



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καινοτόμος Τεχνική Χωρικής Διαίρεσης Χαρτών Πόλεων
και Αναπαράσταση Χωρικών Δεδομένων σε αυτούς

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ

ΚΑΛΑΒΡΟΥΖΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΜ: 864

e-mail: kalavrouzi@ceid.upatras.gr

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΑΡΟΦΑΛΑΚΗΣ Ι.

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ

ΠΑΤΡΑ, 2013

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο.....	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Η έννοια του Συστήματος και του Πληροφοριακού Συστήματος.....	4
1.3 Συνιστώσες Πληροφοριακών Συστημάτων	5
1.4 Ιστορία των Γ.Π.Σ.	8
1.5 Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα.....	8
1.6 Βασικές έννοιες των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	11
1.6.1 Ορισμοί.....	11
1.6.2 Μέρη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος	12
1.6.3 Δεδομένα σε ένα Γ.Π.Σ.	13
1.6.4 Πλαίσιο Εφαρμογής	13
1.7 Εφαρμογές των Γ.Π.Σ.....	16
1.8 Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση.....	19
1.9 Χωρικός Τρόπος Σκέψης - Spatial Thinking	20
Κεφάλαιο 2°	22
2.1 Κοινωνικά Δεδομένα - Social Data	22
2.2 Χωρικά Δεδομένα - Geospatial Data	22
2.3 Χαρτογραφικές Μέθοδοι Οπτικοποίησης.....	23
2.4 Παραδοσιακοί Θεματικοί Χάρτες.....	25
2.4.1 Χάρτες Πυκνότητας Κουκκίδων - Dot Density Maps	25
2.4.2 Χάρτες Αναλογικών Συμβόλων - Proportional Symbol Maps	26
2.4.3 Χωροπληθείς Χάρτες - Choropleth Maps.....	29
2.4.4 Ισοπληθείς Χάρτες - Isopleth Maps.....	30
2.4.5 Χάρτες «Περλαίμιου» - Necklace Maps	32
2.4.6 Χάρτες Θερμότητας - Heat Maps	33
2.5 Διαφοροποίηση του τύπου δεδομένων.....	34
Κεφάλαιο 3°	38
3.1 Εργαλεία ανάπτυξης αλγορίθμου	39
3.1.1 Leaflet.js	39
3.1.2 OpenStreetMaps	39
3.1.3 Overpass API.....	40
3.2 Υλοποίηση	46
Κεφάλαιο 4°	69

4.1 Χρήση της Τεχνικής Χωροπληθών Χαρτών	69
4.1.1 Επιλογή Περιοχών	69
4.1.2 Επιλογή ενός δείκτη (μέτρησης)	70
4.1.3 Αριθμός Κατηγοριών	70
4.1.4 Επιλογή υποδιαίρεσεων στις κατηγορίες	71
4.1.5 Επιλογή των κατάλληλων τόνων	71
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	72
4.3 Ευχρηστία και Κατανόηση Θεματικών Χαρτών	78
4.4 Δυσκολίες - μη επιθυμητά αποτελέσματα	80
4.5 Μελλοντική Εργασία	81
Συμπεράσματα	82
Αναφορές - Βιβλιογραφία	84
Ηλεκτρονικές Αναφορές	86

Κεφάλαιο 1ο

1.1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας, αποτελεί η κατανόηση και η μελέτη των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΠΣ), και εν συνεχεία η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ΓΠΣ.

Πιο συγκεκριμένα, έχοντας μια σαφή εικόνα των χαρακτηριστικών των ΓΠΣ, προχωρούμε στον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας εφαρμογής, που ως στόχο έχει την τμηματοποίηση και τον διαχωρισμό του χάρτη μιας δοθείσας περιοχής αστικού περιβάλλοντος, σε άλλες μικρότερες περιοχές. Ο διαχωρισμός αυτός δεν ακολουθεί μια αυθαίρετη λογική κατάτμησης, αλλά βασίζεται στον διαχωρισμό σε πολεοδομικά τετράγωνα, δημιουργώντας έτσι μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος.

Στο παρελθόν έχουν υλοποιηθεί αρκετές τεχνικές αναπαράστασης της χωρικής πληροφορίας πάνω στον χάρτη, όπως οι Heat Maps, οι Dot Density Maps, οι Proportional Symbol Maps, κ.ά. Ωστόσο, αν και σε πολλές περιπτώσεις είναι αρκετά αποδοτικές αυτές οι τεχνικές, συνήθως είναι δυσνόητες και ασαφείς ως προς την κατανόησή τους από μη-ειδικούς χρήστες. Στην εργασία αυτή, σε κάθε νέα περιοχή ενδιαφέροντος (πολεοδομικά τετράγωνα), προσδίδεται ένας χρωματισμός, ανάλογα με τα δεδομένα που εξάγουμε από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, μια τεχνική όπου είναι εύληπτη και κατανοητή από τον άνθρωπο, και μπορεί μέσω αυτής να εξάγει εύκολα συμπεράσματα.

Η ραγδαία ανάπτυξη της Πληροφορικής στις μέρες μας, έχει σαν αποτέλεσμα, μεταξύ άλλων τη δημιουργία και εξάπλωση νέων επιστημονικών κλάδων. Η επιστήμη των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, και της γεωπληροφορικής κατ' επέκταση, είναι ένας κλάδος, ο οποίος παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη τόσο στον παγκόσμιο όσο και στον ελληνικό χώρο.

Έτσι, στα πλαίσια ενός συνεχώς ανταγωνιστικού περιβάλλοντος, έγινε επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας πληροφοριακών συστημάτων τα οποία διαθέτουν «ευφυΐα» και μπορούν να κατευθύνουν και να βοηθήσουν την διαδικασία λήψης των όποιων αποφάσεων.

Γενικά, ως σύστημα μπορεί να οριστεί μια σειρά από αλληλοσχετιζόμενα στοιχεία τα οποία εκτελούν κάποια εργασία. Πληροφοριακό Σύστημα θεωρείται ένα σύνολο από ανθρώπους, μηχανές, και διάφορα άλλα μέσα όλα οργανωμένα έτσι ώστε να επιτελούνται κάποιοι σκοποί. Μια ειδική κατηγορία τέτοιων συστημάτων είναι τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Γ.Π.Σ.). Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης και ανάλυσης πληροφορίας, βασιζόμενο σε υπολογιστικά μέσα, που έχει σχέση με φαινόμενα που εξελίσσονται και ενδιαφέρουν από γεωγραφικής άποψης.

Στο σημείο αυτό, είναι αναγκαίο να αποσαφηνίσουμε τις έννοιες των Πληροφοριακών Συστημάτων με τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, και να επικεντρωθούμε στα χαρακτηριστικά των Γ.Π.Σ.

1.2 Η έννοια του Συστήματος και του Πληροφοριακού Συστήματος

Με τον όρο σύστημα εννοούμε ένα σύνολο στοιχείων, διαρθρωμένων με κάποια συγκεκριμένη οργανωτική δομή που επιτελεί ή αναπτύσσει μία σειρά δραστηριοτήτων και επιδιώκει την επίτευξη ενός προκαθορισμένου στόχου. Κάθε σύστημα επικοινωνεί με το περιβάλλον του δεχόμενο εισροές από αυτό, τις οποίες μετασχηματίζει στο εσωτερικό του και παρέχει με τη σειρά του τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού αυτού, στο περιβάλλον. Το σύνολο των εισροών στο σύστημα, αναφέρεται με τον όρο είσοδος - input. Αντίστοιχα, το σύνολο των εκροών από το σύστημα αναφέρεται με τον όρο έξοδος - output (wikipedia). Εκτός από την τυποποιημένη διαδικασία εισόδου, επεξεργασίας, εξόδου, ένα σύστημα, στο βαθμό που αποτελεί μέρος του ευρύτερου συστήματος, δέχεται άτυπες, και μη προκαθορισμένες εισροές από το περιβάλλον του. Η διαδικασία του μετασχηματισμού των εισροών στο εσωτερικό του συστήματος λέγεται επεξεργασία - process.

Ένα Πληροφοριακό Σύστημα, αποτελεί υποσύστημα ενός ευρύτερου συνόλου, και έχει σαν στόχο να παρέχει πληροφορίες, επεξεργαζόμενο τα διαθέσιμα δεδομένα, με σκοπό να υποστηρίζει κατάλληλες πράξεις και ενέργειες για την αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων. Οι εισροές ενός Π.Σ. είναι τα δεδομένα - data, και οι εκροές είναι οι πληροφορίες - information.

Ένα Πληροφοριακό Σύστημα, βασιζόμενο ή μη, σε υπολογιστικά συστήματα, αποτελείται μεταξύ των άλλων από τα ακόλουθα τέσσερα στοιχεία:

- Συλλογή δεδομένων: Τα δεδομένα αφορούν αριθμούς, γεγονότα, πληροφορίες, κ.α.
- Αποθήκευση δεδομένων: Τα δεδομένα είναι δυνατό να αποθηκεύονται σε καρτελοθήκη, σε αρχείο, ή σε βάση δεδομένων Η/Υ.
- Επεξεργασία δεδομένων: Η επεξεργασία των δεδομένων περιλαμβάνει κυρίως την ανάλυση, κωδικοποίηση, ταξινόμηση και σύνθεσή τους.
- Παρουσίαση της πληροφορίας: Η παρουσίαση της πληροφορίας στο χρήστη γίνεται στη μορφή που αυτός τη χρειάζεται, και έχει καθοριστεί.

Στη διεθνή βιβλιογραφία είναι γενικά παραδεκτό ότι δεν υπάρχει ομοφωνία ως προς τον ορισμό του Πληροφοριακού Συστήματος. Ωστόσο, είναι αποδεκτό το γεγονός ότι ένα Π.Σ. αποτελεί μία ειδική κατηγορία συστήματος, του οποίου τα στοιχεία που το απαρτίζουν είναι άνθρωποι, διαδικασίες, δεδομένα, λογισμικό και υλικός εξοπλισμός τα οποία αλληλοεπιδρούν και συνεργάζονται για να επεξεργασθούν δεδομένα και να παρέχουν πληροφορία στο χρήστη. Το σύστημα αποτελεί συνάθροιση/συλλογή οντοτήτων/αντικειμένων, υλικών ή αφηρημένων, τα οποία αποτελούν σύνολο και το κάθε στοιχείο αλληλεπιδρά ή συσχετίζεται με τουλάχιστον ένα ακόμη στοιχείο του συνόλου. Κάθε αντικείμενο που δε συσχετίζεται / αλληλεπιδρά με κανένα στοιχείο του συστήματος δεν αποτελεί μέρος του συστήματος [α]. Το Π.Σ. είναι επομένως ένα σύστημα, το οποίο επεξεργάζεται δεδομένα από το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον και παρέχει πληροφορίες, έτσι ώστε να ληφθούν γρήγορα σωστές και έγκυρες αποφάσεις. Οι κύριες γενικές λειτουργίες ενός Π.Σ. είναι οι ακόλουθες:

- Η αναγνώριση και κάλυψη των πληροφοριακών αναγκών των χρηστών.
- Η επιλογή συναφών δεδομένων από την μεγάλη ποικιλία των δεδομένων στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον.
- Η δημιουργία της πληροφορίας από τα επιλεγμένα δεδομένα με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων.
- Η μεταφορά της νέας πληροφορίας στους χρήστες.

1.3 Συνιστώσες Πληροφοριακών Συστημάτων

Με σκοπό να αποσαφηνίσουμε περισσότερο την έννοια του Π.Σ. δίνουμε παρακάτω μια συνοπτική περιγραφή των συνιστωσών του και στη συνέχεια μερικά παραδείγματα πληροφοριακών συστημάτων.

A. Συνιστώσα: Άνθρωποι

Οι άνθρωποι που αποτελούν στοιχεία ενός Π.Σ. μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: στους χρήστες (users), στους χειριστές (operators) του συστήματος και στους δημιουργούς (developers), που έχουν την ευθύνη της δημιουργίας, συντήρησης και ανάπτυξης του συστήματος. Βέβαια, όλοι αυτοί είναι ρόλοι, δηλαδή ένα άτομο μπορεί να ανήκει ταυτόχρονα σε διαφορετικές κατηγορίες. Παράλληλα υπάρχει και μια οργανωτική δομή, στην οποία εντάσσονται οι άνθρωποι που εργάζονται στο σύστημα.

Στην κατηγορία των χρηστών ανήκουν οι κυρίως χρήστες (τελικοί χρήστες – end users) και οι προϊστάμενοί τους (user manager). Στην κατηγορία των χειριστών ανήκουν οι χειριστές των μηχανημάτων Η/Υ, όσοι εισάγουν στοιχεία (data entry), όσοι συντηρούν το υλικό ή το λογισμικό κ.λπ. Βέβαια, μερικές φορές οι χειριστές γίνονται χρήστες του συστήματος ή το αντίστροφο. Συνεπώς, οι κατηγορίες αυτές παριστάνουν περισσότερο ρόλους παρά μεμονωμένα άτομα.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει:

- Τον εκπαιδευτή, που έχει την ευθύνη της εκπαίδευσης στα διάφορα αντικείμενα όλων όσων απαιτείται εκπαίδευση – ενημέρωση.
- Τον προγραμματιστή δηλαδή εκείνον που συντάσσει, ελέγχει και συντηρεί το λογισμικό του Π.Σ.
- Τον αναλυτή που ανακαλύπτει, συμπεραίνει και αναλύει, με τη βοήθεια των χρηστών τις απαιτήσεις, αξιολογεί εναλλακτικές λύσεις, καθορίζει τις προδιαγραφές σχεδίασης λογισμικού, υλικού, των διαδικασιών, των δεδομένων κ.λπ.
- Το σχεδιαστή της βάσης δεδομένων, αν το Π.Σ. χρησιμοποιεί βάση δεδομένων.
- Τον ειδικό επί των δικτύων, αν έχουμε δίκτυο υπολογιστών στο σύστημά μας.
- Τον υπεύθυνο της όλης διαχείρισης του έργου (project manager), που σχεδιάζει δραστηριότητες, αναθέτει εργασίες, συντονίζει και διευθύνει όλη την προσπάθεια της ανάπτυξης του Π.Σ.

- Το σχεδιαστή του υλικού ή του λογισμικού, που συντάσσει λεπτομερειακή περιγραφή του τρόπου δημιουργίας του υλικού ή του λογισμικού.
- Τον υπεύθυνο ασφαλείας, που έχει την ευθύνη της ασφάλειας τόσο των δεδομένων όσο και των μηχανημάτων.

B. Συνιστώσα: Διαδικασίες

Οι διαδικασίες στην πράξη είναι οδηγίες για τα άτομα που ανήκουν στο σύστημα. Έτσι, έχουμε διαδικασίες που αφορούν τους χρήστες και διαδικασίες για τους χειριστές. Στην πρώτη κατηγορία υπάρχουν οδηγίες για το πώς θα αξιοποιηθεί το υλικό, το λογισμικό και τα δεδομένα ώστε τελικά να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι διαδικασίες για τους χειριστές είναι οδηγίες για το πώς ξεκινάει ή κλείνει το σύστημα, πώς εξασφαλίζονται αντίγραφα ασφαλείας (back up), πώς ανακτάται το σύστημα χωρίς συνέπειες κ.λπ.

Γ. Συνιστώσα: Δεδομένα

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ISO ο όρος δεδομένα (data) σημαίνει μια παράσταση γεγονότων, εννοιών ή εντολών σε τυποποιημένη μορφή που είναι κατάλληλη για επικοινωνία, ερμηνεία ή επεξεργασία από άνθρωπο ή από αυτόματα μέσα. Ένας άλλος ορισμός (λεξικό Webster) θεωρεί τα δεδομένα ως ένα σύνολο συμβόλων που χρησιμοποιούνται για να παριστάνουν αντικείμενα, γεγονότα ή δραστηριότητες μέσα στον πραγματικό κόσμο, όπως τον αντιλαμβανόμαστε.

Όπως αναφέραμε τα δεδομένα υφίστανται επεξεργασία για να παράγουν πληροφορίες. Σύμφωνα με τα πρότυπα του ISO, πληροφορία είναι η τρέχουσα σημασία που αποδίδεται στα δεδομένα χρησιμοποιώντας τις συμβατικές παραδοχές που εφαρμόζονται σ' αυτά. Με άλλα λόγια έχουμε:

$$\text{δεδομένα} + \text{ερμηνεία} = \text{πληροφορία}$$

Εκείνο που μπορούμε να ισχυρισθούμε είναι ότι το Π.Σ. εισάγει, αλλά και παράγει δεδομένα, αφού την ερμηνεία στα σύμβολα τη δίνει τελικά πάντα ο άνθρωπος (ως συνιστώσα του συστήματος).

Το είδος των δεδομένων που εισάγει/εξάγει ένα πληροφοριακό σύστημα εξαρτάται στενά τόσο από τις απαιτήσεις των χρηστών του συστήματος όσο και από τη δυνατότητα της τεχνολογίας να τις ικανοποιήσει. Για παράδειγμα, τα δεδομένα μπορεί να είναι υπό μορφή εικόνας, ήχου, κειμένου, ή ειδικών συμβόλων (αριθμών, γραμμάτων κ.λπ.). Η ικανότητα της τεχνολογίας να μεταδίδει, αποθηκεύει, παράγει και γενικά να επεξεργάζεται τις παραπάνω μορφές δεδομένων είναι διαφορετική μέσα στο χρόνο. Αν και σήμερα η τεχνολογία των πολυμέσων (multimedia) μας επιτρέπει να δημιουργούμε Π.Σ. που θα επεξεργάζονται όλες τις παραπάνω μορφές δεδομένων.

Δ. Συνιστώσα: Λογισμικό

Το λογισμικό ενός Π.Σ. μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Στο λογισμικό του συστήματος (system software)
2. Στο λογισμικό των εφαρμογών (application software)
3. Στο λογισμικό που αυξάνει την παραγωγικότητα (productivity software)

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα προγράμματα που φτιάχνονται από τον κατασκευαστή του υλικού (ή από συνεργάτες του) και αγοράζονται μαζί με αυτό είτε χωριστά.

Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τα προγράμματα που γράφονται για να υποστηρίξουν γενικές ή συγκεκριμένες εφαρμογές και απαιτούν το λογισμικό του συστήματος για την εκτέλεσή τους.

Τέλος, η τρίτη κατηγορία λογισμικού περιλαμβάνει όλο το λογισμικό εκείνο που στοχεύει στο να διευκολυνθεί ο ίδιος ο χρήστης να δημιουργήσει μόνος του νέες εφαρμογές. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επεξεργαστές κειμένου, εργαλεία διαχείρισης βάσης δεδομένων, γλώσσες τέταρτης γενιάς κ.λπ.

Στην προσπάθεια δημιουργίας ενός Π.Σ. σπάνια απαιτείται η εξ' αρχής κατασκευή υλικού (hardware). Εκείνο όμως που πάντα συμβαίνει (και είναι ευθύνη του αναλυτή) είναι η δημιουργία των προδιαγραφών υλικού (hardware specification). Ένας καλός αναλυτής θα πρέπει όχι μόνο να είναι σε θέση να συντάσσει σωστές προδιαγραφές υλικού και λογισμικού, αλλά επιπλέον να γνωρίζει τις δυνατότητες της αγοράς, να διαπραγματεύεται την προμήθεια, να φτιάχνει τους όρους των συμβολαίων αγοράς κ.λπ.

Όπως ήδη αναφέραμε ένα Π.Σ. μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα τα οποία μπορεί να δίνονται ή να ζητούνται σε διάφορες μορφές. Είναι φανερό ότι ο υλικός εξοπλισμός του συστήματος έχει στενή σχέση τόσο με την επεξεργασία όσο και με το είδος των δεδομένων που εισάγονται/εξάγονται.

1.4 Ιστορία των Γ.Π.Σ.

Η ιστορία των Γ.Π.Σ. ανέρχεται πίσω στην δεκαετία του 1960, όταν πραγματοποιήθηκαν αρκετές προσπάθειες με σκοπό την διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών για τον χειρισμό και την αξιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων. Όπως αρκετές άλλες εφαρμογές ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα Γ.Π.Σ. κατάφεραν σχεδόν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες που ο άνθρωπος έκανε έως τότε χειροκίνητα, και η ιστορία μας παρέχει αρκετές ενδείξεις για την εφαρμογή βασικών ιδεών των Γ.Π.Σ. πριν καν εφευρεθούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές [27]. Πάντοτε, ήταν πολύ δύσκολο να γίνει η επεξεργασία και η ανάλυση των χαρτών ιδιοχειρώς. Τα Γ.Π.Σ. αναγνωρίστηκαν ως ένα εργαλείο που θα επέτρεπε στους γεωγράφους να υλοποιούν μεθόδους που παλιότερα ήταν αρκετά κουραστικοί, σύνθετοι, και δαπανηροί για να επιτευχθούν. Έτσι για παράδειγμα, ο υπολογισμός αποστάσεων μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί πολύ απλά, με την εισαγωγή των κατάλληλων δεδομένων εισόδου, σε κλάσματα δευτερολέπτου.

Τα Γ.Π.Σ. εμφανίστηκαν για πρώτη φορά ως βιώσιμο εμπορικό λογισμικό προϊόν στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Σήμερα, σχεδόν κάθε ερευνητής που ασχολείται με θέματα που σχετίζονται με γεωγραφικές πληροφορίες, έχει εξοικειωθεί με την έννοια του Γ.Π.Σ. και τα χαρακτηριστικά τους. Τα Γ.Π.Σ. υιοθετήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως σαν ερευνητικά εργαλεία σε πολλούς τομείς, όπως στην αρχαιολογία, την εγκληματολογία, την επιδημιολογία, την οικολογία, αλλά και σε άλλες δραστηριότητες της καθημερινότητας. Ωστόσο, ο τομέας της γεωγραφίας είχε πάντα την μεγαλύτερη σχέση με τα Γ.Π.Σ.. Τα περισσότερα προϊόντα που προέκυψαν από την εκτενή μελέτη αυτών των συστημάτων, προήλθαν κατά κύριο λόγο από γεωγράφους, αλλά και αρκετές εταιρίες που εμπορεύονταν Γ.Π.Σ. λογισμικό, απαρτίζονταν από άτομα αυτού του κλάδου.

1.5 Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα

Στην αυγή του εικοστού πρώτου αιώνα, διανύουμε μία περίοδο συναρπαστικών εξελίξεων όσον αφορά την ικανότητα λήψης δεδομένων σχετικά με το φυσικό και το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον αλλά και τη χρήση αυτών των δεδομένων για τη διενέργεια έρευνας ή για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων. Η κοινωνία μας θεωρείται πλέον μία κοινωνία πληροφοριών στην οποία καθημερινά βομβαρδιζόμαστε από πληθώρα δεδομένων, μάλιστα τα περισσότερα από αυτά σχετίζονται άμεσα με το γεωγραφικό χώρο με αποτέλεσμα να ζούμε ουσιαστικά σε μία κοινωνία γεωπληροφοριών.

Η διαχείριση του τεράστιου αυτού όγκου πληροφοριών χρησιμοποιώντας ψηφιακά μέσα απαιτεί τη δημιουργία μεγάλων βάσεων δεδομένων και τη συσχέτιση αυτών με τη γεωγραφική θέση τους. Σήμερα, οι εξελίξεις στην πληροφορική που αφορούν τη διαχείριση μεγάλων βάσεων δεδομένων και τη συσχέτιση γεωμετρικής και θεματικής πληροφορίας ποικίλης μορφής και προέλευσης, έφεραν τη νέα γενιά ψηφιακών συστημάτων – τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π), γνωστά διεθνώς ως GIS (Geographic Information Systems) [1].

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π), είναι μία ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά κατανεμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο ως σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Έτσι ένα ΓΣΠ επεξεργάζεται στοιχεία για αυτά τα σημεία,

γραμμές ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων [2][24].

Η βασική διαφορά ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών με ένα κλασικό σύστημα πληροφοριών, είναι ότι σ' αυτά τα συστήματα μπορούμε να διαχειριστούμε σύνθετες πληροφορίες και σχέσεις αυτών με τον γεωγραφικό χώρο (προσιτότητα, γειτνίαση, διασύνδεση, διεύθυνση, προσανατολισμό, κλίση, ορατότητα, κλπ.) σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει σε ένα απλό σύστημα πληροφοριών. Η βάση δεδομένων σε ένα Γ.Σ.Π περιλαμβάνει τόσο γεωμετρικά όσο και θεματικά επίπεδα πληροφοριών (χωρικά δεδομένα), ενώ παράλληλα υποστηρίζονται σύνθετες διαδικασίες διαχείρισης αυτής για την διεξαγωγή ερωτημάτων και την άμεση απάντηση τους.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επικεντρωθούμε και να εστιάσουμε την προσοχή μας στο είδος των πληροφοριών που δεν θεωρούνται χωρικές, με την έννοια ότι δεν σχετίζονται άμεσα με γεγονότα που υποδηλώνουν χώρο, δηλαδή το «που» έλαβαν χώρα. Με την αυστηρή έννοια του όρου, δεν υπάρχει τέτοια πληροφορία που να μην σχετίζεται έστω και σε μικρό βαθμό με το χωρικό περιεχόμενο, αλλά πάντα θα υπάρχει ένα πλαίσιο που θα μοντελοποιεί αυτήν την πληροφορία.

Οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, από τις πιο απλές μέχρι τις πλέον σύνθετες, είναι τις περισσότερες φορές συνυφασμένες με την έννοια του χώρου. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κάθε επίπεδο επηρεάζονται, περιορίζονται ή ακόμη και υπαγορεύονται από κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Οι αποφάσεις λαμβάνονται μετά από εκτίμηση και επεξεργασία των κατάλληλων δεδομένων που χαρακτηρίζονται ως πληροφορίες και είναι συνδεδεμένες με το χώρο.

Η έννοια της πληροφορίας δεν πρέπει να συγχέεται με την έννοια του στοιχείου ή των δεδομένων. Τα στοιχεία είναι τα κύρια συστατικά από τα οποία αντλούνται ή αποτελούνται οι πληροφορίες. Πολλές φορές οι πληροφορίες που εξάγονται από την επεξεργασία κάποιων αρχικών στοιχείων, αποτελούν οι ίδιες στοιχεία για την εξαγωγή κάποιων άλλων πληροφοριών. Η αντιστοίχιση χώρου και πληροφοριών οδηγεί στην έννοια της γεωγραφικής πληροφορίας.

Υπάρχουν τρεις βασικές αρχές που διέπουν τις πληροφορίες κάθε μορφής:

- Η ακρίβεια των πληροφοριών εξαρτάται από τη χρονική στιγμή ή περίοδο κατά την οποία αυτές περιεγράφηκαν.
- Οι ίδιες πληροφορίες σπανίως εξυπηρετούν περισσότερους από έναν σκοπούς με την ίδια αποτελεσματικότητα.
- Οι πολύ λεπτομερείς πληροφορίες συχνά δεν είναι εύκολα κατανοητές.

Οι γεωγραφικές πληροφορίες, για να βοηθήσουν στην ανάλυση χωρικών φαινομένων, θα πρέπει να είναι ακριβείς, αντικειμενικές, ενιαίες, και προσιτές. Σύστημα πληροφοριών είναι ένα σύστημα που διαθέτει τα κατάλληλα εργαλεία για την αποδοτική συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση των πληροφοριών. Ένα σύστημα πληροφοριών δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών και πολύ μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας, κάνει χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών με τις περιφερειακές τους μονάδες και ειδικών προγραμμάτων, και αποτελείται από τη βάση πληροφοριών, τους μηχανισμούς εισαγωγής και εξόδου δεδομένων και τις διαδικασίες ταξινόμησης, επεξεργασίας και ανάλυσης των πληροφοριών [4].

Ένα Σύστημα Πληροφοριών που βασίζεται στη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να περιέχει και μη χωρικές - περιγραφικές πληροφορίες) ονομάζεται Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π., Geographical Information System, GIS).

- Γεωγραφικό (Geographic): Η γεωγραφία του πραγματικού κόσμου, η χωρική κατανομή των πραγμάτων.
- Σύστημα (System): Η τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των σχετικών περιφερειακών μονάδων. Η υποστήριξη, αειφόρος λειτουργία και αναβάθμισή τους.
- Πληροφοριών (Information): Δεδομένα και πληροφορίες, η σημασία - αξία και η χρήση τους.

Τα Γ.Σ.Π. δέχονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές οι οποίες μπορεί να έχουν πολλές διαφορετικές τυποποιήσεις και δομές. Στους διαφορετικούς τύπους δεδομένων συμπεριλαμβάνονται χάρτες, εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακά προϊόντα, σήματα / μετρήσεις GPS, κείμενα, πίνακες δεδομένων. Τα Γ.Σ.Π. συνδυάζουν δεδομένα και συνεργάζονται με έναν μεγάλο αριθμό άλλων επιστημονικών κατευθύνσεων, όπως τη χαρτογραφία, τη φωτογραμμετρία, την τηλεπισκόπηση, τη γεωδαισία, την τοπογραφία, κ.λπ [7].

Αποστολή των Γ.Σ.Π. είναι να εφοδιάσουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με τις απαραίτητες πληροφορίες. Οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται, είτε για να αναγνωρίσουν και να επισημάνουν την ύπαρξη και τη θέση ενός προβλήματος, είτε για να ανιχνεύσουν και να αναλύσουν τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις ή και για να βοηθήσουν στην εκτέλεση μιας απόφασης.

1.6 Βασικές έννοιες των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

1.6.1 Ορισμοί

Πριν προχωρήσουμε σε μια λεπτομερέστερη εξέταση των βασικών εννοιών των Γ.Σ.Π., κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε εν συντομία σε μερικούς βασικούς ορισμούς γύρω από αυτά τα συστήματα. Κατ' αρχήν, οφείλουμε να ξεχωρίσουμε τα συστήματα πληροφοριών από τα λειτουργικά συστήματα που παρέχουν πληροφορίες. Ένα σύστημα για τακτικό και συνηθισμένο τρόπο επεξεργασίας δεδομένων και για απάντηση προκαθορισμένων και περιορισμένων ερωτημάτων, είναι ένα λειτουργικό σύστημα. Ένα πληροφοριακό σύστημα σε αντίθεση, είναι ένα σύστημα στο οποίο η φύση των ερωτημάτων δεν είναι κατ' ανάγκη προκαθορισμένη με λεπτομέρειες [5]. Για παράδειγμα, σε μια εταιρεία ή υπηρεσία, χρειάζονται λειτουργικά συστήματα για να αντιμετωπίζουν ερωτήσεις και διαχειριστικά προβλήματα ρουτίνας, αντίθετα για το σχεδιασμό χρειάζεται ένα πληροφοριακό σύστημα για να απαντά σε διαφορετικές, όχι εκ των προτέρων γνωστές, ερωτήσεις και να εκτελεί όχι προκαθορισμένες αναλύσεις.

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μία ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά κατανεμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Έτσι ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών επεξεργάζεται στοιχεία για αυτά τα σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση μη προκαθορισμένων χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων.



Σημεία: Ένα σημείο είναι μια καλή αναπαράσταση ενός αντικειμένου για το οποίο πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του αλλά όχι το ακριβές του σχήμα.



Γραμμές: Μια γραμμή μπορεί να συμβολίζει πολλά πραγματικά αντικείμενα.



Πολύγωνα: Είναι πολύπλευρα σχήματα για τα οποία η επιφάνεια που περικλείουν συνδέεται με πληροφορία.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό, χρησιμοποιούνται δηλαδή μέσα από πολλές προσεγγίσεις στη διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό μέχρι και εθνικό επίπεδο. Τα Γ.Σ.Π. μολονότι απαιτούν διαχείριση μιας βάσης δεδομένων (data management), διαθέτουν μια σειρά από εργαλεία για τον μετασχηματισμό των στοιχείων, αναγκαίων για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών όπως έχει γράψει και ο Burrough [21], αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και ανά πάσα στιγμή μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου». Σαν αποτέλεσμα, ένα Γ.Σ.Π. έχει τη δυνατότητα να φέρει σε πέρας τις εξής δραστηριότητες:

- μπορεί να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώσει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων.
- αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης, εστιαζόμενο ειδικά στη χωρική επεξεργασία των στοιχείων
- αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Οπότε, ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα, θα μπορούσε να περιγραφεί και εκφραστεί με την βοήθεια των παρακάτω ορισμών [13]:

- Ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα χρησιμεύει για την καταγραφή, την αποθήκευση, την ανάλυση, και οπτικοποίηση των δεδομένων που περιγράφουν ένα μέρος της επιφάνειας της Γης, τις τεχνικές και διαχειριστικές οντότητες, όπως καθώς και τα πορίσματα που προκύπτουν από επιστήμη των Γ.Π.Σ.
- Με τον όρο Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα αναφερόμαστε σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που ενσωματώνει χωρικά δεδομένα σε ένα περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων.
- Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ) είναι συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαχείριση των χωρικών πόρων.

Οι πρόσφατες εξελίξεις οδηγούν κάθε σύστημα να εμπλουτίζεται συνέχεια με τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα των άλλων συστημάτων, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια ομογενοποίηση και μια σύγκλιση όλων των συστημάτων προς μια μορφή όπου η διαχείριση, η ανάλυση και ο σχεδιασμός αποτελούν αναπόσπαστα τμήματά τους, διαφοροποιούμενα μόνο στην έμφαση που δίνει κάθε σύστημα.

1.6.2 Μέρη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος

Τα Γ.Σ.Π αποτελούνται από τρία επιμέρους τμήματα τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση [22]. Τα τρία αυτά μέρη αναλύονται παρακάτω διεξοδικά και είναι:

- Τα μηχανήματα (hardware). Τα μηχανικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα Γ.Σ.Π είναι η κεντρική μονάδα, τα περιφερειακά.
- Το λογισμικό – αλγόριθμοι (software). Εδώ περιέχονται οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται από το σύστημα και στους οποίους μπορούμε να διακρίνουμε το λογισμικό εισαγωγής και επαλήθευσης στοιχείων, το λογισμικό αποθήκευσης και διαχείρισης στοιχείων, το λογισμικό μετασχηματισμού στοιχείων, το λογισμικό παρουσίασης και το λογισμικό αναζητήσεων.
- Τα διαθέσιμα (resource ware). Ο όρος διαθέσιμα περιλαμβάνει τα υπάρχοντα στοιχεία, το ανθρώπινο δυναμικό, χειριστών και αναλυτών και την οργανωτική υποδομή. Ο σημαντικότερος παράγοντας από όλους αυτούς είναι το εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό, που θα αξιολογήσει τη διαθέσιμη πληροφορία, θα αποφασίσει το μέγεθος, το είδος και τον τρόπο συλλογής και καταχώρησης των στοιχείων.

Συνοψίζοντας, με βάση όλα τα παραπάνω, θα μπορούσε να διατυπωθεί ότι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, είναι μία οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον [2].

1.6.3 Δεδομένα σε ένα Γ.Π.Σ.

Τα δεδομένα που εισάγονται στο Γ.Π.Σ. αποτελούνται από χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες. Οι χωρικές πληροφορίες αφορούν κατά κύριο λόγο το ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται το Γ.Π.Σ.. Οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να προκύψουν με διάφορους τρόπους, όπως π.χ. από επίγειες τοπογραφικές ή κτηματολογικές εργασίες, φωτογραμμετρικά δεδομένα, ψηφιοποίηση υπαρχόντων αναλογικών χαρτών κ.λπ. Οι περιγραφικές πληροφορίες συλλέγονται από υπάρχοντα ηλεκτρονικά ή συμβατικά αρχεία, εκθέσεις, με κατάλληλες τεχνικές εξαγωγής δεδομένων. Η ακρίβεια, η εγκυρότητα και η επικαιρότητα της εκάστοτε πληροφορίας είναι στοιχεία που αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία ή την αποτυχία του έργου της δημιουργίας και της χρησιμοποίησης ενός Γ.Σ.Π.

Μεγάλη σημασία για την αποτελεσματική χρήση ενός Γ.Π.Σ. έχουν και οι δυνατότητες απεικόνισης των αποτελεσμάτων και της παραγωγής προϊόντων από την επεξεργασία των αποθηκευμένων σε αυτό πληροφοριών. Η πιο απλή περίπτωση είναι η επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων με τη μορφή χαρτών στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Ένα ολοκληρωμένο Γ.Σ.Π. επιτρέπει τη σύνταξη θεματικών χαρτών, όπου με κατάλληλους συμβολισμούς αναπαρίστανται ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των περιγραφικών πληροφοριών, επιδρά στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε ψηφιακή μορφή, σε μορφή αναγνώσιμη από άλλα προγράμματα, στην έξοδο αναλυτικών στατιστικών στοιχείων με την μορφή αριθμών και διαγραμμάτων, στη δημιουργία νέων αρχείων με δευτερογενή στοιχεία, και τη χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων της χωρικής ανάλυσης σε εκθέσεις και αναλύσεις.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι είναι σημαντικό η ποιότητα των δεδομένων να είναι ανάλογη του επιπέδου της απόφασης που έχει ληφθεί. Εάν η ποιότητα των δεδομένων είναι υπερβολικά χαμηλή, τότε η απόφαση θα είναι ελλιπέστατη. Δύναται, σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης ενός Γ.Π.Σ., να αλλοιωθεί η ποιότητα των δεδομένων, γι' αυτό η διαχείριση του έργου θα πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να διατηρηθεί η κατάλληλη ποιότητά τους.

1.6.4 Πλαίσιο Εφαρμογής

Η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών, για κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού, όπου η παράμετρος «γεωγραφικός χώρος» υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα (ζητήματα χωροταξίας, αστικής και περιφερειακής ανάλυσης και σχεδιασμού, διαχείρισης των φυσικών πόρων, οικολογικών ερευνών, κτηματολογίου κ.α.). Είναι δεδομένο πως ο

χώρος, όπως επίσης και η έννοια της πληροφορίας που αναφέρεται σε χωρικά δεδομένα, είναι συνδεδεμένος με ένα μεγάλο κομμάτι των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ενώ σε επίπεδο οργάνωσης και λήψης αποφάσεων, σχεδόν κάθε επιλογή έχει άμεσο ή έμμεσο συσχετισμό με κάποιου είδους χωρική ανάλυση και σχεδιασμό.

Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά επιστημονικά πεδία στα οποία τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού:

- Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός: χωρική ανάλυση περιφερειακών ανισοτήτων, διαχείριση ολοκληρωμένων αναπτυξιακών προγραμμάτων και βάσεων κοινωνικό-οικονομικών δεδομένων, επενδυτικά σχέδια και εναλλακτικές στρατηγικές, χωροθετήσεις - κατανομές οικονομικών δραστηριοτήτων, αξιολόγηση περιφερειακών και τοπικών αναπτυξιακών προγραμμάτων, συστήματα λήψης αποφάσεων.
- Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός: χωρική ανάλυση αστικών περιοχών, δήμων, γειτονιών, διαχείριση ολοκληρωμένων προγραμμάτων αστικής ανάπτυξης, πολιτική αναπλάσεων, πολιτική χρήσεων γης, δόμηση, κτηματολόγιο.
- Συγκοινωνίες – Μεταφορές: διαχείριση συστημάτων μεταφορών (οδικών, ακτοπλοϊκών, αεροπορικών), διαχείριση αστικών συγκοινωνιών, πολιτική πρόληψης ατυχημάτων, κ.α.
- Τεχνική υποδομή: διαχείριση δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης, ενέργειας, τηλεπικοινωνιών, προσδιορισμός περιοχών εξυπηρέτησης χωροθετήσεις-κατανομές, κ.α.
- Περιβάλλον: διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές προστασίας και πρόληψης, συστήματα λήψης αποφάσεων και εκτίμηση επιπτώσεων, υποδείγματα αλληλεπιδράσεων οικονομικών και περιβαλλοντικών συστημάτων, επιχειρησιακή έρευνα.
- Φορολογία: φορολογία ακίνητης περιουσίας, διαχείριση φορολογικών στοιχείων.
- Εκπαίδευση και Υγεία – Πρόνοια: πολιτική διαχείρισης παροχών εκπαίδευσης, υγείας-πρόνοιας, περιοχές ειδικών χαρακτηριστικών, χωροθετήσεις-κατανομές κέντρων εξυπηρέτησης, περιοχές εξυπηρέτησης κ.α.
- Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία: πολιτικές πρόληψης και αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, ελαχιστοποίηση διαδρομών, κόστους κ.α.
- Ανάλυση Αγοράς: Ανάλυση καταναλωτικής συμπεριφοράς, συστήματα λήψης αποφάσεων.
- Αγορά Εργασίας: χωρική ανάλυση αγορών εργασίας, σύζευξη προσφοράς – ζήτησης, πολιτικές απασχόλησης, ανεργίας και επαγγελματικής κατάρτισης, κινητικότητα εργατικού δυναμικού, μετακινήσεις τόπου εργασίας-κατοικίας.
- Δίκτυα διανομών, πωλήσεων και χωροθετήσεις κατανομών: ανάλυση και διαχείριση δικτύων διανομών προϊόντων και υπηρεσιών, αριστοποίηση διαδρομών, τροφοδοσίας, χωροθετήσεις κέντρων παροχών.

Τα ανωτέρω πεδία εφαρμογών δείχνουν το ευρύ φάσμα δυνατοτήτων ανάπτυξης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Δεδομένης της συνθετότητας των αναπτυξιακών προβλημάτων στις πόλεις και στις περιφέρειες, τα Γ.Σ.Π. μπορούν να συμβάλλουν στην ενιαία καταγραφή, οργάνωση, διαχείριση και ανάλυση των κοινωνικοοικονομικών

δεδομένων, ως προϋποθέσεις για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στην αστική και περιφερειακή ανάπτυξη.

1.7 Εφαρμογές των Γ.Π.Σ.

Όπως έγινε αντιληπτό και από τις προηγούμενες ενότητες, η τεχνολογία των Γ.Σ.Π παρέχει πολλές δυνατότητες όσον αφορά στην ανάλυση και τον σχεδιασμό. Ως εκ τούτου, τα Γ.Σ.Π χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού όπου η παράμετρος γεωγραφικός χώρος υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα. Σήμερα τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών τείνουν να εξαλείψουν όλες τις συμβατικές μεθόδους ανάλυσης, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται συνεχώς όλο και περισσότερες εφαρμογές αυτών.

Τα Γ.Σ.Π. είναι μια σχετικά καινούργια επιστημονική περιοχή, η οποία αποτελεί αντικείμενο πολλών φυσικών και κοινωνικών επιστημών που ασχολούνται με τη διεκπεραίωση χωρικών στοιχείων. Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί περιληπτικά να αποδοθεί ως εξής:

1. Γεωγραφικό: Το σύστημα αναφέρεται σε στοιχεία που σχετίζονται με τη γεωγραφική κλίμακα και αναφέρονται με κάποιο σύστημα συντεταγμένων σε θέσεις στην επιφάνεια της γης. Επομένως, οι χωρικές οντότητες και η γεωγραφική θέση τους αποτελούν το θεμέλιο λίθο του συστήματος.
2. Σύστημα: Είναι ένα περιβάλλον που επιτρέπει τη διαχείριση των στοιχείων καθώς και την αναζήτηση απαντήσεων σε ερωτήσεις που τίθενται. Στην πιο απλή μορφή του, ένα Γ.Σ.Π. δεν χρειάζεται την αυτοματοποίηση των Η/Υ (μια βιβλιοθήκη χαρτών και μια σειρά από εργαλεία της επιστήμης της Γεωγραφίας αρκούν), αλλά πρέπει να είναι μια ολοκληρωμένη σειρά από διαδικασίες για την εισαγωγή, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση των γεωγραφικών πληροφοριών. Βέβαια, ένα τέτοιο σύστημα επιτυγχάνει τους στόχους του καλύτερα, όταν στηρίζεται στους Η/Υ.
3. Πληροφοριών: Το σύστημα χρησιμοποιείται για να θέσει ερωτήσεις για τα στοιχεία της γεωγραφικής βάσης, λαμβάνοντας πληροφορίες για το γεωγραφικό κόσμο. Αυτό αντιπροσωπεύει τη γνωστή διαδικασία μετατροπής των δεδομένων σε πληροφορία.

Σύμφωνα με τον Burrough [21] τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου».

Σαν αποτέλεσμα, ένα Γ.Σ.Π. έχει τη δυνατότητα να φέρει σε πέρας τις εξής δραστηριότητες. Πρώτον, μπορεί να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώσει ένα μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων. Δεύτερον, αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης εστιαζόμενο ειδικά στη χωρική διάσταση των στοιχείων. Τρίτον, αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στη βάση δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Επιπλέον, επιτρέπουν τη χωρική ανάλυση των πληροφοριών διαμέσου συνόλου εντολών που μπορεί να δίνει ο χρήστης όσο συχνά θέλει, π.χ. εμφάνιση των σημείων ενός αυτοκινητοδρόμου, στα οποία έχουν συμβεί πολλά ατυχήματα.

Υπάρχουν δύο είδη Γ.Σ.Π.:

- τα ψηφιδωτά (raster) – πλέγμα, που διαχειρίζονται δεδομένα όπως δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες και άλλα είδη πλαισίων, στα οποία η πληροφορία συνδέεται με τα εικονοστοιχεία (pixels) των εικόνων.
- τα διανυσματικά (vector), που διαχειρίζονται δεδομένα τα οποία οργανώνονται σε ψηφιακά υπόβαθρα σημείων, γραμμών και πολυγώνων.

Συχνά ένα επίπεδο πληροφορίας μπορεί να έχει τη μορφή μιας ψηφιδωτής απεικόνισης, το οποίο ουσιαστικά είναι ένα πλέγμα σημείων με πληροφορία. Το πλέγμα ορίζεται από γραμμές και στήλες. Μια δορυφορική εικόνα σε μια χαρτογραφική σύνθεση είναι ένα ψηφιδωτό θεματικό επίπεδο. Τα ψηφιδωτά επίπεδα δεν έχουν συνδεδεμένη πληροφορία με αυτά όπως τα διανυσματικά επίπεδα πληροφορίας, αν και κάθε ιχνοστοιχείο έχει μια τιμή. Αυτή η τιμή μπορεί να αποτυπώνει το πεδίο των ανέμων, το υψόμετρο ή και οτιδήποτε άλλο [44].

Πιο αναλυτικά:

Διανυσματικό Μοντέλο

Στο μοντέλο αυτό, τα αντικείμενα δημιουργούνται ενώνοντας τα σημεία με ίσες γραμμές. Παράλληλα, από τις νέες γραμμές μπορούν να προκύψουν νέες περιοχές ενδιαφέροντος, που περικλείουν την επιθυμητή πληροφορία. Η απαραίτητη πληροφορία για τα σημεία, τις γραμμές και τις περιοχές, κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται με την μορφή γεωγραφικών συντεταγμένων. Έτσι, η τοποθεσία ενός σημείου, πχ μιας στάσης λεωφορείου, μπορεί να αναπαρασταθεί από δυο απλές συντεταγμένες x , y , όπου αντιστοιχούν στο γεωγραφικό πλάτος (latitude) και γεωγραφικό μήκος (longitude). Γραμμικά χαρακτηριστικά, όπως πχ η αναπαράσταση ενός ποταμού, μπορούν να αποθηκευτούν ως ένα σύνολο σημείων συντεταγμένων, ενώ μια περιοχή ουσιαστικά αποτελείται από ένα «κλειστό» σύνολο τέτοιων στοιχείων. Τα διανυσματικά μοντέλα είναι κατάλληλα για την περιγραφή διακριτών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, όπως δεδομένα που απεικονίζουν μια περιοχή (πχ, μια κωμόπολη). Ωστόσο, το μοντέλο αυτό δεν είναι κατάλληλο για την απεικόνιση ποικίλων συνεχών χαρακτηριστικών, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία μιας περιοχής.

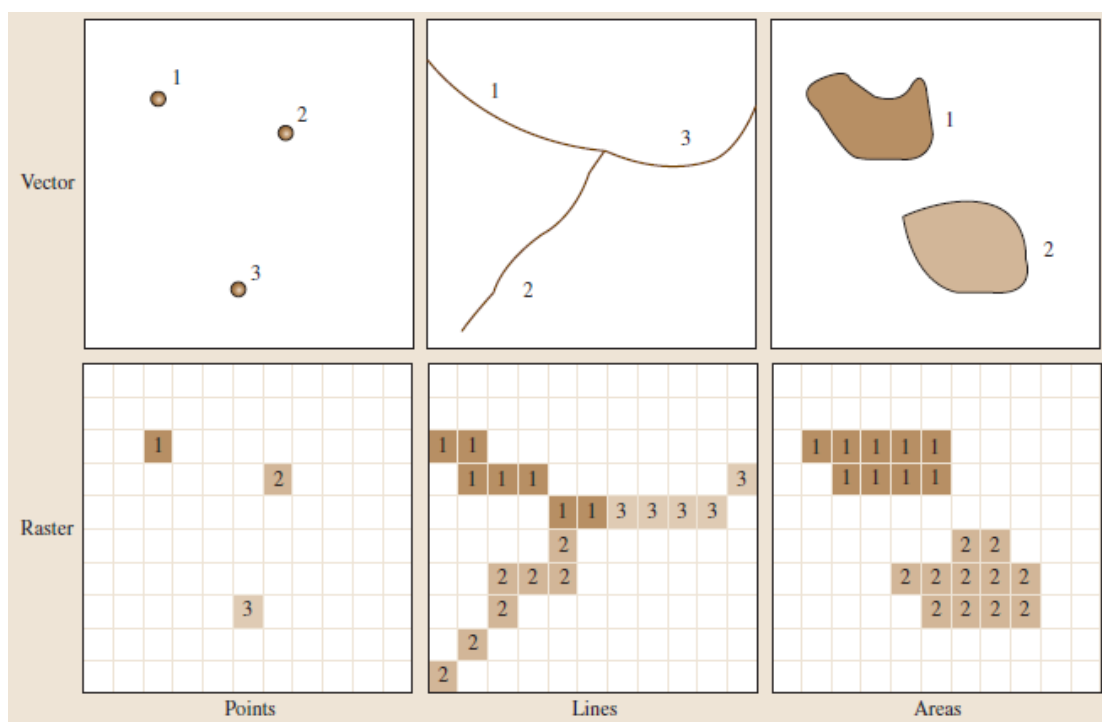
Ψηφιδωτό Μοντέλο

Στο μοντέλο αυτό, η περιοχή ενδιαφέροντος χωρίζεται σε ένα κανονικοποιημένο πλέγμα κελιών, όπου κάθε κελί περιέχει μια και μόνο τιμή, και η απόδοση της, γίνεται με τον κατάλληλο χρωματισμό του. Ωστόσο, και άλλες τεχνικές απόδοσης κάποιας τιμής είναι εφικτές. Η χρήση αυτού του μοντέλου είναι κατάλληλη για την αναπαράσταση συνεχών δεδομένων, όπως η ποικιλότητα του εδάφους, κλπ.



Εικόνα 1: Ένα Ψηφιδωτό Μοντέλο (αριστερά) περιέχει τιμές ιχνοστοιχείων (δεξιά)

Αυτές οι δύο στρατηγικές, ακολουθούν δύο διαφορετικούς τύπους δομών δεδομένων, και στο παρελθόν υπήρξε μεγάλη ασυμβατότητα μεταξύ τους. Συχνά ένα Γ.Π.Σ. «εξεταζόταν» μόνο από την σκοπιά του διανυσματικού μοντέλου. Σήμερα, τα πράγματα έχουν αλλάξει και πλέον το ψηφιδωτό μοντέλο υπεισέρχεται στο προσκήνιο, και ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων επιλέγουν αυτή την λειτουργία για την αξιοποίηση των χωρικών δεδομένων.



Εικόνα 2: Σημεία, Γραμμές και Περιοχές (διανυσματικό - Ψηφιδωτό Μοντέλο)

Τα Γ.Π.Σ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θεματικών ηλεκτρονικών χαρτών, δηλαδή την παραμετρική απεικόνιση διαφόρων γραφικών στοιχείων ανάλογα με τα περιγραφικά δεδομένα με τα οποία σχετίζονται.

1.8 Ολοκληρωμένη Χωρική Προσέγγιση

Πρέπει να γίνει αντιληπτό πως μολονότι για το χωρικό σχεδιασμό δεν είναι απόλυτα αναγκαία η εφαρμογή μιας χωρικής ανάλυσης, με τον ίδιο τρόπο που για την ανάλυση χώρου δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός εργαλείου διαχείρισης (π.χ. Γ.Σ.Π), εντούτοις υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα για τις δύο αυτές στενές διασυνδέσεις [18]. Κι αυτό γιατί η σχέση μεταξύ τους θα μπορούσε, τουλάχιστον σήμερα, να χαρακτηριστεί ως αναπόφευκτα συμβιωτική. Με άλλους όρους, η ανάλυση χώρου αποτελεί την ικανή αλλά όχι και αναγκαία συνθήκη για την επίτευξη του χωρικού σχεδιασμού, ενώ για την ίδια η ικανή συνθήκη είναι η αποδοτική διαχείριση.

Για πολλά χρόνια τώρα, τουλάχιστον οι γεωγράφοι, έχουν αναγνωρίσει την ύπαρξη ορισμένων κανόνων που συνδέονται με το χώρο. Για παράδειγμα, έχει αποδεχθεί ότι ίδιες χωρικές διαδικασίες μπορούν να δημιουργούν διαφορετικά χωρικά πρότυπα, ενώ διαφορετικές διαδικασίες μπορούν να έχουν σαν αποτέλεσμα τα ίδια πρότυπα [29]. Επομένως, τα χωρικά πρότυπα από μόνα τους δεν αποτελούν και τον ασφαλέστερο τρόπο για την αντιμετώπιση των χωρικών διαδικασιών. Με δεδομένο ότι μέσα από την απλή χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών το περισσότερο που μπορούμε να επιτύχουμε είναι η περιγραφή των χωρικών προτύπων να είναι φανερή η ανάγκη για ανάλυση χώρου που να συμπληρώνει και να διασυνδέεται με τα Γ.Σ.Π., αλλά ταυτόχρονα να εστιάζεται στο χωρικό σχεδιασμό για την επίτευξη του οποίου η ύπαρξη των Γ.Σ.Π είναι καθοριστική.

Επομένως, η ανάλυση χώρου πρέπει να εξεταστεί σαν τμήμα ενός συστήματος με επιπλέον δεδομένα τη διαχείριση των στοιχείων και το σχεδιασμό, στα οποία η ύπαρξη των Γ.Σ.Π. είναι επιτακτική και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις ανάδρασης. Πιο συγκεκριμένα, στην ολοκληρωμένη αυτή χωρική προσέγγιση κάθε σχεδιαστική επέμβαση απαιτεί μια χωρική ανάλυση για το συγκεκριμένο πρόβλημα που ο σχεδιασμός είναι ο στόχος. Κάθε τέτοια επέμβαση, όμως, έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων ή την αλλαγή των προηγούμενων χωρικών προτύπων και στοιχείων που η ανάλυση τους, με τη σειρά της, βοηθά σε νέες σχεδιαστικές προσπάθειες. Γενικά, η χωρική ανάλυση συνδέεται τόσο με τη διαχείριση των χωρικών στοιχείων που την καθορίζουν, όσο και με το χωρικό σχεδιασμό που τα αποτελέσματά της τον διαμορφώνουν και όπου τα Γ.Σ.Π. είναι πάντα παρόντα.

1.9 Χωρικός Τρόπος Σκέψης - Spatial Thinking

Σε κάθε εφαρμογή των Γ.Π.Σ. στους τομείς της καθημερινότητάς μας, συναντούμε την έννοια της χωρικής σκέψης. Ένα άτομο μπορεί να θεωρηθεί ότι χρησιμοποιεί τον χωρικό τρόπο σκέψης όταν εξάγει συμπεράσματα από τα χωρικά δεδομένα που έχει συλλέξει (αυτά τα δεδομένα μπορεί να παρουσιάζονται με την μορφή ενός χάρτη, ή να βρίσκονται αποθηκευμένα σε μια Γ.Π.Σ. βάση δεδομένων). Η διαδικασία της χωρικής σκέψης μπορεί να είναι αρκετά ισχυρή, μιας και τα μάτια αλλά και ο εγκέφαλος καταφέρνουν αποδοτικά να ανιχνεύσουν κάποια πρότυπα, παρατηρώντας κινήσεις, αλλά και «ανωμαλίες» στα δεδομένα όταν αυτά παρουσιάζονται κατάλληλα. Μια σειρά από ισχυρές τεχνικές, γνωστές ως τεχνικές χωρικής ανάλυσης, έχουν αναπτυχθεί για να βελτιώσουν τον τρόπο σκέψης των ερευνητών. Ο χωρικός τρόπος σκέψης έχει διερευνηθεί από το National Research Council (2006), και έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην αξία του, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Λέμε ότι “μια εικόνα αξίζει όσο χίλιες λέξεις”, υπονοώντας ότι οι σκέψεις μπορούν να μεταφραστούν «σχηματικά» αρκετά αποτελεσματικά, βασιζόμενοι συνήθως σε εικόνες, αλλά και άλλους απλούς σχεδιασμούς που συμβολίζουν την ιδέα. Οι γεωγράφοι έχουν εκπαιδευτεί να δουλεύουν πάνω σε χάρτες, αλλά και σε άλλες χωρικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, και σαν αποτέλεσμα, έχουν περισσότερο ανεπτυγμένη την δεξιότητα του χωρικού τρόπου σκέψης. Στην ουσία, τα εργαλεία των Γ.Π.Σ. αποσκοπούν στην προσπάθεια βελτίωσης της ικανότητας της χωρικής σκέψης, παρέχοντας την δυνατότητα παρουσίασης των δεδομένων με ένα σύνολο από χρήσιμους τρόπους, αλλά και στην προβολή της σημασίας του περιεχομένου των δεδομένων, που σε διαφορετική περίπτωση δεν θα ήταν εμφανής η έννοια τους σε έναν παρατηρητή.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις συχνότερα εμφανιζόμενες έννοιες του χωρικού τρόπου σκέψης, αλλά και οι μέθοδοι με τις οποίες υλοποιούνται σε ένα Γ.Π.Σ., και χρησιμοποιούνται στην έρευνα.

Μέρη

Οι άνθρωποι χωρίζουν τον κόσμο σε μικρότερα «κομμάτια» για πολλούς λόγους, και σε κάθε νέο τμήμα που προκύπτει του αναθέτουν ένα όνομα και γεωγραφικές αναφορές διαφόρων τύπων. Ένας χρήστης ενός συστήματος Γ.Π.Σ. ενδέχεται να χρησιμοποιήσει τοπωνύμια, διευθύνσεις, αλλά και συντεταγμένες σαν ένα μέσο ταυτοποίησης ενός μέρους, αλλά ωστόσο, είναι δυνατή και η χρήση διαφορετικών διαχειριστικών μονάδων όπως μεγαλύτερες περιοχές ενδιαφέροντος (πχ. νομοί), που χρησιμοποιούνται ευρέως από ανεξάρτητους οργανισμούς, με σκοπό την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων σε συλλογικό επίπεδο.

Χαρακτηριστικά

Εκτός από τα τοπωνύμια, οι άνθρωποι αποδίδουν στα μέρη κάποια χαρακτηριστικά, διαφόρων ειδών, συμπεριλαμβανομένων το μέγεθος του πληθυσμού, το μέσο εισόδημα των κατοίκων, το ρυθμό ανάπτυξης, κ.ά. Οι γεωγράφοι χρησιμοποιούν αυτά τα χαρακτηριστικά για να περιγράψουν αυτά τα μέρη, και να δημιουργήσουν κατάλληλους συσχετισμούς μεταξύ των μερών και των αντίστοιχων γνωρισμάτων.

Χωρικά Αντικείμενα

Η αναπαράσταση των γεωγραφικών στοιχείων του κόσμου, επιτυγχάνεται με διάφορους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται για να παράξουν μια απτή απεικόνιση της πραγματικότητας. Σε ένα Γ.Π.Σ. κάθε αντικείμενο αναπαρίσταται γεωμετρικά με την μορφή σημείων, γραμμών, αλλά και ευρύτερων περιοχών. Καθένας από αυτούς τους τύπους σχετίζεται με μετρικές, όπως το μήκος, την περιοχή που περικλείεται, ή το σχήμα. Στις λειτουργίες των Γ.Π.Σ. συμπεριλαμβάνονται δυνατότητες όπως η αξιολόγηση αυτών των μετρικών, αλλά και η επιλογή των κατάλληλων μέσων για την επίτευξη του εκάστοτε στόχου. Για παράδειγμα, υπάρχουν κατάλληλες λειτουργίες για τον υπολογισμό του βαθμού επικάλυψης του χώρου, δύο επικαλυπτόμενων περιοχών, ή αν ένα σημείο οριοθετείται εσωτερικά ή εξωτερικά μιας δοθείσας περιοχής.

Χάρτες

Ο πραγματικός κόσμος αναπαρίσταται μέσω των χαρτών, οι οποίοι απεικονίζουν αναπαραστατικά τα χωρικά δεδομένα. Οι χάρτες παρουσιάζουν συγκεντρωτικά στοιχεία που διευκολύνουν τους ερευνητές να εντοπίσουν διάφορους συσχετισμούς και μοτίβα, ανάμεσα στα χωρικά αντικείμενα. Οι χάρτες αποτελούν την κύρια γραφική έξοδο των Γ.Π.Σ., και το περιεχόμενό τους μπορεί να θεωρηθεί σαν πηγή εισόδου. Οι χαρτογράφοι είναι αρκετά εξοικειωμένοι με πολλούς τύπους χαρτών. Πλέον, όλο και περισσότεροι υπολογιστές χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν την επιφάνεια της Γης, με την σφαιρική της μορφή, σε αντίθεση με την επίπεδη αναπαράσταση που χρησιμοποιείται σε χάρτες όπως ο γνωστός άτλαντας. Ένα τέτοιο παράδειγμα, αποτελεί το γνωστό σε όλους Google Earth.

Πολλαπλές ιδιότητες τόπων

Συχνά αντιλαμβανόμαστε τον γεωγραφικό κόσμο ως μια σειρά από επίπεδα / στρώσεις, όπου κάθε επίπεδο απεικονίζει μια συγκεκριμένη αναπαράσταση, ή ένα σύνολο ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τον κόσμο κατάλληλα. Κατά το στάδιο επεξεργασίας και δημιουργίας ενός νέου επιπέδου, λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες που περιλαμβάνουν μια ψηφιακή απεικόνιση ενός γεωγραφικού χαρακτηριστικού.

Αποστάσεις

Ένα Γ.Π.Σ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση αποστάσεων χρησιμοποιώντας διάφορες μετρικές. Σε αυτές τις μετρικές περιλαμβάνεται η ευθεία απόσταση μεταξύ δύο θέσεων, η απόσταση μεταξύ δύο σημείων, που ακολουθεί ένα δρόμο ή οδικό δίκτυο, καθώς και άλλες τεχνικές που ακολουθούν μια διαφορετική τεχνική προσέγγισης της εκάστοτε απόστασης. Η πιο διαδεδομένη τεχνική είναι αυτή που επικεντρώνεται σε ένα στοιχείο του χάρτη (πχ, ένας αυτοκινητόδρομος), όπου αντιμετωπίζεται σαν ένα σύνολο από σημεία και ευθείες, που καθορίζουν μια ευρύτερη περιοχή.

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Κοινωνικά Δεδομένα - Social Data

Η χρήση της τοποθεσίας είναι αρκετά διαδεδομένη σήμερα στις περισσότερες εφαρμογές, και γίνεται όλο και πιο δημοφιλής σε ακόμη περισσότερες. Στη πραγματικότητα, μπορούμε να διακρίνουμε μια σαφή στροφή από το επιχείρημα ότι τα χωρικά δεδομένα είναι ειδικά (*spatial is special*), που επικρατούσε ως τις αρχές του 2000, στον όρο, τα χωρικά δεδομένα είναι παντού (*spatial is everywhere*). Η γνώση της γεωγραφικής πληροφορίας είναι αρκετά σημαντική δεδομένου ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την χαρτογράφηση της πληροφορίας, την διαχείριση των δεδομένων, ακόμη και την παροχή τοπικών συστάσεων μέσω υπηρεσιών βασιζόμενων στην γεωγραφική θέση (*Location-Based Services*).

Τα κοινωνικά δίκτυα δεν αποτελούν εξαίρεση, και η χρήση της τοποθεσίας κερδίζει γρήγορα έδαφος στον τομέα αυτό, ιδίως σε εφαρμογές που σχετίζονται άμεσα με την γεωγραφική θέση. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης ορίζονται ως ένα σύνολο εφαρμογών που υιοθετούν τις τεχνολογίες του Web 2.0, και επιτρέπουν την δημιουργία, αλλά και την ανταλλαγή περιεχομένου μεταξύ των χρηστών [11]. Η ιδέα είναι ότι οι χρήστες δεν αναπτύσσουν μόνο κοινωνικούς δεσμούς, αλλά οι κοινωνικοί δεσμοί που δημιουργούνται είναι αποτέλεσμα της εκάστοτε γεωγραφικής τους θέσης. Παράλληλα, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης παρέχουν ένα εύκολο τρόπο επικοινωνίας και δικτύωσης των χρηστών, που η δημοτικότητά τους αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς.

Οι περισσότεροι χρήστες των μέσων κοινωνικής δικτύωσης μοιράζονται δημόσια την γεωγραφική τους θέση στο προσωπικό τους προφίλ, είτε με την μορφή κειμένου, είτε συμπεριλαμβάνοντας, πχ την ακριβή θέση ενός σημείου ενδιαφέροντος. Η διαδικασία της εξαγωγής της ακριβούς θέσης ενός χρήστη όσο αφορά την γεωγραφική του θέση (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), είναι γνωστή στην βιβλιογραφία ως *geocoding* (γεωκωδικοποίηση). Στην εργασία αυτή, θα δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στα χωρικά δεδομένα που προκύπτουν από την μελέτη του κοινωνικού δικτύου Foursquare.

2.2 Χωρικά Δεδομένα - Geospatial Data

Σε αντίθεση με την διαδικασία απεικόνισης πληροφοριών που σχετίζονται με αφηρημένα δεδομένα, η διαδικασία της γεω-οπτικοποίησης σχετίζεται συγκεκριμένα με γεω-χωρικά δεδομένα, τα οποία περιέχουν μια γεωγραφική αναφορά. Είναι μια μοναδική τεχνική και ειδικές μέθοδοι και εργαλεία εφαρμόζονται για την πλήρη αξιοποίηση των δεδομένων. Ο Rhind όρισε τα γεωγραφικά χωρικά δεδομένα ως ένα σύνολο χαρακτηριστικών στο χώρο, όπου μπορούν να συνθέσουν μια γεωγραφική περιοχή με δισδιάστατη, ή τρισδιάστατη μορφή (πλάτος - *latitude*, μήκος - *longitude*, και, ενδεχομένως, υψόμετρο - *altitude*) [6]. Πιο συγκεκριμένα, τα γεωγραφικά χωρικά δεδομένα και η πληροφορία διαφέρουν ουσιαστικά από άλλα είδη δεδομένων, δεδομένου ότι είναι από την φύση τους χωρικά δομημένα σε κάποια διάσταση.

Τα δεδομένα που προέρχονται από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης κατά κύριο λόγο είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας των χρηστών. Είναι φανερό ότι ο όγκος των δεδομένων αυτών είναι αρκετά δυναμικός, αδόμητος, και περιέχει «θόρυβο» στην πληροφορία. Αυτά τα γνωρίσματα αποτελούν προσκλήσεις για την διαδικασία εξόρυξης δεδομένων και ανοίγουν ένα νέο δρόμο για την εξεύρεση νέων αποτελεσματικών τεχνικών αξιοποίησης της υπάρχουσας πληροφορίας. Η απομάκρυνση του θορύβου πριν την εξόρυξη της πληροφορίας αποτελεί σημαντική διαδικασία για την σωστή λήψη δεδομένων και τελικά την αναπαράστασή τους στο χάρτη.

Στην διαδικασία της οπτικοποίησης, διάφορες τεχνικές εφαρμόζονται για την απτή απεικόνιση των γεωγραφικών αναφορών. Η αναφορά στα διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να γίνει με την μορφή σημείων ή ολόκληρων περιοχών στον χάρτη. Η χρήση τόσο της έννοιας των σημείων, όσο και των περιοχών, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η γεωγραφική κλίμακα στην οποία εξετάζονται τα δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα χωριό μπορεί να αναπαρασταθεί ως μια ευρύτερη περιοχή πάνω στον χάρτη, ή ως ένα σημείο αν η απεικόνιση γίνεται στα πλαίσια ενός νομού, ή και μιας χώρας.

2.3 Χαρτογραφικές Μέθοδοι Οπτικοποίησης

Η χρήση της οπτικοποίησης για την αναπαράσταση πληροφοριών δεν αποτελεί νέο φαινόμενο. Στην πραγματικότητα, η οπτικοποίηση μπορεί να σχετίζεται με οποιαδήποτε τεχνική δημιουργίας εικόνων, διαγραμμάτων και κινούμενων αναπαραστάσεων, με σκοπό την απόδοση μιας πληροφορίας. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε χάρτες, σχέδια και επιστημονικά δεδομένα για πολλά χρόνια. Όπως επισημαίνεται, οι δυναμικές οπτικές απεικονίσεις βασιζόμενες στους χάρτες, θεωρούνται σημαντικό υπόβαθρο για την επιστημονική γνώση, ενώ παράλληλα, οι χαρτογραφικές οπτικές απεικονίσεις είναι δυνατό να καθορίσουν την διαδικασία γνωστικής αντίληψης για να διευκολύνουν την επιστημονική σκέψη [14]. Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, νέες εξελίξεις στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών έχουν επαναπροσδιορίσει την έννοια της οπτικοποίησης, σε τομείς όπως τα γραφικά υπολογιστών, η επεξεργασία εικόνων, η επεξεργασία οπτικών σημάτων, όπως επίσης και η μελέτη του περιβάλλοντος διεπαφής χρήστη. Οι περισσότερες έννοιες που εφαρμόζονται για τον σκοπό αυτό, γίνονται με άμεσο τρόπο για μια σύγχρονη υπολογιστική τεχνική οπτικοποίησης, καθώς έχει δοθεί έμφαση τόσο στην δημιουργία της γνώσης, όσο και στις μεθόδους επιστημονικής οπτικοποίησης της πληροφορίας.

Ο όρος της οπτικοποίησης αναφέρεται για πρώτη φορά στην βιβλιογραφία με χάρτες το 1953 από τον Philbrick [16], όταν ήδη ονομαζόταν γεω-οπτικοποίηση (geovisualization). Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η γεω-οπτικοποίηση αναπτύχθηκε σαν ένα πεδίο έρευνας που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο έργο του Γάλλου θεωρητικού στον τομέα των γραφικών, Jacques Bertin, του οποίου το έργο πάνω στην χαρτογραφική σχεδίαση και οπτικοποίηση της πληροφορίας επικεντρώθηκε στις πιθανές χρήσεις των χαρτών. Ωστόσο, όπως και με άλλα πεδία έρευνας, καθώς οι υπολογιστικές τεχνικές έχουν βελτιωθεί, οι λειτουργίες της γεω-οπτικοποίησης έχουν γίνει πιο ισχυρές. Σε συνδυασμό με τα Γ.Π.Σ., η γεω-οπτικοποίηση είναι εύκολο να επιτευχθεί, κατά την διάρκεια, ή ύστερα από μια σειρά διαδραστικών λειτουργιών ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, έχει εμφανιστεί ένας νέος όρος, αυτός της χαρτογραφικής οπτικοποίησης. Αυτός ο όρος δεν έχει καθοριστεί με μεγάλη σαφήνεια, και γενικά χρησιμοποιείται σαν μια διαφορετική ονομασία για την γεω-οπτικοποίηση. Ωστόσο, θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο αυτό, μιας και υπογραμμίζει την σημασία των χαρτών για την δημιουργία οπτικών απεικονίσεων (Andrienko, 1999) [40]. Στην πραγματικότητα, όλοι οι χάρτες περιλαμβάνουν τόσο την έννοια της οπτικοποίησης (που αόριστα ορίζεται ως προτροπή για οπτική σκέψη και δημιουργία της γνώσης), όσο και της επικοινωνίας (μεταφορά πληροφορίας), ωστόσο η χρήση των χαρτών μπορεί να διαφέρει σημαντικά ως προς το σε ποια από αυτές τις δραστηριότητες δίνεται μεγαλύτερη έμφαση.

Σήμερα, λαμβάνουμε συνεχώς πολλά διαφορετικά είδη φυσικών και τεχνητών εικόνων από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, πολύ πιο εύκολα και γρηγορότερα όσο ποτέ. Ο άνθρωπος έχει εξοικειωθεί με ζωντανές, και πολύχρωμες εικόνες. Φαίνεται ότι οι εικόνες μπορούν να επιβεβαιώσουν αλλά και να αυξήσουν την αξιοπιστία των γεγονότων. Σε αντίθεση με τις φωτογραφίες, τους πίνακες ζωγραφικής, και τις εγγραφές βίντεο, οι χάρτες περιγράφουν τον κόσμο συνοπτικά και πιο περιεκτικά με επιστημονικό τρόπο. Οι χάρτες είναι ευρέως αποδεκτοί ως ένα ουσιαστικό και ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση και τον διαμοιρασμό της γεωγραφικής πληροφορίας. Για τους περισσότερους ανθρώπους, η πιο σημαντική λειτουργία ενός φυσικού χάρτη είναι ίσως η λειτουργία του προσανατολισμού ή και η πλοήγηση. Ωστόσο, οι χάρτες καθιστούν ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την διαχείριση και την παρατήρηση της ανθρώπινης κοινωνίας, στον τρόπο με τον οποίο αποτυπώνουν άλλου είδους, μη-γεωγραφικές πληροφορίες της καθημερινότητας, όπως ο πληθυσμός, το ποσοστό εκπαίδευσης, κ.ά. Σχεδόν όλη η δραστηριότητα του ανθρώπου μπορεί να μεταφραστεί σε μορφή χάρτη, καθώς οι χάρτες μπορούν να απεικονίσουν τον κόσμο μας σε μικρογραφία.

2.4 Παραδοσιακοί Θεματικοί Χάρτες

Διαφορετικοί από τους γενικούς χάρτες αναφοράς, οι οποίοι αναπαριστούν μόνο φυσικά χαρακτηριστικά, οι θεματικοί χάρτες γενικά χρησιμοποιούνται για να δώσουν έμφαση στην χωρική κατανομή πληροφορίας ενός συγκεκριμένου θέματος ή φαινομένου, όπως η θερμοκρασία, ο πληθυσμός, η εγκληματικότητα, κλπ. Επίσης, μπορούν να συμβάλλουν στην παρατήρηση των αλλαγών σε μια δεδομένη μεταβλητή με την πάροδο του χρόνου, όπως η ιστορία της μετανάστευσης, ή η εξάπλωση μιας ασθένειας. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό, ωστόσο, αποτελεί το γεγονός ότι οι θεματικοί χάρτες μπορούν να απεικονίσουν την σχέση μεταξύ διαφόρων ιδιοτήτων, και να υπάρξει μια γεωγραφική ανάλυση στην συσχέτιση αυτών των γνωρισμάτων. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι θεματικών χαρτών είναι οι: χάρτες πυκνότητας κουκκίδων (dot density maps), χάρτες αναλογικών συμβόλων (proportional symbol maps), χωροπληθείς χάρτες (choropleth maps), ισοπληθείς χάρτες (isopleth maps), και χάρτες θερμότητας (heat maps).

2.4.1 Χάρτες Πυκνότητας Κουκκίδων - Dot Density Maps

Ένας χάρτης πυκνότητας κουκκίδων είναι ένα από τα βασικότερα είδη θεματικού χάρτη. Χρησιμοποιεί κουκκίδες (dots) για να αναδείξει την παρουσία ενός θέματος, και να αναπαραστήσει ένα χωρικό πρότυπο. Σε αυτούς τους χάρτες, μια κουκκίδα μπορεί να αναπαριστά μια, ή περισσότερες μονάδες, ανάλογα με το τι απεικονίζεται στο χάρτη. Υπάρχουν δύο είδη χαρτών πυκνότητας κουκκίδων: οι ένα-προς-ένα (στοιχεία) χάρτες πυκνότητας κουκκίδων, και οι ένα-προς-πολλά (στοιχεία) χάρτες πυκνότητας κουκκίδων. Οι πρώτοι χάρτες, χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση μεμονωμένων γεγονότων που λαμβάνουν χώρα σε μια συγκεκριμένη θέση, όπως η τοποθεσία δημόσιων κτηρίων και υπηρεσιών (πχ, σχολεία). Αυτοί οι χάρτες είναι γνωστοί και ως χάρτες αναφοράς. Ο όρος χάρτες πυκνότητας κουκκίδων τυπικά αναφέρεται στους ένα-προς-πολλά dot χάρτες, όπου ένα σύνολο από μεταβλητές παρουσιάζονται σαν βάση αναφοράς πάνω στον χάρτη. Κάθε σημείο στον χάρτη απεικονίζεται με μια ξεχωριστή κουκκίδα, όπου η τιμή της αντιπροσωπεύει ένα προκαθορισμένο αριθμό συμβάντων, για το φαινόμενο που παρατηρείται. Τα περισσότερα προγράμματα λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών παρέχουν την συγκεντρωτική λειτουργία χαρτών πυκνότητας κουκκίδων, οι οποίοι λαμβάνουν ως είσοδο αθροιστικά στατιστικά στοιχεία για μια δοθείσα περιοχή, και κατανέμει ανάλογα ένα πλήθος σημείων (κουκκίδων), πάνω στον χάρτη.

Κατά την χρήση των θεματικών χαρτών πυκνότητας κουκκίδων, είναι αναγκαίο να εξετάσουμε προσεκτικά την γραφική αναπαράσταση του μεγέθους της κάθε «κουκκίδας», αλλά και της τιμής που σχετίζεται με αυτήν [56]. Μερικές φορές, ορισμένα προβλήματα μπορεί να προκύψουν με τον λανθασμένο καθορισμό των σημείων. Έτσι, κάποιες κουκκίδες μπορεί να επικαλύπτουν άλλες, σε πυκνότερες περιοχές ενδιαφέροντος, ενώ αντίθετα, σε αραιότερα κατανεμημένες περιοχές, μια κουκκίδα να είναι σχεδόν αόρατη. Επιπλέον, η καταμέτρηση των σημείων είναι σχεδόν αδύνατη στις περισσότερες περιπτώσεις. Χρησιμοποιώντας ένα χάρτη πυκνότητας κουκκίδων, χωρίς την βοήθεια ενός υπολογιστή συνήθως οδηγεί σε μια ανακριβή και λανθασμένη εκτίμηση του αποτελέσματος.

Ένας χάρτης πυκνότητας κουκκίδων συνήθως απεικονίζει ποσοτικά δεδομένα, με κάθε κουκκίδα να αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη τιμή. Στην παρακάτω εικόνα, κάθε μεμονωμένο σημείο αντιπροσωπεύει 100 άτομα. Οι χάρτες αυτοί επιτρέπουν στον

αναγνώστη να διακρίνει περιοχές με υψηλότερες, αλλά και χαμηλότερες τιμές της απεικονιζόμενης μεταβλητής. Στις περιοχές με την υψηλότερη πληθυσμιακή πυκνότητα, οι κουκκίδες είναι πιο πολλές και εμφανίζονται αρκετά κοντά η μία με την άλλη. Αντίθετα, οι περιοχές με μικρότερη πυκνότητα στο πληθυσμό, είναι λιγότερο συγκεντρωμένες και περισσότερο αραιά τοποθετημένες στο χάρτη. Οι χάρτες πυκνότητας κουκκίδων συνήθως είναι αρκετά χρήσιμοι για τον εντοπισμό περιοχών που μπορεί να έχουν ανάγκη από κάποιο είδος παρέμβασης. Για παράδειγμα, σε ένα χάρτη που αποδίδει την σεισμογενή δράση, οι περιοχές με την μεγαλύτερη σεισμικότητα, θα απεικονίζονταν με ένα μεγάλο πλήθος κουκκίδων.



Εικόνα 3: Χάρτης Πυκνότητας Κουκκίδων

2.4.2 Χάρτες Αναλογικών Συμβόλων - Proportional Symbol Maps

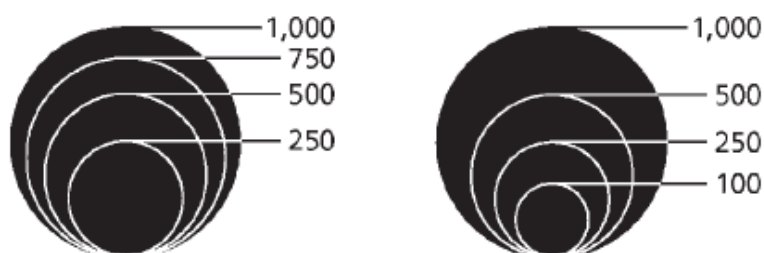
Για την δημιουργία θεματικών χαρτών, συνήθως χρησιμοποιούνται σύμβολα και γραφήματα. Από την περίοδο του 1850, οι χάρτες αναλογικών συμβόλων αποτέλεσαν μια από τις δημοφιλέστερες τεχνικές χαρτογράφησης για την αναπαράσταση τόσο της εκάστοτε θέσης ενός γεγονότος, ή την παρατήρηση της διαφοροποίησης μιας μεταβλητής που σχετίζεται με μια συγκεκριμένη θέση [34]. Για την ευκολότερη και βολικότερη διαδικασία σύγκρισης και υπολογισμού, σύμβολα όπως διαφανείς κύκλοι, αδιαφανείς δισκία και τετράγωνα χρησιμοποιούνται συχνότερα σε αυτή την τεχνική χαρτών, χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση άλλων συμβόλων και γεωμετρικών σχημάτων, που να περιγράφουν κατάλληλα το γεγονός. Αυτά τα σύμβολα κλιμακώνονται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται το μέγεθός τους με την τιμή των δεδομένων που αναλύονται.

Είναι αρκετά σημαντικό να χρησιμοποιήσουμε την κατάλληλη κλίμακα για τα σύμβολα. Ένας χάρτης αναλογικών συμβόλων, παρέχει την πληροφορία στον χρήστη μέσω των μεγεθών των συμβόλων που χρησιμοποιούνται, όσο και της αναλογίας μεταξύ του μεγέθους τους. Αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί (Slocum [35] και Dent [53]), που επικεντρώνονται στην σημασία του μεγέθους των στοιχείων που χρησιμοποιούνται. Ο ευκολότερος τρόπος για να καθορίσουμε το μέγεθος των συμβόλων είναι να δημιουργήσουμε τμήματα που είναι απολύτως ανάλογα με τις τιμές που απεικονίζουν. Σε μερικές περιπτώσεις, για να δείξουμε πολύ μικρές τιμές, αναθεωρούμε το μέγεθος των συμβόλων, ώστε να αποφευχθούν λάθος

εκτιμήσεις. Μια άλλη κοινώς χρησιμοποιούμενη τεχνική κλιμάκωσης είναι η ευρύτερη διαβαθμισμένη κλιμάκωση, όπου γίνεται κατηγοριοποίηση των δεδομένων σε διαφορετικές ομάδες, έτσι ώστε ο αναγνώστης του χάρτη να μπορεί εύκολα να διακρίνει τις διαφορετικότητες μεταξύ των μεγεθών των συμβόλων, που απεικονίζουν διαφορετικές κατηγορίες.

Οι χάρτες αναλογικών συμβόλων συχνά χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν αριθμητικά δεδομένα, και η χρήση τους υιοθετείται για την ανάπτυξη ψηφιακών ατλάντων με την βοήθεια Web μηχανών χαρτογράφησης. Η ανάπτυξη των αναλογικών συμβόλων από τους δημιουργούς των χαρτών, είναι αρκετά εύκολη διαδικασία, ενώ ακόμη και ένας μη-ειδικός χρήστης μπορεί να κατανοήσει απλά την σημασία τους. Ωστόσο, για την σωστή αντίληψη και αντιστοίχιση της πραγματικής περιγραφόμενης τιμής ενός στοιχείου, με το αντίστοιχο μέγεθος του συμβόλου, είναι αναγκαία η δημιουργία ενός κατάλληλου υπομνήματος. Έτσι, ο χρήστης για να διασυνδέσει ένα σύμβολο με μια αριθμητική τιμή, νοητικά συγκρίνει το σύμβολο με το υπόμνημα που του παρέχεται και εκτιμά την πραγματική τιμή του συμβόλου. Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος σωστής εκτίμησης της τιμής με βάση το παρεχόμενο υπόμνημα, το ίδιο το υπόμνημα πρέπει να πληροί κάποια χαρακτηριστικά:

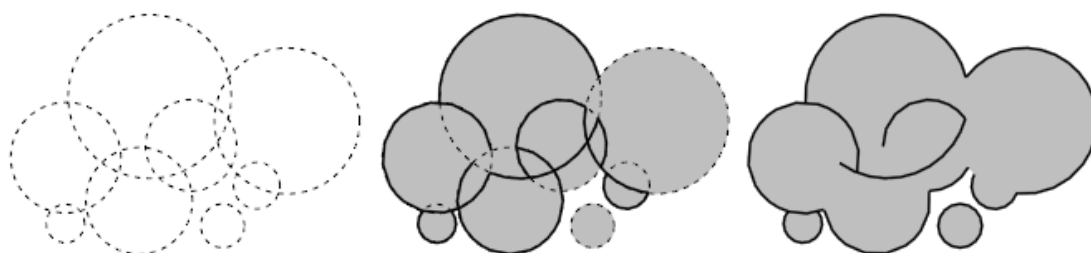
1. Το υπόμνημα πρέπει να δείχνει σύμβολα, τόσο για την μέγιστη όσο και για την ελάχιστη τιμή που αναπαρίσταται στον χάρτη, επιτρέποντας στον αναγνώστη του χάρτη να αντιληφθεί με σαφήνεια το εύρος των τιμών που έχουν χαρτογραφηθεί.
2. Το υπόμνημα είναι αναγκαίο να περιλαμβάνει τρία ή περισσότερα σύμβολα, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ακριβής εκτίμηση της πραγματικής τιμής (Dent [53])
3. Οι τιμές που χαρτογραφούνται πρέπει να είναι στρογγυλοποιημένες, με ένα ή περισσότερα μηδενικά στο τέλος, επειδή οι ακέραιοι αριθμοί είναι ευκολότερο να τους θυμάται κανείς και να τους υπολογίζει (Slocum [35]). Οι μη-ακέραιοι αριθμοί είναι θεμιτοί μόνο σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούμε το μισό, ή το ένα τέταρτο του 10, υψωμένο σε μια ακέραια δύναμη (πχ. 5, 25, ή 50).
4. Τα ενδιάμεσα σύμβολα πρέπει να είναι ομοιόμορφα οπτικά κατανεμημένα. Η τοποθέτηση ενδιάμεσων τιμών σε ακριβώς ίσα διαστήματα έχει ως αποτέλεσμα μια οπτικά άνιση κατανομή. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει ένα υπόμνημα με ίσων διαστημάτων κατανομή (αριστερά), σε σύγκριση με το οπτικά ισορροπημένο υπόμνημα (δεξιά). Στην πρώτη περίπτωση, τα σύμβολα συγκεντρώνονται στο πάνω μισό του υπομνήματος, ενώ αντίθετα στην άλλη περίπτωση, υπάρχει μια ομοιόμορφη κατανομή στην επιφάνεια του υπομνήματος.



Εικόνα 4: Υπομνήματα για Χάρτες Αναλογικών Συμβόλων

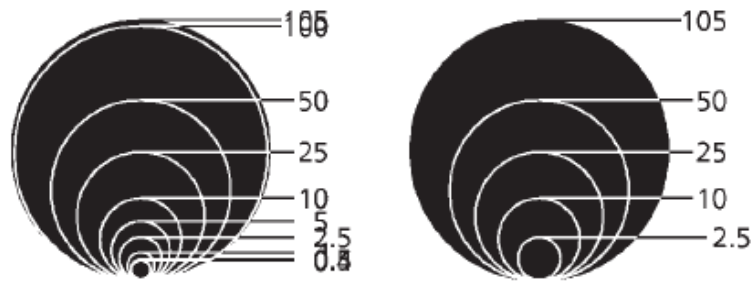
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες αυτές δεν είναι απόλυτες προϋποθέσεις. Για παράδειγμα, η ελάχιστη τιμή μπορεί να είναι αρκετά μικρή για να παρουσιάζεται, το εύρος των τιμών που χαρτογραφούνται ίσως να μην περιέχει στρογγυλούς αριθμούς, ή οι ενδιάμεσες τιμές σε κάποια εφαρμογή να είναι απαραίτητο να προστεθούν. Παράλληλα, θα μπορούσε το υπόμνημα να παρουσιάζει σύμβολα τόσο για την μέγιστη, όσο και για την ελάχιστη τιμή ακόμη και αν οι χρησιμοποιούμενοι αριθμοί δεν είναι στρογγυλοποιημένοι. Για παράδειγμα, εάν η μέγιστη τιμή είναι το 105, το σύμβολο για την μέγιστη τιμή στο υπόμνημα θα ήταν το 100. Η παρουσίαση της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής είναι θεμιτό να παρουσιάζεται [39], μιας και το υπόμνημα είναι το κατάλληλο μέρος για την υπόδειξη του εύρους των τιμών που χαρτογραφούνται, και ο αναγνώστης μπορεί να συμβουλευτεί το υπόμνημα ώστε να εξαγεί σωστά συμπεράσματα.

Η τοποθέτηση των αναλογικών συμβόλων πάνω στον χάρτη μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα, όταν πολλά από τα σύμβολα πρέπει τοποθετηθούν σε ένα μικρό εύρος περιοχής, με αποτέλεσμα την επικάλυψη στοιχείων και την ασάφεια. Ένας χάρτης δεν θα πρέπει να εμφανίζεται ούτε πολύ «γεμάτος», ούτε πολύ «άδειος», οπότε είναι αναγκαίο να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο θα παρουσιαστούν τα σύμβολα σε αυτόν. Η χρήση μικρού μεγέθους συμβόλων δεν δημιουργεί προβλήματα επικάλυψης στοιχείων, ωστόσο η πληροφορία των χωρικών δεδομένων είναι δύσκολο να ανιχνευθεί. Από την άλλη μεριά, η χρήση μεγάλων συμβόλων οδηγεί σε ένα συσσωρευμένο από στοιχεία χάρτη, που είναι σχεδόν δύσκολο να κατανοηθεί και να ερμηνευθεί. Ο προσδιορισμός ιδανικού μεγέθους για τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα, είναι σημαντικό ζήτημα, που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την δημιουργία ενός χάρτη. Στις πιθανές λύσεις για την αποφυγή επικάλυψης στοιχείων, περιλαμβάνεται η μετακίνηση της θέσης των συμβόλων, η χρήση της τεχνικής της διάταξης σε στρώματα (layers), όπου ένα σύμβολο τοποθετείται πάνω σε ένα άλλο μεγαλύτερο, ή η απόδοση συμβόλων πάνω στον χάρτη, ως ημιδιαφανή στοιχεία [39].



Εικόνα 5: Τοποθέτηση Αναλογικών Συμβόλων στο Χάρτη

Για τον κατάλληλο καθορισμό μιας βάσης υπομνήματος, ακολουθούνται τα εξής δύο στάδια: Στο πρώτο στάδιο, ένα σύνολο υποψήφιων μεταβλητών παράγεται μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης έκτασης της περιοχής δεδομένων. Στο δεύτερο στάδιο, απομακρύνονται όλες οι τιμές από το σύνολο των υποψήφιων τιμών, εφόσον πρόκειται για σύμβολα τα οποία οπτικά είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο.



Εικόνα 6: Τιμές Αναλογικών Συμβόλων

Ένα πλεονέκτημα της χρήσης των αναλογικών συμβόλων είναι ότι μπορούν να αναπαραστήσουν περισσότερες από μια μεταβλητές. Για παράδειγμα, σε ένα χάρτη απεικόνισης πιθανών ασθενειών (disease map), το μέγεθος των συμβόλων θα μπορούσε να είναι ανάλογο με τον πληθυσμό που βρίσκεται σε κίνδυνο, και ο σκίασμός (ή ο χρωματισμός) των συμβόλων ανάλογος με την ένταση του κινδύνου.

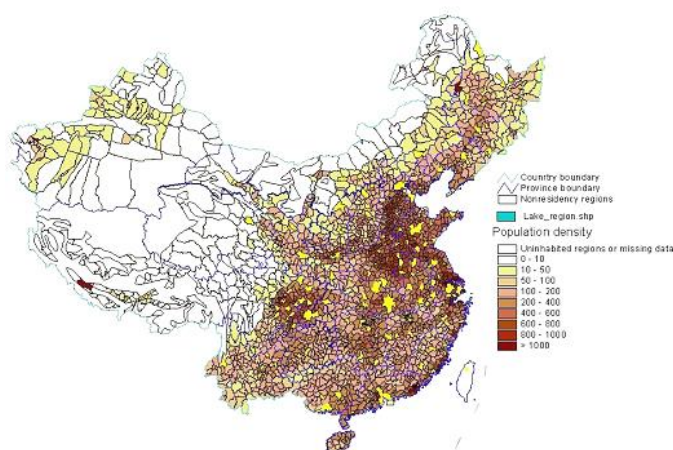
2.4.3 Χωροπληθείς Χάρτες - Choropleth Maps

Το όνομα των χωροπληθών χαρτών προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις, χώρος (που αποδίδει μια περιοχή), και το πλήθος (που συμβολίζει το μέγεθος). Ένας χωροπληθής χάρτης είναι ένας θεματικός χάρτης όπου στις διάφορες περιοχές του δίνεται μια σκίαση, ανάλογα με την τιμή ή την μέτρηση της στατιστικής μεταβλητής που μελετάται και παρουσιάζεται πάνω στον χάρτη. Έτσι δίνεται η δυνατότητα στους αναγνώστες να μπορούν να συγκρίνουν τιμές σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, λαμβάνοντας υπόψη, για παράδειγμα, παράγοντες όπως το μέγεθος της περιοχής, ή την πυκνότητα του πληθυσμού στην εκάστοτε περιοχή. Οι χωροπληθείς χάρτες είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για την προβολή τυποποιημένων στοιχείων, όπως ρυθμοί εναλλαγής των μελετώμενων τιμών, πυκνότητες, ποσοστά, ή πληροφορίες που εκφράζονται ως «μονάδες ανά επιφάνεια». Οι χωροπληθείς χάρτες είναι επίσης αρκετά αποτελεσματικοί για την οριοθέτηση περιοχών, πχ σύμφωνα με την ιδιοκτησία, την χρήση της γης, το τύπο του εδάφους, κλπ [46].

Όταν υπάρχουν περισσότερες τιμές δεδομένων από τα μοναδικά διαθέσιμα σύμβολα, ή τα χρώματα για την διαφοροποίηση των στοιχείων που μελετώνται, οι χωροπληθείς χάρτες συνήθως ταξινομούν τα δεδομένα σε περιοχές τιμών. Ένας διαφορετικός χρωματισμός συνήθως χρησιμοποιείται για κάθε κατηγορία, επιτρέποντας στους χρήστες να προσδιορίσουν ποιες περιοχές έχουν χαμηλές, μεσαίες, ή υψηλές τιμές [49]. Για την παραγωγή ενός αποτελεσματικού χωροπληθούς χάρτη, πρέπει να δοθεί προσοχή στην σωστή επιλογή χρωμάτων, ή αποχρώσεων του γκρι, το πλήθος των κλάσεων και το σύστημα ταξινόμησης. Ένας τυπικός χωροπληθής χάρτης αναθέτει σκούρες αποχρώσεις / σκιές στις υψηλότερες απεικονιζόμενες τιμές, ενώ πιο ανοικτές αποχρώσεις αποδίδονται στις περιοχές που οι μεταβλητές τους έχουν χαμηλότερες τιμές.

Ο παρακάτω χάρτης δείχνει την κατανομή του πληθυσμού της Κίνας το 2000. Οι περισσότεροι από τους ανθρώπους τείνουν να ζουν στις ανατολικές περιοχές, και κυρίως να συγκεντρώνονται γύρω από την πρωτεύουσα, τις παράκτιες ζώνες, και τις κεντρικές περιοχές της ενδοχώρας. Οι ακατοίκητες περιοχές, αλλά και οι περιοχές όπου η πυκνότητα είναι κάτω από 100 άτομα μπορούν να διακριθούν γρήγορα, αν και τα ονόματα αυτών των περιοχών

είναι άγνωστα. Καθώς η πυκνότητα του πληθυσμού ποικίλει δραματικά μεταξύ των περιοχών, μια μεγάλη ποικιλία κατηγοριών είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν για να εκφράσουν τις υπάρχουσες χωρικές διαφοροποιήσεις. Ωστόσο, αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας δημιουργεί ένα πρόβλημα σαφήνειας. Για παράδειγμα, όταν κοιτάμε στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές κοντά στην ακτή, είναι δύσκολο να διακρίνει κανείς εάν η πυκνότητα του πληθυσμού είναι 600-800, ή 800-1000 (άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο), επειδή αυτές οι περιοχές είναι αρκετά μικρές, και οι χρωματισμοί που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των τριών μεγαλύτερων κατηγοριών είναι αρκετά παρόμοια.

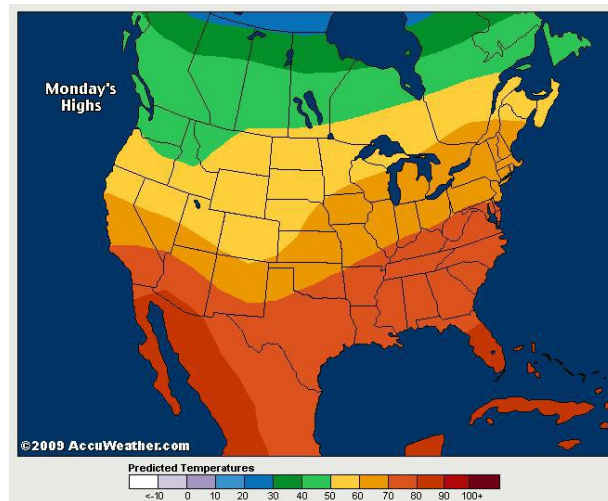


Εικόνα 7: Χωροπληθής Χάρτης

2.4.4 Ισοπληθείς Χάρτες - Isopleth Maps

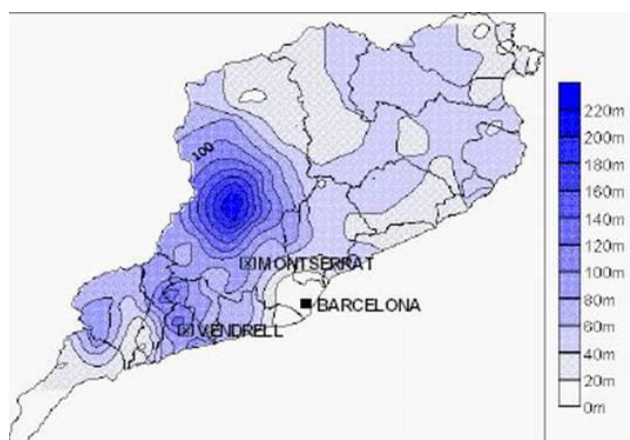
Οι ισοπληθείς χάρτες, γνωστοί και ως χάρτες περιγράμματος, χρησιμοποιούν γραμμές ή χρώματα για να υποδείξουν περιοχές με παρόμοια χωρικά χαρακτηριστικά [48]. Σε αντίθεση με τους χωροπληθείς χάρτες, οι γραμμές ή οι χρωματισμοί που χρησιμοποιούνται, καθορίζονται από παράγοντες όπως τα εγγενή χαρακτηριστικά της περιοχής, και όχι σύμφωνα με μια προκαθορισμένη μονάδα. Οι ισοπληθείς χάρτες έχουν δύο μορφές: πρώτα, διασυνδέουν σημεία που φέρουν τις ίδιες τιμές, και έτσι δημιουργούνται γραμμές με ίσης αξίας χαρακτηριστικά, όπου όλες οι τιμές από την μια πλευρά της γραμμής, έχουν μεγαλύτερη τιμή, και χαμηλότερη, στην αντίθετη μεριά, και δεύτερον, περιοχές που τα χαρακτηριστικά τους φέρουν παρόμοιες τιμές, περικλείονται σε ένα χώρο που σκιάζεται, ή χρωματίζεται με την ίδια απόχρωση.

Ένας ισοπληθής χάρτης χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει συνεχή χωρικά δεδομένα που ποικίλλουν ομαλά πάνω στον χώρο, αποφεύγοντας απότομες αλλαγές-διαφοροποιήσεις, όπως συμβαίνει με τους χωροπληθείς χάρτες. Η θερμοκρασία, για παράδειγμα, επειδή υφίσταται σε κάθε περιοχή και δεν αλλάζει απότομα, αλλά σταδιακά από περιοχή σε περιοχή, θα μπορούσε να χαρτογραφηθεί με την χρήση καμπυλών ίσων τιμών (isoline – όπου οι τιμές μεταξύ αυτών των καμπυλών παρουσιάζουν εμφανή διαφοροποίηση). Η σκίαση από το κόκκινο στο μπλε, είναι ένας από τους πιο κοινούς τρόπους που χρησιμοποιούνται για την ανάδειξη περιοχών, όπου πχ, η θερμοκρασία κυμαίνεται από υψηλή σε χαμηλή.



Εικόνα 8: Ισοπληθής Χάρτης (απεικόνιση θερμοκρασιών)

Ένα άλλο παράδειγμα παρουσιάζεται στο παρακάτω απλό χάρτη. Σε αυτόν τον χάρτη, οι περιοχές με υψηλότερη ή χαμηλότερη βροχόπτωση μπορούν να προσδιοριστούν τόσο από την τιμή των οριογραμμών, όσο και από τα χρώματα της περιοχής, όπως έχουν καθοριστεί. Για παράδειγμα, οι πιο σκούρες αποχρώσεις του μπλε, αντιστοιχούν στις περιοχές με τα υψηλότερα ποσοστά βροχόπτωσης. Αν και οι μετρήσεις δεν είναι τόσο ακριβείς μεταξύ των οριογραμμών, το ποσοστό βροχόπτωσης μπορεί να εκτιμηθεί σε γενικές γραμμές. Δεδομένου ότι οι ισοπληθείς χάρτες αναπαριστούν την εμβαδομετρική προβολή μιας επιφάνειας, η προσεκτική επιλογή των διαστημάτων είναι σαφώς σημαντική για την ορθή οπτικοποίηση των δεδομένων στο χάρτη. Το μειονέκτημα των ισοπληθών χαρτών είναι ότι απευθύνονται σε δεδομένα που έχουν μια «συνέχεια» στην κατανομή τους, ενώ είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός μεγάλου όγκου δεδομένων για την σωστή αποτύπωση του αποτελέσματος πάνω στο χάρτη.



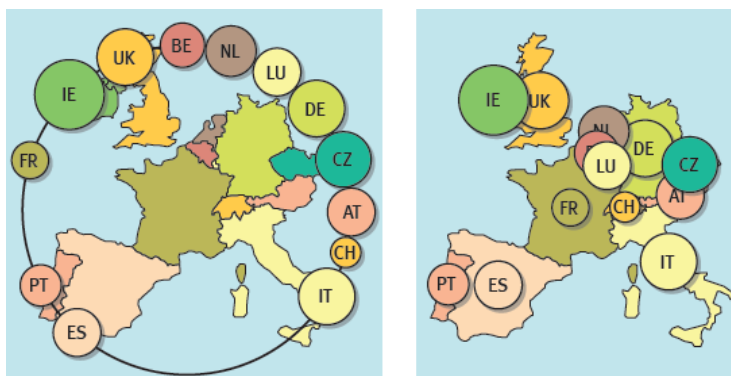
Εικόνα 9: Ισοπληθής Χάρτης (απεικόνιση βροχοπτώσεων)

2.4.5 Χάρτες «Περιλαίμιου» - Necklace Maps

Στην κατηγορία των θεματικών χαρτών, την τελευταία περίοδο εμφανίζεται μια νέα τεχνική χαρτογράφησης της διαθέσιμης χωρικής πληροφορίας, η οποία μεταπηδά ορισμένους περιορισμούς που συνήθως τίθενται κατά την υλοποίηση των τεχνικών που περιεγράφηκαν προηγουμένως. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια νέα προσπάθεια παρουσίασης ποσοτικών δεδομένων, χρησιμοποιώντας αναλογικά σύμβολα για κάθε σχετιζόμενη περιοχή ενδιαφέροντος.

Ένας χάρτης «περιλαίμιου» συνδυάζει στοιχεία από τους χάρτες αναλογικών συμβόλων, καθώς και από τη τεχνική επισήμανσης ορίων, και διακρίνεται έτσι σε δύο συνιστώσες: το βασικό υποκείμενο χάρτη, και μια θεματική επικάλυψη γύρω από αυτόν. Η θεματική επικάλυψη αποτελείται από σύμβολα που το μέγεθός τους, αλλά και ο χρωματισμός τους, σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της περιοχής που μελετώνται. Όπως και με τους χάρτες αναλογικών συμβόλων, τα σύμβολα που επιλέγονται (συνήθως δισκία ή τετράγωνα), κλιμακώνονται έτσι ώστε το μέγεθός τους να ανταποκρίνεται με την σχετική τιμή της περιοχής που αναπαριστά. Αυτά τα σύμβολα, στην συνέχεια, τοποθετούνται γύρω από τον διαθέσιμο χάρτη, σε μορφή «περιλαίμιου», χωρίς να επικαλύπτονται οι περιοχές τους.

Το σχήμα των χαρτών «περιλαίμιου» είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την οπτική εμφάνιση του χάρτη. Κύκλοι και ελλειπτικοί σχηματισμοί είναι ιδιαίτερες συμμετρικές γεωγραφικές τεχνικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται ευρέως, και έχουν σαν αποτέλεσμα το εσωτερικό του χάρτη να μην καλύπτεται, ενώ η γεωγραφική πληροφορία να παρουσιάζεται ευδιάκριτα και με σαφήνεια.



Εικόνα 10: Χάρτης Περιλαίμιου

2.4.6 Χάρτες Θερμότητας - Heat Maps

Ένας χάρτης θερμότητας είναι μια γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου σημείων γεωγραφικών δεδομένων σε ένα δισδιάστατο χώρο. Κάθε σημείο διαθέτει μια συντεταγμένη με τιμή X και μια άλλη, με τιμή Y. Οι τιμές X και Y καθορίζουν την επακριβή τοποθέτηση ενός σημείου πάνω στο επίπεδο. Η πυκνότητα των σημείων στο επίπεδο αυτό, αναπαρίσταται σε ένα χάρτη θερμότητας με την χρήση χρωμάτων.

Η χρήση αυτής της γεωγραφικής αναπαράστασης δεδομένων στο χάρτη, ουσιαστικά ενθαρρύνει την ανάδειξη ενός νέου τρόπου απεικόνισης της πληροφορίας. Με την βοήθεια του χάρτη θερμότητας αναπαριστούμε γραφικά ένα πίνακα τιμών (αριθμών) με την χρήση χρωμάτων, ενώ παράλληλα υλοποιείται μια διαδικασία ομαδοποίησης των σχετιζόμενων δεδομένων, που φέρουν παρόμοιες τιμές. Οι «χαμηλές» τιμές τείνουν να χρησιμοποιούν ανοικτότερες αποχρώσεις του μπλε, ενώ οι «υψηλότερες» τιμές υιοθετούν πιο θερμές αποχρώσεις του κόκκινου, ή του πορτοκαλί χρώματος.



Εικόνα 11: Χάρτης Θερμότητας

2.5 Διαφοροποίηση του τύπου δεδομένων

Υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές απεικόνισης της χωρικής πληροφορίας πάνω στο χάρτη. Η επιλογή της κατάλληλης αναπαράστασης δεν είναι πάντοτε τόσο προφανής και εύκολη διαδικασία, και είναι αναγκαίο να εξετάζονται όλες οι δυνατές λύσεις. Η λανθασμένη επιλογή ενός μη κατάλληλου τύπου χάρτη, είναι ικανή να οδηγήσει στην παραποίηση του τελικού αποτελέσματος. Είναι σημαντικό να έχουμε στο μυαλό μας ότι στην διαδικασία της χαρτογράφησης, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται άμεσα από τον τύπο των διαθέσιμων δεδομένων. Διακρίνουμε τέσσερις βασικές κατηγορίες δεδομένων:

- Ποιοτικά δεδομένα (Qualitative data)
- Ποσοτικά δεδομένα με απόλυτες τιμές (Quantitative data with absolute values)
- Ποσοτικά δεδομένα με αναλογία τιμών (Quantitative data with ratios values)
- Διατεταγμένα δεδομένα (Ordinal data) – Κατάταξη δεδομένων

Ο κάθε τύπος δεδομένων είναι δυνατό να συσχετιστεί με μια γεωγραφική αναφορά: σημεία, γραμμές ή πολύγωνα (περιοχές).

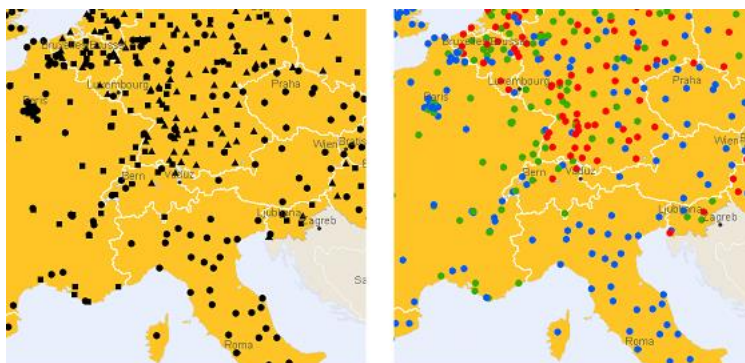
Ποιοτικά δεδομένα

Ένα σύνολο δεδομένων ονομάζεται «ποιοτικό», όταν η τιμή του είναι συμβολική με ποιοτικές διαφορές: τα συστατικά τους στοιχεία δεν επιτρέπουν την δημιουργία ενός εύρους σχέσεων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ας αναλογιστούμε τον κάθε τύπο δεδομένων, ανάλογα με μια από τις παραπάνω γεωγραφικές αναφορές:

- Σημεία: Η ακριβής θέση μιας οντότητας (πχ, πανεπιστήμια, πολυτεχνεία, κλπ)
- Γραμμές: Ένα δίκτυο επικοινωνίας, χωρίς ιστούς ιεραρχίας (πχ, οδικά δίκτυα, κλπ)
- Περιοχές: Ένα εύρος περιοχής που περικλείεται από ένα σύνολο γραμμών (πχ, αστικές περιοχές, αγροτικές περιοχές, κλπ)

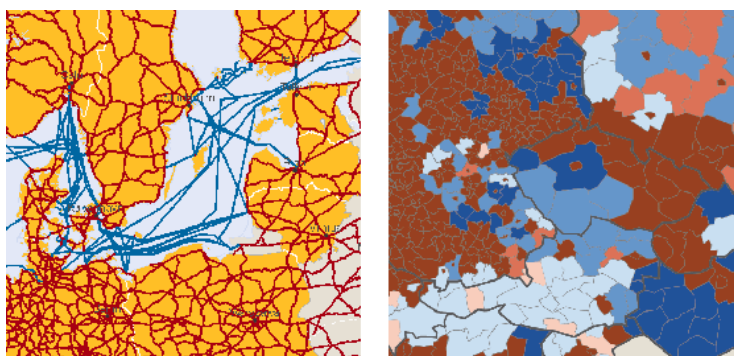
Τα ποιοτικά δεδομένα θα πρέπει να παρουσιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην απαιτείται κάποια κατάταξή τους, ή καταμέτρηση της ποσότητάς τους. Γενικά, υπάρχουν δύο διαθέσιμες τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράστασή τους: η χρήση γεωμετρικών συμβόλων ή η χρήση διαφορετικού χρωματισμού, έτσι ώστε να αναδειχθούν οι διαφορές των στοιχείων.

Στην παρακάτω εικόνα, γίνεται χρήση της γεωγραφικής αναφοράς των σημείων, όπου η πιο αποδοτική τεχνική απόδοσης της πληροφορίας γίνεται με την χρήση χρωμάτων ή γεωγραφικών συμβόλων. Είναι σημαντικό κατά την χαρτογράφηση να χρησιμοποιείται ένας περιορισμένος αριθμός τέτοιων συμβόλων ή χρωμάτων, έτσι ώστε η ανάγνωση του χάρτη να γίνεται ευκολότερα.



Εικόνα 12: Ποιοτικά Δεδομένα (χρήση σημείων)

Για τις γεωγραφικές γραμμές και περιοχές χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί.



Εικόνα 13: Ποιοτικά Δεδομένα (χρήση γραμμών - περιοχών)

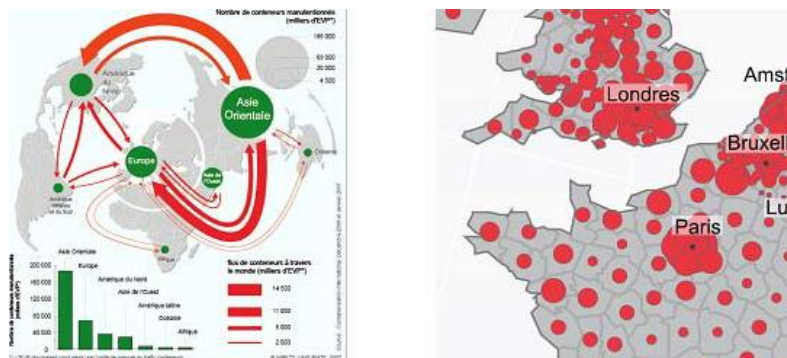
Ποσοτικά δεδομένα με απόλυτες τιμές

Ένα σύνολο δεδομένων ονομάζεται ποσοτικό με απόλυτες τιμές όταν η τιμή του σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα. Το άθροισμα των διαφορετικών τιμών μπορεί να υπολογιστεί και η τελική αξία του έχει πραγματική έννοια. Για παράδειγμα, ο πληθυσμός μιας χώρας, οι εκπομπές CO₂, κλπ, αποτελούν απόλυτα ποσοτικά δεδομένα, εάν αναλογιστούμε στοιχεία όπως το πλήθος των κατοίκων, τον όγκο των εκπομπών αερίων κτλ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι γεωγραφικές αναφορές:

- Σημεία: πχ, πληθυσμός όλων των ευρωπαϊκών πόλεων
- Γραμμές: η ροή στοιχείων

- Περιοχές: πχ, ο πληθυσμός των NUTS (ονοματολογία των εδαφικών στατιστικών μονάδων)

Ανεξάρτητα από τον τύπο των γεωγραφικών αντικειμένων (σημεία, γραμμές, περιοχές), η χαρτογράφηση των ποσοτικών δεδομένων με απόλυτες τιμές θα πρέπει να «σέβεται» την έννοια της ποσότητας και τις διαφορές στην αναλογικότητα. Για τα αντικείμενα, όπως τα σημεία ή οι περιοχές, η πιο κοινή αναπαράσταση της πληροφορίας γίνεται με την χρήση αναλογικών συμβόλων (πχ, δίσκοι). Το μέγεθος των συμβόλων αυτών είναι πάντα ανάλογο με την τιμή των δεδομένων που αντιπροσωπεύει. Κατά την χρήση γραμμών, για την απεικόνιση των δεδομένων, είναι αναγκαίο να λάβουμε υπόψη το μέγεθος της χρησιμοποιούμενης γραμμής (πλάτος, όπως παρουσιάζεται παρακάτω), όπου είναι ανάλογο με την τιμή των δεδομένων που περιγράφει.



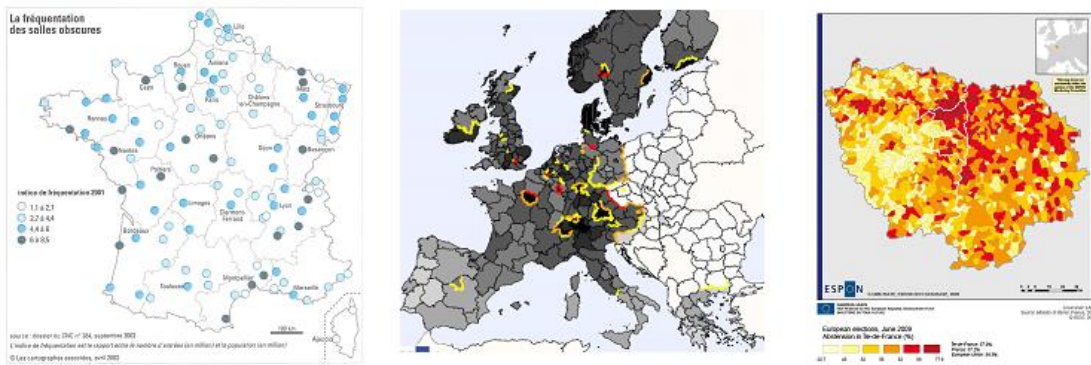
Εικόνα 14: Ποσοτικά δεδομένα με απόλυτες τιμές

Ποσοτικά δεδομένα με αναλογία τιμών

Τα ποσοτικά δεδομένα με λόγο τιμών υπολογίζονται και εκφράζονται ως μια σειρά από αναλογικές τιμές, ή μεταβολές, όπως ποσοστά, τιμές ανά κάποια μονάδα μέτρησης (πχ, ανά χιλιόμετρο), κτλ. Η οπτική αναπαράσταση αυτών των δεδομένων είναι και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη.

- Σημεία: πχ, ποσοστό συμμετοχής κατοίκων σε δημόσιες εκδηλώσεις
- Γραμμές: ΑΕΠ ανά κάτοικο
- Περιοχές: πχ, αποχή από τις δημοτικές εκλογές

Σε αυτόν τον τύπο ποσοτικών δεδομένων, χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο η choropleth τεχνική χαρτογράφησης, όπου η πυκνότητα των χρησιμοποιούμενων συμβόλων συνδέεται άμεσα με τα ποσοτικά δεδομένα που θέλουμε να απεικονίσουμε. Η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα στην απόδοση του χάρτη εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο εύρος τιμών, με τις πιο αραιές περιοχές να φέρουν ανοικτό χρωματισμό, και τις πυκνότερες, πιο σκούρο.



Εικόνα 15: Ποσοτικά δεδομένα με αναλογία τιμών

Κατάταξη δεδομένων

Στην κατηγορία αυτή εντοπίζουμε δεδομένα στα οποία υφίσταται μια λογική κατάταξη σε διάφορες κατηγορίες. Ουσιαστικά, χρησιμοποιούνται κλίμακες που αναπαριστούν ένα εύρος περιοχής με μια υψηλή και μια χαμηλή τιμή, και με ενδιάμεσες τιμές να αποτελούν «σκαλοπάτια» στην κλίμακα.

- Σημεία: πχ, κλίμακα ανεργίας
- Γραμμές: πχ, ιεραρχία δρόμων
- Περιοχές: πχ, βαθμός πολυκεντρικότητας

Η αναπαράσταση αυτών των δεδομένων βασίζεται στην έκφραση της φυσικής σειράς των διαδικασιών. Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές γεωγραφικές αναφορές (σημεία, γραμμές ή περιοχές), δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μόνο δύο μεταβλητές γραφικών: μια τιμή του γκρι, ή απόχρωση ενός χρώματος. Επειδή χρησιμοποιούνται οι παραπάνω αποχρώσεις ή οι διαφοροποιήσεις του γκρι, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας ιεραρχίας που να υποδηλώνει πως εξελίσσεται σταδιακά το φαινόμενο, ώστε να γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τον τελικό χρήστη.



Εικόνα 16: Κατάταξη δεδομένων

Κεφάλαιο 3^ο

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, ένα νέο είδος λογισμικού αναπτύχθηκε με σκοπό την επεξεργασία και την διαχείριση χωρικών δεδομένων. Η διαχείριση των χωρικών δεδομένων συνήθως περιλαμβάνει διαδικασίες απόκτησης, αποθήκευσης, και διατήρησης πληροφοριών, όπως επίσης και την εκτενή ανάλυσή τους, παράγοντας τελικά κάποια αποτελέσματα. Για πάρα πολύ καιρό, η διαδικασία συλλογής δεδομένων δεν ήταν εύκολα εφικτή και η επεξεργασία τους γινόταν με χειρωνακτικό τρόπο. Η εμφάνιση των σύγχρονων τεχνολογιών, ωστόσο, οδήγησε σε μια αυξανόμενη τάση χρήσης των υπολογιστών και της τεχνολογίας των πληροφοριών σε όλες τις πτυχές της χωρικής διαχείρισης δεδομένων [28]. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για αυτόν τον σκοπό είναι τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS), όπου βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορους τομείς και κλάδους, ως εργαλεία για την αξιοποίηση των χωρικών δεδομένων σε ένα γεωγραφικό περιβάλλον.

Έχοντας μια σαφή εικόνα των χαρακτηριστικών των ΓΠΣ, προχωρούμε στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εφαρμογής, που ως στόχο έχει την τμηματοποίηση και τον διαχωρισμό μιας δοθείσας περιοχής (στα πλαίσια μιας πόλης), σε μικρότερες περιοχές. Ο διαχωρισμός αυτός δεν ακολουθεί μια αυθαίρετη λογική κατάτμησης, αλλά βασίζεται στον διαχωρισμό σε πολεοδομικά τετράγωνα, δημιουργώντας έτσι μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος, σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα.

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί δύο ριζικά διαφορετικούς τύπους πληροφοριών κατά την διαδικασία της σκέψης: την λεκτική και την οπτική. Ο λεκτικός τρόπος σκέψης είναι σημαντικός για την διαδικασία της γραφής και της ανάγνωσης, της συζήτησης και της λογικής σκέψης. Ο οπτικός τρόπος σκέψης συνήθως βρίσκει εφαρμογή κατά την διαδικασία κατανόησης εννοιών όπως η ομαδοποίηση, η χωρική διαμόρφωση αντικειμένων, και ο σχηματισμός ευρύτερων τμημάτων που εξυπηρετούν κάποιο σκοπό. Τα χωρικά δεδομένα, όπως περιεγράφηκαν, διαπιστώνουμε ότι σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τον οπτικό τρόπο σκέψης. Για παράδειγμα, ένα από τα πρώτα βήματα στην διάρκεια της επεξεργασίας και του ελέγχου της χωρικής πληροφορίας, είναι η γεωγραφική ανάλυση των δεδομένων και η κατανόησή τους, με σκοπό την δημιουργία ενός θεματικού χάρτη, όπου η απεικόνιση της τελικής πληροφορίας και η παρουσίαση του προβλήματος γίνεται οπτικά.

Οι χάρτες, ωστόσο, μπορεί ορισμένες φορές να είναι αρκετά παραπλανητικοί ως προς το περιεχόμενό τους, εάν δεν έχει δοθεί μεγάλη έμφαση κατά το στάδιο του σχεδιασμού. Ολοένα και μεγαλύτερη προσοχή έχει αφιερωθεί τα τελευταία χρόνια στην διερεύνηση τεχνικών οπτικοποίησης πολλών τύπων προβλημάτων από διαφορετικούς κλάδους, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της επιστημονικής απεικόνισης (πχ, η χρήση πληροφοριακών συστημάτων για την εκπροσώπηση και την αλληλεπίδραση με πληροφορίες, με τέτοιο τρόπο που να ενισχύει τον οπτικό τρόπο σκέψης). Η χωρική οπτικοποίηση αποτελεί ένα υπομέρος της επιστημονικής απεικόνισης, η οποία επιχειρεί να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που παρέχονται από τους υπολογιστές για την εξεύρεση νέων τρόπων επέκτασης των παραδοσιακών χαρτογραφικών μεθόδων, με σκοπό την καλύτερη και πιο απτή κατανόηση της χωρικής πληροφορίας.

3.1 Εργαλεία ανάπτυξης αλγορίθμου

3.1.1 Leaflet.js

Η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός της εφαρμογής μας γίνεται με την βοήθεια μιας βιβλιοθήκης, τη leaflet.js . Το leaflet είναι ουσιαστικά μια μοντέρνα JavaScript βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα, κατάλληλη για την δημιουργία φιλικών προς τον χρήστη διαδραστικών χαρτών. Το leaflet σχεδιάστηκε με βάση την ικανοποίηση κριτηρίων, όπως της απλότητας, της απόδοσης και της ευχρηστίας. Λειτουργεί αποτελεσματικά σε όλες τις βασικές επιτραπέζιες, αλλά και κινητές πλατφόρμες, χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά της HTML5 και του CSS3, στους σύγχρονους περιηγητές.



Εικόνα 17: Leaflet logo

3.1.2 OpenStreetMaps

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε στην υλοποίηση της εργασίας μας προέρχονται από το OpenStreetMap. Το OpenStreetMap (OSM) είναι μια συνεργατική προσπάθεια ανάπτυξης ενός δωρεάν παγκόσμιου χάρτη δεδομένων. Η χρήση του είναι δωρεάν, και πρόκειται για ένα χάρτη με δεδομένα από όλο τον κόσμο, του οποίου το περιεχόμενο είναι ελεύθερο προς τροποποίηση, επεξεργασία και χρήση [b]. Σε αντίθεση με άλλα σετ δεδομένων, όπως το Google Maps Maker, το OpenStreetMap παρέχει ελεύθερη πρόσβαση σε όλο το σύνολο των δεδομένων. Στην πραγματικότητα, δεν πρόκειται μόνο για μια τεράστια δωρεάν πηγή δεδομένων, αλλά είναι μια πλατφόρμα που έχει αναπτυχθεί με την βοήθεια δωρεάν εργαλείων, όπου δίνει την ελευθερία στους «εθελοντές» χρήστες να συνεισφέρουν την γνώση τους και να συμβάλλουν ενεργά στην βελτίωση της ποιότητας των ήδη υπαρχόντων δεδομένων.

Ο κυριότερος τρόπος με τον οποίο οι χρήστες συμμετέχουν στο OpenStreetMap είναι με την επεξεργασία του χάρτη. Αρχικά δημιουργείται ένας δωρεάν λογαριασμός, και στην συνέχεια δίνεται η δυνατότητα να συμβάλει στην βελτίωση του χάρτη, είτε προτείνοντας ορισμένες αλλαγές στα ήδη υπάρχοντα δεδομένα που βελτιώνουν λανθασμένες πληροφορίες, είτε προσθέτοντας νέα δεδομένα. Τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από την καταγραφή πληροφοριών από διάφορες πηγές, όπως γεωγραφικό στίγμα GPS, και στην συνέχεια εισάγονται στο OpenStreetMap, τα οποία γίνονται διαθέσιμα σε ολόκληρη την κοινότητα του OpenStreetMap.

Τα παραπάνω δεδομένα, ωστόσο, περιέχουν πληροφορία η οποία δεν είναι αναγκαία ή και πολλές φορές κατάλληλη για την ανάπτυξη του χάρτη, με αποτέλεσμα να υπάρχει ένας τελικός «θόρυβος» στην απόδοση του θεματικού χάρτη. Έτσι, είναι αναγκαία η εξάλειψη κάθε πληροφορίας που θα μπορούσε να επηρεάσει την διαδικασία ανάπτυξης του χάρτη και της απεικόνισης δεδομένων σε αυτόν. Αυτό το επιτυγχάνουμε με την βοήθεια του Overpass API. Το Overpass API, είναι ένα API ανάγνωσης που εξυπηρετεί την διαδικασία λήψης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από το OSM. Λειτουργεί ως ένα μέσο λήψης δεδομένων

μέσω διαδικτύου, όπου ο client στέλνει ένα ερώτημα (query) στο API και δέχεται σαν αποτέλεσμα ένα σύνολο δεδομένων, που ανταποκρίνεται στο αντίστοιχο ερώτημα.

Σε αυτήν την εργασία, τα δεδομένα που είναι απαραίτητα να εξάγουμε από το OpenStreetMaps είναι οι κόμβοι - διασταυρώσεις (nodes) μιας ευρύτερης περιοχής, και κατ' επέκταση οι δρόμοι που σχηματίζονται από μια σειρά κόμβων που ανακτήθηκαν προηγουμένως. Οι κόμβοι είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία του OpenStreetMap για την μοντελοποίηση δεδομένων. Αποτελούνται από απλά χωρικά στοιχεία, που χρησιμοποιούν συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους (latitude) και μήκους (longitude).

Σε αντίθεση με το OpenStreetMaps API, το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για επεξεργασία, το Overpass API είναι κατάλληλο για τελικούς χρήστες που έχουν ανάγκη από χωρικές πληροφορίες, και οι οποίοι χρειάζονται μερικά στοιχεία, από μια τεράστια πηγή δεδομένων όπως το OSM. Τα ερωτήματα που γίνονται στο Overpass API είναι σε XML μορφή.

3.1.3 Overpass API

Εξαγωγή Κόμβων

Το ερώτημα που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των κόμβων είναι το παρακάτω:

```
<query type="way">
<has-kv k="highway"/>
<bbox-query {{bbox}}/>
</query>

<recurse type="way-node"/>

<print/>
```

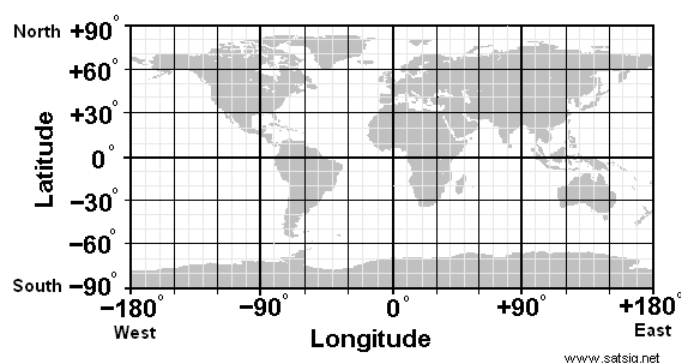
Το παραπάνω ερώτημα προσπαθεί να εξάγει ένα σύνολο κόμβων οι οποίοι εμπεριέχονται στα πλαίσια ενός Bounding Box (πλαίσιο οριοθέτησης). Πρόκειται για μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή στο χάρτη, η οποία περιέχει όλη την επιθυμητή πληροφορία που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε, και ορίζεται με την βοήθεια δύο γεωγραφικών μεταβλητών, του πλάτους και του μήκους. Το παραπάνω ερώτημα επιχειρεί να ανακτήσει όλους τους κόμβους οι οποίοι έχουν σαν βασικό χαρακτηριστικό αναγνώρισης την λέξη-κλειδί «highway», δηλαδή όλοι οι κόμβοι που ανήκουν σε ένα δρόμο. Η διαδικασία γίνεται με αναδρομική αναζήτηση όλων των κόμβων που ανήκουν στο πλαίσιο ενδιαφέροντός και οριοθέτησής μας.

Γεωγραφικό Πλάτος:

Το γεωγραφικό πλάτος είναι η γωνιακή απόσταση οποιουδήποτε σημείου βόρεια ή νότια του ισημερινού, και πρόκειται για έναν δεκαδικό αριθμό με την τιμή του να κυμαίνεται από -90,0° ως 90,0°. Ο ισημερινός είναι μια περιμετρική γραμμή γύρω από την Γη, και ενδιάμεσα από τον Βόρειο και τον Νότιο πόλο, με γεωγραφικό πλάτος 0°. Επομένως όταν κινούμαστε προς τα βόρεια, η τιμή του πλάτους αυξάνεται, μέχρι την μέγιστη τιμή των 90°, ενώ προς τα νότια συνεχώς μειώνεται, μέχρι την ελάχιστη τιμή των -90°. Οι γραμμές που ορίζουν το γεωγραφικό πλάτος, είναι παράλληλες γραμμές οι οποίες ισαπέχουν με απόσταση περίπου 111km (69 μίλια).

Γεωγραφικό Μήκος:

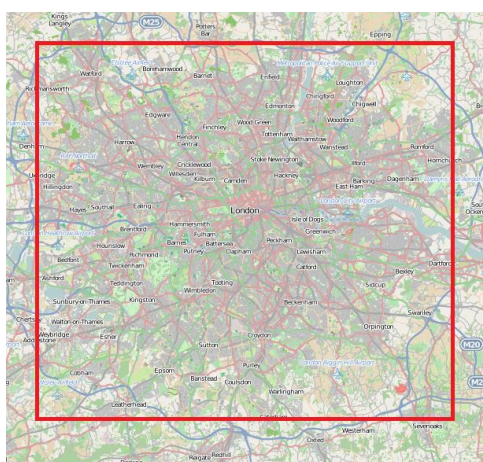
Το γεωγραφικό μήκος είναι η γωνιακή απόσταση οποιουδήποτε σημείου ανατολικά ή δυτικά σε σχέση με ένα σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης. Σε αντίθεση με το γεωγραφικό πλάτος, για το γεωγραφικό μήκος δεν υπάρχει ένα μηδενικό σημείο αναφοράς, όπως ο ισημερινός, οπότε για να αποφευχθεί η παρερμηνεία στην κατανόηση του συστήματος, ορίστηκε σαν σημείο με 0° , η κατακόρυφη ευθεία που διέρχεται από το Βασιλικό Αστεροσκοπείο του Γκρήνουιτς. Οι τιμές που αποκτά το γεωγραφικό μήκος, κυμαίνονται μεταξύ του $-180,0^\circ$ και του $180,0^\circ$.



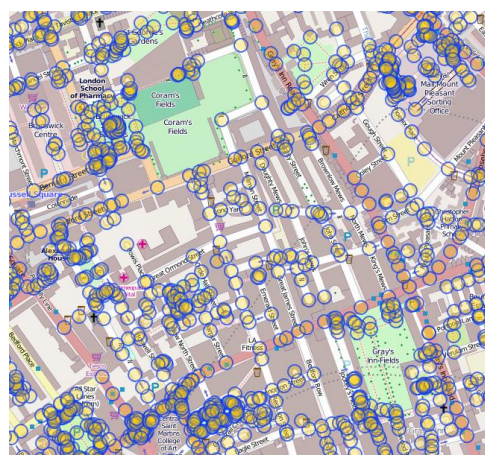
Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα πλαισίου οριοθέτησης, όπου απεικονίζει το Λονδίνο, και συνεπώς όλους τους επιθυμητούς κόμβους που θέλουμε να εξάγουμε από αυτό:

`bbox = min Longitude , min Latitude , max Longitude , max Latitude`

`bbox = 0.489, 51.28, 0.236, 51.686`



Εικόνα 18: Bounding Box για το Λονδίνο



Εικόνα 19: Κόμβοι στο κέντρο του Λονδίνου

Η εκτέλεση του ερωτήματος για την λήψη των κόμβων, επιστρέφει αποτελέσματα με δεδομένα σε XML μορφοποίηση, που ακολουθούν την παρακάτω μορφή:

```

<node id="2213119441" lat="37.9640806" lon="23.6321437"/>
<node id="2225396346" lat="37.9624014" lon="23.6464477"/>
<node id="2249182936" lat="37.9614684" lon="23.6566361">
  <tag k="highway" v="crossing"/>
</node>
<node id="2249182951" lat="37.9633895" lon="23.6577709"/>
<node id="2249182952" lat="37.9634077" lon="23.6580033">
  <tag k="highway"/>
</node>

```

Οι επιστρεφόμενοι κόμβοι είναι δυνατό να περιέχουν κάποια πρόσθετη πληροφορία (tags), που μας βοηθά να κρίνουμε εάν τα δεδομένα που παρέχονται είναι κατάλληλα για χρήση. Στο σημείο αυτό, επιθυμούμε δεδομένα με λέξη-κλειδί (k) το «highway», ώστε η ληφθείσα πληροφορία να περιέχει δεδομένα σχετικά με κόμβους οδικών δικτύων.

Εξαγωγή Δρόμων

Παράλληλα, πέρα από την διαδικασία εξαγωγής των κόμβων μιας περιοχής, θέλουμε να δημιουργήσουμε μια κατάλληλη βάση δεδομένων με το σύνολο των υπαρχόντων δρόμων. Ο κάθε δρόμος αποτελείται από ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών συντεταγμένων (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), όπου το κάθε ζεύγος ταυτίζεται με ένα από τους κόμβους που εξάγαμε στο προηγούμενο στάδιο. Έτσι, ο κάθε δρόμος αποτελείται από δύο ή περισσότερους κόμβους - διασταυρώσεις, και η γνώση αυτής της πληροφορίας είναι απαραίτητη για την επιτυχή τμηματοποίηση μιας ευρύτερης αστικής περιοχής, σε μικρότερα χωρικά τμήματα.

Το ερώτημα που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή του συνόλου των δρόμων της περιοχής ενδιαφέροντός μας, είναι το παρακάτω:

```

<bbox-query {{bbox}}/>

<recurse type="node-way"/>

<print/>

```

Το παραπάνω ερώτημα επιχειρεί να ανακτήσει όλους τους διαθέσιμους δρόμους της περιοχής που μελετάμε (δρόμοι που ανήκουν στα γεωγραφικά πλαίσια του bbox), και απαρτίζονται από ένα πλήθος κόμβων που συνθέτουν την έννοια του δρόμου.

Η εκτέλεση του ερωτήματος για την λήψη των δρόμων, επιστρέφει αποτελέσματα με δεδομένα σε XML μορφοποίηση, που ακολουθούν την παρακάτω μορφή:

```

<way id="27789145">
  <nd ref="305135707"/>
  <nd ref="305123821"/>
  <nd ref="1156484423"/>
  <nd ref="2893781442"/>
  <nd ref="3589455247"/>

```

```
<tag k="highway" v="residential"/>
<tag k="int_name" v="Irodou"/>
<tag k="name" v="Ηροδότου"/>
</way>
```

Ενδεικτικά, στο παραπάνω αποτέλεσμα, επιστράφηκε ένας κύριος δρόμος μιας περιοχής, ο οποίος αποτελείται από πέντε γεωγραφικές αναφορές συντεταγμένων (nd), με κάθε αναφορά να αντιπροσωπεύει ένα ζεύγος γεωγραφικών συντεταγμένων (γεωγρ. πλάτος και μήκος). Παραθέτοντας τους εξαγόμενους γεωγραφικούς κόμβους με μια κατάλληλη σειρά, και ενοποιώντας νοητά τα σημεία τους, σχηματίζεται η έννοια ενός δρόμου.

Παράλληλα, σε κάθε αποτέλεσμα που επιστρέφεται, υπάρχει κάποια πρόσθετη πληροφορία (tags), η οποία καθορίζει εάν το αποτέλεσμα που ανακτήσαμε είναι επιθυμητό. Στην παρούσα εργασία, τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν και επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε για να τα αναλύσουμε και, σε τελική φάση, να δημιουργήσουμε έναν χωρικά διαιρεμένο αστικό χάρτη σε μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος, είναι δεδομένα που σχετίζονται με την λέξη-κλειδί «highway». Τα δεδομένα αυτά θα μας βοηθήσουν να αναπτύξουμε ένα χάρτη με περιοχές ενδιαφέροντος, οι οποίες θα καλύπτουν αστικά πολεοδομικά τετράγωνα.

Δημιουργία .osm αρχείων

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, έχουμε την δυνατότητα να θέσουμε ένα ερώτημα στη βάση του OpenStreetMap, με την βοήθεια του OverPass API, και να μας επιστραφεί η κατάλληλη πληροφορία που επιζητούμε για την ανάπτυξη του χάρτη. Η επιστρεφόμενη πληροφορία μπορεί να εξαχθεί σε διάφορους τύπους αρχείων. Τα δεδομένα που επιλέγονται, αποθηκεύονται σε αρχεία τύπου .osm, τα οποία στην συνέχεια θα επεξεργαστούμε, ώστε να εξαλείψουμε μη επιθυμητή πληροφορία (θόρυβος). Η σύνταξη των δεδομένων είναι σε XML μορφή.

Αποθήκευση δεδομένων

Στο σημείο αυτό, είναι αναγκαίο να δημιουργήσουμε μια βάση δεδομένων που θα περιλαμβάνει τα δεδομένα που εξάγαμε από τα προηγούμενα βήματα. Αντίστοιχα, για τα δεδομένα που σχετίζονται με τους γεωγραφικούς κόμβους, όσο και για τα δεδομένα που αναπαριστούν δρόμους του εθνικού δικτύου, δημιουργούμε έναν χωριστό πίνακα στην βάση και αποθηκεύουμε την πληροφορία.

Ανάλυση .osm αρχείου, για την αποθήκευση δεδομένων με κόμβους στην database:

```
<?php

$dbc = @mysqli_connect ('localhost', 'root', '', 'osm') OR die ('Could not connect to MySQL: ' . mysqli_connect_error() );

$doc = new DOMDocument();
$doc->load('interpreter_nodes_of_ways.osm');
```

```

$nodes = $doc->getElementsByTagName("node");
foreach ($nodes as $specific_node) {
    foreach($specific_node->attributes as $child) {
        if ($child->nodeType == XML_ATTRIBUTE_NODE) {
            if($child->name == 'id'){

                ## euresi "id" komvou
                $id = $child->textContent;

            }else if($child->name == 'lat'){

                ## euresi "latitude" komvou
                ## (geografiko platos)
                $latitude = $child->textContent;

            }else if($child->name == 'lon'){

                ## euresi "longitude" komvou
                ## (geografiko mikos)
                $longitude = $child->textContent;

                $q = "INSERT INTO nodes (node_id, node_lat, node_lon)
                VALUES ('$id', '$latitude', '$longitude')";
                $r = @mysqli_query ($dbc, $q);

            }

        }
    }
}

?>

```

Για την επεξεργασία και την αποθήκευση των δεδομένων, δημιουργήθηκε ένα script σε PHP γλώσσα προγραμματισμού, το οποίο επιχειρεί να αναλύσει (parse) την ληφθείσα πληροφορία του .osm αρχείου, και να δημιουργήσει για κάθε κόμβο που λαμβάνει μια εγγραφή στο αντίστοιχο πίνακα της βάσης δεδομένων. Η πληροφορία που μας ενδιαφέρει σχετίζεται μόνο με τους κόμβους (nodes), ενώ οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του .osm, παραβλέπεται και δεν λαμβάνεται υπόψη κατά την επεξεργασία των δεδομένων. Το script δέχεται σαν είσοδο το .osm αρχείο δεδομένων που δημιουργήσαμε και για όλους τους κόμβους επιχειρεί να εντοπίσει τα εσωτερικά χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους. Η κάθε νέα εγγραφή που αποθηκεύεται στην βάση δεδομένων αποτελείται από ένα μοναδικό χαρακτηριστικό αναγνωριστικό (id), το γεωγραφικό πλάτος (latitude) και το γεωγραφικό μήκος (longitude) του κάθε κόμβου.

Ανάλυση .osm αρχείου, για την αποθήκευση δεδομένων που αφορούν οδικά δίκτυα (δρόμοι) στην database:

```
<?php

$dbc = @mysqli_connect ('localhost', 'root', '', 'osm') OR die ('Could not connect to MySQL: ' . mysqli_connect_error() );

$dom = new DomDocument;
$dom->preserveWhiteSpace = FALSE;
$dom->load('interpreter_ways.osm');
$ways = $dom->getElementsByTagName('way'); // vriskoume tous dromous
$count_1 = 0;

// epeksergazomai enan-pros-ena olous tous dromous
foreach ($ways as $way) {

    // lamvanw to "id" tou dromou
    $way_id = $ways->item($count_1)->getAttribute('id');

    // gia kathe dromo elegxw xwrista ta epimerous stoixeia tou "tag"
    $way_tags = $ways->item($count_1)->getElementsByTagName('tag');

    $count_2 = 0;
    foreach ($way_tags as $t){
        if(strtolower($way_tags->item($count_2)->getAttribute('k')) == 'highway') {

            // elegxw ean sta stoixeia "tag", uparxei i leksi-kleidi "highway"
            $way_nodes = $ways->item($count_1)->getElementsByTagName('nd');
            $count_3 = 0;

            foreach ($way_nodes as $p){

                // lamvanw to "node_reference" gia kathe dromo
                $nd_ref = $way_nodes->item($count_3)->getAttribute('ref');

                $q = "INSERT INTO ways (way_id, node_id)
                VALUES ('".$way_id."', '".$nd_ref."')";
                $r = @mysqli_query ($dbc, $q);

                $count_3++;
            }

            break;
        }

        $count_2++;
    }
}
```

```
$count_1++;  
}  
?>
```

Η ανάλυση και η επεξεργασία της πληροφορίας που προκύπτει από το .osm αρχείο δεδομένων, πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός PHP script. Αρχικά, επιλέγεται το κατάλληλο αρχείο, που περιέχει το σύνολο των αστικών δρόμων, δομημένο σε XML μορφή, και το οποίο θα αναλυθεί. Κατά την ανάλυση, διατηρούμε μόνο την επιθυμητή πληροφορία, η οποία θα αποθηκευτεί στον αντίστοιχο πίνακα δεδομένων που δημιουργήσαμε στην βάση δεδομένων μας.

Κατά την διαδικασία εξαγωγής του αρχείου δεδομένων, με το πλήθος των δρόμων και τους επιμέρους κόμβους που τον απαρτίζουν, είναι αρκετά συχνό φαινόμενο να εμπεριέχονται πληροφορίες που δεν είναι απαραίτητες για την υλοποίηση της εργασίας μας. Το .osm αρχείο δεδομένων, είναι δυνατό να εμπεριέχει κόμβους που το περιεχόμενό τους να μην σχετίζεται άμεσα με την φύση του προβλήματός μας, και ως εκ τούτου τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να απαλειφθούν και να μην συμπεριληφθούν, αφού θεωρούνται «θόρυβος». Για παράδειγμα, ένα σύνολο στοιχείων που δεν είναι επιθυμητό να συμπεριληφθεί στην βάση, θα μπορούσε να αποτελείται από μια σειρά κόμβων, που οριοθετούν τα πλαίσια μιας πλατείας, ή ενός πάρκου, και επομένως δεν ταυτίζονται με την έννοια του δρόμου.

Αρχικά, εντοπίζουμε όλους τους δρόμους που περιλαμβάνονται στο .osm αρχείο, και για καθέναν από αυτούς χωριστά, λαμβάνουμε το μοναδικό τους χαρακτηριστικό γνώρισμα “id”. Στην συνέχεια, προσπαθούμε να εντοπίσουμε στα χαρακτηριστικά του εκάστοτε αστικού δρόμου, την λέξη-κλειδί «highway» από την ετικέτα “tag”, που θα μας σηματοδοτήσει την καταλληλότητα της τιμής των δεδομένων. Εφόσον ικανοποιηθεί αυτός ο έλεγχος, τότε για κάθε δρόμο εξάγουμε τις επιμέρους αναφορές κόμβων, δηλαδή όλα εκείνα τα μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα “id” των κόμβων που τον σχηματίζουν. Τέλος, εισάγουμε στην βάση δεδομένων μας μια νέα εγγραφή η οποία εμπεριέχει το αναγνωριστικό του δρόμου μαζί με ένα αναγνωριστικό κόμβου, που αποτελεί επιμέρους στοιχείο του συνόλου όλων των κόμβων του δρόμου.

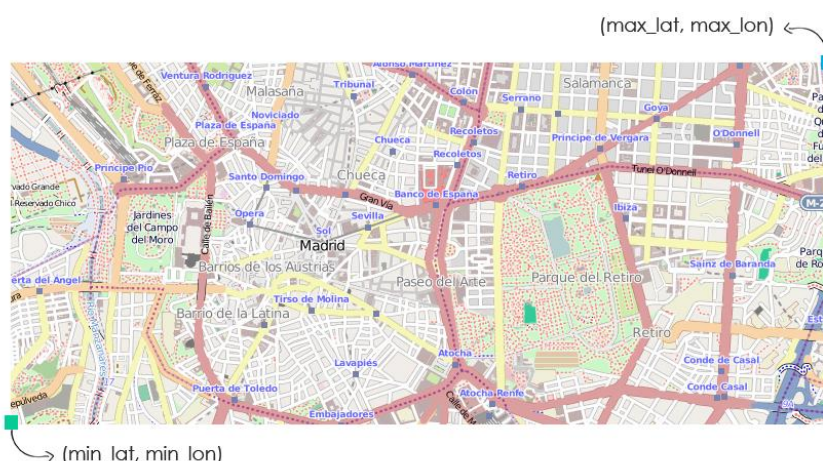
3.2 Υλοποίηση

Στο σημείο αυτό, είμαστε λοιπόν έτοιμοι να αναλύσουμε τον αλγόριθμο που υλοποιήθηκε για την τμηματοποίηση ενός αστικού χάρτη, σε μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος. Έχουμε δημιουργήσει τους κατάλληλους πίνακες δεδομένων σε μια βάση, οι οποίοι είναι σημαντικοί για την απεικόνιση της πληροφορίας, και εμπεριέχουν γεωγραφικά στοιχεία μιας ευρύτερης περιοχής. Ωστόσο, η χρήση όλων των δεδομένων δεν είναι απαραίτητη, ή και πολλές φορές χρήσιμη για την απεικόνιση του χάρτη, μιας και αρκούμαστε στα πλαίσια ενός Bounding Box. Όπως έχουμε προαναφέρει, ουσιαστικά πρόκειται για μια επιφάνεια του χάρτη, η οποία οριοθετείται από τα πλαίσια της οθόνης μας, και επομένως τα διαθέσιμα σε εμάς γεωγραφικά δεδομένα, είναι αυτά που εμπεριέχονται μέσα σε αυτό το εύρος.

Αρχικά, λαμβάνουμε τα όρια του πλαισίου οριοθέτησης, και τα αναθέτουμε σε χωριστές μεταβλητές, που συμβολίζουν μέγιστες και ελάχιστες γεωγραφικές συντεταγμένες πλάτους και μήκους.

```
$min_lat = mysql_escape_string ( trim ( $_GET["min_lat"] ) );  
$min_lon = mysql_escape_string ( trim ( $_GET["min_lon"] ) );  
$max_lat = mysql_escape_string ( trim ( $_GET["max_lat"] ) );  
$max_lon = mysql_escape_string ( trim ( $_GET["max_lon"] ) );
```

Οι μεταβλητές «min_lat» και «min_lon», αντιπροσωπεύουν το ελάχιστο γεωγραφικό πλάτος και μήκος του Bounding Box, στο νότιο – δυτικό μέρος του χάρτη, δηλαδή το σημείο που ταυτίζεται με την κάτω αριστερή γωνία της οθόνης μας, κατά την απεικόνιση του χάρτη. Αντίστοιχα, οι μεταβλητές «max_lat» και «max_lon», αποτελούν το γεωγραφικό σημείο που ταυτίζεται με την πάνω δεξιά γωνία της οθόνης, ή το πιο βόρειο και ταυτόχρονα ανατολικό ζεύγος συντεταγμένων πλάτους και μήκους, στην απεικόνιση του χάρτη.



Εικόνα 20: Μέγιστες και Ελάχιστες Τιμές Γεωγραφικών Συντεταγμένων

Για να ξεκινήσει να εκτελείται ο αλγόριθμος, είναι αναγκαίο να εντοπίσουμε ένα αρχικό σημείο εκκίνησης, δηλαδή ένα σημείο το οποίο θα είναι η αφετηρία μας στην διαδικασία τμηματοποίησης του χάρτη, για τον σχηματισμό μικρότερων ορθογώνιων τετραπλεύρων. Παρακάτω, παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθούμε για τον εντοπισμό του σημείου εκκίνησης.

```
## ----- ##  
## vriskoume tin kontinoteri diastaurwsi (komvos) ##  
## ----- ##  
  
$min_lat_inc = $min_lat - 0.001;  
$min_lon_inc = $min_lon - 0.001;  
$max_lat_inc = $max_lat + 0.001;  
$max_lon_inc = $max_lon + 0.001;  
  
$min_dist = getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat, $min_lon, $max_lat, $max_lon);  
  
$q = "SELECT node_id, node_lat, node_lon
```



```

FROM nodes
WHERE node_lat >= '$min_lat_inc' AND node_lat <= '$max_lat_inc'
  AND node_lon >= '$min_lon_inc' AND node_lon <= '$max_lon_inc';
$r = @mysqli_query ($dbc, $q);
while($row = mysqli_fetch_array($r, MYSQLI_BOTH)){

    $node_id = $row['node_id'];
    $lat = $row['node_lat'];
    $lon = $row['node_lon'];

    $count = 0;

    $q1 = "SELECT way_id
FROM ways
WHERE node_id = '$node_id'";
    $r1 = @mysqli_query ($dbc, $q1);
    while($row1 = mysqli_fetch_array($r1, MYSQLI_BOTH)){
        $count++;
        $w_id = $row1['way_id'];

        ## apothikeuw olous tous komvous
        $all_nodes_inc [] = array($node_id, $lat, $lon, $w_id);
    }

    if($count >= 2){
        $exists = array($node_id, $lat, $lon);

        if (!in_array($exists, $all_cross)){

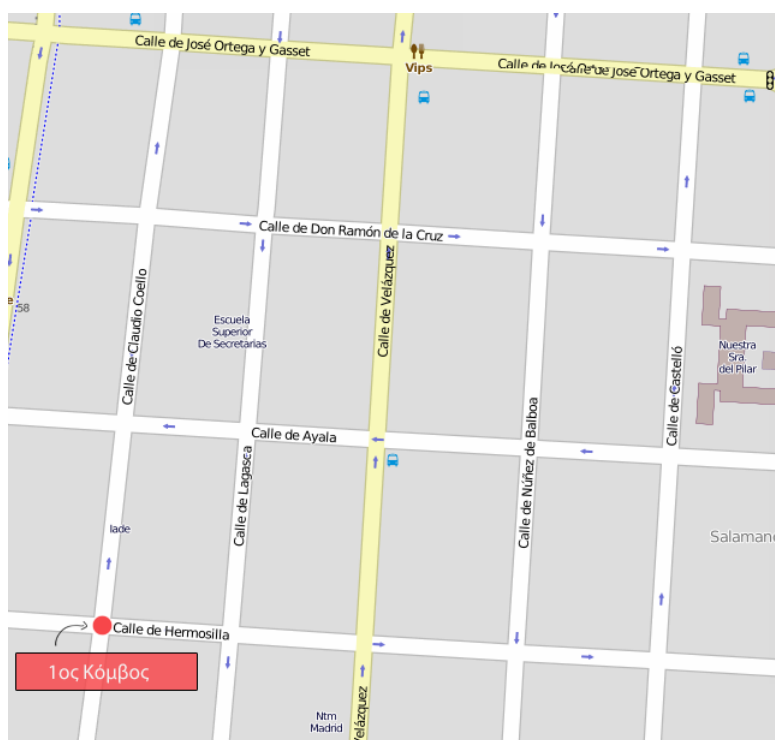
            ## apothikeuw mono tous komvous (diastaurwseis)
            ## pou anikoun se 2 toulaxiston dromous
            $all_cross_ids_inc [] = $node_id;
        }

        $dist = getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat, $max_lon, $lat, $lon);

        ## vriskw tin diastaurwsi pou einai pio konta
        ## stin katw aristeri gwnia tou xarti
        if(($dist < $min_dist) AND
            ($lat >= $min_lat AND $lat <= $max_lat
            AND $lon >= $min_lon AND $lon <= $max_lon))
        {
            $min_dist = $dist;
            $nearest_node_id = $node_id;
            $nearest_node_lat = $lat;
            $nearest_node_lon = $lon;
        }
    }
}
}

```

Ο εντοπισμός του κατάλληλου σημείου γίνεται βάσει υπολογισμού της ελάχιστης γεωγραφικής απόστασης της κάτω αριστερής γωνίας του χάρτη, με κάθε διαθέσιμο σημείο (κόμβο) που οριοθετείται στα πλαίσια του Bounding Box.



Εικόνα 21: Εύρεση (πρώτου) Κόμβου - Αφετηρίας

Αρχικά, ορίζουμε, με την βοήθεια της συνάρτησης υπολογισμού απόστασης, την ελάχιστη γεωγραφική απόσταση, που είναι η μετρική απόσταση της διαγωνίου του Bounding Box, δηλαδή των σημείων (min_lat, min_lon) και (max_lat, max_lon). Η συνάρτηση που χρησιμοποιείται, παρουσιάζεται πιο κάτω:

```
function getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat, $min_lon, $max_lat, $max_lon) {
    $theta = $min_lon - $max_lon;
    $miles = (sin(deg2rad($min_lat)) * sin(deg2rad($max_lat))) +
        (cos(deg2rad($min_lat)) * cos(deg2rad($max_lat)) * cos(deg2rad($theta)));
    $miles = acos($miles);
    $miles = rad2deg($miles);
    $miles = $miles * 60 * 1.1515;

    $kilometers = $miles * 1.609344;
    $meters = $kilometers * 1000;

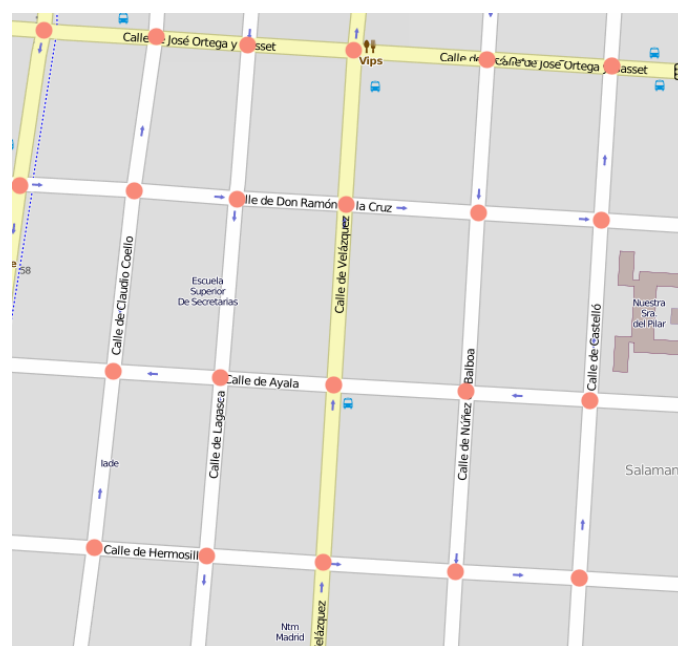
    return $meters;
}
```

Στην υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας κρίθηκε απαραίτητη μια ελάχιστη διεύρυνση του πραγματικού πλαισίου οριοθέτησης Bounding Box, ώστε ο διαχωρισμός της ευρύτερης περιοχής να καλύπτει σε μεγαλύτερο και πιο ικανοποιητικό βαθμό την επιφάνεια του χάρτη.

Όλοι οι διαθέσιμοι κόμβοι του επαυξημένου Bounding Box από την βάση δεδομένων, αποθηκεύονται σε ένα σε ένα πίνακα `all_nodes_inc`, ώστε στα επόμενα βήματα του αλγορίθμου να έχουμε άμεση πρόσβαση στα δεδομένα, χωρίς να απαιτείται η επαναληπτική εκτέλεση MySQL ερωτημάτων. Ο πίνακας `all_nodes_inc` περιέχει το αναγνωριστικό “id”, καθώς και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του κάθε κόμβου. Για κάθε ανεξάρτητο κόμβο, εντοπίζουμε όλους δρόμους από τους οποίους διέρχεται το εκάστοτε σημείο. Αν το σημείο αυτό ανήκει σε δύο ή περισσότερους δρόμους, τότε πρόκειται για κόμβο που αναπαριστά μια διασταύρωση δρόμων, και το αποθηκεύουμε σε ένα πίνακα `all_cross_ids_inc`, όπου εμπεριέχει τα αναγνωριστικά “id” όλων των κόμβων - διασταυρώσεων. Τέλος, για τον κάθε κόμβο – διασταύρωση, υπολογίζουμε με την βοήθεια της παραπάνω συνάρτησης, την απόσταση του σημείου από την κάτω αριστερή γωνία του χάρτη (`dist`), και εφόσον εμπεριέχεται στο πραγματικό (μη επαυξημένο) Bounding Box, και αν αυτή η απόσταση είναι μικρότερη από την ήδη υπολογισμένη (`min_dist`), τότε εκχωρείται η τιμή της, σαν νέα ελάχιστη. Το σημείο με την μικρότερη γεωγραφική απόσταση είναι και το σημείο που θα λειτουργήσει ως αφετηρία στην διαδικασία τμηματοποίησης του αστικού χάρτη.

Στην συνέχεια, αποθηκεύουμε όλες τις διασταυρώσεις του νέου πλαισίου οριοθέτησης σε ένα πίνακα `all_cross_inc`, κάθε εγγραφή του οποίου απεικονίζει ένα κόμβο με το αναγνωριστικό του “id”, της συντεταγμένες του και το αναγνωριστικό “id” του δρόμου από τον οποίο διέρχεται. Για κάθε στοιχείο που ανήκει στον πίνακα `all_cross_ids_inc`, εντοπίζουμε τα παραπάνω χαρακτηριστικά που επιζητούμε από τον πίνακα `all_nodes_inc`, που περιλαμβάνει όλους τους κόμβους, ανεξαρτήτως διασταυρώσεων ή μη.

```
foreach($all_cross_ids_inc as $cross_id_inc){
    foreach($all_nodes_inc as $node_inc){
        if($cross_id_inc == $node_inc[0]){
            $all_cross_inc[]=array($node_inc[0], $node_inc[1], $node_inc[2], $node_inc[3]);
        }
    }
}
```



Εικόνα 22: Εύρεση όλων των Κόμβων- Διασταυρώσεων

Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω εργασίας, ξεκινά η διαδικασία σχηματισμού των νέων περιοχών ενδιαφέροντος. Η γενική λογική που ακολουθείται στηρίζεται στην επικάλυψη του ευρύτερου χάρτη, με μικρότερα τετράπλευρα σχήματα που επικαλύπτουν οικοδομικά τετράγωνα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, προσπαθούμε να σχηματίζουμε κατακόρυφες στήλες περιοχών, όπου κάθε περιοχή είναι δυνατό να καλύπτει ορισμένο πλήθος οικοδομικών τετραγώνων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου οι πλευρές ενός σχηματισμένου τετράπλευρου να υπερβαίνουν δύο (ή περισσότερα) από τα όρια του αρχικού Bounding Box. Τότε, η στήλη ολοκληρώνεται έως ότου ένα τετράπλευρο να υπερβεί το άνω άκρο του Bounding Box, όπου και ο αλγόριθμος σταματά. Τα βήματα του αλγορίθμου θα παρουσιαστούν παρακάτω αναλυτικότερα, και θα γίνει πιο σαφής ο τρόπος λειτουργίας του.

Αρχικά θέτουμε έναν έλεγχο για την εξασφάλιση της συνέχειας εφαρμογής του αλγορίθμου, που σηματοδοτεί αν είναι αναγκαίο να εξακολουθήσει η εκτέλεση των βημάτων για την διαδικασία τμηματοποίησης του χάρτη. Η διαδικασία σταματά, όπως περιεγράφηκε παραπάνω, όπου και ο έλεγχος αποκτά αρνητική λογική τιμή (false).

```
while($next_to_move_flag == true){  
    ...  
    ...  
    ...  
}
```

Ο αλγόριθμος διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι απαραίτητο για την δημιουργία του αρχικού τετραπλεύρου της στήλης (αποτελείται από ένα περισσότερα οικοδομικά τετράγωνα), ενώ το δεύτερο τμήμα, προσπαθεί να σχηματίσει νέα τετράπλευρα στην ίδια στήλη, έως ότου οι συντεταγμένες κάποιας γωνίας ενός τετραπλεύρου να ξεπεράσουν το άνω όριο (μέγιστο γεωγραφικό πλάτος - latitude) του πλαισίου οριοθέτησης. Τότε ελέγχεται αν το «next_to_move_flag» έχει θετική λογική τιμή, και αν ικανοποιείται ο έλεγχος, η διαδικασία ξεκινά από την αρχή, με την δημιουργία μιας νέας στήλης τετραπλεύρων για την επικάλυψη του χάρτη.

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η γενική δομή του αλγορίθμου, με τους δύο εσωτερικούς ελέγχους που ορίζουν αν δημιουργούμε το πρώτο ή όχι τετράπλευρο, και τον εξωτερικό επαναληπτικό έλεγχο για την δημιουργία στηλών τετραπλεύρων για την επικάλυψη του χάρτη:

```
while($next_to_move_flag == true){  
    ...  
    ## 1o polugono tis stilis  
    if( $first_pol_of_col == true ){  
        ...  
    }else{  
        ...  
    }  
    ...  
}
```

Αφού εξασφαλίσουμε ότι βρισκόμαστε στο πρώτο βήμα του αλγορίθμου, τοποθετούμε στον πίνακα polygons, το πρώτο ζεύγος συντεταγμένων με γεωγραφικό πλάτος και μήκος, να ταυτίζονται με το κοντινότερο σημείο στην κάτω αριστερή γωνία του πλαισίου οριοθέτησης. Ο πίνακας polygons είναι ένας πολυδιάστατος πίνακας, όπου το κάθε ανεξάρτητο κελί του περιέχει τέσσερα ζεύγη συντεταγμένων. Αυτά τα ζεύγη ορίζουν ένα τετράπλευρο, δηλαδή μια νέα περιοχή ενδιαφέροντος στον χάρτη. Μετά την επιτυχή εκτέλεση του αλγορίθμου, ο πίνακας polygons εμπεριέχει όλα τα νέα πολύγωνα που προέκυψαν κατά την διαδικασία κατάρτισης του χάρτη.

```
$polygons[$pol_id][]=array($nearest_node_id,$nearest_node_lat,$nearest_node_lon);
```

Το πρώτο σημείο του πολυγώνου είναι κόμβος μιας διασταύρωσης. Επομένως όπως είναι φυσικό, από αυτό το σημείο διέρχονται δύο ή περισσότεροι δρόμοι, από τους οποίους και στην συνέχεια θα εντοπίσουμε τους δύο από τους επόμενους πιθανούς κόμβους του πολυγώνου.

Ο εντοπισμός των δρόμων, οι οποίοι διέρχονται από το πρώτο κόμβο του πολυγώνου, γίνεται ως εξής:

```
$first_p_node_id = $nearest_node_id;

foreach($all_cross_inc as $cross){
    if($cross[0] == $first_p_node_id){
        $ways_of_first_p_node[] = $cross[3];
    }
}
```

Για κάθε διασταύρωση που εμπεριέχεται στο πλαίσιο οριοθέτησής μας, ελέγχουμε αν το αναγνωριστικό "id" του κόμβου, συμπίπτει με το "id" του πρώτου σημείου. Αν ικανοποιηθεί ο παραπάνω έλεγχος, τότε αποθηκεύω προσωρινά το αναγνωριστικό "id" του καθενός από αυτούς τους δρόμους. Στην συνέχεια, έχοντας ανακτήσει τα αναγνωριστικά των δρόμων, σειρά έχει η διαδικασία εύρεσης όλων των κόμβων - διασταυρώσεων που σχηματίζουν το κάθε δρόμο. Δημιουργούμε δύο ή περισσότερα σύνολα κόμβων, ένα για κάθε δρόμο, από τα οποία θα προκύψει ένα νέο σημείο – ζεύγος συντεταγμένων για τον σχηματισμό του πολυγώνου. Στο σύνολο των κόμβων κάθε δρόμου, ελέγχω να παραλείψω τη συμπερίληψη του αρχικού (πρώτο) σημείου του πολυγώνου. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία εύρεσης των συνόλων των κόμβων, το οποίο αποθηκεύεται σε έναν πίνακα crosses_of_ways_of_first_p_node:

```
$p = 0;
$crosses_of_ways_of_first_p_node = array();

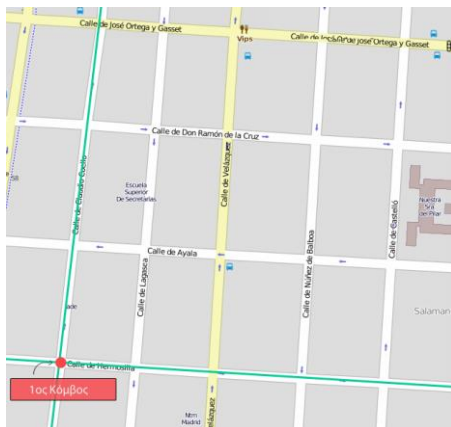
foreach($ways_of_first_p_node as $way){
    $q = "SELECT node_id
    FROM ways
    WHERE way_id = '$way'";
    $r = @mysqli_query ($dbc, $q);
    while($row = mysqli_fetch_array($r, MYSQLI_BOTH)){
        $node_id = $row['node_id'];
```

```

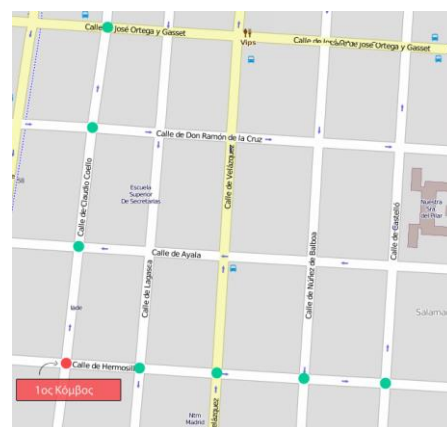
        if($node_id != $first_p_node_id){
            foreach($all_cross_inc as $cross){
                if($cross[0] == $node_id){
                    $crosses_of_ways_of_first_p_node[$p][] =
                    =array($cross[1],$cross[2],$node_id, $way);
                }
            }
        }
    }
    $p++;
}

```

Έχοντας εξάγει τα σύνολα των κόμβων – διασταυρώσεων κάθε δρόμου που διέρχεται το αρχικό μας σημείο, είναι αναγκαίο να αναζητήσουμε τους δύο πιο κοντινούς κόμβους σε αυτό. Η επιλογή των δύο πιθανών διασταυρώσεων γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το γεωγραφικό μήκος (latitude) των σημείων. Επιθυμούμε να εντοπίσουμε τους δύο κοντινότερους κόμβους στον κόμβο αφετηρία, έναν για κάθε δρόμο, που το γεωγραφικό μήκος τους θα είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μήκος του αρχικού. Οι πιθανοί κόμβοι που επιλέγονται αποθηκεύονται σε ένα πίνακα possible_nodes.



Εικόνα 23: Δύο υποψήφιοι δρόμοι



Εικόνα 24: Υποψήφιοι επόμενοι Κόμβοι

```

## entopizw tis duo ekaterothen diastaurwseis tou arxikou komvou
$possible_nodes = array();

$count_of_next_nodes = 0;

foreach($crosses_of_ways_of_first_p_node as $w){

    $w_found = false;

    $min_dist=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);

    ## prospathw na entopisw apo kathe dromo to kontinotero
    ## simeio apo to 1o komvo tou polugwnou
    foreach($w as $node){

```

```

$dist=getDistanceBetweenPointsMeters($first_p_node_lat,$first_p_node_lon,$node[0],$node[1]);

    ## lamvanw upopsi mono tous pithanous komvους me megalutero
    ## geografiko mikos - longitude (simeia deksiotera tou 1ou komvou)
    if($first_p_node_lon < $node[1]){
        if($dist < $min_dist){
            $min_dist = $dist;
            $p_lat = $node[0];
            $p_lon = $node[1];
            $p_id = $node[2];
            $p_way = $node[3];
            $w_found = true;

        }
    }

}

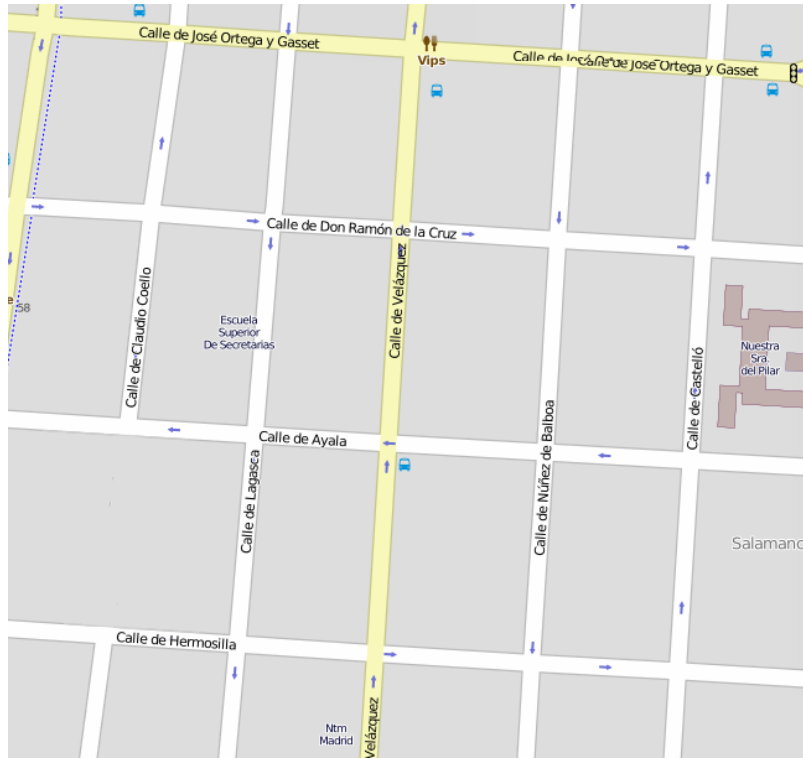
## ta simeia pou entopisame apoteloun pithanous komvους
## gia to sximatismo tou polugwnou
if($w_found == true){
    $possible_nodes[] = array($p_lat, $p_lon, $p_id, $p_way);
}

}

```

Για κάθε σύνολο κόμβων, επιλέγω τον κόμβο – διασταύρωση με το μεγαλύτερο γεωγραφικό μήκος, και αποθηκεύουμε στον possible_nodes τις γεωγραφικές συντεταγμένες, το αναγνωριστικό “id” του κάθε κόμβου, αλλά και το αναγνωριστικό “id” του δρόμου που διέρχεται από αυτόν.

Στην περίπτωση που βρισκόμαστε στο πρώτο βήμα του αλγορίθμου, για τον σχηματισμό του αρχικού πολυγώνου, καθώς και στην πρώτη στήλη κάλυψης του χάρτη, είναι αναγκαίο να διασφαλίσουμε ότι θα εντοπίσουμε δύο πιθανά σημεία για την σχεδίαση του πολυγώνου. Υπάρχει το ενδεχόμενο, τα πιθανά σημεία που προέκυψαν από το προηγούμενο στάδιο εκτέλεσης του αλγορίθμου να μην επαρκούν (λιγότερα από δύο), με αποτέλεσμα την αδυναμία κάλυψης πολυγώνων για τα οικοδομικά τετράγωνα. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, όταν πχ. ένας δρόμος αντιμετωπίζεται σαν δύο διαφορετικοί, λόγω πεζοδρόμησης ενός τμήματός του. Σε αυτήν την περίπτωση είναι αναγκαίο να εξασφαλίσουμε την ύπαρξη δύο σημείων που θα λειτουργήσουν καθοριστικά στην διαδικασία σχηματισμού του πολυγώνου.



Εικόνα 25: Αδυναμία συνέχειας λόγω Ασυνέχειας Δρόμου

```

if($times == 1 AND sizeof($possible_nodes) < 2){

    $temp_first_p_lat = $first_p_node_lat + 0.0005;
    $temp_first_p_lon = $first_p_node_lon;

    $temp_second_p_lat = $first_p_node_lat;
    $temp_second_p_lon = $first_p_node_lon + 0.0005;

    $min_dist_1=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);
    $min_dist_2=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);

    foreach($all_cross_inc as $cross){

        $dist_1 =
        getDistanceBetweenPointsMeters($temp_first_p_lat,$temp_first_p_lon,$cross[1],$cross[2]);
        $dist_2 =
        getDistanceBetweenPointsMeters($temp_second_p_lat,$temp_second_p_lon,$cross[1],$cross[2]);

        if($dist_1 < $min_dist_1){
            $min_dist_1 = $dist_1;

            $a_cross_id = $cross[0];
            $a_cross_lat = $cross[1];
            $a_cross_lon = $cross[2];
            $a_cross_way = $cross[3];
        }
    }
}

```



```

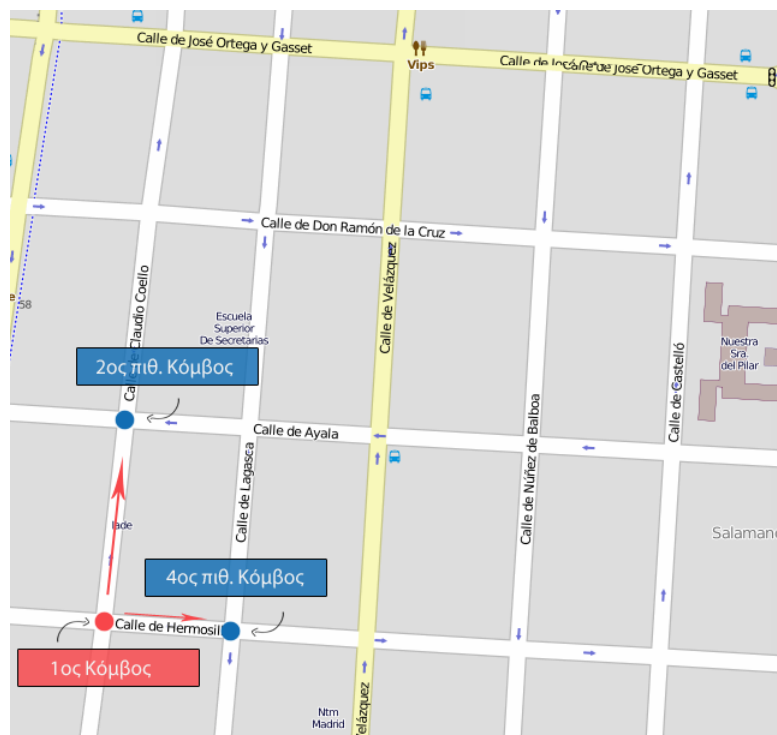
        if($dist_2 < $min_dist_2){
            $min_dist_2 = $dist_2;

            $b_cross_id = $cross[0];
            $b_cross_lat = $cross[1];
            $b_cross_lon = $cross[2];
            $b_cross_way = $cross[3];
        }
    }

    $possible_nodes[0]=array($a_cross_lat,$a_cross_lon,$a_cross_id, $a_cross_way);
    $possible_nodes[1]=array($b_cross_lat,$b_cross_lon,$b_cross_id,$b_cross_way);
}

```

Σαν πρώτο βήμα, έχοντας ήδη εντοπίσει τον κόμβο – αφετηρία, αυξάνουμε την τιμή των γεωγραφικών του συντεταγμένων (πλάτος και μήκος) κατά μια πολύ μικρή αυθαίρετα επιλεγμένη τιμή. Η αύξηση αυτή πραγματοποιείται μια φορά για το γεωγραφικό πλάτος, διατηρώντας σταθερό το μήκος, και μια φορά για το γεωγραφικό μήκος, με σταθερή την αρχική τιμή του πλάτους του. Κατ’ αυτόν τον τρόπο, προκύπτουν δύο νέα προσωρινά σημεία. Ωστόσο, είναι αναγκαίο να εξασφαλίσουμε ότι τα σημεία αυτά ταυτίζονται με ένα κόμβο διασταύρωσης, πράγμα που δεν συμβαίνει σχεδόν ποτέ. Η δυσκολία αυτή παρέχεται με τον εντοπισμό του κοντινότερου κόμβου - διασταύρωσης, για κάθε προσωρινό νέο κόμβο, από το σύνολο των κόμβων που εμπεριέχονται στο πλαίσιο οριοθέτησής μας. Με αυτήν την διαδικασία, εντοπίσαμε επιτυχώς δύο πιθανούς κόμβους για τον σχηματισμό του αρχικού πολυγώνου.



Εικόνα 26: Εύρεση δύο Επόμενων Πιθανών Κόμβων Πολυγώνου

Θα επιχειρήσουμε να επεκτείνουμε την παραπάνω διαδικασία εντοπισμού νέων πιθανών κόμβων για το τετράπλευρο, ένα βήμα παρακάτω. Για κάθε ένα από τους πιθανούς κόμβους, εντοπίζουμε την αμέσως επόμενη διασταύρωση – κόμβο, η οποία και τελικά, θα αποτελέσει ένα από τα τέσσερα σημεία του τετραπλεύρου. Αν υπάρξει αδυναμία εύρεσης του επόμενου κόμβου (για κάποιο λόγο, όπως περιγράφηκε προηγουμένως), τότε σαν σημείο του τετραπλεύρου, εισάγεται ο ίδιος ο πιθανός κόμβος που εντοπίσαμε στο προηγούμενο βήμα. Η διαδικασία αυτή εκτελείται με σκοπό, ο διαχωρισμός και η τμηματοποίηση του χάρτη, να περιλαμβάνει για το κάθε τετράπλευρο ένα ικανοποιητικό αριθμό οικοδομικών τετραγώνων και εν τέλει η πληροφορία που θα παρέχεται οπτικά προς τον χρήστη να παρέχει μια ουσιαστική πληροφορία.

```
foreach($possible_nodes as $node){

    $found_once = false;

    $p_n_way = $node[3];

    $min_dist=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);

    foreach($all_cross_inc as $cross){

        ## anazitw ton kontinotero komvo pou anikei ston idio dromo
        ## kai exei megalutero geografiko mikos
        if($cross[3] == $p_n_way AND $cross[2] > $node[1]){

            $dist=getDistanceBetweenPointsMeters($cross[1],$cross[2],$node[0],$node[1]);

            if($dist < $min_dist){

                $found_once = true;

                $min_dist = $dist;
                $n_lat = $cross[1];
                $n_lon = $cross[2];
                $n_id = $cross[0];
                $n_way = $cross[3];

            }

        }

    }

    if($found_once){
        $next_nodes[] = array($n_lat, $n_lon, $n_id, $n_way);
        $count_of_next_nodes++;
    }else{
        $next_nodes[] = array($node[0], $node[1], $node[2], $node[3]);
        $count_of_next_nodes++;
    }

}
```

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για καθένα από τους δύο πιθανούς κόμβους, όπου και προσπαθούμε να βρούμε τον ακριβώς διπλανό κόμβο – διασταύρωση. Τα σημεία που λαμβάνονται υπόψη είναι αυτά για τα οποία ο δρόμος που διέρχεται από αυτά, είναι ίδιος με τον δρόμο που ορίζεται το πιθανό σημείο, και επίσης είναι αναγκαίο το γεωγραφικό τους μήκος να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του πιθανού σημείου. Αυτό εξασφαλίζει ότι το σημείο θα είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από τον αρχικό κόμβο αφετηρία.

Οι πιθανοί κόμβοι, ωστόσο, σε επόμενες στήλες επικάλυψης του χάρτη και για το κόμβο – αφετηρία τους μπορεί να είναι μόνο ένας (πχ, ελλιπή δεδομένα στην βάση). Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην τμηματοποίηση του αστικού χάρτη και την συνέχεια του αλγορίθμου.

```
if($count_of_next_nodes == 1){

    $prev_pol_edge_lon_offset =
        = $polygons[$pol_id - $num_of_pols_in_prev_col][3][2] -
        - $polygons[$pol_id - $num_of_pols_in_prev_col][0][2];

    $temp_point_lat = $first_p_node_lat;
    $temp_point_lon = $first_p_node_lon + $prev_pol_edge_lon_offset;

    $min_dist_2=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat, $max_lon);

    foreach($all_cross_inc as $cross){

        if($cross[2] > $first_p_node_lon AND $cross[1] < $first_p_node_lat){

            $dist_2=getDistanceBetweenPointsMeters($cross[1],$cross[2],$temp_point_lat,$temp_point_lon);

            if($dist_2 < $min_dist_2){

                $min_dist_2 = $dist_2;

                $final_point_id = $cross[0];
                $final_point_lat = $cross[1];
                $final_point_lon = $cross[2];
                $final_point_way = $cross[3];

            }

        }

    }

    $next_nodes[]=array($final_point_lat,$final_point_lon,$final_point_id,$final_point_way);

}
```

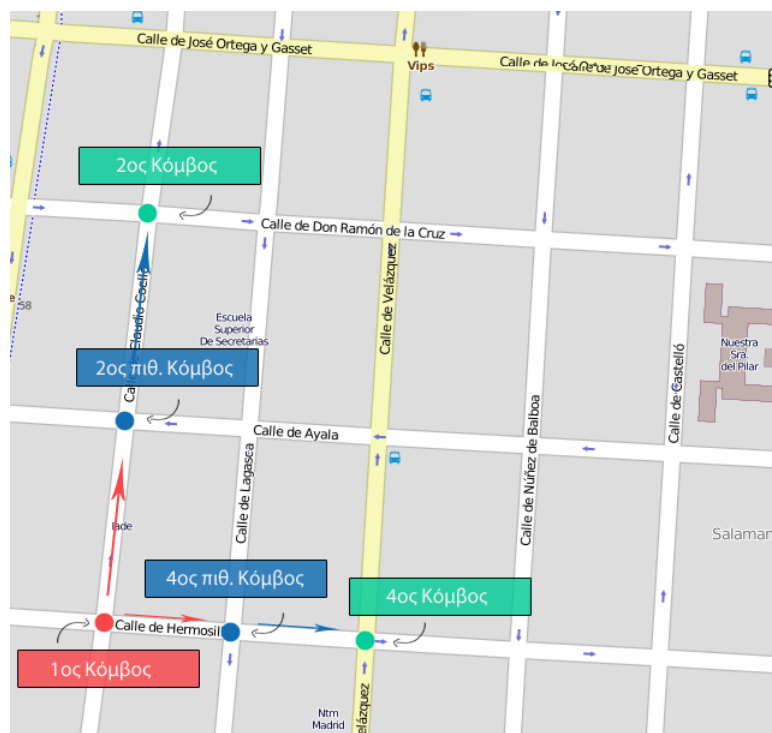
Αρχικά, εντοπίζω το πρώτο τετράπλευρο της προηγούμενης στήλης και υπολογίζω με βάση αυτό, το μήκος μεταξύ των δύο κάτω κόμβων αυτού του τετραπλεύρου. Η τεχνική που αναλύουμε, ακολουθεί την λογική ότι το αρχικό τετράπλευρο της νέας στήλης που ξεκινά, θα έχει μήκος μεταξύ των δύο κάτω σημείων του, περίπου ίσο με το μήκος του αρχικού τετραπλεύρου της προηγούμενης στήλης. Και πάλι, είναι πιθανό το νέο σημείο που υπολογίσαμε να μην συμπίπτει με κάποιο κόμβο διασταύρωση, οπότε είναι αναγκαίο να ανακτήσουμε τον αμέσως πιο κοντινό κόμβο σε αυτό.

Αφού εντοπίσαμε τα σημεία, πρέπει να καθορίσουμε την ακριβή θέση του καθενός στο χάρτη, για τον σχηματισμό του τετραπλεύρου, δηλαδή να αναγνωρίσουμε ποιος κόμβος – διασταύρωση αποτελεί το δεύτερο και αντίστοιχα το τρίτο σημείο του πολυγώνου. Για την σωστή τοποθέτηση των σημείων, προχωρούμε σε ταξινόμηση των στοιχείων με βάση το γεωγραφικό τους πλάτος (latitude). Το σημείο με το μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος επιλέγεται πρώτο για την εισαγωγή του πίνακα polygons, όπως θα παρουσιάσουμε σε παρακάτω βήμα του αλγορίθμου. Ο κόμβος με το μικρότερο γεωγραφικό πλάτος, θα εισαχθεί σαν τελευταίο (τέταρτο) σημείο του πολυγώνου. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται σε μερικά βήματα παρακάτω.

```
foreach ($next_nodes as $key => $row) {
    $sorted[$key] = $row[0];
}

array_multisort($sorted, SORT_DESC, $next_nodes);
```

Για την ταξινόμηση των παραπάνω κόμβων με βάση το γεωγραφικό τους πλάτος, δημιουργούμε ένα νέο πίνακα τιμών sorted, και του ορίζουμε ποια στοιχεία του είναι προς ταξινόμηση (εδώ το latitude). Στην συνέχεια, καλούμε την συνάρτηση array_multisort(), η οποία επιχειρεί να ταξινομήσει το διδιάστατο πίνακα next_nodes, βάσει των στοιχείων που περιέχει ο sorted, κατά φθίνουσα τιμή.



Εικόνα 27: Εύρεση Δεύτερου και Τέταρτου Κόμβου του Πολυγώνου

Οπότε το δεύτερο σημείο για τον σχηματισμό του πολυγώνου, είναι ο κόμβος του next_nodes, με το μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, όπως ταξινομήθηκε προηγουμένως. Αυτό ωστόσο ισχύει για την περίπτωση μόνο που βρισκόμαστε στον αρχικό κόμβο – αφετηρία της πρώτης στήλης κάλυψης του χάρτη. Για κάθε επόμενη στήλη, το δεύτερο σημείο του πρώτου πολυγώνου, θα ταυτίζεται με το τρίτο σημείο του αντίστοιχου πολυγώνου της προηγούμενης στήλης. Παρακάτω, παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθούμε για τον εντοπισμό αυτού του σημείου.

```
if($times >= 2){

    $next_nodes[0][2] = $polygons[$pol_id - $num_of_pols_in_prev_col][2][0];
    $next_nodes[0][0] = $polygons[$pol_id - $num_of_pols_in_prev_col][2][1];
    $next_nodes[0][1] = $polygons[$pol_id - $num_of_pols_in_prev_col][2][2];

    $polygons[$pol_id][]=array($next_nodes[2][0],$next_nodes[2][1],$next_nodes[2][2]);
}else{

    $polygons[$pol_id][]=array($next_nodes[0][2],$next_nodes[0][0],$next_nodes[0][1]);
}
```

Ο πρώτος έλεγχος, στο παραπάνω απόσπασμα κώδικα, εντοπίζει το δεύτερο κατά σειρά κόμβο του σχηματιζόμενου πολυγώνου, βρίσκοντας το τρίτο σημείο του αριστερού πολυγώνου με το οποίο εφάπτεται. Αυτό μας εξασφαλίζει ομοιομορφία κατά την σχεδίαση, ώστε τα πολύγωνα να καλύπτουν όσο το δυνατόν το ίδιο αριθμό πολεοδομικών τετραγώνων. Ο δεύτερος έλεγχος, αντίστοιχα, ικανοποιεί την περίπτωση στην οποία έχουμε εντοπίσει το κόμβο – διασταύρωση και βρισκόμαστε στο πρώτο πολύγωνο της πρώτης στήλης δημιουργίας οικοδομικών τετραγώνων κάλυψης του χάρτη.

Σειρά έχει η εύρεση του τρίτου σημείου του πολυγώνου:

```
$i = 0;
foreach($next_nodes as $n_node){
    $next_node_id = $n_node[2];

    if($i == 0){

        ## euresi dromwn stous opoious anikei o 2os komvos
        foreach($all_cross_inc as $cross){
            if($cross[0] == $next_node_id){
                $first_n_n_ways[] = $cross[3];
            }
        }

        ## euresi olwn twn komvwn twn parapanw dromwn
        foreach($first_n_n_ways as $first_ways){
            foreach($all_cross_inc as $c){
                if($c[3] == $first_ways){
                    $first_set_of_nodes[] = array($c[0],$c[1],$c[2]);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }

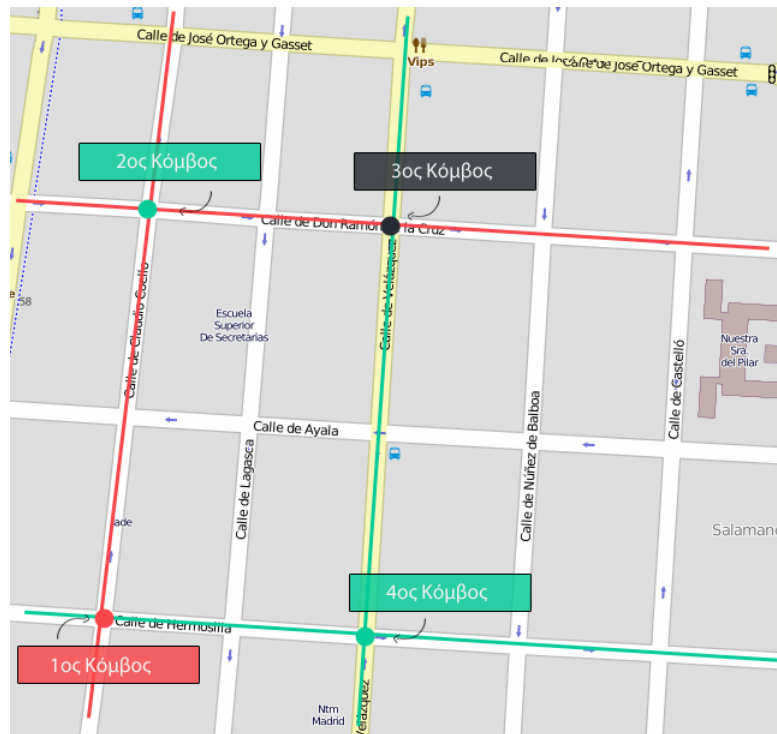
    }else if($i == 1){

        ## euresi dromwn stous opoious anikei o 4os komvos
        foreach($all_cross_inc as $cross){
            if($cross[0] == $next_node_id){
                $second_n_n_ways[] = $cross[3];
            }
        }

        ## euresi olwn twn komvwn twn parapanw dromwn
        foreach($second_n_n_ways as $second_ways){
            foreach($all_cross_inc as $c){
                if($c[3] == $second_ways){
                    $second_set_of_nodes[] = array($c[0],$c[1],$c[2]);
                }
            }
        }
    }
    $i++;
}

```

Για κάθε ένα από τα παραπάνω σημεία που εντοπίσαμε (δεύτερος και τέταρτος κόμβος – διασταύρωση, αντίστοιχα), αρχικά εντοπίζω τους δρόμους από τους οποίους το σημείο αυτό διέρχεται, και έπειτα για κάθε δρόμο βρίσκω όλα τους κόμβους – διασταυρώσεις που τον αποτελούν. Έτσι προκύπτουν δύο σύνολα κόμβων, τα `first_set_of_nodes` και `second_set_of_nodes`. Το τρίτο σημείο του πολυγώνου, προκύπτει από το κοινό κόμβο – διασταύρωση των παραπάνω συνόλων, όπως θα δούμε στην συνέχεια.



Εικόνα 28: Εντοπισμός δύο Συνόλων Κόμβων, με σκοπό την Εύρεση του τρίτου Σημείου του Πολυγώνου

Από τα δύο σύνολα κόμβων, είναι δεδομένο πως ο αρχικός κόμβος – αφετηρία του κάθε πολυγώνου (πρώτο σημείο), θα αποτελεί ένα κοινό κόμβο, οπότε είναι αναγκαίο αυτός να απορριφθεί και να μην θεωρηθεί πιθανό τρίτο σημείο του πολυγώνου.

```
$third_node_found = false;

foreach($first_set_of_nodes as $a){
    foreach($second_set_of_nodes as $b){
        if($a[0] == $b[0] AND $a[0] != $first_p_node_id){
            $third_id = $a[0];
            $third_lat = $a[1];
            $third_lon = $a[2];

            $third_node_found = true;
        }
    }
}
```

Αν βρεθεί το τρίτο σημείο του πολυγώνου, τότε εκχωρείται στον πίνακα polygons, που εμπεριέχει όλα τα σύνολα κόμβων για την επικάλυψη του χάρτη. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι απαραίτητο να εντοπίσουμε ένα κατάλληλο σημείο, το οποίο θα αποτελέσει το τρίτο κατά σειρά κόμβο και δεν θα αλλοιώσει την εικόνα του σχηματιζόμενου πολυγώνου.

```
if($third_node_found == true){
    $polygons[$pol_id][] = array($third_id, $third_lat, $third_lon);
}else{
```

```

$third_id = -1;
$third_lat = $next_nodes[1][0] + ($next_nodes[0][0] - $first_p_node_lat);
$third_lon = $next_nodes[1][1] + ($next_nodes[0][1] - $first_p_node_lon);

$min_dist=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);

foreach($all_cross_inc as $cross){

    $dist=getDistanceBetweenPointsMeters($third_lat,$third_lon,$cross[1],$cross[2]);

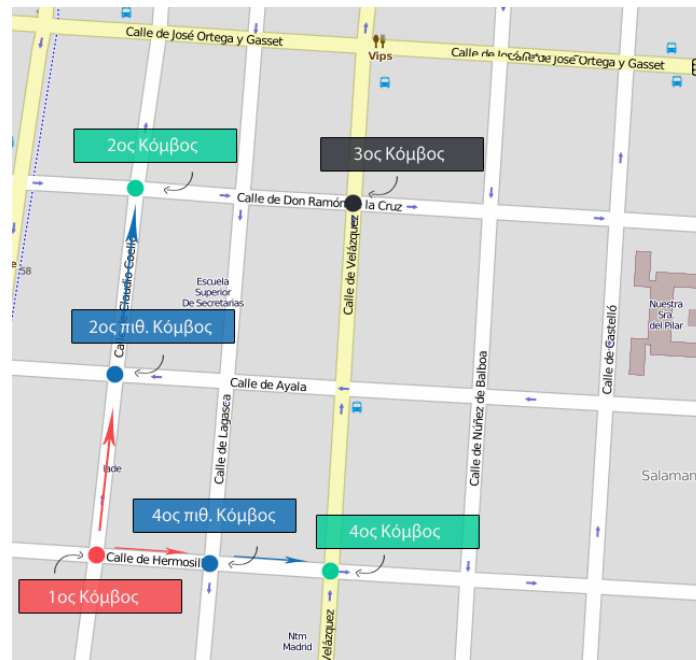
    if($dist < $min_dist AND ($cross[0] != $next_nodes[0][2] AND $cross[0] !=
        $next_nodes[1][2]) AND $cross[2] > $next_nodes[0][1]){
        $min_dist = $dist;
        $t_id = $cross[0];
        $t_lat = $cross[1];
        $t_lon = $cross[2];
    }
}

$third_id = $t_id;
$third_lat = $t_lat;
$third_lon = $t_lon;

$polygons[$pol_id][] = array($third_id, $third_lat, $third_lon);
}

```

Εφόσον δεν ικανοποιηθεί ο πρώτος έλεγχος, δηλαδή δεν βρέθηκε επιτυχώς κάποιος κόμβος κοινός μεταξύ των δύο συνόλων, τότε οι συντεταγμένες του νέου σημείου (τρίτο) προκύπτουν ως εξής: το σημείο αυτό θα έχει γεωγραφικό πλάτος (latitude) περίπου ίσο με το αντίστοιχο του δεύτερου κόμβου, και γεωγραφικό μήκος (longitude) περίπου ίσο με το αντίστοιχο του τέταρτου σημείου. Το νέο σημείο που προκύπτει είναι πιθανό να μην ταυτίζεται με κάποιον κόμβο – διασταύρωση, όποτε βρίσκουμε την αμέσως κοντινότερη σε αυτό διασταύρωση και την εκχωρούμε στον πίνακα polygons σαν το τρίτο στοιχείο.



Εικόνα 29: Εύρεση του τρίτου κόμβου του Πολυγώνου

Αφού εκχωρήσαμε στον πίνακα τα τρία από τέσσερα σημεία του πολυγώνου, σειρά έχει και το τελευταίο (τέταρτο), το οποίο έχει ήδη υπολογιστεί και είναι σχεδόν έτοιμο να εισαχθεί στον πίνακα polygons. Πρακτικά, το σημείο αυτό είναι ο ένας από τους δύο κόμβους του next_nodes, και συγκεκριμένα αυτός με το μικρότερο γεωγραφικό πλάτος (latitude). Αντίστοιχα, ο άλλος ο κόμβος, όπως προέκυψε από την ταξινόμησή τους, χρησιμοποιήθηκε για να αναπαραστήσει το δεύτερο σημείο του πολυγώνου. Ωστόσο, πριν εκχωρηθεί στον πίνακα, γίνεται ένας έλεγχος, ώστε το σημείο αυτό να δημιουργεί ένα τελικό πολύγωνο, σχεδόν ορθογώνιο.

```

$offset_lon_2_1 = $next_nodes[0][1] - $first_p_node_lon;
$offset_lon_3_4 = $third_lon - $next_nodes[1][1];

if($offset_lon_3_4 > $offset_lon_2_1){

    $estimate_lat = $next_nodes[1][0];
    $estimate_lon = $third_lon - $offset_lon_2_1;

    $min_dist=getDistanceBetweenPointsMeters($min_lat,$min_lon,$max_lat,$max_lon);

    foreach($all_cross_inc as $cross){

        $dist=getDistanceBetweenPointsMeters($estimate_lat,$estimate_lon,$cross[1],$cross[2]);

        if($dist < $min_dist){
            $min_dist = $dist;
            $next_nodes[1][2] = $cross[0];
            $next_nodes[1][0] = $cross[1];
            $next_nodes[1][1] = $cross[2];
        }
    }
}

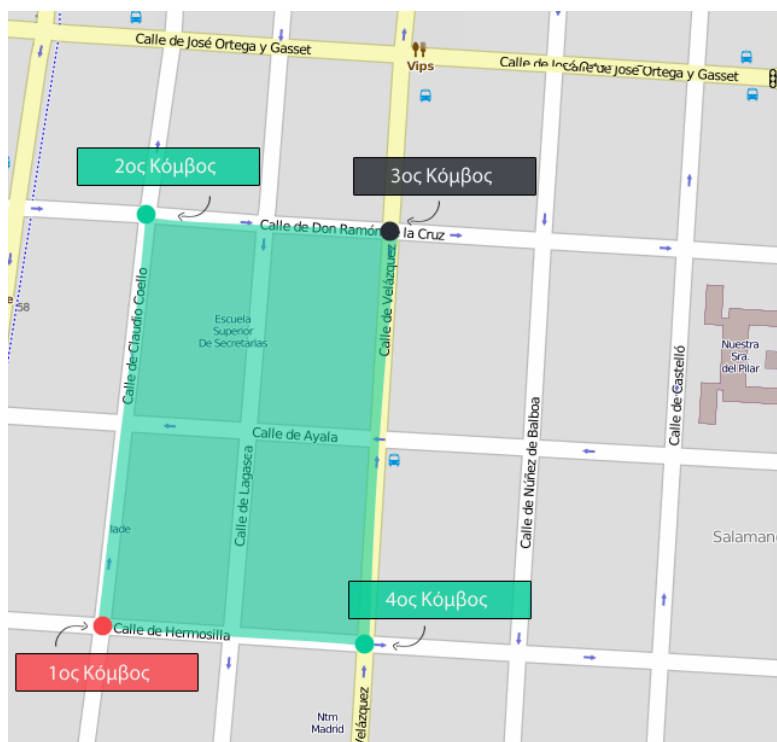
```

```

}
}
$polygons[$pol_id][] = array($next_nodes[1][2], $next_nodes[1][0], $next_nodes[1][1]);

```

Για να επιτύχουμε το παραπάνω έλεγχο, υπολογίζουμε την απόσταση του γεωγραφικού μήκους του δεύτερου κόμβου από το αντίστοιχο μήκος του πρώτου, και το αποθηκεύουμε σε μια μεταβλητή `offset_lon_2_1`. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται αντίστοιχα για τον τέταρτο (πιθανό) κόμβο και τον τρίτο, και υπολογίζουμε την απόστασή τους `offset_lon_3_4`. Εάν το `offset_lon_3_4` είναι μεγαλύτερο από το `offset_lon_2_1`, τότε επιλέγουμε σαν τέταρτο κόμβο, ένα σημείο που διατηρεί το γεωγραφικό πλάτος του ήδη υπολογισμένου, αλλά αποκτά νέα τιμή για το γεωγραφικό του μήκος. Η νέα τιμή μετατοπίζει το ήδη υπάρχων γεωγραφικό μήκος, όσο είναι η αντίστοιχη διαφορά των μηκών του δεύτερου κόμβου από τον πρώτο κόμβο – αφετηρία, του πολυγώνου.



Εικόνα 30: Σχηματισμός Πολυγώνου

Ύστερα από όλα τα παραπάνω βήματα, ολοκληρώθηκε επιτυχώς η διαδικασία εύρεσης των κόμβων του πρώτου πολυγώνου κάθε στήλης. Ωστόσο, πριν προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα του αλγορίθμου για την εύρεση των κόμβων και την συμπλήρωση και των υπόλοιπων τετραπλεύρων κάθε στήλης, έχουμε ήδη εντοπίσει δύο από τους τέσσερις κόμβους. Έτσι, ο πρώτος κόμβος κάθε επόμενου πολυγώνου, θα ταυτίζεται με το αντίστοιχο δεύτερο κόμβο του αμέσως προηγούμενου, και αντίστοιχα ο τέταρτος κόμβος του νέου πολυγώνου θα είναι ίδιος με τον τρίτο κόμβο – διασταύρωση του προηγούμενου πολυγώνου. Αυτή η διαδικασία βρίσκεται εφαρμογή μόνο στην περίπτωση που δεν εργαζόμαστε στην πρώτη στήλη κάλυψης του χάρτη, όπου για τον πρώτο και τον τέταρτο κόμβο ακολουθείται η παραπάνω διαδικασία.

```

## 1ος κομπος epomenou tetrapleurou
$first_p_node_id = $polygons[$pol_id][1][0];
$first_p_node_lat = $polygons[$pol_id][1][1];
$first_p_node_lon = $polygons[$pol_id][1][2];

## 4ος κομπος epomenou tetrapleurou
$first_node_next_col_id = $next_nodes[1][2];
$first_node_next_col_lat = $next_nodes[1][0];
$first_node_next_col_lon = $next_nodes[1][1];

```

Τέλος, παρουσιάζεται η τεχνική με την οποία επαληθεύουμε αν ένα σημείο ενδιαφέροντος είναι εντός ή εκτός πολυγώνου. Τα σημεία αυτά είναι check-ins (γεωγραφικά σημεία) τα οποία δηλώνουν την θέση ενός σημείου ενδιαφέροντος, και ανάλογα με το πλήθος τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος, αποδίδεται σε αυτή ένας χρωματισμός. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

```

$poi_polygon = array();
$num_of_poi_polygon = array();

$poi_polygon = foursquare($min_lat_inc, $min_lon_inc, $max_lat_inc, $max_lon_inc);

for($i=0; $i < sizeof($polygons); $i++){

    $num_of_poi_polygon[$i] = 0;

    for($j=0; $j < sizeof($poi_polygon); $j++){

        $inside_n1_n2 = false;
        $inside_n2_n3 = false;
        $inside_n3_n4 = false;
        $inside_n4_n1 = false;

        ## n1 - n2
        $lat_sorted_line_points = lower_point_first($polygons[$i][0][1],
        $polygons[$i][0][2], $polygons[$i][1][1], $polygons[$i][1][2]);

        if(above_or_below_line($lat_sorted_line_points[0][0],
        $lat_sorted_line_points[0][1], $lat_sorted_line_points[1][0], $lat_sorted_line_points[1][1],
        $poi_polygon[$j][0], $poi_polygon[$j][1]) == -1){

            $inside_n1_n2 = true;
        }

        ## n2 - n3
        $lat_sorted_line_points = lower_point_first($polygons[$i][1][1],
        $polygons[$i][1][2], $polygons[$i][2][1], $polygons[$i][2][2]);

        if(above_or_below_line($lat_sorted_line_points[0][0],
        $lat_sorted_line_points[0][1], $lat_sorted_line_points[1][0], $lat_sorted_line_points[1][1],
        $poi_polygon[$j][0], $poi_polygon[$j][1]) == -1){

```

```

        $inside_n2_n3 = true;
    }

    ## n3 - n4
    $lat_sorted_line_points = lower_point_first($polygons[$i][2][1],
    $polygons[$i][2][2], $polygons[$i][3][1], $polygons[$i][3][2]);

    if(above_or_below_line($lat_sorted_line_points[0][0],
    $lat_sorted_line_points[0][1], $lat_sorted_line_points[1][0], $lat_sorted_line_points[1][1],
    $poi_polygon[$j][0], $poi_polygon[$j][1]) == 1){

        $inside_n3_n4 = true;
    }

    ## n4 - n1
    $lat_sorted_line_points = lower_point_first($polygons[$i][3][1],
    $polygons[$i][3][2], $polygons[$i][0][1], $polygons[$i][0][2]);

    if(above_or_below_line($lat_sorted_line_points[0][0],
    $lat_sorted_line_points[0][1], $lat_sorted_line_points[1][0], $lat_sorted_line_points[1][1],
    $poi_polygon[$j][0], $poi_polygon[$j][1]) == 1){

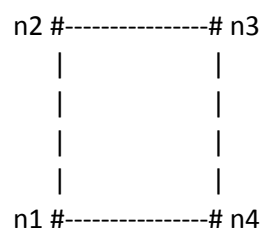
        $inside_n4_n1 = true;
    }

    if($inside_n1_n2 == true && $inside_n2_n3 == true && $inside_n3_n4 ==
    true && $inside_n4_n1 == true){
        $num_of_poi_polygon[$i]++;
    }

}
}

```

Αν αντιμετωπίσουμε κάθε πιθανό τετράπλευρο σαν το παρακάτω σχήμα, τότε:



τα n1, n2, n3 και n4 είναι όλοι οι κόμβοι διασταυρώσεις του κάθε πολυγώνου. Για να βρούμε αν κάποιο σημείο ενδιαφέροντος (check-in) είναι εντός πεδίου, τότε για κάθε σχηματιζόμενη ευθεία του πολυγώνου, ελέγχουμε αν το σημείο βρίσκεται αριστερά ή δεξιά της ευθείας n1-n2 και n3-n4, και αντίστοιχα πάνω ή κάτω από την ευθεία n2-n3 και n4-n1.

Ακολουθούμε την σύμβαση ότι το πρώτο σημείο της ευθείας, είναι αυτό με το μικρότερο γεωγραφικό μήκος, ώστε να πραγματοποιηθεί σωστά η παραπάνω διαδικασία.

```

function lower_point_first($lat1, $lon1, $lat2, $lon2){
    if($lon1 <= $lon2){
        $a_lat = $lat1;
        $a_lon = $lon1;

        $b_lat = $lat2;
        $b_lon = $lon2;
    }else{
        $a_lat = $lat2;
        $a_lon = $lon2;

        $b_lat = $lat1;
        $b_lon = $lon1;
    }

    $lower_point_first_array = array(array($a_lat,$a_lon),array($b_lat,$b_lon));

    return $lower_point_first_array;
}

```

Αφού πραγματοποιηθεί ο πιο πάνω έλεγχος, καλείται η παρακάτω συνάρτηση για τον καθορισμό της θέσης του σημείου ενδιαφέροντος

```

function above_or_below_line($lat1, $lon1, $lat2, $lon2, $lat3, $lon3){
    $determinant = 0;
    $determinant=$lat1*($lon2-$lon3)-$lon1*($lat2-$lat3)+$lat2*$lon3-$lon2*$lat3;

    if($determinant < 0){
        return 1;
    }else if($determinant > 0){
        return -1;
    }else{
        return 0;
    }
}

```

Κεφάλαιο 4^ο

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, περιγράφηκε αναλυτικά η διαδικασία ανάπτυξης του αλγορίθμου τμηματοποίησης ενός αστικού χάρτη. Ακολουθώντας τα βήματα του αλγορίθμου, προκύπτει ένα σύνολο πολυγώνων (τετράπλευρα) τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα ή περισσότερα οικοδομικά τετράγωνα μιας περιοχής. Σειρά έχει η παρουσίαση της πληροφορίας στο χάρτη, και πιο ειδικά η απτή αναπαράστασή της με μια κατάλληλη τεχνική απεικόνισης.

Η πληροφορία που έχουμε συλλέξει και είναι διαθέσιμη προς οπτικοποίηση, αφορά ένα πλήθος check-ins σε μια περιοχή. Τα check-ins είναι στην πραγματικότητα γεωγραφικά στίγματα, τα οποία αποτελούνται από ένα ζεύγος συντεταμένων (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) και υποδηλώνουν την ακριβή θέση ενός γεγονότος, μιας υπηρεσίας ή ενός σημείου ενδιαφέροντος. Η απόδοση και η αναπαράσταση της πληροφορίας πραγματοποιείται με την βοήθεια θεματικών χαρτών και η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής είναι απαραίτητη για την κατανόηση του αποτελέσματος από τον τελικό χρήστη.

Τα δεδομένα που έχουμε διαθέσιμα, προέρχονται από το κοινωνικό δίκτυο FourSquare, το οποίο βασίζεται στην γεωγραφική θέση του χρήστη για την παροχή των υπηρεσιών του. Παρακάτω, αξιοποιώντας την τεχνική των χωροπληθών χαρτών, αποδίδουμε σε κάθε τετράπλευρο ένα χρωματισμό, ανάλογα με το πλήθος των σημείων ενδιαφέροντος (check-ins) που ανήκουν σε αυτό. Τα τετράπλευρα με τον πιο έντονο χρωματισμό αντιπροσωπεύουν περιοχές ενδιαφέροντος που οι περισσότεροι χρήστες έχουν γνωστοποιήσει εκείνη την στιγμή την παρουσία τους στην περιοχή, κάνοντας την τοποθεσία πιο δημοφιλή.

4.1 Χρήση της Τεχνικής Χωροπληθών Χαρτών

Οι χωροπληθείς χάρτες είναι ίσως το πιο ευρέως διαδεδομένο είδος θεματικού χάρτη. Δημιουργούνται με την διαίρεση της συνολικής περιοχής που μελετάται σε μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος, για τις οποίες υπάρχουν τα διαθέσιμα χωρικά δεδομένα. Κάθε περιοχή, στην συνέχεια, σκιαζεται σύμφωνα με την τιμή των δεδομένων της, για το αντικείμενο ενδιαφέροντος (πχ, οι χαμηλές τιμές αναπαρίστανται με απαλούς τόνους, και οι υψηλές τιμές από σκούρα χρώματα). Όταν όλες οι περιοχές «χρωματιστούν», η χρήση των απαλών αλλά και των σκούρων αποχρώσεων παρέχουν μια οπτική αποτύπωση των χωρικών μεταβολών για το θέμα που μελετάται. Αν και οι βασικές αρχές είναι αρκετά απλές, υπάρχουν ορισμένες αποφάσεις που πρέπει να παρθούν, οι οποίες μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην εμφάνιση του χάρτη, και ως εκ τούτου, στα συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από αυτόν.

4.1.1 Επιλογή Περιοχών

Η πρώτη απόφαση που χρειάζεται κανείς να πάρει, για την δημιουργία ενός χάρτη με την χρήση χωροπληθούς απεικόνισης, σχετίζεται με τον αριθμό και την τοποθεσία των νέων υπο-περιοχών που προκύπτουν από την ευρύτερη περιοχή. Εάν η επιλογή της πληροφορίας

εξαρτάται από δευτερογενής πηγές δεδομένων, τότε η επιλογή των περιοχών είναι πιθανό να έχει ήδη καθοριστεί. Για παράδειγμα, εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι διαθέσιμα σε επίπεδο νομών, τότε η επεξεργασία και η χρήση τους περιορίζεται στα πλαίσια των νομών. Ωστόσο, ορισμένες πηγές δεδομένων παρέχουν δεδομένα για μια ποικιλία τύπων περιοχών. Έτσι, αν λάβουμε υπόψη για παράδειγμα, πιθανά διαθέσιμα δεδομένα που αφορούν την θερμοκρασία, αυτά είναι δυνατόν να απευθύνονται τόσο σε ευρύτερες όσο και σε μικρότερες περιοχές, με αποτέλεσμα οι χάρτες που παράγονται να παρέχουν διαφορετικά συμπεράσματα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η καλύτερη στρατηγική είναι να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα που απευθύνονται σε μικρότερες διαθέσιμες περιοχές, δεδομένου ότι οι περιοχές αυτές παρέχουν περισσότερη χωρική πληροφορία και λεπτομέρεια. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό το γεγονός πως οι μικρές περιοχές δύναται να προκαλέσουν νέα προβλήματα ως προς την κατανόηση του χάρτη. Το πρόβλημα είναι ότι οι μικρές περιοχές μπορεί να περιέχουν μικρούς πληθυσμούς, με αποτέλεσμα μια μικρή διαφοροποίηση στον αριθμό να οδηγήσει σε μια μεγάλη ποσοστιαία μεταβολή, που δεν είναι επιθυμητή και δεν συμφωνεί με τα δεδομένα.

4.1.2 Επιλογή ενός δείκτη (μέτρησης)

Μια δεύτερη σειρά αποφάσεων σχετίζεται με τον τρόπο που το θέμα ενδιαφέροντός μας μετράται και ποσοτικοποιείται. Σε μια απλή εκδοχή του προβλήματός μας, κάποιος θα χαρτογραφούσε απλά τον αριθμό των διαθέσιμων στοιχείων για κάθε περιοχή (πχ, άνεργοι σε μια περιοχή). Τα αποτελέσματα, όμως, που θα προέλθουν από αυτό, είναι σχεδόν βέβαιο πως δεν θα είναι ακριβή, καθώς οτιδήποτε θέλουμε να οπτικοποιήσουμε σε μια περιοχή είναι πάντοτε ανάλογο του μεγέθους της ίδιας της περιοχής. Η τεχνική αυτή βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις που οι μελετώμενες περιοχές ενδιαφέροντος έχουν σχετικά την ίδια έκταση, επομένως υπάρχει μια αναλογία και ένα κοινό μέτρο σύγκρισης.

Σε αντίθετη περίπτωση, για να καταφέρουμε να συγκρίνουμε, ουσιαστικά, τα οπτικοποιημένα χαρακτηριστικά περιοχών (το οποίο είναι αυτό που προσπαθούμε να επιτύχουμε με την χρήση χωροπληθών χαρτών) είναι αναγκαίο τα δεδομένα να «κανονικοποιηθούν», έτσι ώστε να υπάρξει μια ενιαία μετρική σύγκρισης και παραλληλισμού.

4.1.3 Αριθμός Κατηγοριών

Το επόμενο θέμα για το οποίο κάποιος πρέπει να λάβει μια απόφαση κατά τον σχεδιασμό ενός χάρτη, είναι το πλήθος των κλάσεων που θα χρησιμοποιηθούν. Με άλλα λόγια, όταν δημιουργείται ο χάρτης, η τιμή των δεδομένων για τις διαφορετικές περιοχές είναι αναγκαίο να οργανωθούν σε ένα σύνολο κατηγοριών (ομάδες που έχουν παρόμοιες τιμές). Σε κάθε κατηγορία, στην συνέχεια, παραχωρείται μια διαφορετική απόχρωση με σκοπό την τελική οπτικοποίηση των δεδομένων.

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό, μπορεί σε κάποιο βαθμό, να καθοριστεί από το συνολικό πλήθος των περιοχών του χάρτη, καθώς επίσης ίσως και από την φύση των δεδομένων που απεικονίζονται στον χάρτη. Ωστόσο, σαν γενικός κανόνας στους χωροπληθείς χάρτες, η

ύπαρξη πέντε, ή έξι κατηγοριών σκίασης είναι ο ιδανικός αριθμός ομάδων για την οπτικοποίηση του χάρτη. Η χρήση λιγότερων κατηγοριών μπορεί να οδηγήσει σε ασαφή αποτελέσματα και σε μια υπεραπλουστευμένη έκδοση ενός χάρτη. Ωστόσο, εάν υπάρχει μόνο ένας μικρός αριθμός διαθέσιμων περιοχών, τότε τρεις ή τέσσερις κατηγορίες αριθμών είναι επαρκής για την επίτευξη του σκοπού μας. Παράλληλα, η χρήση μικρότερου αριθμού κατηγοριών σκίασης και χρωματισμών είναι κατάλληλη για τελικούς χρήστες που δεν είναι αρκετά εξοικειωμένοι με θεματικούς χάρτες, και έτσι η απλότητα είναι το ζητούμενο.

Εάν χρησιμοποιήσει κανείς πάρα πολλές κατηγορίες, οι χάρτες μπορεί να περιέχουν υπερβολική πληροφορία, κάνοντας έτσι δύσκολη την διαδικασία κατανόησής τους. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η χρήση περισσότερων κατηγοριών είναι θεμιτή, μιας και το πλήθος των διαθέσιμων περιοχών ενδιαφέροντος είναι αρκετά μεγάλο.

4.1.4 Επιλογή υποδιαιρέσεων στις κατηγορίες

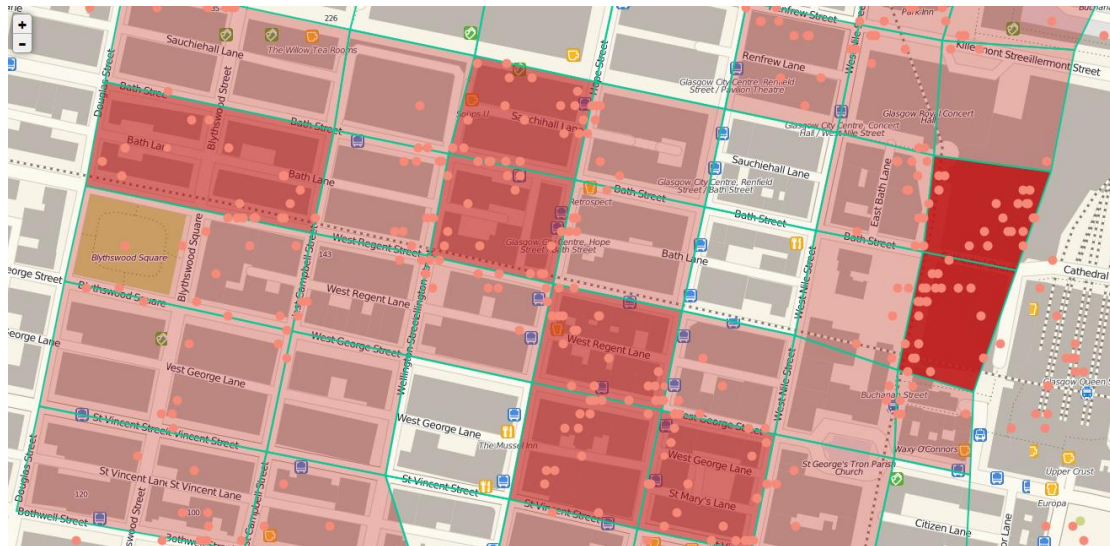
Έχοντας επιλέξει ένα κατάλληλο αριθμό κατηγοριών για την δημιουργία του χωροπληθή θεματικού χάρτη, πρέπει να δοθεί στην συνέχεια έμφαση στο σημείο διαχωρισμού αυτών των κατηγοριών. Το ίδιο σύνολο δεδομένων είναι δυνατό να δώσει διαφορετικά οπτικά αποτελέσματα ανάλογα με την εκάστοτε επιλογή των διαστημάτων για τον σχηματισμό κατηγοριών.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επιλογή των κατάλληλων υποδιαιρέσεων για τον σχηματισμό των κατηγοριών. Η πιο συνηθισμένη είναι η χρήση ίσων περιοχών. Έτσι επιλέγεται η χαμηλότερη και η υψηλότερη τιμή από τα δεδομένα, και γίνεται ο διαχωρισμός της διαφοράς τους σε ίσα τμήματα.

4.1.5 Επιλογή των κατάλληλων τόνων

Έχοντας επιλέξει την κατάλληλη τεχνική υποδιαίρεσης της ευρύτερης περιοχής σε μικρότερα τμήματα, και έχοντας σχηματίσει τις κατάλληλες κατηγορίες, σειρά έχει η επιλογή του κατάλληλου τόνου για κάθε μια από αυτές. Οι χρωματισμοί που θα χρησιμοποιηθούν για να αναπαραστήσουν τις διαφορετικές κατηγορίες, θα επηρεάσουν με προφανή τρόπο την εμφάνιση του χάρτη. Εάν κατά την οπτικοποίηση του χάρτη χρησιμοποιηθεί το άσπρο και το μαύρο, τότε η διαφοροποίηση των ενδιάμεσων τιμών πραγματοποιείται με αποχρώσεις του γκρι, με ήπιες αποχρώσεις έως πιο σκούρες. Ο τόνος του χρώματος πρέπει να είναι ευδιάκριτος, ώστε να αποφεύγονται παρερμηνείες κατά την απόδοση του χάρτη. Γενικά, η χρήση διαφορετικών αποχρώσεων ενός χρώματος είναι προτιμητέα, σε σχέση με την χρήση περισσότερων διαφορετικών χρωμάτων. Στην παρούσα εργασία, επιλέγεται η χρήση διαφορετικών αποχρώσεων του κόκκινου χρώματος.

Ο αλγόριθμος έχει διαχωρίσει τον χάρτη σε μικρότερες περιοχές, κάθε μια από τις οποίες συνήθως συμπεριλαμβάνει ένα, δύο ή τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα. Στην συνέχεια, σε κάθε περιοχή ενδιαφέροντος, θα καταμετρήσουμε το πλήθος των πραγματοποιημένων check-ins, και ανάλογα με το πλήθος τους τα τετράπλευρα θα χρωματιστούν ανάλογα.



Εικόνα 32: Απόδοση Χρωματισμού στα Πολύγωνα, σύμφωνα με το Πλήθος των Check-ins

Η σύμβαση που ακολουθήσαμε είναι ο χρωματισμός των πολυγώνων με διάφορες αποχρώσεις του κόκκινου (τρεις), και η έλλειψη χρώματος στις περιοχές που δεν δηλώνεται η παρουσία ενός σημείου ενδιαφέροντος. Από τον παραπάνω χάρτη, παρατηρούμε πως δύο κοντινές περιοχές στην δεξιά μεριά του χάρτη, έχουν μια αρκετά έντονη απόχρωση του κόκκινου, δηλαδή είναι περιοχές περισσότερο πολυσύχναστες από τους χρήστες. Οι περισσότερες περιοχές διαθέτουν μια ανοικτή απόχρωση του κόκκινου, και ορισμένες χρωματίζονται με μια πιο έντονη απόχρωση ανάλογα με την συσσώρευση των check-ins.

Η εναλλαγή των αποχρώσεων πραγματοποιείται σύμφωνα με το πλήθος των check-ins. Στην προκειμένη περίπτωση, διαθέτουμε τρεις κατηγορίες χρωμάτων, όποτε είναι αναγκαίο να υπολογίσουμε το άνω και το κάτω όριο (check-ins) για κάθε κατηγορία.

```
max_val = 0;
min_val = 1000;

for(i=0; i < data.numOfPoiPolygon.length; i++){

    if(data.numOfPoiPolygon[i] > max_val){
        max_val = data.numOfPoiPolygon[i];
    }

    if(data.numOfPoiPolygon[i] < min_val){
        min_val = data.numOfPoiPolygon[i];
    }

}
```

Αρχικά, εντοπίζουμε το μέγιστο, αλλά και το ελάχιστο πλήθος check-ins, που διαθέτουν τα τετράπλευρά μας. Στην ουσία, προσπαθούμε να βρούμε ένα τετράπλευρο με τα λιγότερα σημεία ενδιαφέροντος, και ένα άλλο με το μεγαλύτερο. Αφού εντοπίσουμε και υπολογίσουμε αυτές τις τιμές, προχωρούμε στην κατηγοριοποίηση των τετραπλεύρων.

```
if(data.numOfPoiPolygon[i] == 0){
    opacity = 0.0;
}else if(data.numOfPoiPolygon[i] > 0 && data.numOfPoiPolygon[i] <= Math.round(max_val / 3)){
    opacity = 0.3;
}else if(data.numOfPoiPolygon[i] > Math.round(max_val / 3) && data.numOfPoiPolygon[i] <= Math.round(max_val / (3/2))){
    opacity = 0.6;
}else if(data.numOfPoiPolygon[i] > Math.round(max_val / (3/2)) && data.numOfPoiPolygon[i] <= Math.round(max_val / (3/4))){
    opacity = 0.9;
}
```

Το χρώμα που έχει επιλεγεί είναι ένα και μοναδικό (κόκκινο - #BF1616). Ωστόσο, οι διαφορετικές αποχρώσεις του στο χάρτη επιτυγχάνονται με την εναλλαγή του “opacity”, δηλαδή της αδιαφάνειας του στο χάρτη. Το εύρος των τιμών μεταξύ του ελάχιστου και του μέγιστου πλήθους check-ins διαχωρίζεται σε τρία ίσα μέρη, και ανάλογα με το πλήθος τους, αυξάνεται αντίστοιχα η τιμή της αδιαφάνειας, επιτυγχάνοντας έτσι μια πιο έντονη κάθε φορά απόχρωση του κόκκινου χρώματος. Περιοχές ενδιαφέροντος με μηδενικό πλήθος check-ins έχουν opacity ίσο με το μηδέν, το οποίο οπτικά σημαίνει ότι ο χρωματισμός στο τετράπλευρο δεν είναι εμφανής.

Η δημιουργία των τετραπλεύρων πραγματοποιείται με τον πίνακα polygons, που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο οποίος περιέχει τους τέσσερις κόμβους – διασταυρώσεις κάθε πολύγωνου. Σε κάθε πολύγωνο, αποδίδεται το κατάλληλο opacity, όπως αυτό υπολογίστηκε.

```
for(i=0; i < data.polygons.length; i++){

    L.polygon([
        [parseFloat(data.polygons[i][0][1]), parseFloat(data.polygons[i][0][2])],
        [parseFloat(data.polygons[i][1][1]), parseFloat(data.polygons[i][1][2])],
        [parseFloat(data.polygons[i][2][1]), parseFloat(data.polygons[i][2][2])],
        [parseFloat(data.polygons[i][3][1]), parseFloat(data.polygons[i][3][2])]
    ], {
        clickable: false,
        stroke: true,
        color: '#05CB98',
        opacity: 1,
        fill: true,
        fillColor: '#BF1616',
        fillOpacity: opacity,
        weight: 2
    }).addTo(map);
}
```

Τα χαρακτηριστικά “stroke”, “color” και “opacity” αναφέρονται στον χρωματισμό των πλαισίων διαχωρισμού των τετραπλεύρων (πράσινες γραμμές, σχ.), ενώ τα αντίστοιχα “fill”, “fillColor” και “fillOpacity” αναφέρονται στο εσωτερικό χρωματισμό του πολυγώνου.

Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε ορισμένα στιγμιότυπα από την πόλη της Γλασκόβης, σε διαφορετικό μέγεθος πλαισίου οριοθέτησης του παραθύρου (bounding box), καθώς επίσης και σε μεγεθυμένη κλίμακα.



Εικόνα 33: Τμηματοποιημένος Χάρτης Γλασκόβης, σε διαφορετικό μέγεθος Πλαισίου Οριοθέτησης (1^η εκδοχή)



Εικόνα 34: Τμηματοποιημένος Χάρτης Γλασκόβης, σε διαφορετικό μέγεθος Πλαισίου Οριοθέτησης (2^η εκδοχή)

76

4.3 Ευχρηστία και Κατανόηση Θεματικών Χαρτών

Στο σημείο αυτό εξετάζουμε κατά πόσο η τεχνική που αναπτύξαμε, ανταποκρίνεται σωστά στην διαδικασία εντοπισμού και επισήμανσης περιοχών ενδιαφέροντος σε μια αστική περιοχή. Για να το επιτύχουμε, αντιπαραθέτουμε στο χρήστη δύο όμοιους χάρτες, σε καθέναν από τους οποίους έχουμε χρησιμοποιήσει την τεχνική HeatMaps για τον ένα, και την SquareMaps τεχνική που αναπτύξαμε για τον άλλον χάρτη. Σε κάθε ένα από αυτούς τους χάρτες, ζητήσαμε να εντοπίσουν τις πιθανές περιοχές ενδιαφέροντος και να τις σημειώσουν στο χάρτη. Μετά το πέρας της διαδικασίας, τέθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο μας βοηθά να κατανοήσουμε κατά πόσο ο μέσος χρήστης είναι εξοικειωμένος με την χρήση θεματικών χαρτών και πως ανταποκρίνεται με αυτούς.

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους χρήστες, παρουσιάζονται παρακάτω, από τις οποίες θα προσπαθήσουμε στην συνέχεια να εξάγουμε κάποια βασικά συμπεράσματα για τις παραπάνω τεχνικές οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων.

Ερωτήσεις:

- a) Είστε εξοικειωμένοι με την χρήση θεματικών χαρτών;
- b) Επιθυμείτε να γνωρίζετε συγκεκριμένες τοποθεσίες ή ευρύτερες περιοχές με μεγαλύτερο ενδιαφέρον, όσον αφορά την επισκεψιμότητα;
- c) Προτιμάτε να επισκέπτεστε περιοχές με μεγάλη επισκεψιμότητα;
- d) Ήταν εύκολα κατανοητή η τεχνική αναπαράστασης, βασιζόμενη στους HeatMaps;
- e) Ήταν εύκολα κατανοητή η τεχνική αναπαράστασης, βασιζόμενη στους Square Maps;
- f) Αν έπρεπε να συμβουλευτείτε κάποια από τις διαθέσιμες αυτές τεχνικές για την επιλογή μιας περιοχής με μεγάλο ενδιαφέρον, ποια θα επιλέγατε;
- g) Διακρίνατε εύκολα τις περιοχές μεγαλύτερης επισκεψιμότητας με βάση τους HeatMaps;
- h) Χρόνος που απαιτήθηκε για την κατανόηση και την προσαρμογή σας στη τεχνική HeatMaps
- i) Διακρίνατε εύκολα τις περιοχές μεγαλύτερης επισκεψιμότητας με βάση τους Square Maps;
- j) Χρόνος που απαιτήθηκε για την κατανόηση και την προσαρμογή σας στη τεχνική Square Maps

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα που συλλέξαμε από το ερωτηματολόγιό μας, αλλά και από τις πιθανές περιοχές ενδιαφέροντος που εντόπισαν οι χρήστες πάνω στο χάρτη, προκύπτουν κάποια αποτελέσματα για την απόδοση των δύο συγκρινόμενων αλγορίθμων παρουσίασης γεωγραφικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, επικεντρωθήκαμε σε θέματα που αφορούν το πλήθος των περιοχών ενδιαφέροντος που εντόπισαν οι χρήστες για κάθε μια από τις δύο τεχνικές, την έκταση των περιοχών ενδιαφέροντος που καλύφθηκε (σε km^2), αλλά και το μέσο χρόνο εξοικείωσης και εντοπισμού αυτών των περιοχών (σε sec). Το πείραμα έγινε σε ένα δείγμα 10 ατόμων ($N = 10$).

Πίνακας 1: Μέσοι όροι στοιχείων ενδιαφέροντος

Paired Samples Statistics				
		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	av_area_hm	,008070	10	,0025228
	av_area_sq	,011610	10	,0008685
Pair 2	av_time_hm	157,2000	10	31,38577
	av_time_sq	159,3000	10	37,97382
Pair 3	av_no_poly_hm	3,5750	10	,45720
	av_no_poly_sq	3,9500	10	,86442
Pair 4	time_to_understand_hm	3,6000	10	1,07497
	time_to_understand_sq	2,7000	10	,94868

Η διαφορά μεταξύ των τεχνικών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων HeatMaps και SquareMaps, για το μέσο όρο των περιοχών επικάλυψης του χάρτη (0,0035 km²) βρέθηκε στατιστικά σημαντική με χρήση Paired-Sample T-Test ($p < 0.01$).

Η διαφορά μεταξύ των τεχνικών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων HeatMaps και SquareMaps, για το μέσο χρόνο εντοπισμού των περιοχών ενδιαφέροντος του χάρτη (2,1 sec) δεν κρίνεται στατιστικά σημαντική, με χρήση Paired-Sample T-Test.

Η διαφορά μεταξύ των τεχνικών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων HeatMaps και SquareMaps, για το μέσο όρο του αριθμού των πολυγώνων που καλύπτουν περιοχές ενδιαφέροντος, δεν κρίνεται στατιστικά σημαντική, με χρήση Paired-Sample T-Test.

Η διαφορά μεταξύ των τεχνικών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων HeatMaps και SquareMaps, για το μέσο χρόνο κατανόησης των δύο τεχνικών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων (0,9 sec), βρέθηκε στατιστικά σημαντική με χρήση Paired-Sample T-Test ($p=0,01 \leq 0.01$).

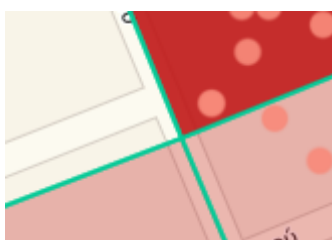
Πίνακας 2: Χρήση Paired-Sample τεχνικής

Paired Samples Test				
		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	av_area_hm - av_area_sq	-,0035400	,0022751	,0007194
Pair 2	av_time_hm - av_time_sq	-2,10000	34,56540	10,93054
Pair 3	av_no_poly_hm - av_no_poly_sq	-,37500	,60381	,19094
Pair 4	time_to_understand_hm - time_to_understand_sq	,90000	,87560	,27689
				Sig. (2-tailed)
				,001
				,852
				,081
				,010

4.4 Δυσκολίες - μη επιθυμητά αποτελέσματα

Η εφαρμογή του αλγορίθμου είναι αρκετά ικανοποιητική σε ένα μεγάλο δείγμα περιοχών. Ωστόσο, αντιμετωπίσαμε αρκετές δυσκολίες (οι οποίες σε ένα μεγάλο βαθμό ξεπεράστηκαν) κατά την ανάπτυξη του αλγορίθμου. Η φύση των «εμποδίων» ποίκιλε, και σε αρκετές περιπτώσεις στάθηκε ως τροχοπέδη στην διαδικασία εξέλιξης των βημάτων του αλγορίθμου.

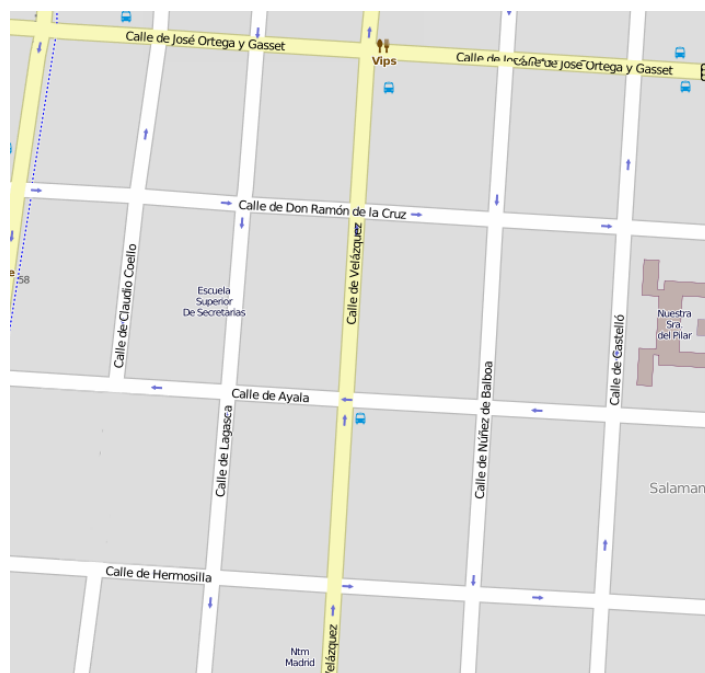
Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα αποτέλεσε ο «θόρυβος» στην χωρική πληροφορία των δεδομένων. Ένας μεγάλος όγκος δεδομένων απορρίφθηκε, «καθαρίζοντας» με αυτό τον τρόπο ουσιαστικά την μη επιθυμητή πληροφορία. Ωστόσο, αρκετές φορές, ήταν πολύ πιθανό να εμπεριέχονται στα δεδομένα λανθασμένες εξ' αρχής πληροφορίες, οπότε και η παραπάνω διαδικασία να μην δύναται να εντοπίσει το «θόρυβο». Για παράδειγμα, ένα ζήτημα αυτής της φύσεως αποτέλεσε η παρουσία κόμβων, οι οποίοι δεν συμπίπτουν με κάποια πραγματική διασταύρωση δρόμων, και λειτούργησαν με αρνητικό τρόπο στο σχηματισμό των περιοχών ενδιαφέροντος του χάρτη και την κάλυψη οικοδομικών τετραγώνων.



Εικόνα 38: Λανθασμένη αποτύπωση κόμβων - διασταυρώσεων

Παράλληλα, εκτός από το παραπάνω θέμα, ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε, αποτέλεσε ο τρόπος με τον οποίο αποθηκεύεται ένας δρόμος στην βάση δεδομένων. Όπως έχουμε προαναφέρει, κάθε δρόμος αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων. Παρά ταύτα, υπήρξαν περιπτώσεις που ο ίδιος ο δρόμος ήταν αποθηκευμένος, για παράδειγμα, σαν τρεις διαφορετικούς – ξεχωριστούς δρόμους, λόγω ενδιάμεσης πεζοδρόμησής του. Το γεγονός αυτό διέκοπτε την γεωγραφική συνέχεια των κόμβων, μη παρέχοντας μας την δυνατότητα να εντοπιστεί ο αμέσως επόμενος πιθανός κόμβος για το σχηματισμό του τετραπλεύρου.

Ένα άλλο στοιχείο που αντιμετωπίστηκε, ήταν η διακοπή του δρόμου, λόγω «κακού» πολεοδομικού σχεδιασμού. Όπως είναι φανερό, η συνέχεια του δρόμου δεν είναι δυνατή, και η ικανότητα εξεύρεσης ενός επόμενου κόμβου για το σχηματισμό ενός νέου πολυγώνου – περιοχής ενδιαφέροντος, αποτέλεσε εμπόδιο στην σχεδίαση του.



Εικόνα 39: Ασυνέχεια δρόμου

4.5 Μελλοντική Εργασία

Στόχος σε μελλοντικό βήμα αποτελεί η κάλυψη του χάρτη για τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται οριακά στο πλαίσιο οριοθέτησης της εκάστοτε μελετώμενης αστικής περιοχής. Παράλληλα, η τεχνική που αναπτύξαμε για την τμηματοποίηση της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος, λαμβάνει υπόψη μόνο τα γεωγραφικά στοιχεία του πλάτους και του μήκους (latitude – longitude) για την ταυτοποίηση των κόμβων – διασταυρώσεων, για τον σχηματισμό των νέων περιοχών ενδιαφέροντος, και την τελική οπτικοποίηση της πληροφορίας. Τέλος, ως επόμενος στόχος τίθεται η μεταφορά της παραπάνω υλοποίησης σε κινητές συσκευές, όπου το κέντρο του χάρτη θα καθορίζεται από την εκάστοτε γεωγραφική θέση του χρήστη, και θα παρουσιάζεται στην οθόνη της συσκευής του, οι περιοχές με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία, εστιάσαμε στην έννοια των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και εμβαθύνουμε στα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα. Με τον όρο Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα αναφερόμαστε σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που ενσωματώνει χωρικά δεδομένα σε ένα περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων. Πρόκειται ουσιαστικά, για ένα αποτελεσματικό μηχανισμό επίλυσης χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου γεωγραφικών στοιχείων, με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή και κατανοητή από όλους τους χρήστες.

Στόχος της εργασίας ήταν η ανάπτυξη μιας καινοτόμου τεχνικής χωρικής διαίρεσης χαρτών αστικών πόλεων, και η παρουσίαση δεδομένων από κοινωνικά δίκτυα (Foursquare) σε αυτούς. Στο παρελθόν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές προσπάθειες αναπαράστασης της πληροφορίας στο χάρτη, με χρήση διαφόρων τεχνικών οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων.

Οι χάρτες θερμότητας είναι μια ευρέως διαδεδομένη τεχνική οπτικοποίησης η οποία παρουσιάζει την πληροφορία με ένα έντονο χρωματισμό στα σημεία ενδιαφέροντος. Ωστόσο, η τεχνική αυτή δεν προσδιορίζει τιμές για ευρύτερα τμήματα περιοχών. Αν και αποτελεί μια αρκετά κατανοητή τεχνική απεικόνισης πληροφορίας, ο χρήστης, ακολουθώντας την καινοτόμο μας τεχνική που αναπτύξαμε, μπορεί με πιο άμεσο τρόπο να αντιληφθεί ποιες περιοχές ενδιαφέροντος είναι αυτές που ίσως επιθυμεί να επισκεφτεί, ακολουθώντας την προσωπική άποψη όλου του πλήθους των χρηστών, σύμφωνα με τα check-ins που έχουν πραγματοποιήσει.

Οι χάρτες αναλογικών σχημάτων, αλλά και οι χάρτες κουκκίδων χρησιμοποιούν συνήθως γραφικά σύμβολα, όπως δισκία, αποτυπωμένα πάνω στον χάρτη για να παρουσιάσουν την πληροφορία. Η πρώτη τεχνική προσαρμόζει το μέγεθος των συμβόλων ανάλογα με την αναπαραστώμενη τιμή, ενώ αντίθετα η άλλη τεχνική, χρησιμοποιεί σύμβολα κάθε ένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μια καθορισμένη τιμή. Και οι δύο τεχνικές, αν και είναι αρκετά αποδοτικές, είναι πολλές φορές δυσνόητες για τον μέσο χρήστη, ώστε να εξάγει εύκολα συμπεράσματα. Ένα βασικό μειονέκτημα της τεχνικής των χαρτών με αναλογικά σύμβολα, αποτελεί το γεγονός ότι η χρήση αυτών των συμβόλων μπορεί να επικαλύπτει πολλές φορές ένα σημαντικό εύρος του χάρτη, είτε τα σύμβολα να επικαλύπτονται τα ίδια, λόγω λανθασμένης εκτίμησης κατά την τοποθέτηση, με αποτέλεσμα την αδυναμία εξαγωγής σωστών συμπερασμάτων. Όσον αφορά την τεχνική απεικόνισης πληροφορίας με βάση τους χάρτες κουκκίδων, είναι πιθανό το πλήθος των κουκκίδων που αντιπροσωπεύουν μια καθορισμένη τιμή, να επικαλύπτονται σε πυκνές περιοχές δεδομένων, με αποτέλεσμα η πραγματική απεικονιζόμενη πληροφορία που παρουσιάζεται να είναι ασαφής και να εμπεριέχει στοιχεία λάθους στην απόδοση της πληροφορίας.

Όσον αφορά τους ισοπληθείς χάρτες, οι τιμές που αποδίδονται σε αυτόν καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα του χάρτη, και οι οποίοι αναπαριστούν συνεχή χωρικά δεδομένα που ποικίλλουν ομαλά πάνω στον χώρο. Όπως αντιλαμβανόμαστε η τεχνική αυτή δεν είναι κατάλληλη για την απεικόνιση σημείων ενδιαφέροντος πάνω στο χάρτη, μιας και συνήθως, βρίσκει εφαρμογή σε άλλους τομείς, όπως η παρουσίαση της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας στο χώρο.

Η βασική κατεύθυνση στην οποία κινείται ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για την κατάτμηση του χάρτη, στηρίζεται στην ιδέα διαχωρισμού μιας ευρύτερης περιοχής σε μικρότερες περιοχές ενδιαφέροντος, οι οποίες θα καλύπτουν πολεοδομικά οικοδομικά τετράγωνα. Η δημιουργία των νέων περιοχών ενδιαφέροντος βασίζεται, στην εύρεση των δρόμων που παρουσιάζονται στο πλαίσιο οριοθέτησης της οθόνης μας, και κατ' επέκταση στον εντοπισμό των κόμβων – διασταυρώσεων που σχηματίζουν τον κάθε δρόμο. Στην τεχνική αυτή, εργαζόμαστε με γεωγραφικά σημεία των οποίων οι χωρικές τους συντεταγμένες είναι γνωστές (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), και μας δίνεται η δυνατότητα να σχηματίσουμε «τετράπλευρα» που συμπίπτουν με τα οικοδομικά τετράγωνα. Ο αλγόριθμος ακολουθεί διάφορες συμβάσεις για την αποφυγή «κολλημάτων» και την εξασφάλιση της συνέχειας του, με σκοπό την επιτυχή τμηματοποίηση του αστικού χάρτη.

Αφού, πραγματοποιηθεί η τμηματοποίηση και δημιουργηθούν νέες περιοχές ενδιαφέροντος, η παρουσίαση της πληροφορίας γίνεται με την απόδοση ενός χρωματισμού σε κάθε νέα σχηματισμένη περιοχή, ανάλογα με το πλήθος των γεωγραφικών στιγμάτων (check-ins) των χρηστών, που έχουμε συλλέξει για μια συγκεκριμένη περίοδο. Με την τεχνική αυτή προσπαθούμε να προσδιορίσουμε και να εντοπίσουμε γρήγορα και χωρίς δυσκολίες, ποιες περιοχές μιας πόλης πάνω στον χάρτη είναι περισσότερο πολυσύχναστες και προτιμητέες από τους χρήστες. Η τεχνική δίνει μια απτή απεικόνιση των δεδομένων και παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να κρίνει εύκολα και γρήγορα τα παρεχόμενα αποτελέσματα, χωρίς να απαιτείται κάποιο βαθύτερο τεχνολογικό υπόβαθρο για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Αναφορές - Βιβλιογραφία

1. Κάβουρας Μ, "Αρχές Γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Αθήνα, 1998
2. Κουτσόπουλος Κ, "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου", Αθήνα, 2002
3. Τσούλος Λ, "Ψηφιακή Χαρτογραφία", Αθήνα, 1999
4. Ιωάννης Καπαγερίδης, Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Σημειώσεις Θεωρίας, 2006
5. Goodchild, M.F., 'A spatial analytic perspective on geographical information systems', International Journal of Geographical Information Systems, 1988
6. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., Geographic Information Systems and Science, 2nd edn. New York: Wiley, 2005
7. Jankowski, P. and Nyerges, T., Geographic Information Systems for Group Decision Making: Towards a Participatory Geographic Information Science. New York, 2001
8. Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W., Geographical Information Systems: Principles and Applications. Harlow: Longman, 1991
9. Maling, D.H., Measurement from Maps: Principles and Methods of Cartometry. New York: Pergamon, 1989
10. O'Sullivan, D. and Unwin, D.J., Geographic Information Analysis. Hoboken, NJ: Wiley, 2003
11. Pickles, J. (ed.), Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems. New York: Guilford, 1995
12. Plewe, B., GIS Online: Information Retrieval, Mapping, and the Internet. Santa Fe, NM: OnWord, 1997
13. Norbert Bartelme, "Geographic Information Systems, ch. 6" 2005
14. T. Pavlidis: Graphics and Image Processing. Springer, Berlin Heidelberg, 1982
15. A. Rosenfeld, A.C. Kak: Digital Picture Processing. Academic, New York, 1976
16. Philbrick, A.K., Toward a unity of cartographical forms and geographical content. Professional Geographer, 1953
17. Bernhardsen, T., Geographic Information Systems, Vitak IT, 1992
18. Ghosh, A., and Rushton, G., Spatial Analysis and Location - Allocation Models. New York : Van Nostrand Reinhold, 1987
19. Longley , P. A. , Goodchild , M. F. , Maguire , D. J. , and Rhind , D. W., Geographic Information Systems and Science (2nd edn). New York : Wiley, 2005
20. Tufte , E., The Visual Display of Quantitative Information . Cheshire, CT : Graphics Press, 1983
21. Burrough , P. A. , and McDonnell , R. A., Principles of Geographical Information Systems . New York : Oxford University Press . An excellent text emphasizing the environmental applications of GIS, with special emphasis on issues of relevance in this domain, 1998
22. Longley , P. A. , Goodchild , M. F. , Maguire , D. J. , and Rhind , D. W, Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications . New York : Wiley . A 1999 state - of - the - art review in two volumes, including chapters solicited from leading experts on the key topics of GIS, 1999

23. O ' Sullivan , D. , and Unwin , D. J., Geographic Information Analysis . Hoboken, NJ : Wiley . An introduction to many of the more interesting questions that can be asked using GIS., 2003
24. Keith C. Clarke, "Getting Started with Geographic Information Systems", 2010
25. Bracken I, Webster C, "Towards a typology of geographical information systems. International journal of Geographical Information Systems: 3", 1989
26. Carter J R, "On defining the geographic information system. In: Ripple W J (ed.) Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium", Virginia, 1989
27. Coppock J T, Rhind D W, "The history of GIS", 1991
28. In Maguire D J, Goodchild M F, Rhind, "Geographical Information Systems: principles and applications", Longman, London, 2001
29. Goodchild M F, "Spatial information science. Proceedings of the 4th international Spatial Data Handling Symposium", International Geographical Union, Ohio, 1990
30. Wood C. H., Keller C. P., Cartographic design: theoretical and practical perspectives, Wiley, USA, 1996
31. Kraak M.-J., Ormeling F., Cartography, Visualization of Geospatial Data, 2nd edition, Pearson Education, Prentice Hall, 2003
32. Harris R. L., Information graphics, a comprehensive illustrated reference, visual tools for analysing, managing and communicating, Management Graphics ed., USA, 1996
33. Béguin M., Pumain D., *La représentation des données géographiques – statistique et cartographie*, Armand Colin, 2003
34. M. van Kreveld, E. Schramm, and A.Wolff. Algorithms for the placement of diagrams on maps. In Proc. 12th Intern. Symposium on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS), 2004
35. T. A. Slocum, R. B. McMaster, F. C. Kessler, and H. H. Howard. Thematic Cartography and Geographic Visualization. Prentice Hall, 2nd edition, 2003.
36. D. E. Knuth and A. Raghunathan. The problem of compatible representatives. SIAM J. Discrete Math., 1992.
37. T. Griffin. The importance of visual contrast for graduated circles. Cartography, 1990
38. K. C. Clarke. Analytical and Computer Cartography. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2nd edition, 1995.
39. Bemhard J, Ernst H, Lorenz H, "Self-Adjusting Legends for Proportional Symbol Maps", 2009
40. Andrienko, G.L. and Andrienko, N.V. Interactive maps for visual data exploration. International Journal of Geographical Information Science, London, 1999
41. Kadmon, N. Cartograms and topology. Cartographica: The International
42. Journal for Geographic Information and Geovisualization, 2005
43. Brewer C. A., "Color use guidelines for mapping and visualization", Oxford University Press, 1994
44. Forrest, D., "Geographic Information: It's nature, classification, and cartographic representation", 1996
45. Glazier, Richard H, Booth, Gillian L., "Guide to Atlas Maps", 2007
46. Paśławski J., Jak opracować kartogram. (How to make a choropleth map). Warszawa. Uniwersytet Warszawski. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych., 2003
47. Kraak M. J., Ormeling F., Cartography. Visualization of spatial data. Addison. Wesley Longman Limited, 1996
48. Dent, B. D., Cartography: Thematic map design. 5th ed. Boston: McGraw-Hill, 1999

49. Mersey, J. E., Colour and thematic map design: The role of colour scheme and map complexity in choropleth map communication. Cartographica Monograph No. 41. Toronto: University of Toronto Press, 1990
50. Xiao, N., and M. P. Armstrong, Supporting the comparison of choropleth maps using an evolutionary algorithm. Cartography and Geographic Information Science, 2005
51. Olson, J. M., and C. A. Brewer, An evaluation of color selections to accommodate map users with colorvision impairments. Annals of the Association of American, 1997
52. Fisher, P.F., Animation of Reliability in Computer-generated Dot Maps and Elevation Models. Cartography and Geographic Information Systems, 1996
53. Dent, B.D., Cartography: thematic map design 5th ed., William C. Brown, 1999
54. Dahlberg, R.E., Towards the Improvement of the Dot Map. International Yearbook of Cartography, 1997
55. Buttenfield, B. & Beard, M.K., Graphical and geographical components of data quality. In Visualization in Geographic Information Systems. London: John Wiley & Sons, 1994
56. Groop R. E., P. Smith, "A dot matrix method of portraying continuous statistical surfaces", 1982

Ηλεκτρονικές Αναφορές

- a. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1>
- b. <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>