηση είναι καθαρά βοηθητική ώστε όταν γίνεται μέσα στον αλγόριθμο επεξεργασία να αρχικοποιείται το κάθε αντικείμενο ώστε οι μεταβλητές να μην έχουν γεμίσει με τις τιμές του προηγούμενου αντικειμένου. Δεν χρησιμεύει σε κάτι άλλο αλλά είναι πολύ σημαντική για να είναι σωστά τα δεδομένα στον αλγόριθμο.

- **Συνάρτηση διαχωρισμού διαδρομής (fix) :** από το αρχείο που διαβάζεται οι διαδρομές έχουν την μορφή (Greece,Spain,Bulgaria) επομένως μέσω αυτής της συνάρτησης διαχωρίζονται, εξετάζονται αν είναι ήδη στον πίνακα των σημείων και σε περίπτωση που δεν είναι προσθέτονται σε αυτόν. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε έναν πίνακα προσωρινό, που καταλαμβάνει μικρό χώρο στην μνήμη, με όλες τους πιθανούς προορισμούς σύμφωνα με το αρχείο εισαγωγής που έχει διαβαστεί στην αρχή του αλγορίθμου.

- **Εκτύπωση διαδρομών (printRoute) :** η συνάρτηση αυτή έχει καθαρά ρόλο απασφαλμάτωσης αφού εκτυπώνει στην οθόνη την διαδρομή που ακολουθείται ώστε να γίνεται οπτική επιβεβαίωση πως οι διαδρομές από το αρχείο που διαβάζονται είναι οι σωστές. Κατά την διάρκεια εμφάνισης των αποτελεσμάτων ο χρήστης μπορεί να διακόψει την διαδικασία ώστε να μην δημιουργηθούν λανθασμένα αρχεία στον υπολογιστή του.

- **Τοποθέτηση σημείων στο σημειακό θεματικό επίπεδο (exportRoute) :** μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες του αλγορίθμου αφού τοποθετεί τα σημεία τα οποία έχουν βρεθεί στο τελικό σημειακό επίπεδο που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τους προορισμούς.

- **Δημιουργία μέγιστου κύκλου (greatcircle) :** αυτή είναι η τελευταία συνάρτηση που εκτελείται στα αντικείμενα η οποία δημιουργεί τις τελικές γραμμές που σχεδιάζονται και αποτελούν το αποτέλεσμα του αλγορίθμου. Χρησιμοποιεί άλλες λειτουργίες του αλγορίθμου που μέσω της προβολής στην οποία είναι αλλάζει κάθε σημείο και το μετατρέπει στο ανάλογο σύστημα συντεταγμένων.

- **Δημιουργία των σημείων (addPoint) :** η λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως από την συνάρτηση (exportRoute) για να σχηματίσει το θεματικό επίπεδο από όπου θα τραβήξουμε τις συντεταγμένες των προορισμών.

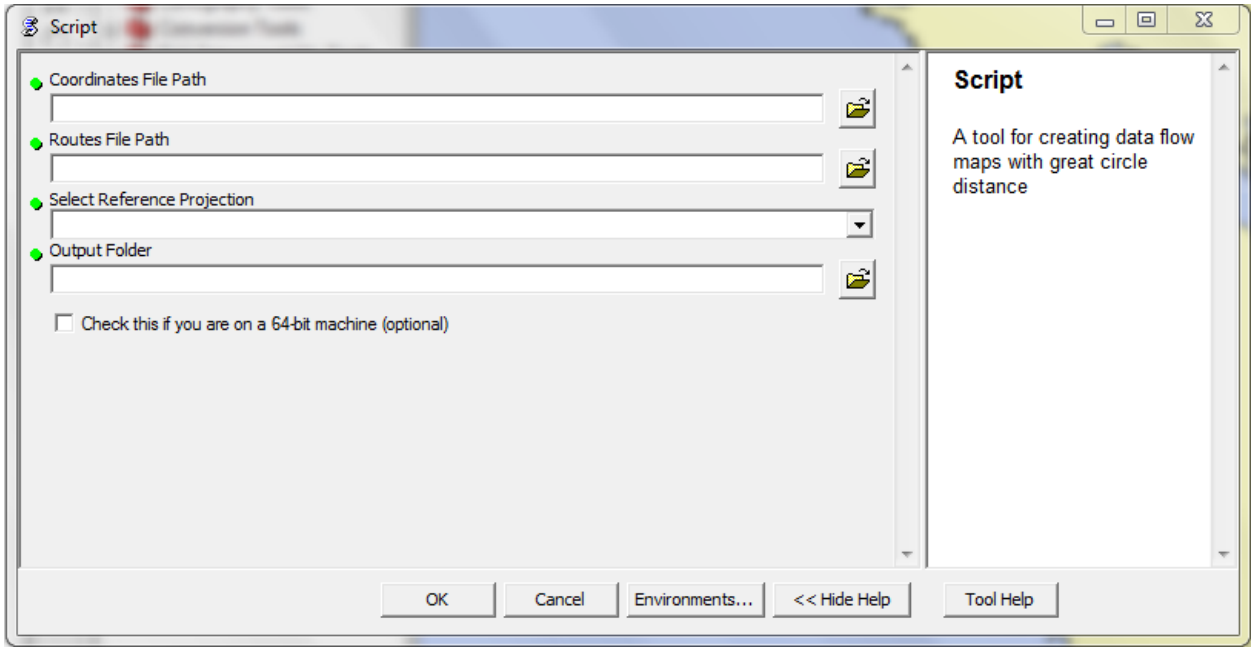
- **Δημιουργία γραμμών αζιμουθιακής(addline) :** η συνάρτηση η οποία σχεδιάζει τις γραμμές που στηρίζονται στην αζιμουθιακή προβολή.

- **Δημιουργία γραμμών γνωμονικής (addlineGnom) :** η αντίστοιχη συνάρτηση με την παραπάνω για την γνωμονική προβολή.

Γενικά στον αλγόριθμο υπάρχουν ένας αριθμός συναρτήσεων που σκοπός τους είναι να μετατρέψουν τα σημεία στην επιλεγμένη προβολή από τον χρήστη. Οι προβολές που έχει την δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης είναι η αζιμουθιακή και η γνωμονική. Με τον τρόπο που χειρίζεται τα δεδομένα ο αλγόριθμος και οι δύο προβολές παράγουν το ίδιο αποτέλεσμα.

Σχήμα 4.11

Γραφική προβολή του εργαλείου και οι παράμετροι εισαγωγής των δεδομένων.



Κεφάλαιο 5– Χρήση Google API και WEBGL στους μέγιστους κύκλους

5.1 Γενικά στοιχεία οπτικοποίησης

Οι διαδρομές που θα δημιουργηθούν από το εργαλείο χρειάζονται για να προβληθούν το λογισμικό ArcGIS. Το κόστος απόκτησης άδειας για να χρησιμοποιηθεί είναι αρκετά δαπανηρό. Υπάρχουν αρκετά άλλα εργαλεία ανοικτού κώδικα που μπορούν να κάνουν κάποιες λειτουργίες του αλλά υστερούν όσο αναφορά την γκάμα των εργαλείων και τις δυνατότητες επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων. Κάθε υπολογιστής δεν μπορεί να έχει εγκατεστημένο αυτό το λογισμικό για να προβάλει τα αποτελέσματα. Η λύση να παραχθεί μια εικόνα από το λογισμικό ώστε να την αξιοποιήσει ένας τρίτος χρήστης δεν είναι βολική.

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα οπτικοποίησης των δεδομένων από τρίτους χρήστες και να μπορούν να επιλέξουν από μία γκάμα επιλογών ποιες διαδρομές να προβάλουν , δημιουργήθηκε μια web application η οποία προβάλει τα αποτελέσματα σε οποιοδήποτε φυλλομετρητή (browser) εφόσον υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο (internet).

Ο χρήστης επομένως έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο δυνατότητες προβολής των αποτελεσμάτων του εργαλείου. Η πρώτη χρησιμοποιεί την πλατφόρμα διαχείρισης χαρτών που έχει κατασκευάσει η εταιρεία Google η οποία παρέχει ένα API για την χρήση τους και η δεύτερη μιας 3D προβολής της γης με την χρήση της γλώσσας κατασκευής 3D γραφικών για browsers η οποία ονομάζεται WEBGL.

Για την κατασκευή αυτού του εργαλείου χρησιμοποιήθηκε μια μίξη γλωσσών προγραμματισμού για web application που μπορούν να διαχειρίζονται βάσεις δεδομένων και να δημιουργούν ασύγχρονα αιτήματα για την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων στην καρτέλα του φυλλομετρητή. Οι γλώσσες που χρησιμοποιήθηκαν είναι η PHP, JQUERY οι οποίες χειρίζονται μια βάση δεδομένων MYSQL και με ασύγχρονες λειτουργίες AJAX αναπαριστούν τα δεδομένα του εργαλείου σε HTML και WEBGL.

5.2 Βάση δεδομένων MYSQL και σύνδεση με το Python εργαλείο.

Για την αποθήκευση των δεδομένων που δημιουργούνται κάθε φορά από το εργαλείο που έχει κατασκευαστεί ώστε να μην τρέχει μία φορά ο κώδικας του εργαλείου και να χάνονται όλα τα αποτελέσματα μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων MYSQL η οποία καταγραφεί τα αποτελέσματα του αλγόριθμου κατά την διαδικασία των υπολογισμών για να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ξανά από έναν ή περισσότερους χρήστες.

Η σύνδεση του εργαλείου με την βάση δεδομένων MYSQL χρησιμοποιεί ένα πρόσθετο module για την Python που ονομάζεται MySQLdb[27]. Το εργαλείο αυτό δημιουργεί ένα ανοιχτό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ της μια βάσης δεδομένων και ενός προγράμματος γραμμένο στην γλώσσα Python. Χρησιμοποιεί όλες τις βασικές λειτουργίες της MYSQL και έχει την δυνατότητα να εισάγει στοιχεία, να διαβάζει , να διαγράφει κτλ ότι στοιχεία θέλει σε μια βάση δεδομένων MYSQL. Ένα παράδειγμα εισαγωγής δυναμικών δεδομένων από τον κώδικα του εργαλείου στην βάση είναι :

```
for aRoute in Routes:
   sql = """INSERT INTO routes(title,create_date,comments)
        VALUES ("""+ aRoute.route+""", CURDATE(),NUll)"""
     cur.execute(sql)
```

Το παραπάνω κομμάτι κώδικα εισάγει στην βάση δεδομένων την διαδρομή ενός αντικειμένου aRoute που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης εισάγει και σε κάποια άλλα πεδία της βάσης το ακριβές αποτύπωμα της ημερομηνίας που έγινε η εισαγωγή και αν υπάρχει κάποιο σχόλιο σχετικά με αυτήν την διαδρομή. Τα σχόλια πάντα στην αρχή είναι κενά και έπειτα συμπληρώνονται από τον διαχειριστή του συστήματος.

[27] http://mysql-python.sourceforge.net/MySQLdb.html

Όλες οι ενέργειες που εκτελούνται στην βάση πρώτα ελέγχονται από το module για την ορθότητα τους και έπειτα γίνεται η εκτέλεση τους (commit) στην βάση δεδομένων ώστε να γραφτούν στους ανάλογους πίνακες. Αυτή η τεχνική της προετοιμασίας των εντολών (statement prepare) χρησιμοποιείται πολύ από τους προγραμματιστές ώστε να μην γίνονται άσκοπα αιτήματα στην βάση δεδομένων αν οι παραγόμενες εντολές δεν είναι σωστές. Η εντολή που ελέγχει και αποφασίζει αν εκτελεστούν οι εντολές είναι :

con.commit()

5.2.1 Δομή πινάκων MYSQL.

Για να γίνει αναπαράσταση των διαδρομών πάνω με την χρήση του Google API χρειάζεται πρώτα να μπορεί να αντλήσει η PHP τα δεδομένα από μια πηγή ώστε να χτιστούν με κώδικα οι εντολές εκείνες για να σχηματιστούν οι καμπύλες πάνω στους χάρτες της Google. Για να γίνει αυτό πρέπει η βάση δεδομένων να έχει διαμορφωθεί με τέτοιον τρόπο που να μπορούν γρήγορα και ευέλικτα τα δεδομένα να συνδυαστούν και να αναπαρασταθούν. Η δομή επομένως της βάσης είναι πολύ σημαντική ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα στην αναπαράσταση των δεδομένων αλλά και προβλεφθούν τυχόν επεκτάσεις που μπορεί να γίνουν στην σε μεταγενέστερα στάδια της εφαρμογής.

Η βάση δεδομένων MYSQL αποτελείται από τρείς πίνακες. Ο συνδυασμός των πινάκων χρησιμοποιείται για την κατασκευή των διαδρομών. Οι πίνακες είναι

1. Πίνακας **country όλα τα πεδία υποχρεωτικά**
    a. **Id** (μοναδικό αναγνωριστικό στον πίνακα)
    b. **Title (**τίτλος της χώρας)
    c. **Lat** (γεωγραφικό πλάτος της χώρας)
    d. **Long** (γεωγραφικό μήκος της χώρας)
2. Πίνακας **routes**
    a. **Id** (μοναδικό αναγνωριστικό στον πίνακα)

b. **Title** (τίτλος της διαδρομής)

c. Create_date (ημερομηνία δημιουργίας της διαδρομής)

d. Comments (σχόλια διαδρομής) – προαιρετικό πεδίο

3. Πίνακας **routes_to_country όλα υποχρεωτικά**

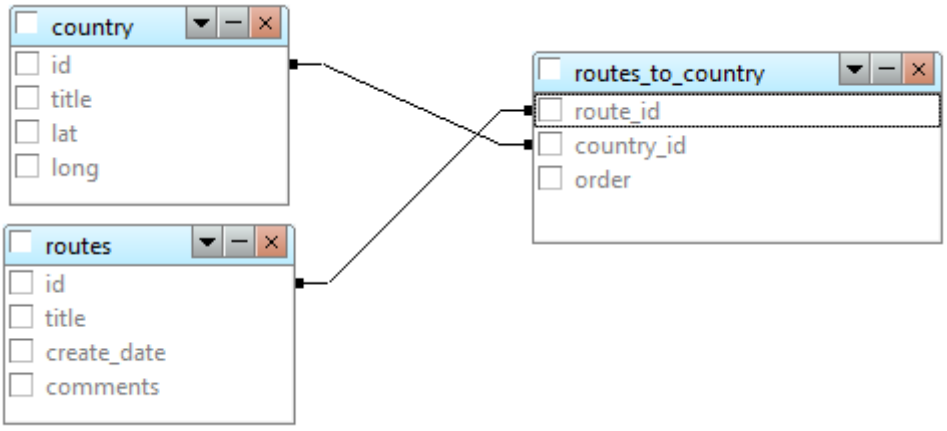
a. **Route_id** (το id της διαδρομής του πίνακα routes)

b. Country_id (το id της χώρας του πίνακα country)

c. Order (η πορεία της διαδρομής που έχει ακολουθηθεί)

Η σύνδεση των παραπάνω πινάκων περιγράφεται καλύτερα από το παρακάτω διάγραμμα :

Σχήμα 5.1 δομή βάσης δεδομένων



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η σύνδεση των πινάκων μεταξύ τους και πως είναι εφικτό να γίνει η άντληση των δεδομένων. Από την στιγμή επομένως που για μια διαδρομή είναι γνωστές οι χώρες και οι συντεταγμένες τους, σε ποια διαδρομή ανήκουν και με ποια σειρά μπορούμε να τις σχεδιάσουμε πάνω σε χάρτες Google ή με την χρήση WEBGL.

5.3 Γλώσσα προγραμματισμού PHP

Η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία σελίδων web με δυναμικό περιεχόμενο. Μια σελίδα PHP περνά από επεξεργασία από ένα συμβατό διακομιστή του Παγκόσμιου Ιστού (π.χ. Apache ή IIS), ώστε να παραχθεί σε πραγματικό χρόνο το τελικό περιεχόμενο, που θα σταλεί στο πρόγραμμα περιήγησης των επισκεπτών σε μορφή κώδικα HTML. Μέσω της PHP μπορεί να σταλεί στο πρόγραμμα περιήγησης και κώδικας της μορφής javascript ή jquery οι οποίες είναι και αυτές δυνατές γλώσσες που χρησιμοποιούνται αφού έχει φορτωθεί η σελίδα στο πρόγραμμα περιήγησης.

Ένα αρχείο με κώδικα PHP θα πρέπει να έχει την κατάλληλη επέκταση (π.χ. *.php, *.php4, *.phtml κ.ά.). Η ενσωμάτωση κώδικα σε ένα αρχείο επέκτασης .html δεν θα λειτουργήσει και θα εμφανίσει στον browser τον κώδικα χωρίς καμία επεξεργασία, εκτός αν έχει γίνει η κατάλληλη ρύθμιση στα MIME types του server. Επίσης ακόμη κι όταν ένα αρχείο έχει την επέκταση .php, θα πρέπει ο server να είναι ρυθμισμένος για να επεξεργάζεται και να μεταγλωττίζει τον κώδικα PHP σε HTML που καταλαβαίνει το πρόγραμμα πελάτη.

Ο διακομιστής Apache[28], που χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως σε συστήματα με τα λειτουργικά συστήματα GNU/Linux, Microsoft Windows, Mac OS X υποστηρίζει εξ ορισμού την εκτέλεση κώδικα PHP, είτε με την χρήση ενός πρόσθετου (mod_php) ή με την αποστολή του κώδικα προς εκτέλεση σε εξωτερική διεργασία CGI ή FCGI.

Η σύνταξη της PHP μοιάζει πολύ με τη σύνταξη της Perl και της C. Το αρχείο PHP που καλείται από τον χρήστη εκτελείται στον εξυπηρετητή δημιουργώντας μια ιστοσελίδα η οποία περιέχει HTML. Η ιστοσελίδα αυτή στη συνέχεια αποστέλλεται στον φυλλομετρητή του πελάτη - χρήστη, με αποτέλεσμα ο κώδικας της PHP να μην είναι εμφανής στον πελάτη. Είναι εμφανές ότι η PHP διασφαλίζει τον κώδικα της εταιρίας παρέχοντας στον πελάτη – χρήστη μόνο ότι πρέπει να γνωρίζει.

[28] Σε διακομιστή Apache είναι στημένο και το παράδειγμα της web εφαρμογής της

Σημαντικό είναι να μπούμε στη λογική της διαδικασίας που εκτελούν τα αρχεία που περιέχουν κώδικα php. Κατηγοριοποιούνται στα server-side scripts. Αυτό σημαίνει τα εξής:

- εκτέλεση του περιεχομένου κώδικα σειριακά, με ροή εκτέλεσης πάνω-κάτω και αριστερά-δεξιά,
- αίτημα για απορρόφηση δεδομένων από μια βάση δεδομένων,
- παραλαβή ή αποστολή δεδομένων,
- τερματισμός της διαδικασίας με την επίδειξη αποτελεσμάτων σε html σελίδα.

Σήμερα περισσότερα από 16.000.000 web sites, ποσοστό μεγαλύτερο από το 35% των ιστοσελίδων του Διαδικτύου , χρησιμοποιούν scripts γραμμένα με τη γλώσσα PHP, ενώ το υπόλοιπο 65% το μοιράζονται στατικές σελίδες HTML και όλες οι άλλες γλώσσες προγραμματισμού.

Πιο αναλυτικά τα στάδια επεξεργασίας μιας PHP σελίδας:

1. Ο χρήστης ζητάει την εμφάνιση της σελίδας page.php
2. Η αίτηση του χρήστη στέλνεται μέσω του web browser
3. Ο web server εξετάζει την κατάληξη (*.php) της ζητούμενης σελίδας και διαπιστώνει ότι είναι PHP σελίδα. Έτσι αναθέτει την επεξεργασία της σε πρώτο στάδιο στον PHP Preprocessor. Η ανάθεση γίνεται γιατί ο web server δεν μπορεί να εκτελέσει τα PHP scripts που ενσωματώνει η σελίδα. Οι καταλήξεις των σελίδων που προωθούνται στον PHP Preprocessor για την επεξεργασία τους ορίζονται στο αρχείο παραμέτρων του web server. Στην περίπτωση του Apache το αρχείο αυτό είναι το httpd.conf το οποίο βρίσκεται στο φάκελο conf της εγκατάστασης της Windows εγκατάστασης του Apache.
4. Ο PHP Preprocessor παραλαμβάνει την σελίδα page.php από το τοπικό σύστημα αρχείων κάνει συντακτικό έλεγχο και προχωρά στην εκτέλεση των

scripts που ενσωματώνει. Η εκτέλεση ενός PHP script μπορεί να παράγει HTML κώδικα. Ο κώδικας αυτός παρεμβάλλεται στη θέση του script, το οποίο αφαιρείται από την HTML σελίδα μετά την εκτέλεσή του. Έτσι το αποτέλεσμα της εκτέλεσης μιας PHP σελίδας (η οποία αποτελείται από HTML και PHP κώδικα) είναι μια καθαρά HTML σελίδα.

5. Κατά την εκτέλεσή του, ένα PHP script μπορεί να ανοίγει σύνδεση με κάποια βάση δεδομένων και να λαμβάνει από αυτή δεδομένα, πιθανώς για την ενσωμάτωσή τους στην HTML σελίδα.

6. Ο web server αναλαμβάνει την αποστολή της σελίδας στο μηχάνημα από το οποίο παρέλαβε την αντίστοιχη αίτηση.

7. Η σελίδα παραλαμβάνεται και απεικονίζεται από το browser του χρήστη.

Σχήμα 5.1

Παραγόμενη σελίδα της εφαρμογής με χρήση PHP.



5.4 Χάρτες Google και GoogleAPI

Η εφαρμογή και η τεχνολογία της υπηρεσίας παρέχεται από την Google και υποστηρίζει πολλές υπηρεσίες που βασίζονται σε χάρτες, συμπεριλαμβανομένου της ιστοσελίδας "Χάρτες Google". Προσφέρει χάρτες δρόμων και σχεδιαστή διαδρομών για μεταφορές με τα πόδια, αυτοκίνητο ή μέσα μαζικής μεταφοράς. Περιλαμβάνει επίσης εντοπισμό των επιχειρήσεων που βρίσκονται σε πόλεις σε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο. Οι δορυφορικές εικόνες των Χαρτών Google δεν ανανεώνονται σε πραγματικό χρόνο, ωστόσο η Google προσθέτει δεδομένα στη Κύρια Βάση δεδομένων της σε τακτική βάση και οι περισσότερες από τις εικόνες δεν είναι πάνω από τριών ετών.

Οι χάρτες προσφέρουν εύκολη και άμεση On line περιήγηση στους χάρτες Google Maps με τρεις διαφορετικούς τρόπους : 1. Χάρτης 2. Δορυφόρος 3.Μορφολογία Εδάφους.

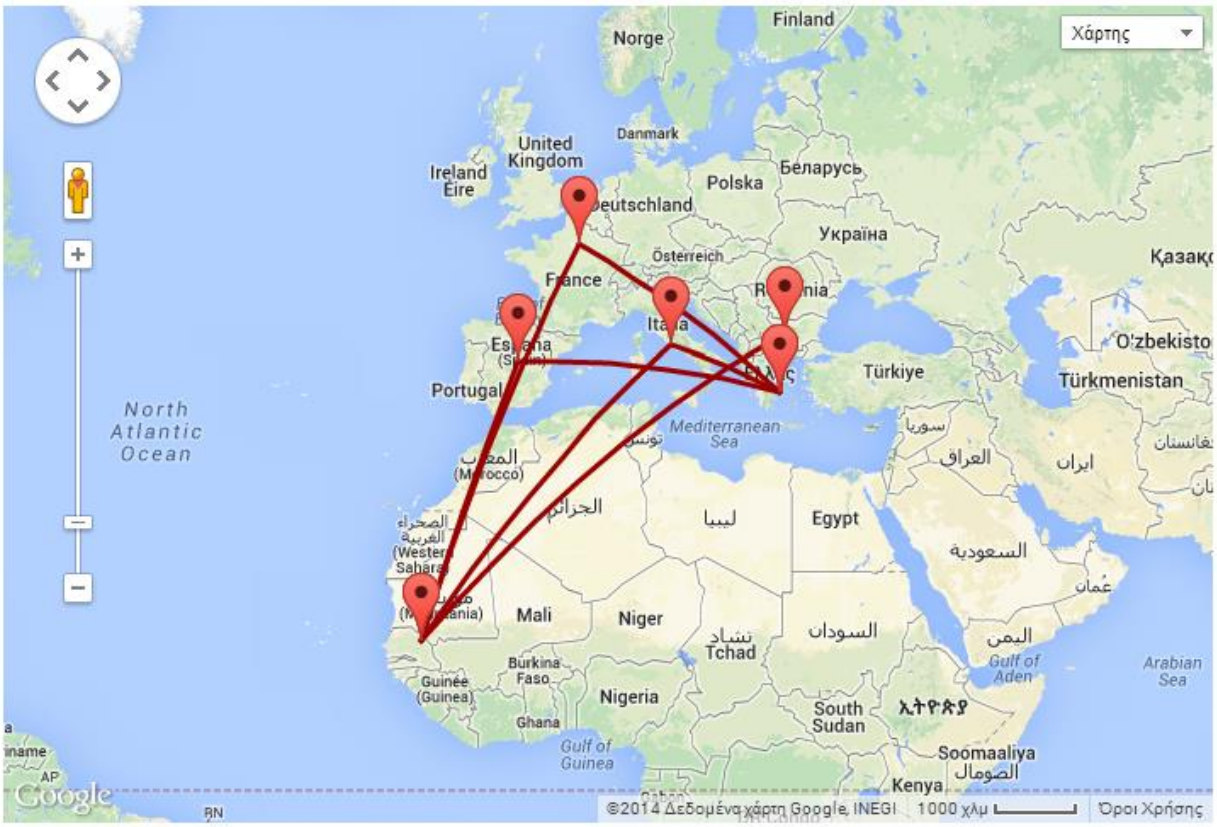
Το API της google όσο αναφορά τους χάρτες δίνει στην δυνατότητα στον προγραμματιστή μέσω της γλώσσας scripting javascript να φορτώσει και να διαχειριστεί όλα τα συμβάντα(events) που μπορούν να εφαρμοστούν στον χάρτη google. Στην εφαρμογή μας χρησιμοποιούμε events όπως δημιουργία σημείων πάνω στον χάρτη (markers), δημιουργία γραμμών πάνω στον χάρτη (lines) και άλλα events όπως τον επανασχεδιασμό (repaint map), την ανανέωση (reload map) κ.α.

Για να παραχθεί ο κώδικας javascript που χρειάζεται για να γίνει η σύνδεση μεταξύ της εφαρμογής μας και των χαρτών της Google χρησιμοποιείται η PHP που φορτώνει δεδομένα από την βάση και παράγει σε javascript τα ανάλογα αποτελέσματα. Επομένως δημιουργείται μια λίστα με όλες τις διαδρομές στην βάση η οποία καλεί κάθε φορά ασύγχρονα AJAX μια άλλη σελίδα php η οποία εκτελεί όλες τις εντολές που χρειάζονται για να δημιουργηθεί η html και η javascript και έπειτα τις φορτώνει στο σημείο της σελίδας που του έχουμε ορίσει.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει αναλυτικά το αποτέλεσμα της επιλογής όλων των διαδρομών που είναι περασμένες στην βάση δεδομένων και την αναπαράσταση τους στο σημείο που θέλουμε.

Σχήμα 5.2

Χρήση των Google Map και προβολή των ροών



,

Η διαδικασία για να παραχθεί ο παραπάνω χάρτης είναι :

1. Επιλογή της διαδρομής που θέλουμε να αναπαραστήσουμε
2. Μέσω της php και της mysql αντλούμε τα κατάλληλα δεδομένα
3. Αφού επιστρέψουν από τον server τα δεδομένα χτίζεται η σελίδα
4. Αφού χτιστεί η σελίδα φορτώνεται με την javascript που έχει στηθεί ο χάρτης της Google και τοποθετούνται οι γραμμές και τα σημεία.
5. Η τελική σελίδα που χτίζεται μέσω Ajax call εμφανίζεται στο σημείο που έχουμε ορίσει.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι αποστάσεις των μέγιστων κύκλων όπου η μαθηματική τους υλοποίηση είναι γραμμένη σε javascript ώστε να μην επιβαρύνεται ο server με τους υπολογισμούς αλλά ο φυλλομετρητής του πελάτη κάθε φορά που κάνει αίτηση στον server να του φέρει αποτελέσματα.

Ο αλγόριθμος είναι :

JavaScript:
```
var R = 6371; // km
var dLat = (lat2-lat1).toRad();
var dLon = (lon2-lon1).toRad();
var lat1 = lat1.toRad();
var lat2 = lat2.toRad();

var a = Math.sin(dLat/2) * Math.sin(dLat/2) +
        Math.sin(dLon/2) * Math.sin(dLon/2) * Math.cos(lat1) * Math.cos(lat2);
var c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1-a));
var d = R * c;
```

5.4 Εναλλακτικός τρόπος απεικόνισης με την χρήση WEBGL

Το WebGL είναι μια διεπαφή λογισμικού για την πρόσβαση σε υλικό γραφικών μέσα από ένα web browser, χωρίς την εγκατάσταση επιπλέον plug-ins. Με βάση την OpenGL ES 2.0, η WebGL επιτρέπει σε έναν προγραμματιστή να καθορίσει τα αντικείμενα και τις λειτουργίες που εμπλέκονται στην παραγωγή υψηλής ποιότητας γραφικά εικόνες, ειδικά έγχρωμες εικόνες των 3D αντικειμένων.

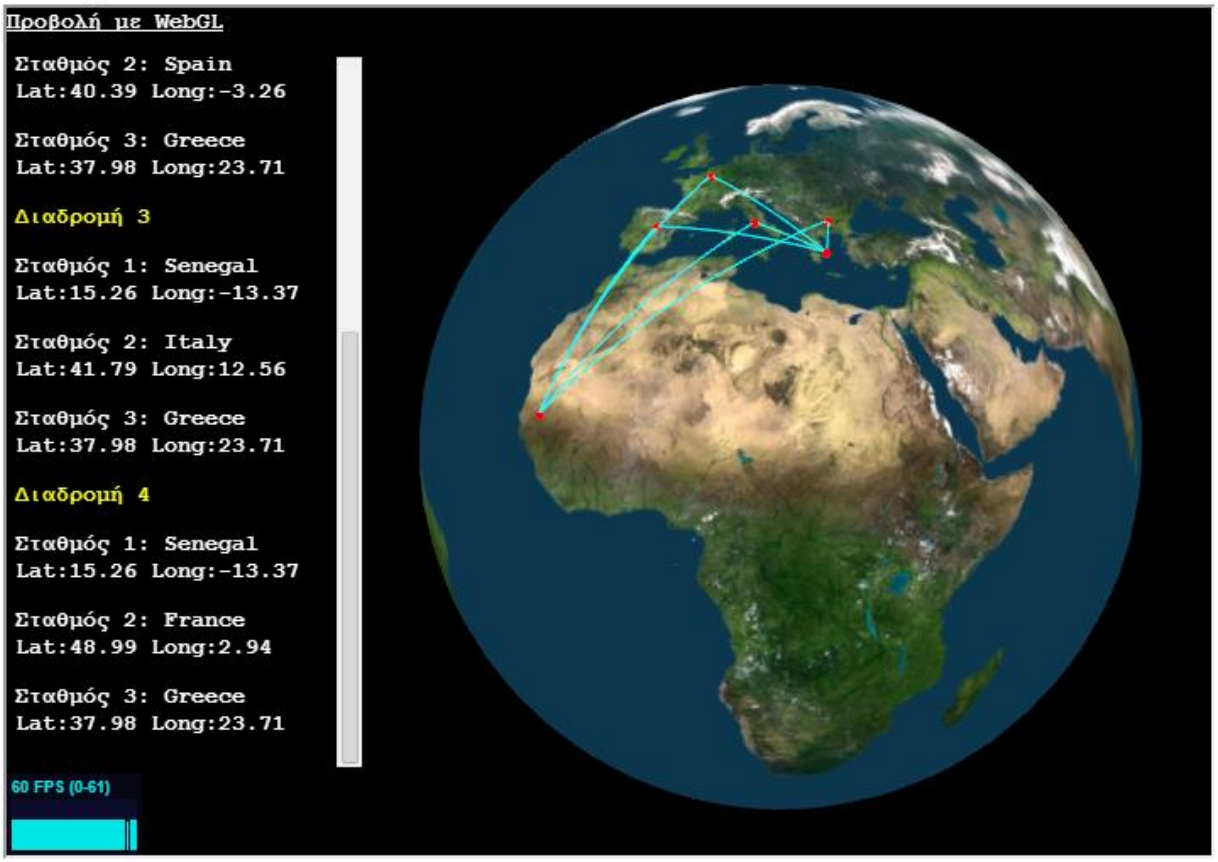
Το WebGL μπορεί να επιταχύνεται από την κάρτα γραφικών και αποτελεί μια ιδανική λύση για την απεικόνιση εντυπωσιακών τρισδιάστατων γραφικών μέσω του browser. Θεωρητικά, χάρη σε αυτό, παιχνίδια σαν αυτά που παίζουμε στον υπολογιστή ή τις κονσόλες μας θα μπορούσαν να παρουσιάζονται μέσω του browser. Αντί για “επίπεδα” Flash Games θα μπορούσαμε να ταξιδεύουμε σε 3D κόσμους, δίχως να χρειάζεται η εγκατάσταση εξειδικευμένων εφαρμογών ή clients.

Η WebGL είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο την javascript και χτίζεται μαζί με την HTML από την PHP. Επομένως στην εφαρμογή που έχει

αναπτυχθεί στέλνουμε ασύγχρονα δεδομένα στην αντίστοιχη php σελίδα και παράγουμε την javascript που εκμεταλλεύεται την διεπαφή της WebGL με την κάρτα γραφικών και δημιουργούμε μια 3d σφαίρα με τους απαραίτητους υπολογισμούς για τους μέγιστους κύκλους. Δημιουργούμε έτσι καμπύλες γραμμές πάνω στην 3D σφαίρα που χτίζεται μεταξύ των σημείων όπου αναπαριστούμε τις διαδρομές των ροών. Αν θεωρήσουμε επομένως την γη σαν σφαίρα το αποτέλεσμα που παράγεται από την τρισδιάστατη απεικόνιση των καμπύλων είναι :

Σχήμα 5.3

Χρήση WebGL για την αναπαράσταση των μέγιστων κύκλων.



Κεφάλαιο 6– Σύνδεση με την θεωρία μέγιστων κύκλων

6.1 Χαρτογραφικές προβολές και πλατφόρμα υλοποίησης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν δύο τρόποι για την κατασκευή μέγιστων κύκλων. Ο ένας τρόπος είναι ο καθαρά μαθηματικός τρόπος ο οποίος μέσω πράξεων μπορούμε να ξέρουμε τα στοιχεία της καμπύλης (γωνία, απόσταση, αζιμούθιο κτλ). Ο άλλος τρόπος είναι μέσω των χαρτογραφικών προβολών και με σχεδιαστικό τρόπο να εξάγουμε στοιχεία σχετικά με τις καμπύλες των μέγιστων κύκλων.

Στην πρώτη εφαρμογή είναι δύσκολο να σχεδιαστεί η καμπύλη του μέγιστου κύκλου αφού οι τιμές των αποτελεσμάτων θα είναι αριθμοί οι οποίοι δεν θα έχουν καμία αξία στον χαρτογράφο. Αντίθετα στον δεύτερο τρόπο υλοποίησης είναι πιο εύκολο να αναπαραστήσουμε την καμπύλη των μέγιστων κύκλων αφού δεν χρειάζονται μαθηματικοί υπολογισμοί απλά πρέπει οι γραμμές που σχεδιάζονται να ακολουθούν μια συγκεκριμένη χαρτογραφική προβολή. Επίσης αν θέλουμε να τις αναπαραστήσουμε και σαν καμπύλες γραμμές το μόνο που αρκεί να γίνει είναι η μετατροπή τους από το ένα σύστημα συντεταγμένων σε ένα άλλο.

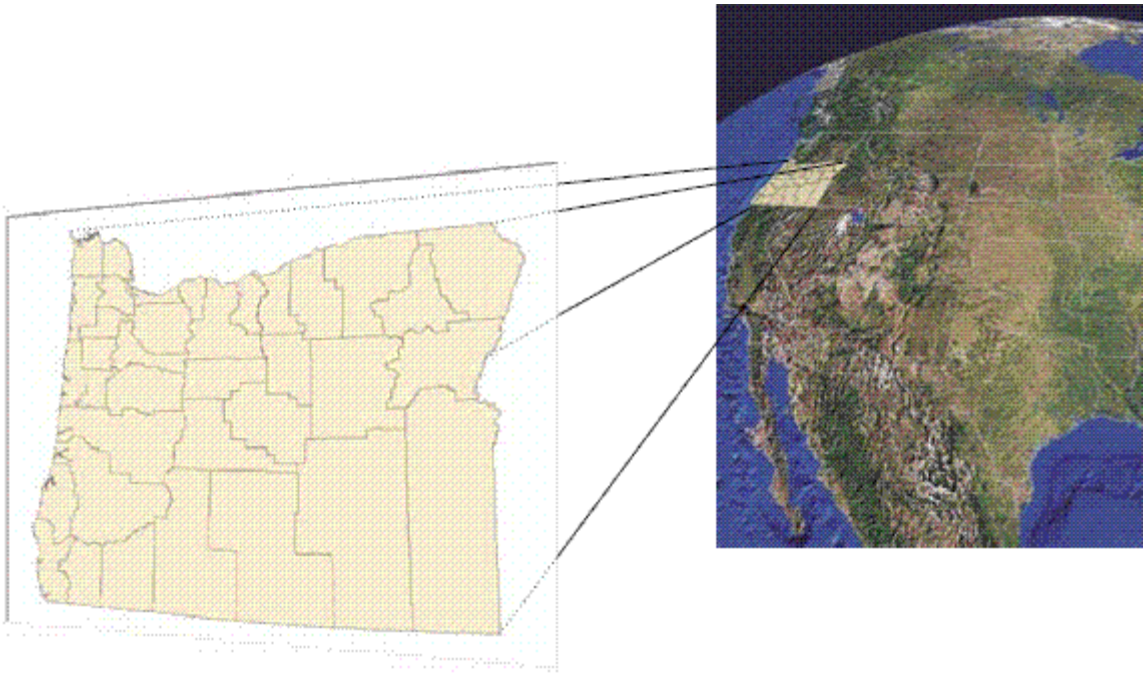
Επειδή επομένως η συγκεκριμένη εργασία έχει καθαρά γεωγραφικό χαρακτήρα και σκοπός είναι η απεικόνιση των γραμμών πάνω στον χάρτη χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη μέθοδος κατασκευής μέγιστων κύκλων. Πριν αναλύσουμε όμως την διαδικασία που ακολουθεί ο αλγόριθμος και τις διάφορες μετατροπές που χρειάστηκαν για να παραχθεί το αποτέλεσμα θα μιλήσουμε σχετικά με το λογισμικό (ArcGIS) και τα διάφορα συστήματα συντεταγμένων τα οποία διαθέτει. Η εισαγωγή αυτή στα συστήματα των συντεταγμένων είναι απαραίτητη αφού σε επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά τα δεδομένα των συντεταγμένων που δέχεται το συγκεκριμένο λογισμικό και οι συναρτήσεις που κατασκευάστηκαν για να γίνουν οι μετατροπές των γραμμών ώστε το τελικό αποτέλεσμα να αναπαριστά με ακρίβεια την καμπυλότητα των μέγιστων κύκλων.

6.1.1 Οι χαρτογραφικές προβολές στο ArcGIS.

Όλα τα στοιχεία σε ένα θεματικό επίπεδο έχουν ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό στίγμα που επιτρέπει σε αυτά να τοποθετηθούν πάνω στην επιφάνεια της γης. Η ικανότητα να περιγραφούν οι τοποθεσίες με ακρίβεια είναι πολύ σημαντικό στοιχείο στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται γεωαναφορά (georeferencing).

Σχήμα 6.1

Εικόνα που δείχνει την γεωγραφική τοποθέτηση των οντοτήτων πάνω στην επιφάνεια της γης.



Πηγή: http://webhelp.esri.com

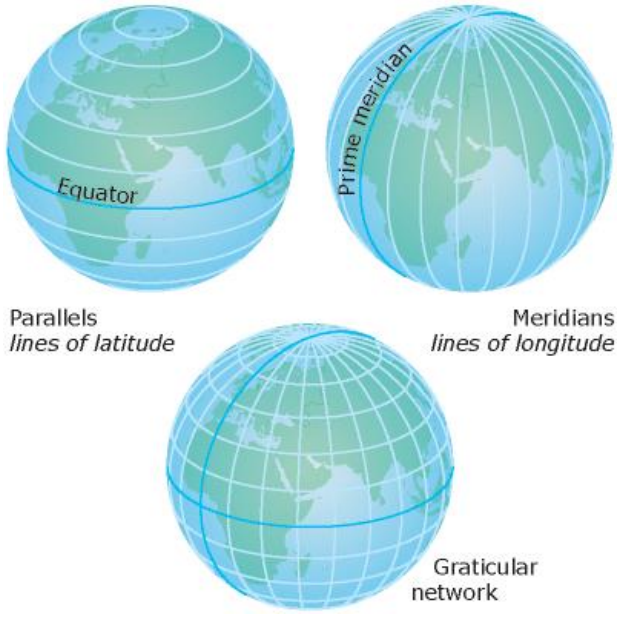
Περιγράφοντας την σωστή τοποθεσία και σχήμα τον οντοτήτων το ArcGIS έχει δημιουργήσει ένα σύστημα για να καθορίζει τις πραγματικές τοποθεσίες πάνω στην γήινη επιφάνεια των σημείων. Χρησιμοποιώντας το γεωγραφικό μήκος και πλάτος

παράλληλα με κάποια γνωστά συστήματα συντεταγμένων προσφέρουν μια πάρα πολύ ικανοποιητική ακρίβεια των γεωγραφικών οντοτήτων στην επιφάνεια της γης.

Για να περιγράψουμε την θέση μιας γεωγραφικής τοποθεσίας πάνω στην επιφάνεια της γης χρησιμοποιήθηκε σφαιρικές μετρήσεις για το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Οι μετρήσεις αυτές είναι τα δεδομένα των γωνιών από το κέντρο της γης σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης. Οι γωνιές του γεωγραφικού πλάτους μετριούνται με βόρειες και νότιες διευθύνσεις. Ο ισημερινός είναι στην γωνία 0. Το βόρειο ημισφαίριο έχει θετικές τιμές και το νότιο αρνητικές τιμές γεωγραφικού πλάτους. Το γεωγραφικό μήκος συνήθως συνήθως βασίζεται στο πρώτο μεσημβρινό που είναι μια φανταστική γραμμή που περνάει από τον βόρειο πόλο στον νότιο πόλο μέσω της πόλης Greenwich στην Αγγλία. Η γωνία του γεωγραφικού μήκους είναι 0. Δυτικά του πρώτου μεσημβρινού έχουμε τις αρνητικές τιμές ενώ ανατολικά τις θετικές.

Σχήμα 5.2

Δίκτυο των νοητών γραμμών που χρησιμοποιούνται από τις γεωγραφικές προβολές για την τοποθέτηση σημείων πάνω στην γήινη επιφάνεια.



Πηγή: http://webhelp.esri.com

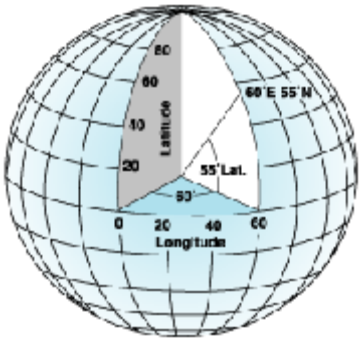
Αν θεωρήσουμε ότι η γη έχει ένα σφαιρικό σχήμα κάθε κύκλος που έχει την ίδια ακτίνα με αυτήν θεωρείται μέγιστος κύκλος. Κατά μήκος των γραμμών του κύκλου οι αποστάσεις δύο σημείων είναι η ελάχιστη μεταξύ τους.

6.1.2 Σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων (GCS) στο ArcGIS

Ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιεί μια τρισδιάστατη σφαιρική επιφάνεια για να ορίσει τις τοποθεσίες στην γη. Ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων περιέχει μια γωνιακή μέτρηση , έναν πρώτο μεσημβρινό και ένα σύστημα συντεταγμένων βασισμένο στην σφαίρα. Στο σφαιρικό σύστημα οι οριζόντιες γραμμές είναι γραμμές που έχουν ίδιο γεωγραφικό πλάτος και ονομάζονται και παράλληλες. Οι κάθετες γραμμές είναι εκείνες που ίδιο γεωγραφικό μήκος και ονομάζονται μεσημβρινοί.

Σχήμα 5.3

Το σχήμα δείχνει από τι αποτελείται ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων και πως ορίζεται ένα σημείο σε αυτό.



Πηγή: http://webhelp.esri.com

Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος παραδοσιακά μετριούνται είτε σε δεκαδικές τιμές ή σε μοίρες , λεπτά και δεύτερα. Οι τιμές γεωγραφικού πλάτους μετριούνται σχετικα με τον ισημερινό και παίρνουν τιμές από -90^{o} μέχρι $+90^{o}$. Οι τιμές γεωγραφικού μήκους μετριούνται σχετικά με τον πρώτο μεσημβρινό και κυμαίνονται από -180^{o} μέχρι 180^{o}. Αν ο πρώτος μεσημβρινός είναι αυτός του Greenwich η Αυστραλία που είναι νότια

από τον ισημερινό και ανατολικά του Greenwich , έχει τιμές γεωγραφικού μήκους θετικές και αρνητικές τιμές γεωγραφικού πλάτους.

Μερικά από τα υπάρχοντα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων που υποστηρίζει το λογισμικό ArcGIS είναι :

- **Aitoff:** Η γεωγραφική αυτή προβολή εφευρέθηκε το 1889 και χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση όλου του κόσμου.
- **Alaska Grid:** Χρησιμοποιείται ώστε να μην εμφανίζεται η περιοχή της Αλάσκας παραμορφωμένη όπως σε άλλα συστήματα
- **Stereographic:** Ανήκει στην οικογένεια των αζιμουθιακών προβολών.
- **Transverse Mercator:** Η εγκάρσια μερκατορική προβολή.
- **Orthographic:** Αυτή η προβολή αναπαριστά την γη με μια τρισδιάσταστη προοπτική
- **Gnomonic:** Κάθε ευθεία πάνω σε αυτήν την προβολή είναι ένας μέγιστος κύκλος
- **Azimuthial equidistant:** Η ευθεία από το κέντρο της προβολής είναι ένας μέγιστος κύκλος.

Το λογισμικό υποστηρίζει πολλές γεωγραφικές συντεταγμένες που κάθε μια χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους λόγους. Επίσης περιέχονται πολλές παραλλαγές ώστε να καλύπτουν πλήρως μια περιοχή και τις απαιτήσεις του χαρτογράφου. Στην εργασία χρησιμοποιούμε την αζιμουθιακή και την γνωμονική προβολή για να σχεδιάσουμε τους μέγιστους κύκλους.

6.2 Δομή προβολικών δεδομένων (.prj)

Ένα σύστημα συντεταγμένων είναι είτε γεωγραφικό (λ,φ) ή προβολικό (X,Y). Το σύστημα αποτελείται από πολλά αντικείμενα. Κάθε αντικείμενο έχει μια λέξη κλειδί με κεφαλαία γράμματα (π.χ DATUM ή UNIT), που ακολουθείται από τις παραμέτρους του χωρισμένες με κόμμα. Μερικά από τα αντικείμενα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε

πολλαπλές προβολές. Η μηχανή χαρτογραφικών προβολών της ESRI (ESRI Projection Engine) αποθηκεύει μετα - δεδομένα για το σύστημα συντεταγμένων σε μια μεταβλητή τύπου κειμένου (string) ή σε ένα αρχείο prj. Το κείμενο αυτό γνωστό ως και (PE string) πρέπει να είναι συνεχής. Είναι μια πολύπλοκη συνέχεια κειμένου επειδή τα μέρη της είναι αυστηρώς καθορισμένα. Μπορούν να οριστούν από τον χρήστη δικές του μετρήσεις, συστήματα συντεταγμένων και ελλειψοειδής συντεταγμένες.

Η μορφή και οι ορισμοί ενός αρχείου prj είναι :

```
=   |
=
PROJCS[" ",  ,  ,
{,}* ]
= PROJECTION[" "]
= PARAMETER[" ",  ]
=
= UNIT[" ",  ]
where   is

= GEOGCS[" ",  , ,
]
= DATUM[" ",  ]
= SPHEROID[" ",  ,
]
=
=
```

Οι μέγιστοι άξονες μετριούνται σε μέτρα και πρέπει να είναι μεγαλύτερη του μηδενός.

```
     = PRIMEM[" ",  ]
        =
```

Η τιμή του γεωγραφικού μήκους του πρώτου μεσημβρινού είναι σε μοίρες και σε σχέση με τον μεσημβρινό του Greenwich. Ένα σύστημα συντεταγμένων ενός συνόλου δεδομένων αναγνωρίζεται από την λέξη κλειδί PROJCS αν τα δεδομένα είναι σε προβολικές συντεταγμένες ή από την GEOGCS αν είναι γεωγραφικές συντεταγμένες. Ένα αντικείμενο περιέχει το όνομα των προβολικών συντεταγμένων, ακολουθούμενο από τις γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, την χαρτογραφική προβολή , τις παραμέτρους της προβολής και την γραμμική μονάδα μέτρησης.

Όλα τα προβολικά συστήματα προβολών βασίζονται πάνω σε ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, επομένως η περιγραφή γίνεται πρώτα σε ένα προβολικό σύστημα. Στην εφαρμογή μας η αζιμουθιακή προβολή η οποία χρησιμοποιείται έχει την παρακάτω μορφή.

PROJCS["Azimuthal ", PROJECTION["Azimuthal_Equidistant"],
PARAMETER["False_Easting",0.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",2.94],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",48.99],
UNIT["Meter",1.0]]

Το όνομα του γεωγραφικού συστήματος συντεταγμένων ακολουθείται από τις λέξεις κλειδιά σύστημα συντεταγμένων (datum), πρώτο μεσημβρινό (prime meridian) και την μονάδα μέτρησης (unit of measure) .

GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",
SPHEROID["WGS_1984",6378137.0,298.257223563]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]]

Η ολοκληρωμένη γραμμή η οποία χαρακτηρίζει την Αζιμουθιακή προβολή που χρησιμοποιήθηκε είναι :

PROJCS["Azimuthal ",
GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",

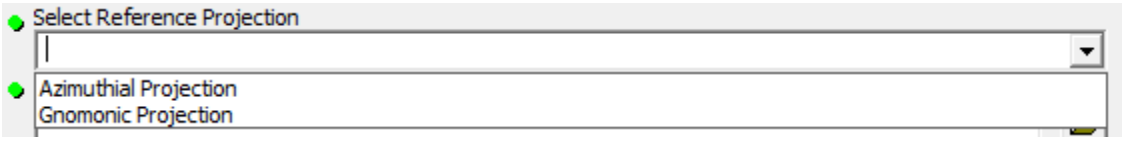
SPHEROID["WGS_1984",6378137.0,298.257223563]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Azimuthal_Equidistant"],
PARAMETER["False_Easting",0.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",2.94],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",48.99],
UNIT["Meter",1.0]]

Οι παράμετροι της προβολής χρησιμοποιεί τις μονάδες μέτρησης και από το προβολικό και γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων. Οι γραμμικές παράμετροι έχουν τις ίδιες μετρήσεις με τις μονάδα μέτρησης στο τέλος του προβολικού συστήματος συντεταγμένων. Οι παράμετροι των γωνιών χρησιμοποιούν τις μονάδες μέτρησης που γράφονται στο γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων. Χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε τα ονόματα των χαρτογραφικών προβολών και παραμέτρων των αντικειμένων ώστε η μηχανή προβολών του ArcGIS να μπορεί να τις ερμηνεύσει σωστά.

Στην εφαρμογή χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές τύποι προβολών σε μορφή αρχείου .prj μία για την αζιμουθιακή προβολή και μία για την γνωμονική προβολή. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποιες από τις δύο προβολές να χρησιμοποιήσει.

Σχήμα 5.4

Επιλογές προβολής του εργαλείου.



Όσο αναφορά την αζιμουθιακή προβολή το εργαλείο την δημιουργεί δυναμικά επειδή πρέπει να αλλάζει κάθε φόρα το κέντρο της για να μπορεί να σχηματιστεί ο μέγιστος κύκλος.

Οι χρόνοι που χρειάζεται το εργαλείο για να υπολογίσει και να ορίσει τις δύο μορφές συντεταγμένων είναι ακριβώς οι ίδιοι αφού ο αλγόριθμος πειράζει μόνο ένα κομμάτι τους ανάλογα τα σημεία που πρέπει να σχεδιαστούν.

6.3 Δοκιμαστικά δεδομένα εφαρμογής

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή περιγράφουν μετακινήσεις πληθυσμού. Τα άτομα τα οποία εξετάζονται είναι κατά κύριο λόγο μετανάστες οι οποίοι έφυγαν από την πατρίδα τους και τελικός τους προορισμός ήταν η Ελλάδα. Η αφετηρία τους είναι χώρες της ηπείρου Αφρικής όπου το βιοτικό επίπεδο ζωής είναι χαμηλότερο από το ελληνικό. Οι πίνακες που κατασκευάστηκαν είναι δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω συνεντεύξεων και συμπλήρωσης ερωτηματολογίων με τα συγκεκριμένα άτομα.

Τα δεδομένα είναι μια ευγενική χορηγία από το ερευνητικό έργο με τίτλο: «Διερεύνηση των δυνατοτήτων και των προοπτικών ένταξης των Αφρικανών μεταναστών στην ελληνική κοινωνία υποδοχής»[29] που υλοποιείται από Σύμπραξη φορέων αποτελούμενη από το Τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου που είναι και ο Συντονιστής φορέας, το Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Διεθνών Σχέσεων του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, το Έλληνο-Αφρικανικό Επιμελητήριο Εμπορίου και Ανάπτυξης και το Σύνδεσμο Ανωνύμων Εταιριών και Ε.Π.Ε.

Το έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και από εθνικούς πόρους και έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» (ΕΠΑΝ-ΙΙ), Δράση «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ». Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων.

Αντικείμενο του ερευνητικού έργου είναι η συστηματικότερη μελέτη και ανάλυση των ροών των αφρικανών μεταναστών, από την υποσαχάρια Αφρική, προς την Ελλάδα,

[29] http://www.africamigrants.gr/

καθώς επίσης και των δυνατοτήτων για την ανάδειξη του ρόλου των μεταναστών στην ενίσχυση της ελληνικής παρουσίας στην Αφρικανική ήπειρο.

Κύριος στόχος του έργου είναι η άρση της περιθωριοποίησης, του κοινωνικού αποκλεισμού και των ανισοτήτων που υφίστανται οι Αφρικανοί μετανάστες στην ελληνική κοινωνία υποδοχής, μέσω της ενδυνάμωσης της επιχειρηματικότητάς τους και της αξιοποίησης των δεξιοτήτων τους, καθώς και μέσω της κινητοποίησης όσο το δυνατόν μεγαλύτερου αριθμού επιχειρήσεων.

Επιπρόσθετα, στους στόχους του έργου περιλαμβάνονται:

- η μελέτη των κοινωνικο-δημογραφικών χαρακτηριστικών του Αφρικανικού πληθυσμού
- η ανάδειξη των δεξιοτήτων μέρους του πληθυσμού αυτού
- —η διασύνδεση των Αφρικανών μεταναστών με ελληνικές επιχειρήσεις οι οποίες στοχεύουν στην ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων σε Αφρικανικές χώρες
- ανάλυση των εμποδίων που αντιμετωπίζουν οι λιγότερο ειδικευμένοι Αφρικανοί μετανάστες προκειμένου να ενταχθούν στην ελληνική κοινωνία
- η επεξεργασία προτάσεων πολιτικής για την άρση του αποκλεισμού και την ένταξη των Αφρικανών και ιδιαίτερα εκείνων που είναι ανειδίκευτοι στην ελληνική κοινωνία υποδοχής

Οι πίνακες που ακολουθούν είναι ένα μικρό κομμάτι των δεδομένων των οποίων έχουν συλλεχθεί από το συγκεκριμένο ερευνητικό έργο:

Πίνακας 6.1

ΑΙΘΙΟΠΙΑ	**Γουινέα**
Αιθιοπία - Βουλγαρία - Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Κούβα-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα

Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα	Γουϊνέα-Μαρόκο-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα
Αιθιοπία-Λίβανος-Τουρκία-Ελλάδα	Γουινέα-Τουρκία-Ελλάδα

Σενεγάλη
Σενεγάλη--Βουλγαρία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Ισπανία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Ιταλία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Ιταλία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Γαλλία-Ιταλία-Ελλάδα

Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη - Συρία-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Μαρόκο-Συρία-Τουρκία-Ελλάδα
Σενεγάλη-Ιράν-Τουρκία-Ελλάδα

Τα δεδομένα εισαγωγής επομένως του εργαλείου έχουν κατασκευαστεί με την λογική να μην χρειάζονται τα αρχικά δεδομένα μεγάλη τροποποίηση. Ο τύπος αρχείου που αναζητάει το εργαλείο είναι απλού κειμένου με την επέκταση (.txt). Η λογική κατασκευής του τρόπου εισαγωγής των δεδομένων στο εργαλείο με μια απλή μορφή

είναι καθαρά η ευκολία αντιγραφής και διανομής των αρχείων σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα μπορεί να το υποστηρίξει.

Η μορφή των δεδομένων που χρειάζονται αποτελείται από κείμενο που περιγράφει τις διαδρομές χωρισμένες από κόμμα[30]. Ανάλογα την σειρά που είναι καταχωρημένα τα σημεία των διαδρομών με την συγκεκριμένη διεύθυνση θα σχεδιαστεί και η καμπύλη των μέγιστων κύκλων. Ένα παράδειγμα αρχείου κειμένου που γίνεται εισαγωγή στο εργαλείο είναι :

Πίνακας 6.2 Μορφή δεδομένων εισαγωγής στο εργαλείο

Senegal,Bulgaria,Greece
Senegal,Spain,Greece
Senegal,Italy,Greece
Senegal,Italy,Greece
Senegal,France,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece
Senegal,Turkey,Greece

Το παραπάνω αρχείο δεδομένων εισάγεται στο εργαλείο και αυτομάτως ο αλγόριθμος καταλαβαίνει τις διαδρομές τις οποίες πρέπει να σχηματιστούν, μετράει πόσες διαδρομές είναι μοναδικές ,τις αποθηκεύει σε μια ακέραια μεταβλητή και τέλος σχεδιάζει όλες τις καμπύλες που τις περιγράφουν.

Ο παραπάνω τύπος αρχείου χρειάζεται τα γεωγραφικά δεδομένα κάθε σημείου στην διαδρομή ώστε ο αλγόριθμος να μπορεί να υπολογίσει τους μέγιστους κύκλους. Επομένως υπάρχει ακόμα ένα γενικό αρχείο το οποίο περιέχει όλες τις συντεταγμένες

[30] Το (,) Κόμμα είναι ο χαρακτήρας εκείνος που το εργαλείο καταλαβαίνει ότι πρέπει να διαβάσει μια καινούργια εγγραφή στο κείμενο. Τα αρχεία που είναι έτσι χωρισμένα λέγονται comma delimeter files όπως είναι πολλοί γνωστοί τύποι αρχείων (.csv) που χρησιμοποιούνται για την μαζική εισαγώγη δεδομένων σε ένα σύστημα.

των πιθανών σταθμών των διαδρομών. Η αποθήκευση των συντεταγμένων σε ξεχωριστό αρχείο υλοποιήθηκε με το σκεπτικό ότι οι διαδρομές δεν θα υπολογίζονται από μια συγκεκριμένη χώρα ή πόλη αλλά από οποιοιδήποτε σημείο πάνω στην επιφάνεια της γης εφόσον είναι γνωστές οι συντεταγμένες του.

Ένα κομμάτι του αρχείου που περιέχει τις συντεταγμένες των σημείων είναι :

Πίνακας 6.3 Μορφή δεδομένων αρχείου συντεταγμένων

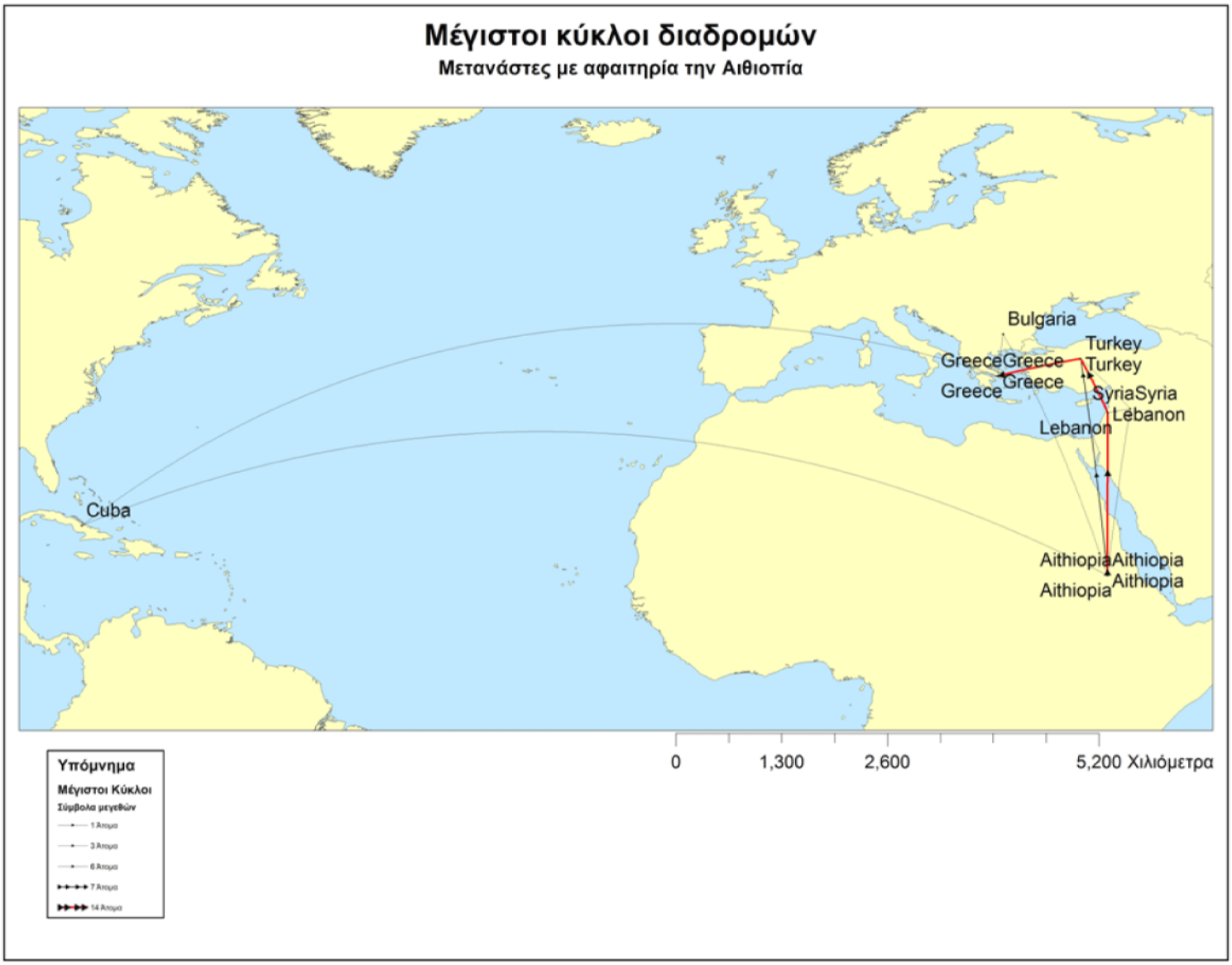
Senegal -13.37 15.26
Bulgaria 24.26 42.60
Greece 23.71 37.98
Italy 12.56 41.79
France 2.94 48.99
Spain -3.26 40.39
Turkey 32.85 39.90
Syria 38.32 34.37

Για να γίνει η αντιστοιχία των σημείων πάνω στην διαδρομή με των αντίστοιχων συντεταγμένων του αρχείου πρέπει να το όνομα του σημείου να είναι ακριβώς ίδιο με τον όνομα του σημείου που περιγράφει τις συντεταγμένες του.

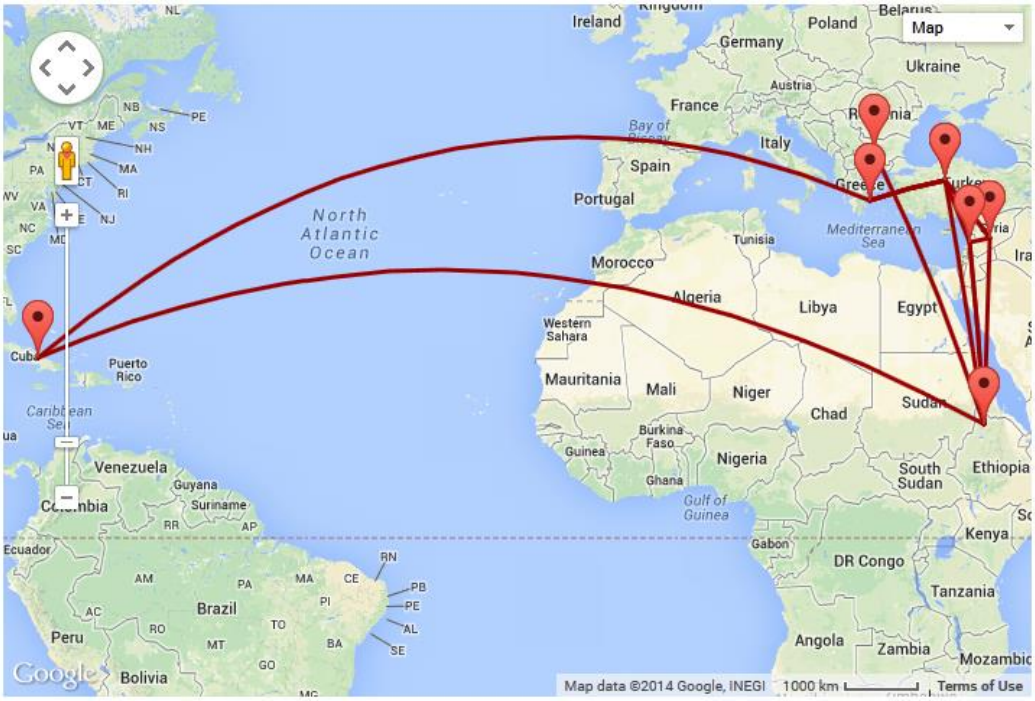
Με τις προσαρμογές αυτές το εργαλείο έχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για να σχεδιάσει τους μέγιστους κύκλους. Η συνεργασία των δύο αυτών αρχείων θα ενημερώσει κατάλληλα και την βάση δεδομένων MYSQL. Επομένως με την κατασκευή δύο απλών κειμένων το εργαλείο σχεδιάζει τις καμπύλες και τις αποθηκεύει για μελλοντική χρήση.

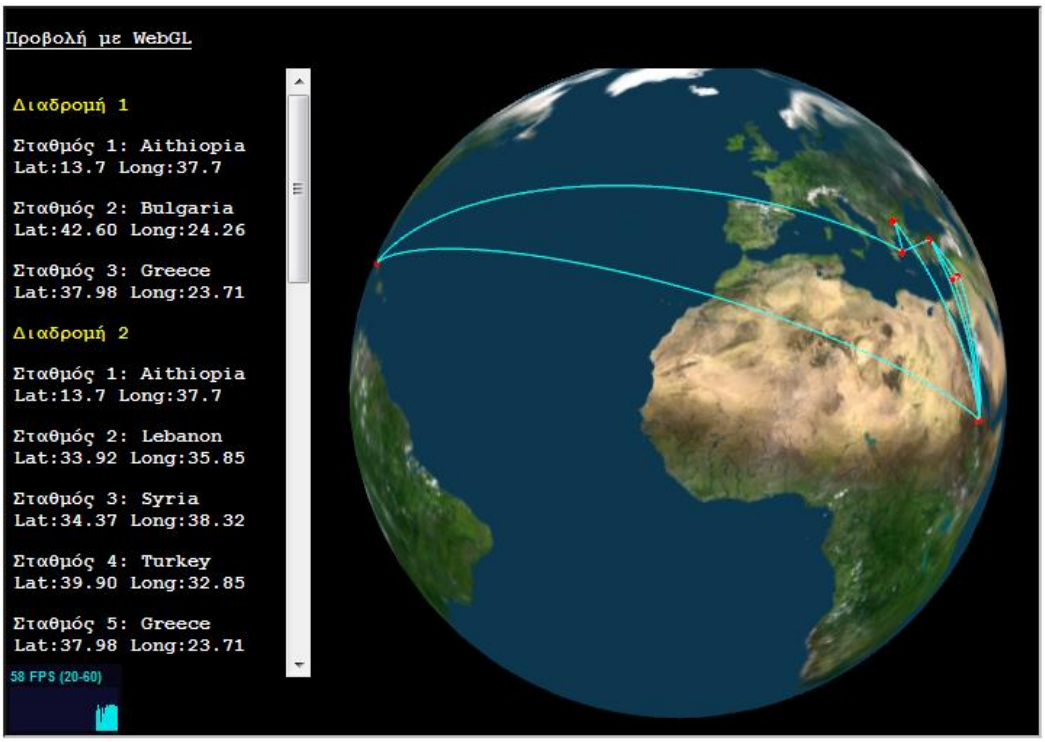
Οι παραγόμενοι χάρτες για τα δεδομένα του πίνακα 6.1 είναι :

Χάρτης διαδρομών από την Αιθιοπία παραγόμενος στο ArcGis

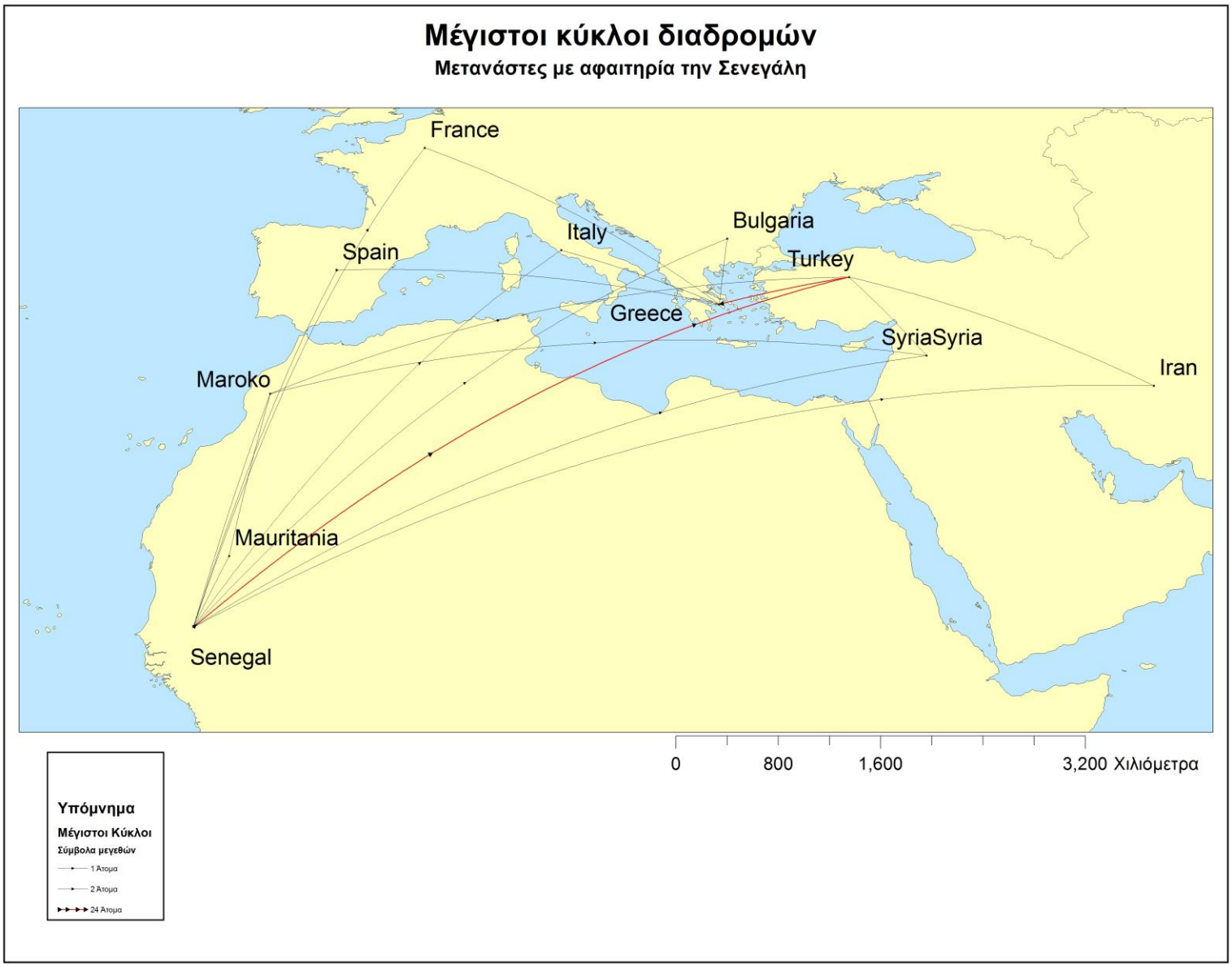


Χάρτης διαδρομών από την Αιθιοπία με την χρήση του Google Api και WebGl

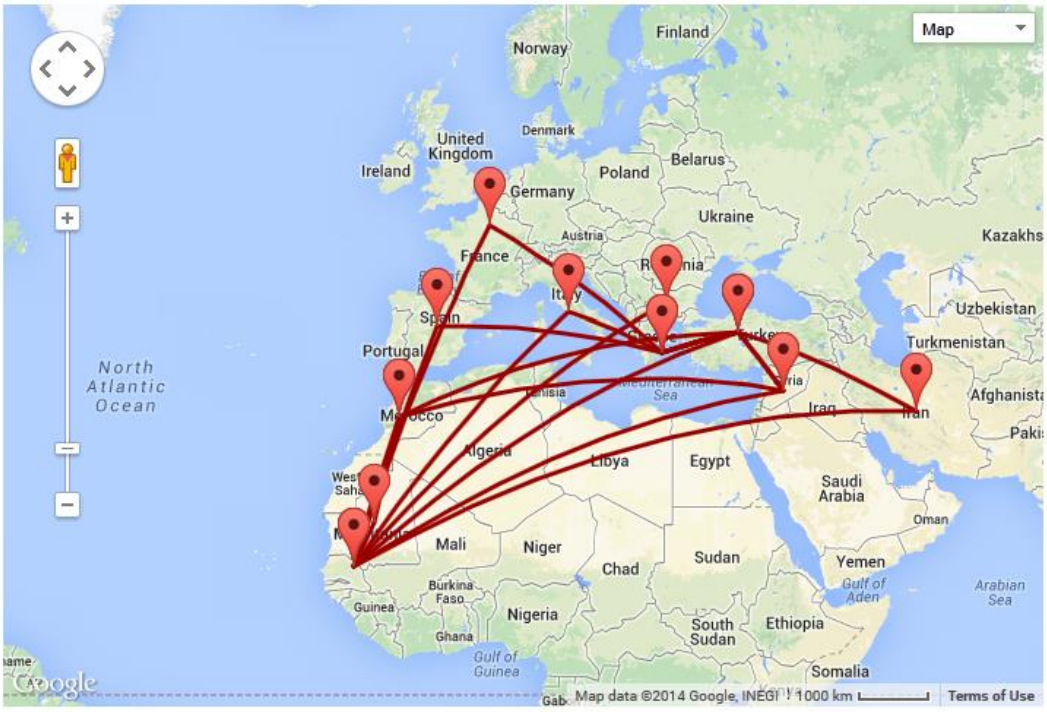


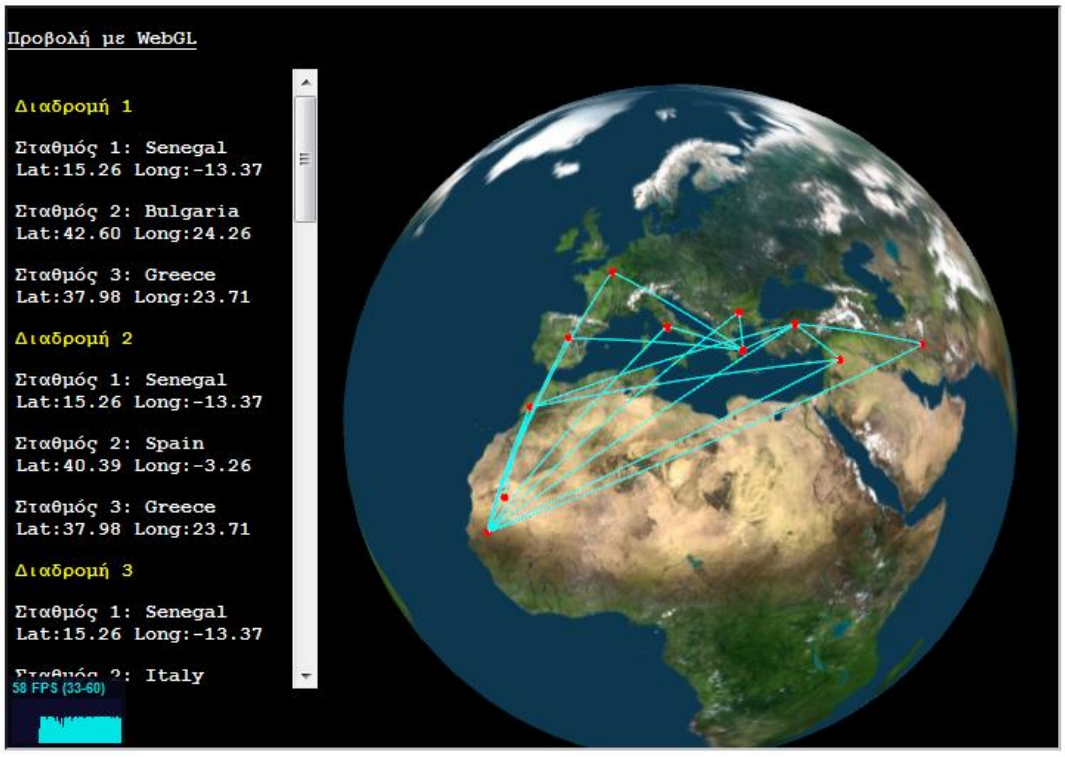


Χάρτης διαδρομών από την Σενεγάλη παραγόμενος στο ArcGis

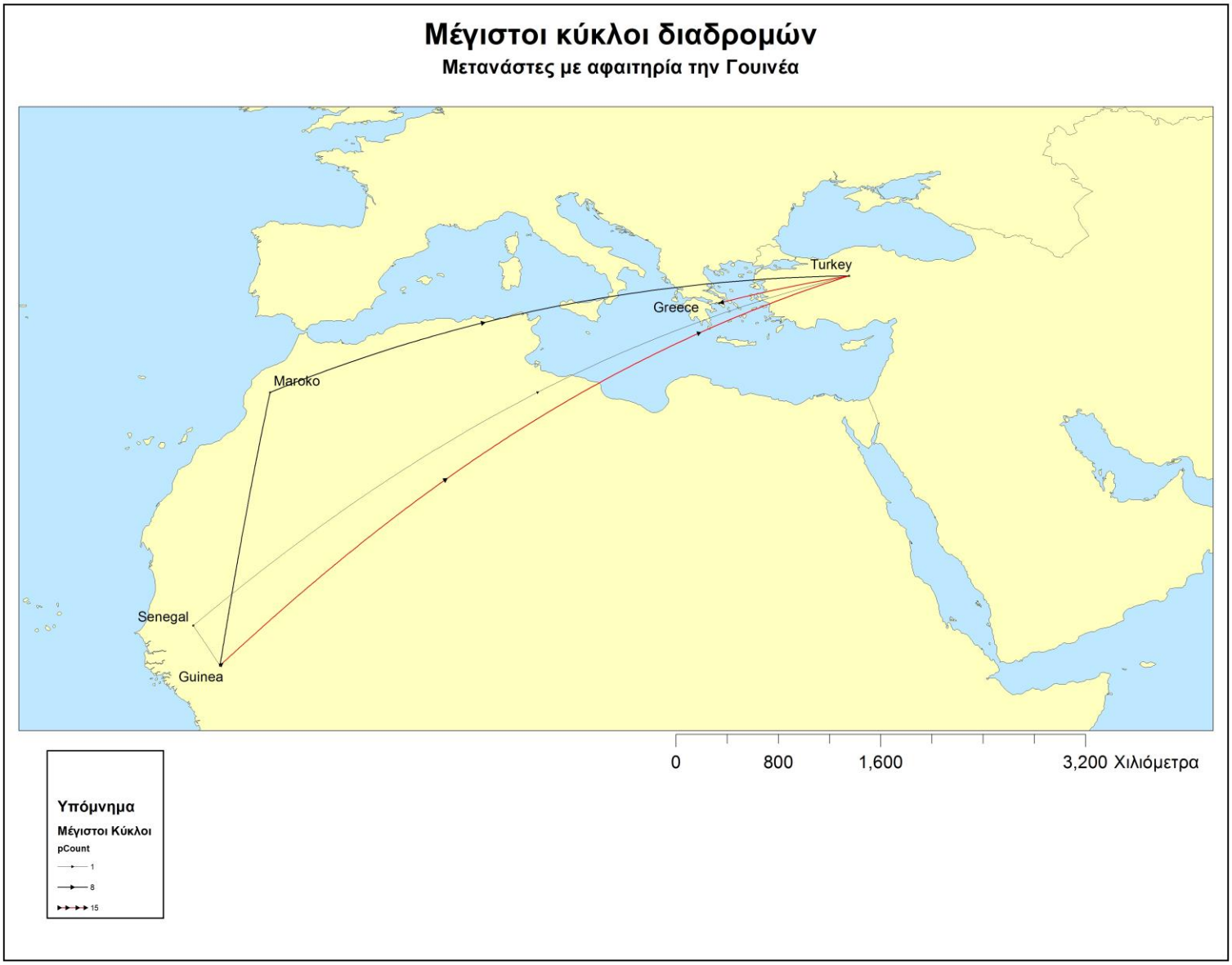


Χάρτης διαδρομών από την Σενεγάλη με την χρήση του Google Api και WebGl



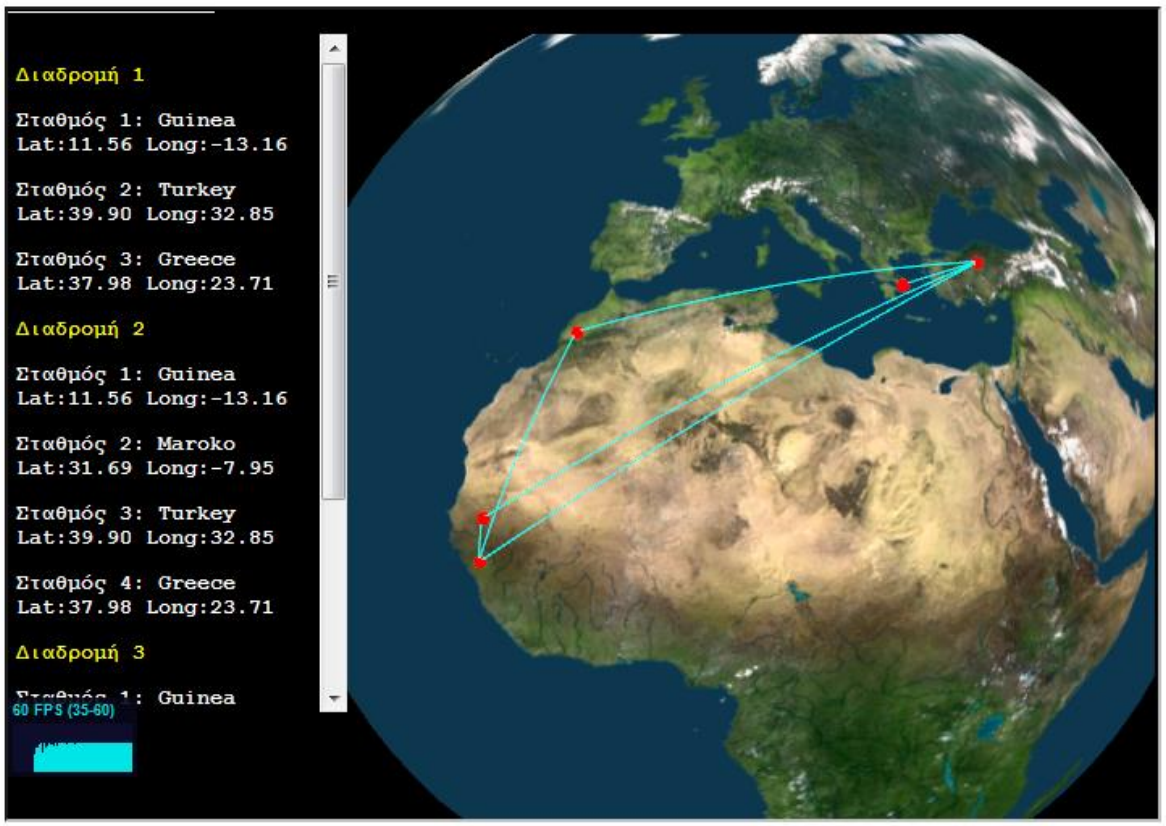


Χάρτης διαδρομών από την Γουινέα παραγόμενος στο ArcGis



Χάρτης διαδρομών από την Σενεγάλη με την χρήση του Google Api και WebGl

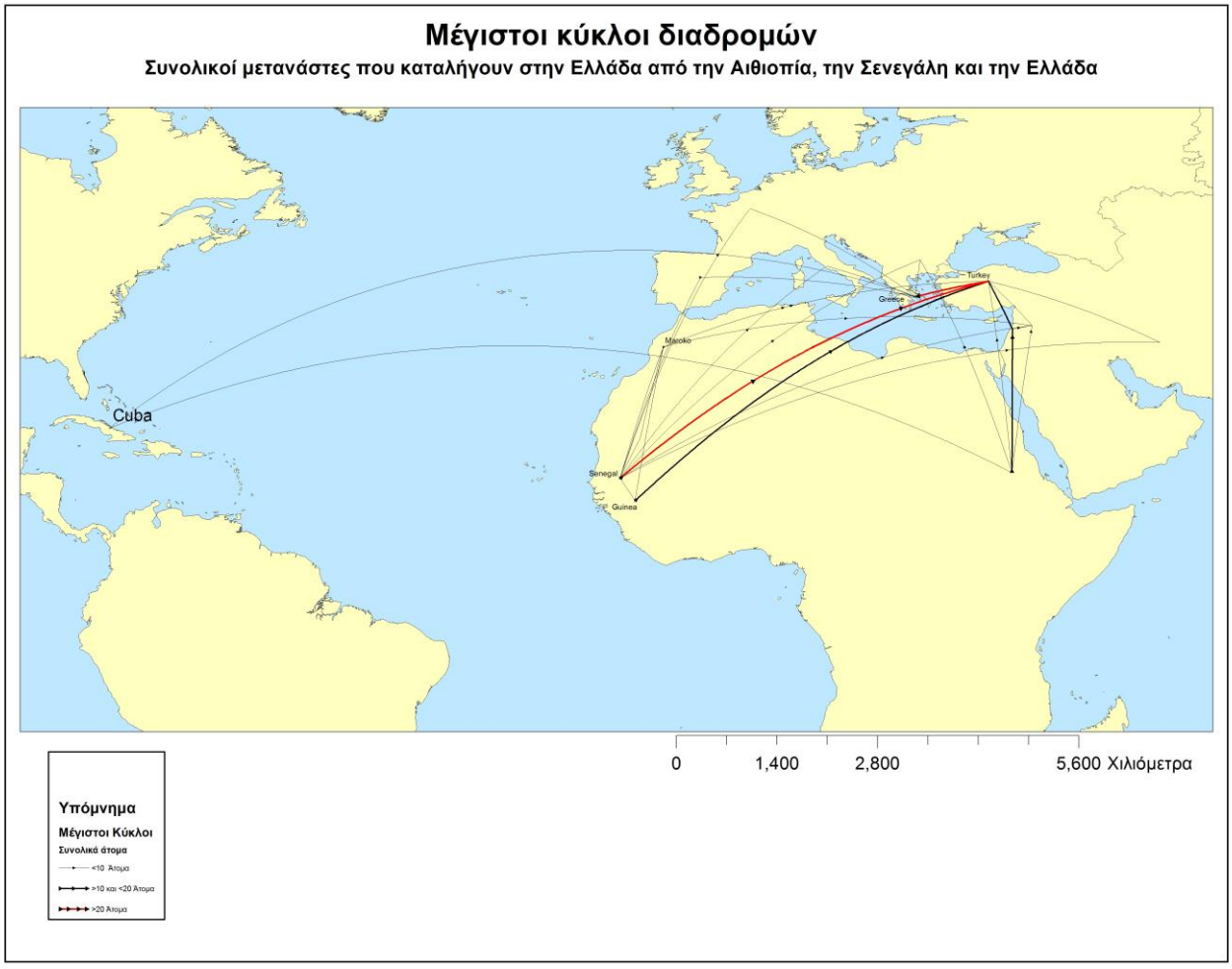




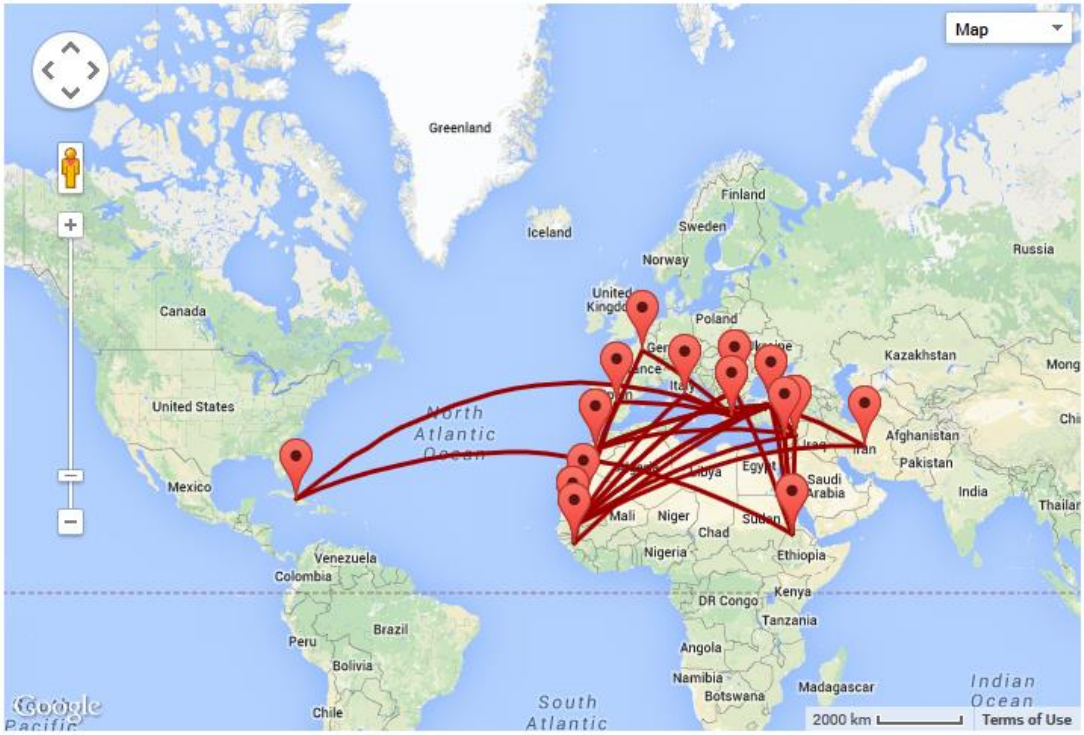
Για μια πιο συνολική εικόνα αυτών των διαδρομών η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να αποτυπώσει και όλες τις διαδρομές ταυτόχρονα ώστε να υπάρχει μια γενική άποψη των αποτελεσμάτων. Η λειτουργία αυτή ενσωματώθηκε με το σκεπτικό ότι πολλοί επιστήμονες ή μελετητές εκτός από μεμονομένες διαδρομές θα θέλουν να αναπαραστήσουν και μια τελική εικόνα των διαδρομών που είναι και πιο εύκολο στην ερμηνεία των χαρτών.

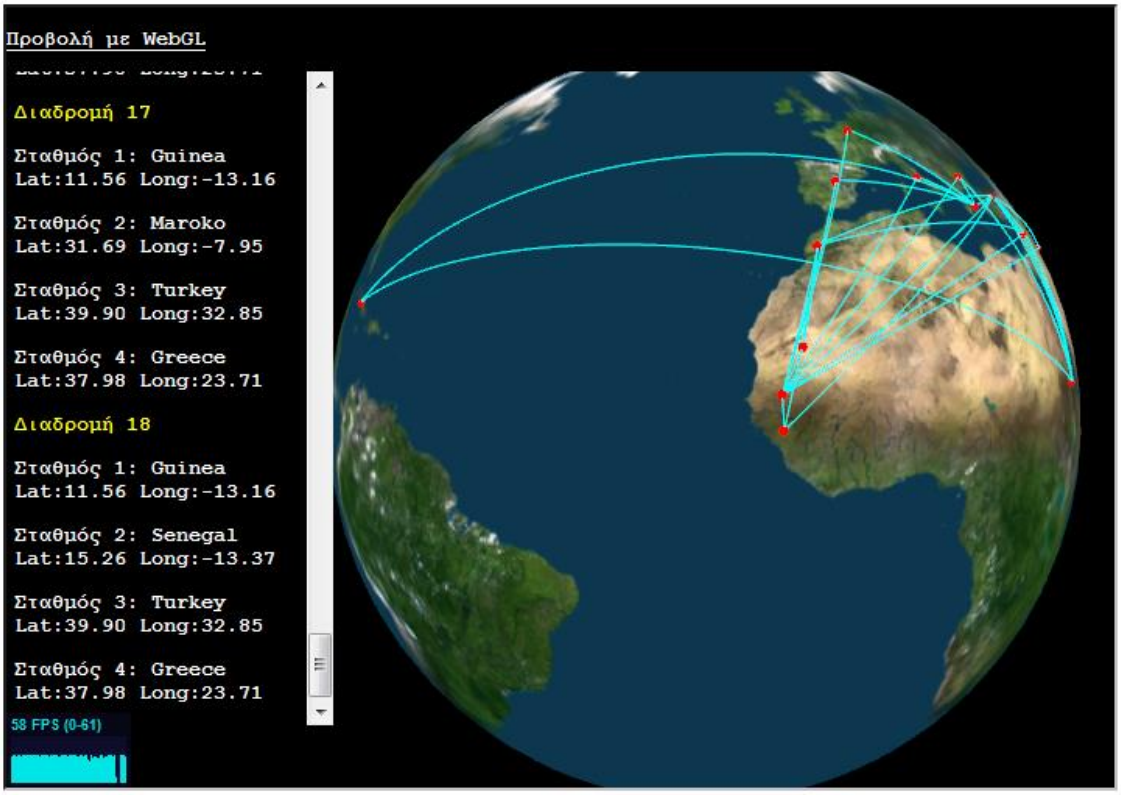
Οι τελικοί χάρτες είναι :

Χάρτης διαδρομών όλου του πίνακα 6.1 στο ArcGis



Χάρτης διαδρομών όλου του πίνακα 6.1 με την χρήση του Google Api και WebGl





Κεφάλαιο 7– Μελλοντικές αναβαθμίσεις εφαρμογής.

7.1 Ανεξαρτητοποίηση των εργαλείων.

Η εφαρμογή αποτελείται από δύο κομμάτια που περιγράφηκαν και παραπάνω. Ένα εργαλείο κατασκευασμένο σε Python για το λογισμικό ArcGis και μια διαδικτυακή εφαρμογή (web application) που μιλάει με μια βάση δεδομένων και αναπαριστά τις διαδρομές. Μελλοντικός στόχος των παραπάνω εργαλείων είναι να ανεξαρτητοποιηθούν μεταξύ τους και να μην χρειάζεται η εκτέλεση και των δύο για να πάρουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Όσο αναφορά το εργαλείο στο ArcGis θα αναβαθμιστεί και θα γίνει ένα επιπρόσθετο στοιχείο (plugin) στο ίδιο το λογισμικό. Τα εργαλεία κατασκευασμένα σε python στο ArcGis έχουν περιορισμούς και δεν είναι δυνατόν να επεκταθούν σε πολύ πολύπλοκες εφαρμογές που θα έχουν την δυνατότητα να εκτελούν μεγάλο όγκο κώδικα και να χειρίζονται πολλές ταυτόχρονες πληροφορίες. Παράλληλα όμως η γλώσσα Python είναι μια πολύ δυνατή γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη πολύπλοκων εφαρμογών.

Για την διαδικτυακή εφαρμογή σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα διαχειριστικό (backend) που μέσω του οποίου θα γίνεται όλη η διαχείριση των ροών που θα εμφανίζονται στους χάρτες της Google. Επίσης υπάρχει και η σκέψη να ανεξαρτητοποιηθεί τελείως και από τους χάρτες που προσφέρει η εταιρεία Google και να κατασκευαστεί ένας server αποκλειστικά για την εφαρμογή με όλη την πληροφορία που χρειάζεται από χάρτες.

7.2 Χρήση γλώσσας ArcPy.

Η εταιρεία ESRI που κατασκευάζει και διανέμει το λογισμικό ArcGis στην καινούργια της έκδοση ArcGis 10 ενσωμάτωσε μια αλλαγμένη γλώσσα python που ονομάζεται ArcPy. Η συγκεκριμένη γλώσσα έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί όλες τις βιβλιοθήκες του λογισμικού κα να τις τροποποιεί ή να τις χειρίζεται ώστε να δημιουργούνται καινούργιες εφαρμογές. Η γλώσσα αυτή έχει πρόσβαση σε εργαλεία

σχεδίασης , χωρικής ανάλυσης και γραφικών που η Python και τα αντικείμενα του arcgis ,που χρησιμοποιούνταν μέχρι την έκδοση 9.3, δεν την είχαν.

Το ArcPy είναι ένα πακέτο λειτουργιών που αντικαθιστά το arcgisscripting. Σκοπός του είναι η δημιουργία μιας σειράς εντολών που θα δώσουν μεγαλύτερη ευχρηστία στην γεωγραφική ανάλυση, μετατροπή και διαχείριση δεδομένων όπως και στον αυτοματισμό δημιουργίας χαρτών μέσα από τη γλώσσα προγραμματισμού Python.

Οι εφαρμογές του ArcGIS που έχουν γραφτεί με τη χρήση του ArcPy διευκολύνονται από τη χρήση πάρα πολλών modules που έχουν γραφτεί σε Python από επαγγελματίες των ΓΣΠ και προγραμματιστές διαφόρων ειδικοτήτων. Η επιπλέον δύναμη που δίνεται με τη χρήση ArcPy, προέρχεται από το γεγονός ότι η Python είναι μια γενική γλώσσα προγραμματισμού που η εκμάθησή της είναι σχετικά εύκολη.

Τα εργαλεία επεξεργασίας (geoprocessing tools) είναι μία σειρά συναρτήσεων που υπάρχουν στο πακέτο ArcPy και μπορεί κανένας να έχει πρόσβαση αντίστοιχη με αυτή που έχει για κάθε είδους συνάρτηση στην γλώσσα Python. Για την αποφυγή συγχύσεων μεταξύ εργαλείων και μη (απλών συναρτήσεων), υπάρχει μια διάκριση μεταξύ αυτών στο πακέτο.

7.3 Αναβάθμιση βάσης δεδομένων.

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται αυτήν την στιγμή είναι μια βάση MYSQL. Την βάση αυτήν την μοιράζονται και η διαδικτυακή εφαρμογή και το εργαλείο στο ArcGIS. Τελικός σκοπός είναι το εργαλείο να μην χρειάζεται να αποθηκεύει στην βάση πληροφορίες και όλη την διαχείριση της να την κάνει το διαχειριστικό της εφαρμογής που θα δημιουργηθεί. Θα αυξηθούν τα πεδία στην βάση και θα δημιουργηθούν επιλογές που ο χρήστης να μπορεί να διαχειρίζεται διαδρομές και να έχει πρόσβαση στην δική του από το σύστημα.

Μια επίσης μελλοντική αναβάθμιση θα είναι να αλλάξει ο τύπος της βάσης δεδομένων και από MYSQL να μεταφερθεί σε PostgreSQL. Η PostgreSQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων ανοικτού κώδικα με πολλές δυνατότητες. Η ανάπτυξη της διαρκεί ήδη πάνω από δύο δεκαετίες και βασίζεται σε μια αποδεδειγμένα καλή

αρχιτεκτονική η οποία έχει δημιουργήσει μια ισχυρή αντίληψη των χρηστών της γύρω από την αξιοπιστία, την ακεραιότητα δεδομένων και την ορθή λειτουργία.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά της PostgreSQL είναι :

- 100% συμβατή με ACID και πλήρη υποστήριξη commit και rollback.
- Online αντίγραφα ασφαλείας: υψηλότερη ασφάλεια και διαθεσιμότητα των δεδομένων.
- Τύποι δεδομένων: numeric, decimal, smallint, integer, bigint, real, double, serial, char, varchar, bit, text, date, time, timestamp, interval, boolean, network address, geometric types και πολλά άλλα.
- Δυνατότητα δημιουργίας νέων τύπων δεδομένων από τους χρήστες.
- Μοντέλο ασφαλείας ομάδας/χρήστη. Η πρόσβαση στο διακομιστή της βάσης δεδομένων μπορεί να περιορίζεται από το χρήστη, κεντρικό υπολογιστή ή μια βάση δεδομένων.
- Το μέγεθος του πίνακα και της βάσης δεδομένων είναι σχεδόν απεριόριστο. Απεριόριστες καταχωρήσεις και ευρετήρια ανα πίνακα.

Το χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει περισσότερο είναι ότι στις βάσεις δεδομένων PostgreSQL υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης γεωμετρικών τύπου δεδομένων. Σε μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί χάρτες και πολλά γεωγραφικά δεδομένα η δυνατότητα αποθήκευσης των γεωμετριών των γεωγραφικών οντοτήτων είναι σημαντική. Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται να δημιουργούνται αρχεία και φάκελοι που θα περιέχουν τις γεωμετρίες. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής ενός ανεξάρτητου server χαρτών αφού θα υπάρχει η κατάλληλη πληροφορία.

7.4 Δυναμική χάρτες Open Layer.

Με τους χάρτες OpenLayers είναι εύκολο να δημιουργηθούν δυναμικοί χάρτες σε οποιαδήποτε ιστοσελίδα. Μπορούν να αναπαραστήσουν χάρτες και σημεία από οποιαδήποτε πηγή δεδομένων. Οι χάρτες έχουν αναπτυχθεί για την χρήση γεωγραφικών πληροφοριών όλων των τύπων. Το OpenLayers είναι ανοιχτού κώδικα, χωρίς χρέωση και γραμμένα σε Javascript.

Στην επερχόμενη έκδοση του συστήματος OpenLayers οι βιβλιοθήκες των αλγορίθμων που είναι υλοποιημένο το σύστημα αναθεωρούνται και τοποθετούνται καινούργιες δυνατότητες όπως:

- Με την χρήση της WebGL το σύστημα υπόσχεται να φέρει 3D δυνατότητες και αυξημένες αποδόσεις. Όλοι οι τελευταίοι φυλλομετρητές χρησιμοποιούν αυτήν την γλώσσα για αναπαραστήσουν 3D περιβάλλοντα.

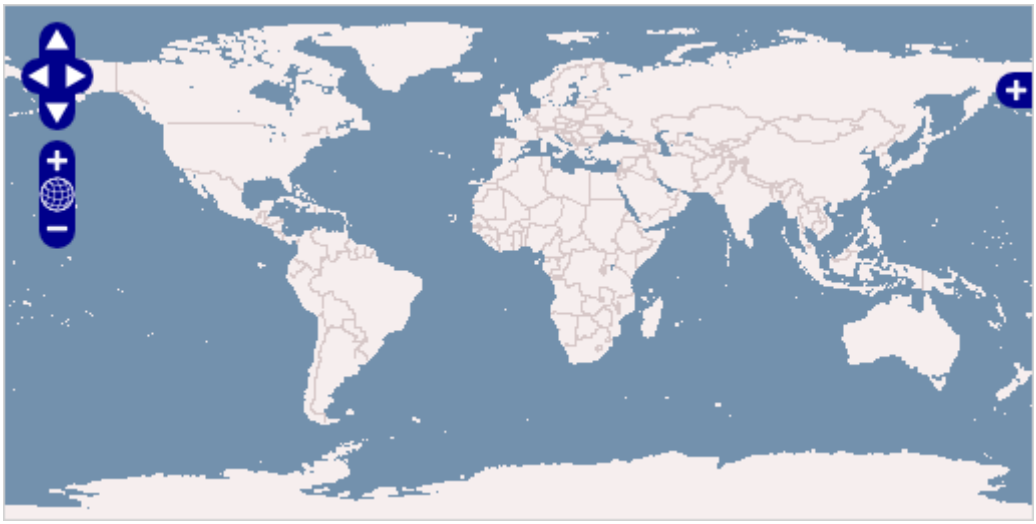
- Θα γίνει προσαρμογή των βιβλιοθηκών Cesium ώστε να υπάρχει η δυνατότητα για να υπάρχει σε 3D μια σφαίρα της γης πλήρως γεωαναφερμένη.

Το σύστημα είναι γραμμένο σε καθαρή javascript για την αναπαράσταση χαρτών χωρίς να υπάρχουν απαιτήσεις από μεριά server. Με την χρήση του Javascript API είναι εύκολο να αναπαρασταθούν γεωγραφικές πληροφορίες και εφαρμογές , παρόμοιες με αυτές των χαρτών της Google, με την δυνατότητα της πλήρης πρόσβασης σε πηγαίο κώδικα.

Επομένως για να μην χρειάζεται το σύστημα να στηρίζεται στην υπηρεσία χαρτών της Google θα χρησιμοποιηθούν οι δυναμικοί χάρτες Open Layer που θα προσφέρουν ακριβώς την ίδια λειτουργικότητα. Οι καμπύλες θα αναπαριστούνται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο μόνο που τα δεδομένα πληροφοριών δεν θα έρχονται από υπηρεσία τρίτου που δεν την παρέχει το σύστημα.

Σχήμα 7.1

Αρχικό περιβάλλον OpenLayers . Τα δεδομένα δεν απαιτούν την χρήση καμιάς τρίτης υπηρεσίας.



Το OpenLayers υποστηρίζει όλες τις προβολές. Υπάρχουν τρείς γενικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην προσαρμογή των γεωγραφικών συντεταγμένων των χαρτών. Υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής των μονάδων. Υποστηρίζουν επίσης server WMS ή WFS για να ενημερωθεί η προβολή ή τα δεδομένα στην προβολή.

Συμπεράσματα

Συμπεράσματα θεωρητικής προσέγγισης

Ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός είναι πιο ευέλικτος για την κατασκευή πολύπλοκων εργαλείων. Τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν στην γλώσσα Python δεν χρειάζονται πολύπλοκες συναρτήσεις και διαδικασίες για να εκτελέσουν λειτουργίες. Στην μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων επομένως έχει παγκοσμίως αναγνωριστεί σαν ένα πολύ δυνατό εργαλείο που μπορεί να λύσει πολλά προβλήματα. Σε συνεργασία με την σφαιρική τριγωνομετρία μπορεί να υπολογίσει πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Η σφαιρική τριγωνομετρία είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό οποιονδήποτε μετρήσεων σε επίπεδο σφαίρας. Οι χαρτογραφικές προβολές παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των γεωγραφικών οντοτήτων. Μέσω συναρτήσεων επομένως που περιγράφουν τις προβολές μπορεί να αναπαρασταθεί οποιαδήποτε πληροφορία. Υπάρχουν πολλών ειδών προβολές που η καθεμία έχει την δική της χρησιμότητα.

Όσο αναφορά τους μέγιστους κύκλους οι πιο χρήσιμες είναι η Αζιμουθιακή ισαπέχουσα και η Γνωμονική προβολή. Μια γνωμονική χαρτογραφική προβολή αναπαριστά όλους τους μέγιστους κύκλους σαν ευθείες γραμμές. Επομένως είναι και πιο εύκολο να υπολογιστούν οι ακριβής αποστάσεις των σημείων. Όλοι οι μέγιστοι κύκλοι έχουν ακριβώς το ίδιο μήκος εκτός από τον ισημερινό που είναι ελάχιστα μεγαλύτερος. Αυτό είναι αποτέλεσμα επειδή η γη δεν είναι σφαίρα αλλά ελλειψοειδείς πεπλατυσμένη στους πόλους. Εκτός από τον ίδιο τον ισημερινό , κάθε μέγιστος κύκλος τον διασχίζει σε δύο αντιδιαμετρικές περιοχές με διαφορά 180^{o}.

Η πιο διάσημη χρήση των μέγιστων κύκλων στην γεωγραφία είναι για την πλοήγηση επειδή αναπαριστούν την μικρότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων στην σφαίρα. Με αυτόν τον τρόπο οι μεταφορές σε μεγάλες αποστάσεις γίνονται συντομότερες και το κόστος μειώνεται. Επομένως η κοντινότερη διαδρομή μεταξύ

δύο σημείων στην σφαίρα, επίσης γνωστή και ως ορθοδρομική, είναι ένα τμήμα ενός μέγιστου κύκλου και χρησιμοποιείται συνέχεια από εφαρμογές πλοήγησης.

Συμπεράσματα υλοποίησης και σύγκρισης με την θεωρία

Το πλεονέκτημα των χαρτών ροών είναι ότι μειώνουν την εικονική αταξία των ροών με την ένωση ευθύγραμμων τμημάτων. Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάγκης επίλυσης ή παρατήρησης πολύπλοκων προβλημάτων και φαινομένων οι χάρτες ροών είναι ένα σημαντικό εργαλείο στην κατανόηση τους. Υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστούν διαδρομές μέσω του εργαλείου που δημιουργήθηκε όπου θα αναπαριστούν έναν μέγιστο κύκλο.

Ο αλγόριθμος δημιουργεί αντικείμενα για τις διαδρομές και τα σημεία αφετηρίας και προορισμού. Η πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του είναι το ArcGis της εταιρείας ESR. Τα arcobjects που χρησιμοποιούνται είναι ένα API (application programming interface) το οποίο δίνει πρόσβαση στους προγραμματιστές στις λειτουργίες του λογισμικού.

Οι μεταβλητές στον συγκεκριμένο αλγόριθμο είναι πολύπλοκες δομές δεδομένων όπως τα θεματικά επίπεδα (shapefiles). Για αυτόν λόγο χρησιμοποιήθηκε και ένα υπάρχον λογισμικό σαν βάση ώστε να μην χρειάζεται η υλοποίηση κάποιων κομματιών να γίνει από την αρχή. Χρησιμοποιεί κυρίως δύο προβολές όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει. Με τον τρόπο που χειρίζεται τα δεδομένα ο αλγόριθμος και οι δύο προβολές παράγουν το ίδιο αποτέλεσμα.

Οι διαδρομές που θα δημιουργηθούν από το εργαλείο χρειάζονται για να προβληθούν το λογισμικό ArcGIS. Το κόστος απόκτησης άδειας για να χρησιμοποιηθεί είναι αρκετά δαπανηρό για αυτό τον λόγο χρησιμοποιήθηκε και μια διαφορετική προσέγγιση στην κατασκευή χαρτών μέγιστων κύκλων. Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων MYSQL που αποτελείται από τρείς πίνακες. Ο συνδυασμός των πινάκων χρησιμοποιείται για την κατασκευή των διαδρομών και την αναπαράσταση τους σε δυναμικούς χάρτες.

Η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία σελίδων web με δυναμικό περιεχόμενο. Είναι server side γλώσσα και ο απλός χρήστης της εφαρμογής δεν γνωρίζει πως είναι ο αλγόριθμος ή τι εντολές εκτελούνται για να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα. Παράλληλα το API της google όσο αναφορά τους χάρτες δίνει στην δυνατότητα στον προγραμματιστή μέσω της γλώσσας scripting javascript να φορτώσει και να διαχειριστεί όλα τα συμβάντα(events) που μπορούν να εφαρμοστούν στον χάρτη google. Τέλος η WebGL είναι μια διεπαφή λογισμικού για την πρόσβαση σε υλικό γραφικών μέσα από ένα web browser, χωρίς την εγκατάσταση επιπλέον plug-ins. Σε συνεργασία με την γλώσσα PHP δημιουργεί 3D δυναμικά γραφικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Arhur H.Robinson,JoelL. Morrison ,Phillip C. Muehrcke, Kimerling A.Jon, Stephen C. Guptill, Στοιχεία χαρτογραφίας , μτφρ (Τάσος Τσιαντούλας) , Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π, 2002

- Μαρία Κ. Βίρβου, Αντικειμενοστραφής Τεχνολογία Λογισμικού, Varmar Publications, 2010

- Μπαντέλας Α. Γ., Σαββαϊδης, Υφαντής Ι..Μ , Δούκας Ι.Δ.,Γεωδαιτικά Όργανα και Μέθοδοι Μετρήσης και Υπολογισμών , εκδ. Αδελφοί Κυριακήδη α.ε, 2004

- Χαλκιάς Ν. Χρίστος, ,Όροι Έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών , εκδ. Ίων, 2006

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Alex Martelli, Python Cookbook, O'Reilly Media Inc, 2005 2nd edition

- Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armée Française dans la campagne de Russie 1812–1813. (Paris: Regnier et Dourdet, 1869).

- Cox, B., Object – Oriented Programming :An Evolutionary Approach, Reading , MA: Addison –Wesley, 1986

- Coxeter, H. S. M. Introduction to Geometry, New York: Wiley , 2nd ed., 1969

- Edward R. Tufte. The Visual Display of Quantitative Information GraphicsPress. Chesire, Conneticut, 2001

- G. Booch, R. A. Maksimchuk, M.W. Engle, B. J. Young, J. Conallen, K. A. Houston, Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition), Addison-Wesley, 2007

- Jackson, R.W, Object-oriented modeling in regional sciene : an advocacy view, Papers in Regional Science, 73(4), 1-21, 1994

- Map Projection Transformation: Principles and Applications by Qihe Yang, John Snyder and Waldo Tobler (Dec 18, 1999),Taylor and Francis 2000

- National Geographic Student Atlas of the World Third Edition (National Geographic Student Atlas of the World),

- Novak J.D., D.B. Gowin, Learning how to learn Cambridge University Press, 1984

- Object-Oriented Design for Temporal GIS (Research Monographs in GIS), Taylor &Francis, 1999

- Parnas, D, Information distribution aspects of design methodology, IFIP Congress Proceedings, Ljubljana , Yugoslavia, 1971

- Python based GIS tools for landscape genetics: visualising genetic relatedness and measuring landscape connectivity, Thomas R. Etherington , The Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, UK

- Robert L. Harris. Information Graphics. Oxford University Press US, 1999

- Rojas –Vega, E. και Kemp , Z, Object-orientation and spatial data modeling: a formal approach , Poster Session at the UKRGIS'94 Conference, 1994

- Ryan Munchausen, Intro to Cartography, Yearbook of Immigration Statistics, US Office of Immigration Statistics, Data Source: 2007 (2008)

- Snyder, John P.. Map Projections - A Working Manual. U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. United States Government Printing Office, Washington, D.C., 1987

- Tufte, Edward R. The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire, CT: Graphics Press, 1983.

Αναφορές από δικτυακούς τόπους

- Python Programming Language – Official Website. Προσπελάστηκε στις 8 Νοεμβρίου 2013, στο http://www.python.org

- Wolfram MathWorld. Προσπελάστηκε στις 8 Νοεμβρίου 2013 ,στο http://mathworld.wolfram.com

- ArcGis Resources Προσπελάστηκε στις 5 Οκτώβριος 2013 http://resources.esri.com/

- USGS Publications Warehouse Προσπελάστηκε στις 28 Μαρτίου 2013 στο http://egsc.usgs.gov (στις 28/5/2013)

- RADICAL CARTOGRAPHY, Προσπελάστηκε στις 10 Ιανουαρίου 2013 στο http://www.radicalcartography.net/

- Royal Berkshire History, Προσπελάστηκε στις 20 Ιανουαρίου 2013 στο www.berkshirehistory.com

- Homeland Security , Yearbook of Immigration Statistics Προσπελάστηκε στις 8 Φεβρουαρίου 2014 στο https://www.dhs.gov/yearbook-immigration-statistics

- Small Arms Survey, Προσπελάστηκε στις 8 Φεβρουαρίου 2014 στο http://www.smallarmssurvey.org/

- Small Arms and Ammunition, Προσπελάστηκε στις 7 Ιανουαρίου 2014 στο http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/

- Διερεύνηση των Δυνατοτήτων και των προοπτικών ένταξης των Αφρικανών μεταναστών στην Ελληνική κοινωνία υποδοχής, Προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου στο http://www.africamigrants.gr/

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

API: διεπαφή εφαρμογής. Ένα σύστημα κανόνων και εντολών το οποίο προσφέρει πρόσβαση σε λειτουργίες μιας τρίτης εφαρμογής η οποία μπορεί να επιστρέψει αποτελέσματα.

algorithm: αλγόριθμος. Σύνολο κανόνων για την επίλυση ενός σύνθετου προβλήματος, συνήθως με την αλληλουχία κωδικοποιημένων εντολών υπολογιστή.

azimuth: αζιμούθιο. Η γωνία (σε μοίρες) μεταξύ μιας σταθερής διεύθυνσης από ένα κεντρικό σημείο και μιας άλλης γραμμής η οποία άγεται από αυτό το σημείο. Συνήθως η σταθερή διεύθυνση είναι αυτή του Βορρά και η γωνία μετριέται κατά τη φορά του ρολογιού. Ο όρος χρησιμοποιείται και για μέτρηση γωνιών μεταξύ σημείου της γης και σημείου πάνω στην ουράνια σφαίρα.

breakpoints: σημεία διακοπής. Σημεία διακοπής για τον αλγόριθμο ώστε να γίνεται πιο εύκολη κατανόηση των λαθών και της εκτέλεσης του κώδικα.

Cartography: Χαρτογραφία.Η επιστήμη που πραγματεύεται την δημιουργία χαρτών. Αποτελεί το επιστημονικό , τεχνολογικό και αισθητικό πλαίσιο που στοχεύει στη σύλληψη , παραγωγή , διάθεση και χρήση κάθε είδους χαρτών.

GIS - Geographical Information System : Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (ΓΠΣ) ή Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), ή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Σύνολο υλικού , λογισμικού, και διαδικασιών το οποίο με την κατάλληλη χρήση υποστηρίζει τη συλλογή , διαχείριση , ανάλυση , μοντελοποίηση και παρουσίαση δεδομένων με χωρική αναφορά. Αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο υποστήριξης λήψεων αποφάσεων στην επίλυση ποικίλων προβλημάτων διαχείρισης και σχεδιασμού. Στις μέρες μας αναφέρετε και ως Geographical Information Science (Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών-ΕΓΠ).

Class:κλάση : Έννοια αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού για την περιγραφή οντοτήτων.

Client: πελάτης. Υπολογιστής που συνδέεται με έναν ή περισσότερους υπολογιστές και αντλεί πληροφορίες ή αρχεία.

computer graphics: γραφικά υπολογιστή. Γενικός όρος που περιλαμβάνει τις λειτουργίες ενός υπολογιστή που σχετίζονται με ψηφιακά γραφικά.

Constructor: κατασκευαστής. Η λειτουργία εκείνη η οποία κατασκευάζει και αρχικοποιεί τα αντικείμενα ή τις κλάσεις.

Flow Maps:χάρτες ροών. Χάρτες που αναπαριστούν μετακινήσεις άυλων ή υλικών αντικειμένων πάνω στην γήινη σφαίρα.

Implementation: υλοποίηση. Διαδικασία κατασκευής αλγορίθμου και όλων των επιμέρους εργασιών.

Instances : στιγμιότυπα. Ένα στιγμιότυπο αντικειμένου στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Κάθε στιγμιότυπο αποτελεί ένα ανεξάρτητο αντικείμενο το οποίο μπορεί να έχει διαφορετικές τιμές από ένα παρόμοιο στιγμιότυπο.

Interface: διεπαφή. Η διεπαφή είναι ο τρόπος που συνδέονται τα αντικείμενα με τον υπόλοιπο αλγόριθμο.

Map projections: χαρτογραφικές προβολές: Διαφορετικοί τρόποι για την απεικόνιση της γήινης επιφάνειας στο επίπεδο.

module: δομικό στοιχείο. Διακριτό κομμάτι υλικού ή λογισμικού σε ένα σύστημα, το οποίο μπορεί να συνενωθεί με άλλα.

object: αντικείμενο. Ψηφιακή αναπαράσταση μιας διακριτής χωρικής οντότητας. Ένα αντικείμενο μπορεί να ανήκει σε μια κλάση αντικειμένων (object class) και έτσι να έχει κοινά χαρακτηριστικά με άλλα αντικείμενα. Στο πλαίσιο ενός αντικειμενοστραφούς συστήματος ένα αντικείμενο αντιστοιχεί σε μια οντότητα με περιγραφές δεδομένων και συμπεριφοράς.

Operations: λειτουργίες. Οι λειτουργίες των αντικειμένων που καθορίζουν και το τελικό αποτέλεσμα το οποίο παράγεται.

Reusability: επαναχρησιμοποιησιμότητα. Ιδιότητα των αντικειμένων που τα καθιστά ικανά να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές και με διαφορετικές μεταβλητές μέσα στον αλγόριθμο.

server: εξυπηρετητής. Ένας υπολογίστης σε απομακρυσμένη ή κοντινή απόσταση που σκοπός του είναι να μοιράζει πληροφορίες ή αρχεία σε άλλους υπολογιστές που λειτουργούν και ως clients.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. **Τα δύο αντικείμενα που χρησιμοποιούνται από τον αλγόριθμο**

Αντικείμενο cRoute

```
class cRoute:
    counter = 1
    route = ""
    cityList =[]

    def __init__(self, arr=None):
        if arr is None:
            self.cityList = []
        else:
            self.cityList = arr

    def fix(self):
        s = self.route
        my_splitter = shlex.shlex(s, posix=True)
        my_splitter.whitespace += ','
        my_splitter.whitespace_split = True
        for city in my_splitter:
            i = findInList(city)
            if i != -1:
                self.cityList.append(i)
        return 1

    def compare(self,aRoute):
        if self.route == aRoute.route:
            return 1
        else:
            return 0
```

```
    def printRoute(self):
        for i in range (len(self.cityList)):
            Locations[self.cityList[i]].printCity()

        return 1
    def exportRoute(self):
        for i in range (len(self.cityList)):
            self.addPoint(Locations[self.cityList[i]].city,
Locations[self.cityList[i]].x, Locations[self.cityList[i]].y)
            self.addtoDB (Locations[self.cityList[i]].city,str(i))
    def greatcircle(self):
        for i in range (len(self.cityList)-1):
            xstart=Locations[self.cityList[i]].x
            xend=Locations[self.cityList[i+1]].x
            ystart =Locations[self.cityList[i]].y
            yend=Locations[self.cityList[i+1]].y
            if selecProject:

self.addline(self.counter,self.route,xstart,ystart,Locations[self.cityList[i]].city,Loc
ations[self.cityList[i+1]].city)
            else:

self.addlineGnom(self.counter,self.route,Locations[self.cityList[i]].city,Locations[
self.cityList[i+1]].city)


    def addPoint(self, routeName, x,y):
        cur = gp.InsertCursor('test.shp')
        row = cur.NewRow()
        pnt = gp.CreateObject('Point')
```

```
        pnt.x = x
        pnt.y = y
        row.shape = pnt
        row.sort = routeName
        cur.InsertRow(row)
        del cur,row

def addline(self,pcount,route,x1,y1,city1,city2):
        xstart,ystart,xend,yend = createProj(x1,y1,city1,city2)
        cur = gp.InsertCursor('greatcircle_step'+str(countshp)+'.shp')
        row = cur.NewRow()
        LineArray = gp.CreateObject('Array')
        pnt = gp.CreateObject ('Point')
        pnt.x = xstart
        pnt.y = ystart
        LineArray.add(pnt)
        pnt.x = xend
        pnt.y = yend
        LineArray.add(pnt)
        row.shape = LineArray
        row.pCount = pcount
        row.route =route
        cur.InsertRow(row)
        del row, cur

def addlineGnom(self,pcount,route,city1,city2):
        xstart,ystart,xend,yend = createGnom(city1,city2)
        cur = gp.InsertCursor('greatcircle_step1.shp')
        row = cur.NewRow()
        LineArray = gp.CreateObject('Array')
        pnt = gp.CreateObject ('Point')
```

```
            pnt.x = xstart
            pnt.y = ystart
            LineArray.add(pnt)
            pnt.x = xend
            pnt.y = yend
            LineArray.add(pnt)
            row.shape = LineArray
            row.pCount = pcount
            row.route =route
            cur.InsertRow(row)
            del row, cur

        def addtoDB(self,city1,order):
            last_route = lastid()
            city1 = findCity(city1)
            cur = con.cursor()
            sql = """INSERT INTO routes_to_country(route_id,country_id,`order`)
          VALUES ("""+str(last_route[0])+""","""+city1+""","""+order+""")"""
            cur.execute(sql)
```

Αντικείμενο cCoords

```
class cCoords:
    """class representing a location"""
    i = 0
    x = 0.0
    y = 0.0
    city = ""
    def printCity(self):
        print self.city, self.x, self.y
        return 1
```

2. Κώδικας Ajax με jquery request

```
$('#ortho-dist .toggle-map a').click( function() {
    if (!maps.orthoDist.map) {
      var mapCanvas = document.getElementById("map-ortho-dist-canvas");
      maps.orthoDist.map = new google.maps.Map(mapCanvas, mapOptions);
    }
    $('#ortho-dist .toggle-map').toggle();
    $('#ortho-dist .map').fadeIn();
        $("#results").html('');
    orthoDistMap();
  });
      $(".routes").change(function(){

  if (!maps.orthoDist.map) {
      var mapCanvas = document.getElementById("map-ortho-dist-canvas");
      maps.orthoDist.map = new google.maps.Map(mapCanvas, mapOptions);
    }
        $.ajax({
        type: 'GET',
        url: 'index.php',
        data: 'route='+ $(".routes").val(),
        cache: false,
        success: function(response){
                $('#results').html(response);
                $('#ortho-dist .map').fadeIn();
                $('#3droute').attr('src','globe.php?routes='+$(".routes").val());
                $('#3d-globe').show();
                orthoDistMap2();
        }
      });
```

```
 });
 var count_national = 0 ;
 $( "#search_but" ).click(function(event) {
                if (count_national >0 )
                {
                        clearOverlays();
                }
                if (!maps.orthoDist.map)
                {
                        var  mapCanvas  =  document.getElementById("map-ortho-dist-
canvas");
                        maps.orthoDist.map  =  new  google.maps.Map(mapCanvas,
mapOptions);
                }
                $.ajax({
          type: 'GET',
          url: 'index.php',
          data: 'national='+$('#national').val(),
          cache: false,
          success: function(response){
                        $('#results').html(response);
                        $('#ortho-dist .map').fadeIn();

       $('#3droute').attr('src','globe.php?national='+$('#national').val());
                        $('#3d-globe').show();
                        orthoDistMap2();
                        count_national++;
          }
       });
```

3. **Κώδικας PHP και Mysql αφού έχει καλεστεί το AJAX κομμάτι**

```
if ($_GET['route'] >0)
        {
         echo '<table width="265" class="inputs">';
         $sql = "select title,lat,`long`,`order` from  routes_to_country,country where
route_id = ".$_GET['route']." and country_id = id order by `order` asc";
         $result = mysql_query($sql);
         $i=0;
         while ($row = mysql_fetch_array($result,MYSQL_ASSOC))
         {

         echo '
         <tr id="'.$row['order'].'">
           <td width="51"> '.$row['title'].'</td>
           <td width="169">
                 <input type="text" name="lat1" class="lat1" value="'.$row['lat'].'">,
                 <input            type="text"            name="lon1"            class="lon1"
value="'.$row['long'].'">
           </td>
         </tr>';
         $i++;
         }
         echo '</table>';
         echo '<input type="hidden" id="count" value="'.$i.'">';
        }
        if ($_GET['route']  == 0)
        {
         $sql_routes = "select id from routes";
         $result_routes = mysql_query($sql_routes);
         $k=0;
         while ($row_results = mysql_fetch_array($result_routes ,MYSQL_ASSOC))
```

```
        {
        echo '<table width="265" class="inputs" id="table'.$k.'">';
        $sql = "select title,lat,`long`,`order` from  routes_to_country,country where route_id = ".$row_results['id']." and country_id = id order by `order` asc";
        $result = mysql_query($sql);
        $i=0;
                while ($row = mysql_fetch_array($result,MYSQL_ASSOC))
                {
                echo '
                <tr id="'.$row['order'].'">
                  <td width="51"> '.$row['title'].'</td>
                  <td width="169">
                        <input type="text" name="lat1" class="lat1" value="'.$row['lat'].'">,
                        <input type="text" name="lon1" class="lon1" value="'.$row['long'].'">
                  </td>
                </tr>';
                $i++;
                }
        echo '<input type="hidden" id="count" value="'.$i.'">';
        echo '</table>';
        $k++;
        }
        echo '<input type="hidden" id="count_tables" value="'.$k.'">';
       }
}
else if (isset($_GET['national']))
{
       $sql_routes = "select id from routes where title like '".$_GET['national']."%'";
        $result_routes = mysql_query($sql_routes);
```

```
	$k=0;
	while ($row_results = mysql_fetch_array($result_routes ,MYSQL_ASSOC))
	{
	echo '<table width="265" class="inputs" id="table'.$k.'">';
	$sql = "select title,lat,`long`,`order` from  routes_to_country,country where route_id = ".$row_results['id']." and country_id = id order by `order` asc";
	$result = mysql_query($sql);
	$i=0;
		while ($row = mysql_fetch_array($result,MYSQL_ASSOC))
		{
		echo '
		<tr id="'.$row['order'].'">
		  <td width="51"> '.$row['title'].'</td>
		  <td width="169">
			<input type="text" name="lat1" class="lat1" value="'.$row['lat'].'">,
			<input type="text" name="lon1" class="lon1" value="'.$row['long'].'">
		  </td>
		</tr>';
		$i++;
		}
	echo '<input type="hidden" id="count" value="'.$i.'">';
	echo '</table>';
	$k++;
	}
	echo '<input type="hidden" id="count_tables" value="'.$k.'">';
}
```