
Εισαγωγή στη Διαχείριση Γεωχωρικών Δεδομένων

17 Φεβρουαρίου 2014

Μέρος Α: Μοντέλα χωρικών δεδομένων και χωρικές λειτουργίες

Θεματολογία

- Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων
 - Μορφές αναπαράστασης οντοτήτων
 - Χωρικές βάσεις δεδομένων
- Μοντέλο χωρικών δεδομένων
 - Βασικοί τύποι δεδομένων
 - Συστήματα γεωγραφικής αναφοράς
- Χωρικές λειτουργίες
 - Προδιαγραφές OGC
 - Τοπολογικές σχέσεις
- Επεξεργασία ερωτημάτων
 - Χωρικά ευρετήρια
 - Μεθοδολογία filter & refinement

Γιατί γεωγραφικά δεδομένα

- Διαχείριση και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων: ερευνητικό και πρακτικό πεδίο μείζονος σημασίας
 - ~80% των πολιτικών και οικονομικών αποφάσεων εμπλέκουν άμεσα ή έμμεσα γεωγραφικές πληροφορίες.
- Πληθώρα σημαντικών και δημοφιλών εφαρμογών
 - Google Maps / Google Earth
 - OpenStreetMap
 - Wikimapia
 - Συνεχώς αυξανόμενοι όγκοι γεωχωρικών δεδομένων χρηστών από συσκευές GPS ή στα κοινωνικά δίκτυα
- Συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για συστήματα και μεθόδους που υποστηρίζουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο (και ενδεχομένως μεταβάλλονται στο χρόνο)

GIS vs. Spatial DBMS

- Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (GIS)
 - Χρήσιμα για απεικόνιση & ανάλυση χωρικής πληροφορίας
 - Αναζητήσεις (*find location, address, ...*)
 - Ανάλυση (*buffer, overlay, ...*)
 - Επεξεργασία αναγλύφου (*slope, drainage network, ...*)
 - Μεταβολές (*proximity, change detection, ...*)
 - Μετρήσεις (*distance, area, perimeter, direction, ...*)
 - Μπορεί να χρησιμοποιεί ένα DBMS ως αποθηκευτικό χώρο
- Συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων (SDBMS)
 - Συνεπής τήρηση μεγάλου όγκου δεδομένων
 - Χρήση χωρικών ευρετηρίων για διευκόλυνση αναζητήσεων
 - Βελτιστοποίηση εκτέλεσης ερωτημάτων
 - Χωρίς χαρτογραφικά εργαλεία (*zoom, pan, ...*)

Χωρικά δεδομένα σε Β.Δ.

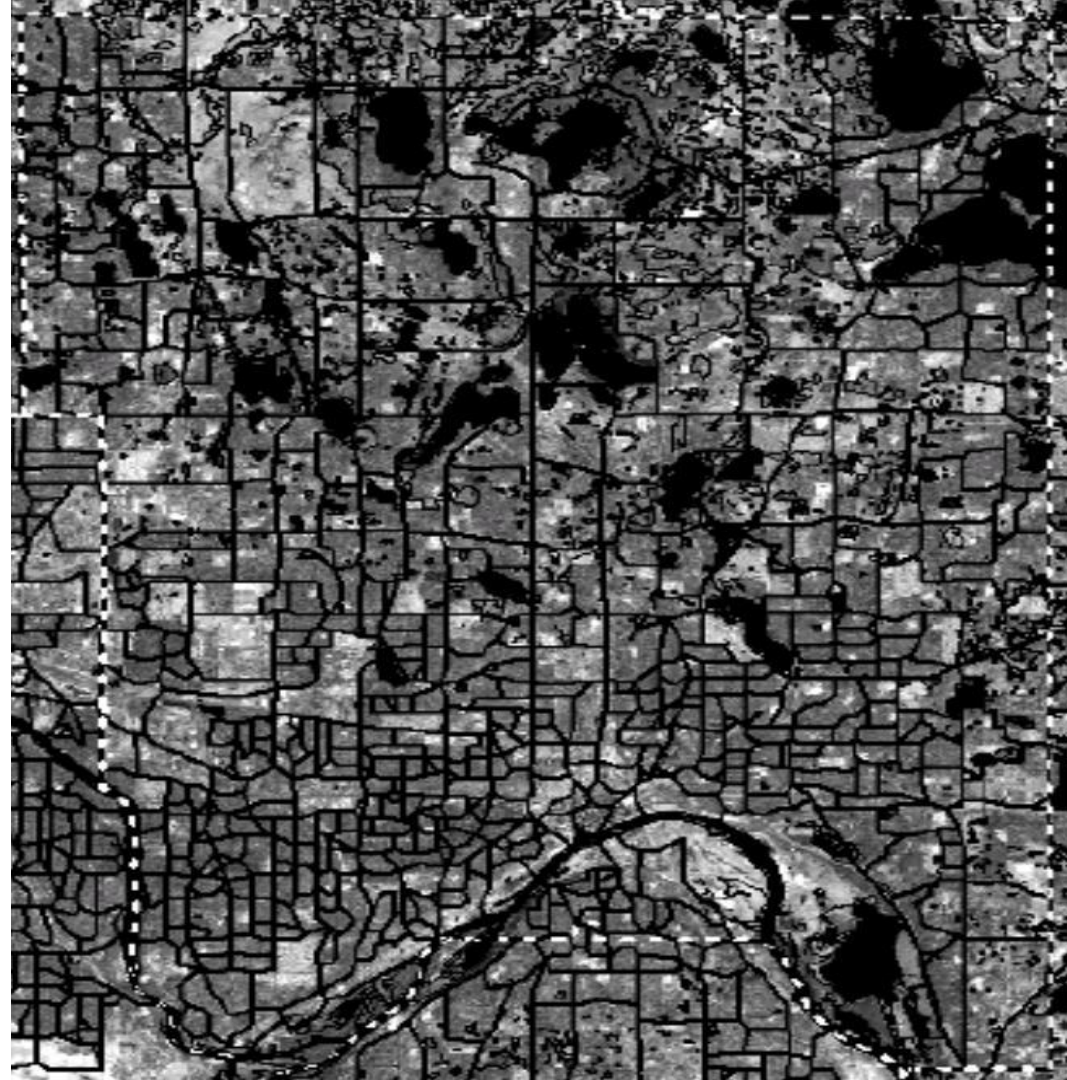
- Σχεσιακές βάσεις δεδομένων
 - υποστηρίζουν απλούς τύπους δεδομένων, π.χ. number, varchar, date
 - υποστήριξη χωρικών δεδομένων μπορεί να γίνει απλοϊκά, π.χ. ένα σημείο ως δύο αριθμοί
- Πέρα από σχεσιακές βάσεις δεδομένων
 - object oriented (OO) vs. object relational (OR) DBMS: υποστηρίζουν abstract data types (ADT's) που ορίζονται από το χρήστη, οπότε είναι εφικτή η προσθήκη χωρικών τύπων δεδομένων (π.χ. polygon)

Χωρικές βάσεις δεδομένων

- Ένα SDBMS (Spatial DBMS – Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Χωρικών Δεδομένων) είναι λογισμικό που
 - συνεργάζεται με ένα υφιστάμενο DBMS
 - υποστηρίζει μοντέλα και τύπους αναπαράστασης χωρικής πληροφορίας (μέσω abstract data types - ADTs) και γλώσσες επερωτήσεων (π.χ. SQL) που μπορούν να καλούν αυτούς τους τύπους δεδομένων
 - προσφέρει υποστήριξη για εξειδικευμένα ευρετήρια, αλγόριθμους επεξεργασίας χωρικών ερωτημάτων, προσαρμοσμένους κανόνες βελτιστοποίησης ερωτημάτων

Παράδειγμα

- Έστω μια χωρική ΒΔ:
 - County boundary (διακεκομμένη λευκή γραμμή)
 - Census block - name, population, boundary (σκούρες γραμμές)
 - Water bodies (σκούρα πολύγωνα)
 - Satellite imagery (γκρίζα pixels)
- Θα επιθυμούσαμε την αποθήκευση σε πίνακες, όπως:
 - create table census_blocks (
name string,
population number,
boundary polygon);



Διαστάσεις γεωγραφικών οντοτήτων

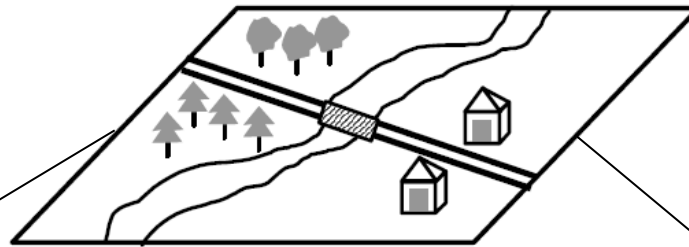
- Κάθε οντότητα περιγράφεται από ένα σύνολο γνωρισμάτων (χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων), τα οποία προσδιορίζονται σύμφωνα με την εφαρμογή.
 - π.χ. σε μια εφαρμογή κτηματολογίου, η οντότητα κτίσμα έχει τα γνωρίσματα: διεύθυνση, εμβαδόν, ημερομηνία κατασκευής, κλπ.
- Τα γνωρίσματα των γεωγραφικών οντοτήτων ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:
 - ταυτότητα
 - χωρική διάσταση
 - θεματική διάσταση

Διαστάσεις γεωγραφικών οντοτήτων

- Ταυτότητα
 - Παρέχει ένα μέσο αναφοράς στις γεωγραφικές οντότητες.
 - Είναι σημαντικό το σύστημα ανάθεσης ταυτοτήτων να είναι ακριβές, συνεπές και ικανό να εγγυηθεί τη μοναδικότητα των ταυτοτήτων.
- Χωρική διάσταση
 - γεωγραφική θέση
 - άμεση θέση (αναφορά σε ένα καρτεσιανό, προβολικό, γεωγραφικό σύστημα)
 - έμμεση θέση (διεύθυνση, π.χ. οδός, αριθμός, Τ.Κ.,...)
 - σχετική θέση (π.χ. βόρεια, εντός,...)
 - γεωμετρία
 - π.χ. σχήμα (μορφή), περίμετρος, εμβαδόν, όγκος
- Θεματική διάσταση
 - Περιλαμβάνει όλα τα θεματικά ή μη-χωρικά γνωρίσματα των γεωγραφικών οντοτήτων (π.χ. τύπος κτίσματος, όνομα δικαιούχου, κατηγορία οδού, ...)

Αναπαράσταση του χώρου

- Από τον πραγματικό κόσμο ... σε χάρτες



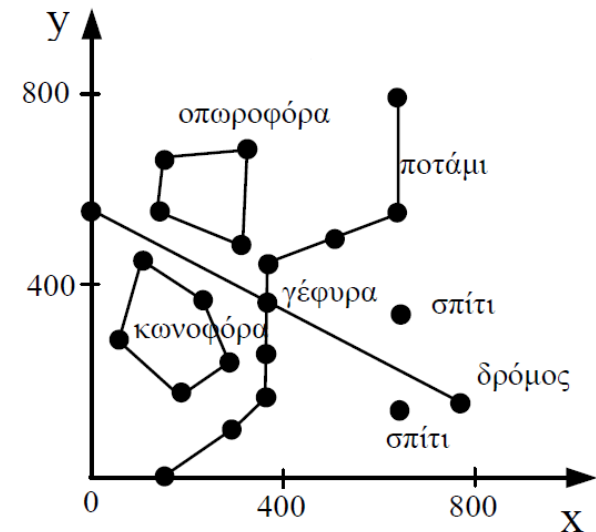
Οντότητες
Features

Ψηφιδωτό *Raster*

7							π	
6		$\circ$	$\circ$				π	
5	δ	$\circ$	$\circ$			π	π	
4		δ	δ	π	π			
3		κ	κ	γ	δ		σ	
2		κ	κ	π		δ	δ	
1				π			σ	δ
0		π	π					
	0	1	2	3	4	5	6	7

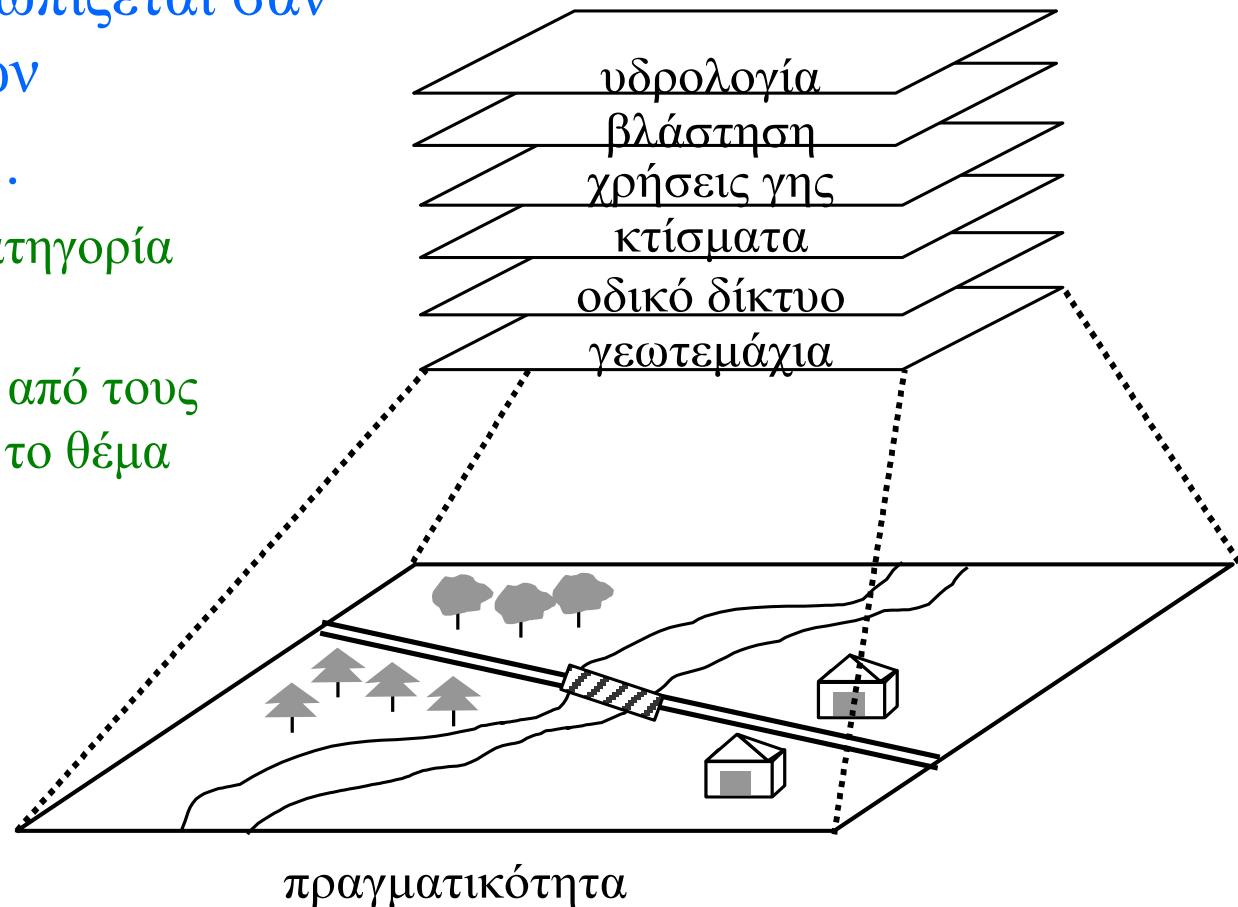
Γεωμετρίες
Geometries

Διάνυσμα *Vector*



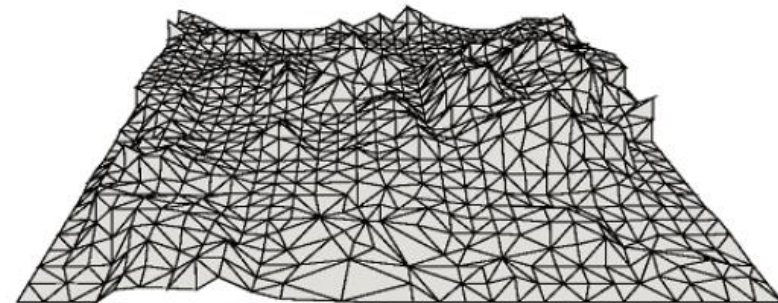
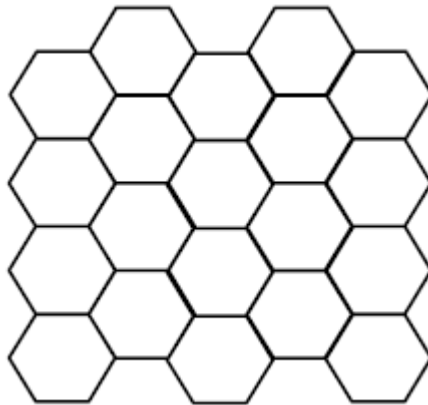
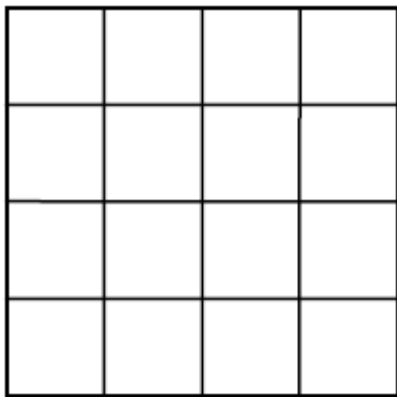
Θεματικά επίπεδα

- Ο χώρος αντιμετωπίζεται σαν σύνολο υποχώρων
- Κάθε υποχώρος...
 - φιλοξενεί μια κατηγορία δεδομένων και
 - διαφοροποιείται από τους άλλους με βάση το θέμα



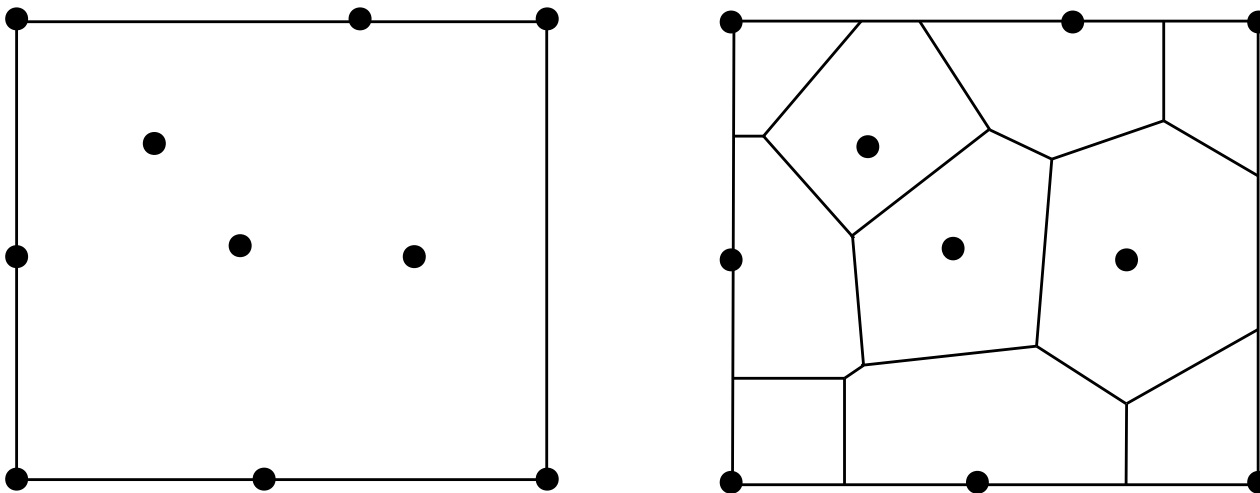
Μοντέλο ψηφιδωτού (Raster)

- Κατάτμηση του χώρου σε ψηφίδες
 - Στοιχειώδεις, μη επικαλυπτόμενες περιοχές
 - Κάθε ψηφίδα (κελί) χαρακτηρίζεται μονοσήμαντα από ένα θεματικό χαρακτηριστικό (π.χ. χρήση γης)
 - Ψηφίδες 2, 3 ή πολλαπλών διαστάσεων
- Σχήμα και μέγεθος ψηφίδων
 - Κανονικό (λ.χ. grid)
 - Ακανόνιστο (π.χ. TIN)



Πολύγωνα κατά Thiessen

- Ορισμός: Έστω σύνολο Σ από n σημεία στο επίπεδο. Ζητείται η κατάτμηση του χώρου σε n πολύγωνα. Κάθε πολύγωνο θα περικλείει ένα σημείο του Σ και όλες τις θέσεις του χώρου που βρίσκονται πιο κοντά στο σημείο αυτό από οποιοδήποτε άλλο σημείο του συνόλου.
- Παράδειγμα: Καθορισμός ζωνών που εξυπηρετούν 10 σχολεία ή κέντρα υγείας (κριτήριο εξυπηρέτησης η εγγύτητα)



Διανυσματικό μοντέλο (*Vector*)

- Συλλογή από διανυσματικές οντότητες
 - Κάθε οντότητα αναπαρίσταται από γεωμετρία
 - Πιθανόν συνοδεύεται από θεματικές ιδιότητες
 - Βελτιωμένες επιδόσεις στην επεξεργασία των στοιχείων

- Μορφές γεωμετριών

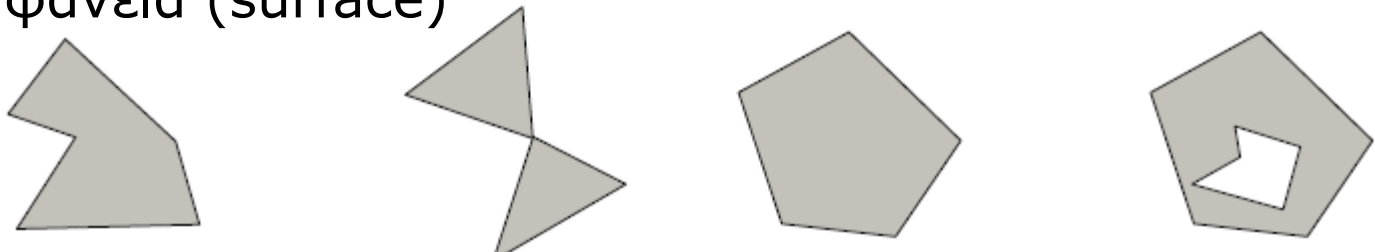
- Σημείο (point)



- Πολυγραμμή (polyline)



- Επιφάνεια (surface)



Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων

- Πλεονεκτήματα

- Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων
- Εύκολη συσχέτιση με περιγραφικά δεδομένα
- Μηχανισμοί ασφάλειας και τήρησης των στοιχείων
- Κεντρική υποστήριξη πολλαπλών εφαρμογών
- Ομοιογενής τρόπος αποθήκευσης και προσπέλασης στοιχείων
- Βελτιωμένες επιδόσεις στην επεξεργασία των στοιχείων

- Δυσκολίες

- Εσωτερική αναπαράσταση γεωμετρίας
- Διαχείριση χρονικής εξέλιξης των στοιχείων
- Σταδιακή συσσώρευση όγκου δεδομένων (~Terabytes)

Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων

- Παράγοντες για τήρηση χωρικών στοιχείων σε β.δ.
 - κλιμάκωση όγκου δεδομένων από πολλαπλές πηγές
 - απαιτήσεις σύγχρονων εφαρμογών + Διαδίκτυο
 - αξιόπιστες δομές και μέθοδοι προσπέλασης δεδομένων
 - ασφάλεια, ανθεκτικότητα, συνέπεια συστημάτων β.δ.
- Δυνατότητες υλοποίησης:
 - Σχεσιακό μοντέλο
 - πίνακες για τήρηση συντεταγμένων σημείων, γραμμών κλπ.
 - προβληματική δεικτοδότηση, επεξεργασία ερωτημάτων
 - Αντικειμενοστρεφές μοντέλο
 - αφηρημένοι τύποι δεδομένων (ADT) για χωρικές οντότητες
 - ενθυλάκωση (*encapsulation*)
 - διεπαφή (*interface*)
 - ανάγκη εγγενούς υποστήριξης γεωμετρικών αλγορίθμων & ειδικών δομών ευρετηρίων εντός του συστήματος β.δ.

Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων

- Εμπορικά συστήματα με χωρικές επεκτάσεις
 - Oracle Spatial
 - IBM DB2 Spatial Extender + Geodetic Management Feature
 - IBM Informix Spatial DataBlade + Geodetic DataBlade
 - Microsoft SQL Server
 - ESRI ArcSDE middleware → ArcGIS Server
 - αποθήκευση στοιχείων σε Oracle, PostgreSQL, IBM DB2, Informix, MS-SQL Server, κ.ά. για χρήση από ESRI ArcGIS
- Συστήματα ανοιχτού κώδικα (*ελεύθερο λογισμικό*)
 - PostgreSQL
 - PostGIS (επέκταση της PostgreSQL)
 - MySQL

Θεματολογία

- Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων
 - Μορφές αναπαράστασης οντοτήτων
 - Χωρικές βάσεις δεδομένων
- Μοντέλο χωρικών δεδομένων
 - Βασικοί τύποι δεδομένων
 - Συστήματα γεωγραφικής αναφοράς
- Χωρικές λειτουργίες
 - Προδιαγραφές OGC
 - Τοπολογικές σχέσεις
- Επεξεργασία ερωτημάτων
 - Χωρικά ευρετήρια
 - Μεθοδολογία filter & refinement

Αντικειμενοστρεφές μοντέλο OGC

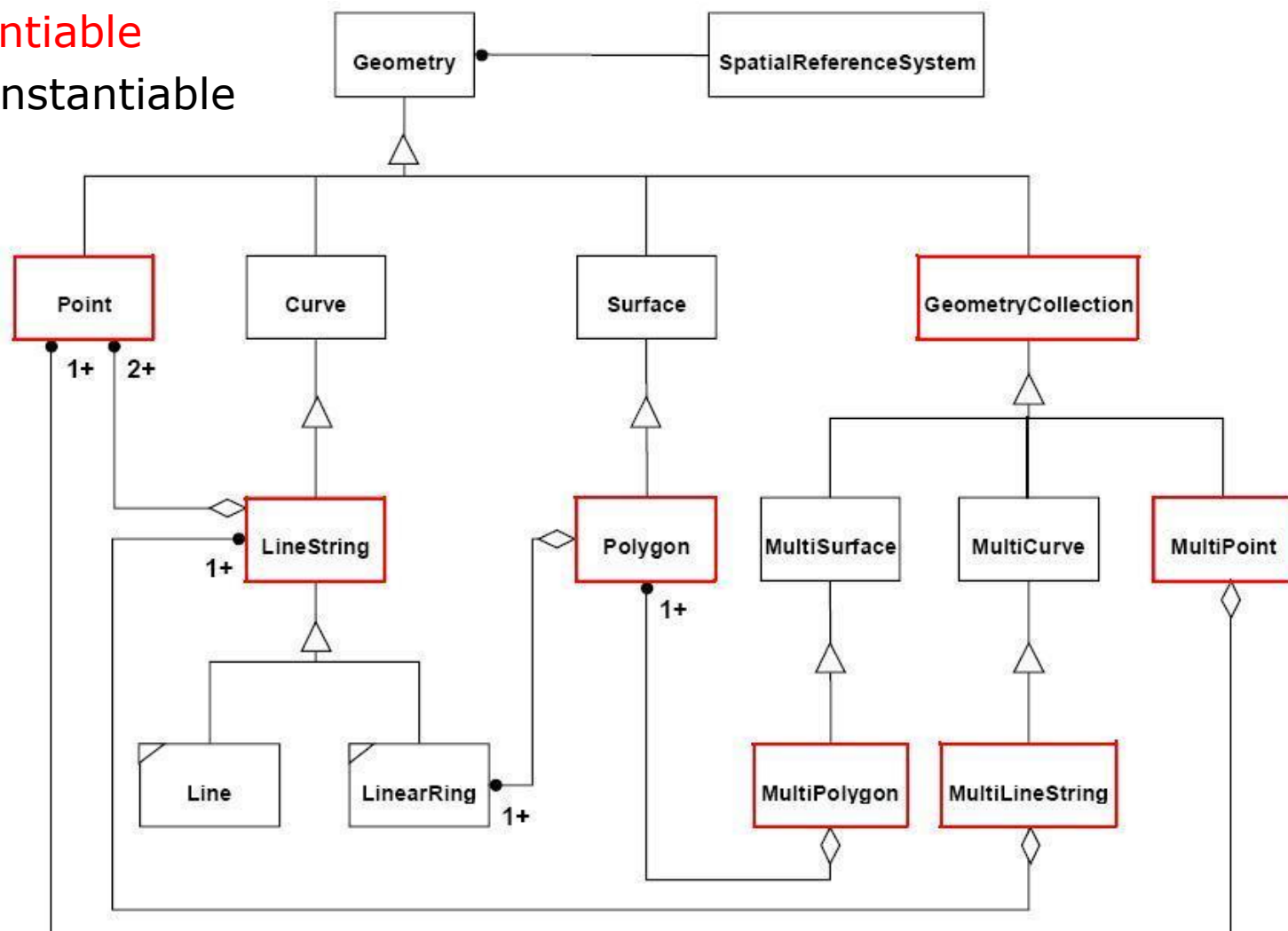
- Γεωμετρικοί τύποι δεδομένων

- γεωμετρία **GEOMETRY**
- σημείο **POINT**
- καμπύλη **CURVE**
- γραμμή **LINESTRING**
- επιφάνεια **SURFACE**
- πολύγωνο **POLYGON**
- σύνθετα σχήματα:
 - πολυσημείο **MULTIPOINT**
 - πολυγραμμή **MULTILINESTRING**
 - σύνθετη καμπύλη **MULTICURVE**
 - σύνθετο πολύγωνο **MULTIPOLYGON**
 - σύνθετη επιφάνεια **MULTISURFACE**
 - συλλογή γεωμετριών **GEOMETRYCOLLECTION**

➤ Πάντοτε σε *σύστημα αναφοράς* (SPATIAL REFERENCE SYSTEM)₂₀

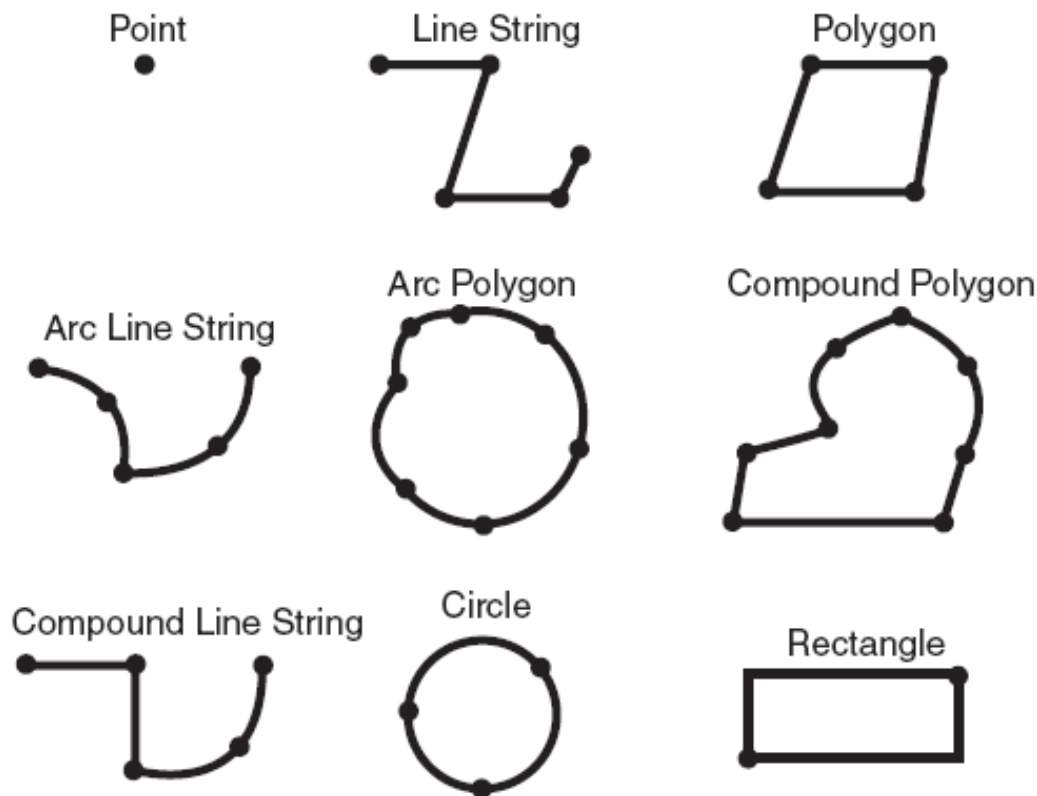
Ιεραρχία γεωμετρικών σχημάτων OGC

- Instantiable
- Non instantiable



Μοντέλο δεδομένων Oracle Spatial

- Πρωταρχικοί γεωμετρικοί τύποι



Προδιαγραφές γεωμετριών κατά OGC

- Προδιαγραφές απλών σχημάτων

(OGC *Simple Feature Specification for SQL*, 1999)

- ένα σύνολο γεωμετρικών τύπων δεδομένων βασισμένων στο γεωμετρικό μοντέλο του OGC
- λειτουργίες SQL επί τέτοιων τύπων δεδομένων (μέθοδοι, αναλυτικές συναρτήσεις, τοπολογικοί τελεστές)

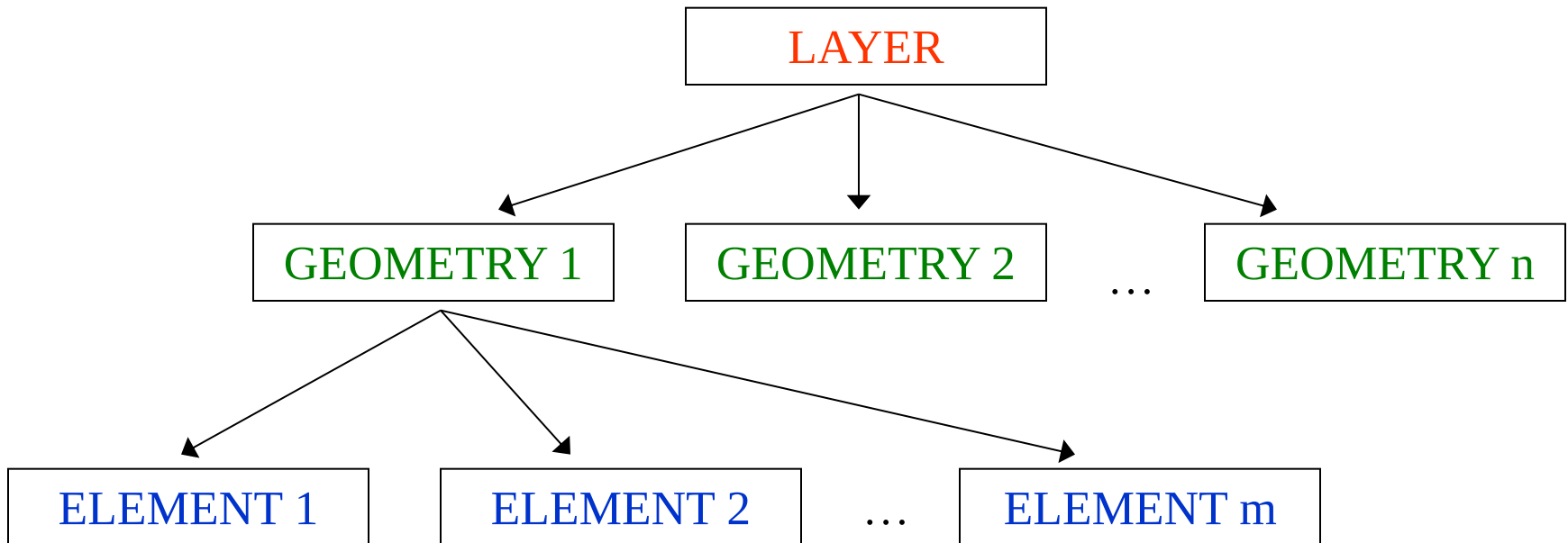
➤ Ο όρος «σχήμα» (*feature*) υποδηλώνει ένα χωρικό αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο: *μία διακριτή οντότητα*

- Γεωμετρικό μοντέλο δεδομένων

- καλύπτει αντικείμενα ≤ 2 διαστάσεων
- μεταξύ κορυφών ενός σχήματος ισχύει γραμμική παρεμβολή

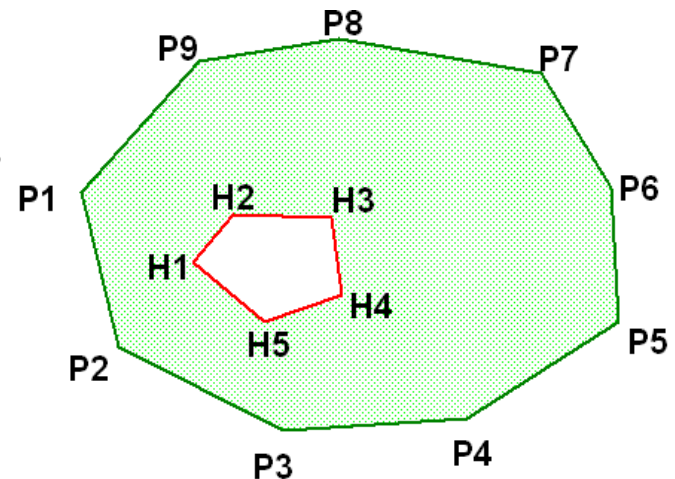
Μοντέλο δεδομένων

- Ιεραρχική δομή γεωγραφικών δεδομένων
 - επίπεδο (λ.χ. *ΝΟΜΟΙ*)
 - γεωμετρία (λ.χ. *ΝΟΜΟΣ ΚΥΚΛΑΔΩΝ*)
 - στοιχείο (λ.χ. *ΠΑΡΟΣ*)



Μοντέλο δεδομένων

- Στοιχείο (Element)
 - οι συντεταγμένες κάθε στοιχείου ως ζεύγη $\langle X, Y \rangle$
 - πιθανόν πολλαπλά στοιχεία στην ίδια γεωμετρική οντότητα
- Βασική δομική μονάδα της γεωμετρίας
 - σημείο: ένα ζεύγος συντεταγμένων
 - πολυγραμμή: ακολουθία ευθυγράμμων τμημάτων
 - πολύγωνο: κάθε ακμή του πολυγώνου ορίζεται απ' το ζεύγος των αντίστοιχων κορυφών
 - οι συντεταγμένες καταχωρούνται διατεταγμένες γύρω από το πολύγωνο
 - διαφορετική διάταξη για τον εσωτερικό και τον εξωτερικό δακτύλιο



Μοντέλο δεδομένων

- Γεωμετρία (Geometry)
 - η αναπαράσταση του σχήματος μιας χωρικής οντότητας σε ένα σύστημα συντεταγμένων
 - διατεταγμένα ακολουθία από πρωταρχικά στοιχεία
- Εναλλακτικές μορφές γεωμετρίας:
 - ένα μόνο στοιχείο
 - στιγμιότυπο ενός απ' τους πρωταρχικούς γεωμετρικούς τύπους όπως POINT, LINE, POLYGON κ.ά.
 - ομοιογενής συλλογή στοιχείων
 - λ.χ. MULTIPOLYGON για συστάδα νησιών
 - ετερογενής συλλογή στοιχείων
 - λ.χ. COLLECTION για πολύγωνα και τα κεντροειδή τους

Μοντέλο δεδομένων

- Θεματικό επίπεδο (Layer)

- ετερογενής συλλογή γεωμετρικών οντοτήτων με το ίδιο σύνολο γνωρισμάτων (*attributes*)
- τα γεωμετρικά στοιχεία και τα σχετικά χωρικά ευρετήρια αποθηκεύονται εντός της β.δ.
- Πολλαπλά επίπεδα μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και να σχηματίζουν έναν χάρτη
- Ορισμός μεταδεδομένων (π.χ. σύστημα γεωαναφοράς)

- Παράδειγμα:

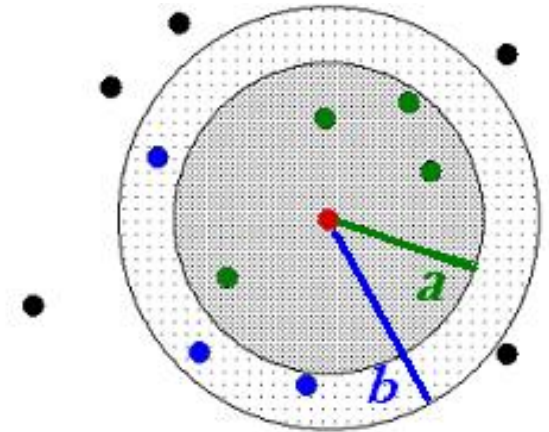
- Νομοί
- Δρόμοι
- Πόλεις



Μοντέλο δεδομένων

- **Ανοχή (Tolerance)**

- εκτίμηση της ακρίβειας ή της ορθότητας των χωρικών δεδομένων
- Αν η απόσταση δύο σημείων είναι μικρότερη από την τιμή της ανοχής, *τα σημεία θεωρείται ότι ταυτίζονται*



- **Oracle Spatial:** Χρήση παραμέτρου ανοχής

- σε χωρικές συναρτήσεις και τελεστές κατά την διατύπωση ερωτημάτων
- στα μεταδεδομένα των χωρικών επιπέδων (αν είναι εξαρχής γνωστή)
- για γεωδαιτικά δεδομένα εκφράζεται στην αντίστοιχη μονάδα μέτρησης (π.χ. σε μέτρα)

Σύστημα Γεωαναφοράς

- *Spatial/Coordinate Reference Systems (CRS)*

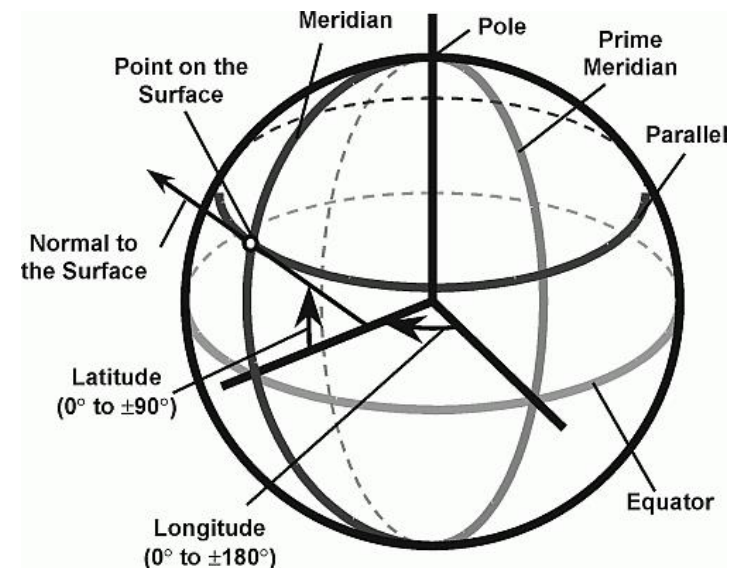
- Περιγραφή θέσης γεωγραφικών οντοτήτων
- Έλεγχος συσχετίσεων μεταξύ οντοτήτων (λ.χ. τομή)

Ποικίλα συστήματα αναφοράς:

- *Καρτεσιανές* συντεταγμένες στο επίπεδο
- *Γεωδαιτικές* (γεωγραφικές) συντεταγμένες
 - λ.χ. σύστημα WGS84 (συντεταγμένες σε lat/lon)
- *Προβολικό* σύστημα αναφοράς
 - λ.χ. ΕΓΣΑ'87 (συντεταγμένες σε μέτρα)
- *Τοπικό* σύστημα αναφοράς
 - π.χ. σε CAD εφαρμογές
- *Ειδικό* σύστημα αναφοράς ορισμένο από τον χρήστη
- Δυνατότητα αλλαγής γεωαναφοράς για ολόκληρα επίπεδα ή μεμονωμένες οντότητες

Σύστημα Γεωαναφοράς

- Σύστημα συντεταγμένων
 - Προσδιορίζει θέσεις ως προς την αρχή των αξόνων
 - Γεωκεντρικό (x, y, z ως αποστάσεις)
 - Γεωδαιτικό (lat/lon ως γωνίες)
 - Καρτεσιανό (για μικρές, σχεδόν επίπεδες επιφάνειες)
- Ελλειψοειδές
 - Προσεγγίζει το κέντρο και το σχήμα της Γης
- Datum: Γεωαναφορά
 - Θέση ελλειψοειδούς ως προς το κέντρο της Γης
 - Επιτρέπει μέτρηση αποστάσεων
- Προβολή
 - Από την κυρτή επιφάνεια στο επίπεδο



Σύστημα Γεωαναφοράς

- Διαφορετική αναπαράσταση ίδιων οντοτήτων
 - Κατάλογος EPSG
 - *WGS84 (EPSG:4326)* – *ΕΓΣΑ'87 (EPSG:2100)*



Θεματολογία

- Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων
 - Μορφές αναπαράστασης οντοτήτων
 - Χωρικές βάσεις δεδομένων
- Μοντέλο χωρικών δεδομένων
 - Βασικοί τύποι δεδομένων
 - Συστήματα γεωγραφικής αναφοράς
- Χωρικές λειτουργίες
 - Προδιαγραφές OGC
 - Τοπολογικές σχέσεις
- Επεξεργασία ερωτημάτων
 - Χωρικά ευρετήρια
 - Μεθοδολογία filter & refinement

SQL με γεωμετρικούς τύπους

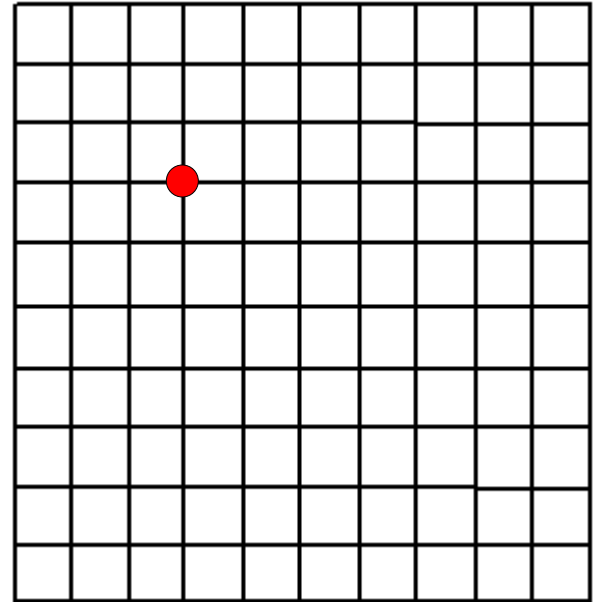
- Υποστήριξη συστημάτων αναφοράς
 - ορίζονται σε ειδικό πίνακα της β.δ. (`SPATIAL_REF_SYS`)
 - κάθε γεωμ. σχήμα έχει γεωαναφορά σε κάποιο σύστημα
- Υποστήριξη βασικών γεωμετρικών τύπων OGC
 - κάποια συστήματα β.δ. μπορεί να υλοποιούν υποσύνολό τους
- Κοινόχρηστες αναπαραστάσεις γεωμετριών
 - Well-Known Binary (**WKB**) : σε δυαδική μορφή
 - Well-Known Text (**WKT**) : σε μορφή κειμένου
- Ειδικές λειτουργίες για:
 - δημιουργία γεωμετρικών σχημάτων (λ.χ. `GeomFromText`)
 - διευκόλυνση ανταλλαγής δεδομένων (λ.χ. `AsText`, `AsGml`)

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Απλά σχήματα:

- Σημείο

- `'POINT (3 7)'`



➤ Απλό σημείο στο επίπεδο

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

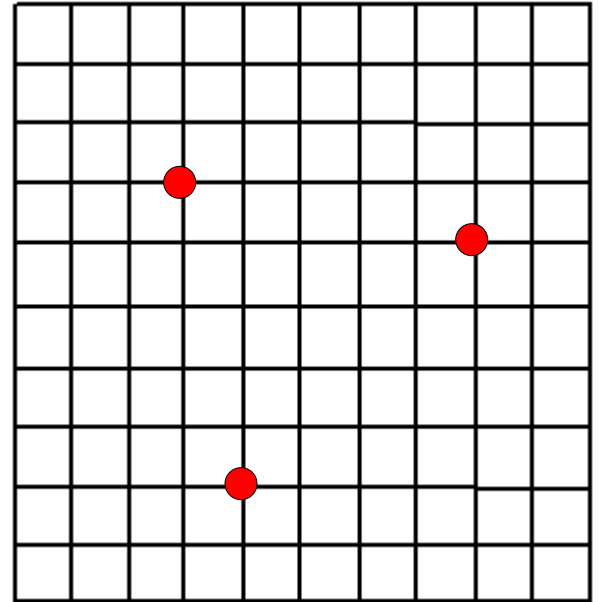
- Απλά σχήματα:

- Σημείο

- `'POINT (3 7) '`

- Πολυσημείο

- `'MULTIPOINT (3 7, 4 2, 8 6) '`



➤ Συλλογή 2-διάστατων σημείων

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Απλά σχήματα:

- Σημείο

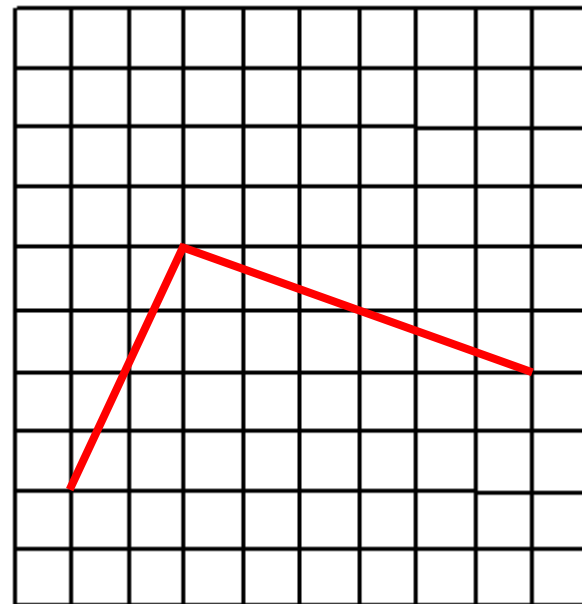
- `'POINT (3 7)'`

- Πολυσημείο

- `'MULTIPOINT (3 7, 4 2, 8 6)'`

- Γραμμή

- `'LINESTRING (1 2, 3 6, 9 4)'`



➤ Ακολουθία 2-διάστατων σημείων

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Απλά σχήματα:

- Σημείο

- `'POINT(3 7)'`

- Πολυσημείο

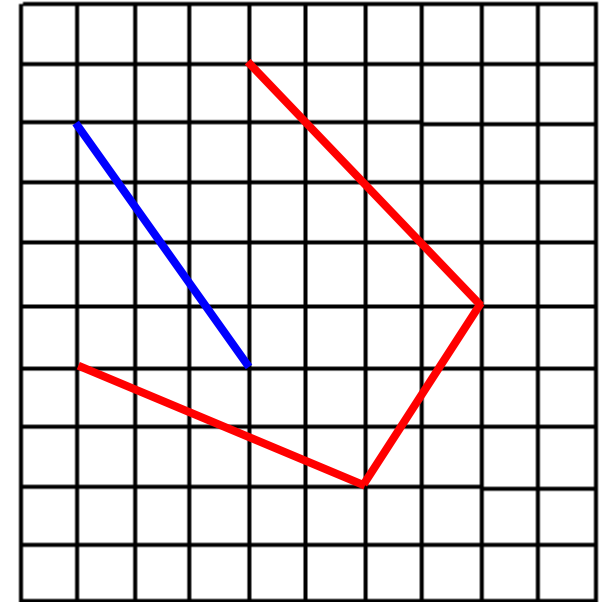
- `'MULTIPOINT(3 7, 4 2, 8 6)'`

- Γραμμή

- `'LINESTRING(1 2, 3 6, 9 4)'`

- Πολυγραμμή

- `'MULTILINESTRING((1 8, 4 4), (4 9, 8 5, 6 2, 1 4))'`



➤ Ορίζεται από πολλαπλές αυτοτελείς γραμμές

- ❖ ενδεχομένως δεν υπάρχει συνάφεια μεταξύ επιμέρους γραμμών

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Απλά σχήματα:

- Σημείο

- `'POINT (3 7)'`

- Πολυσημείο

- `'MULTIPOINT (3 7, 4 2, 8 6)'`

- Γραμμή

- `'LINESTRING (1 2, 3 6, 9 4)'`

- Πολυγραμμή

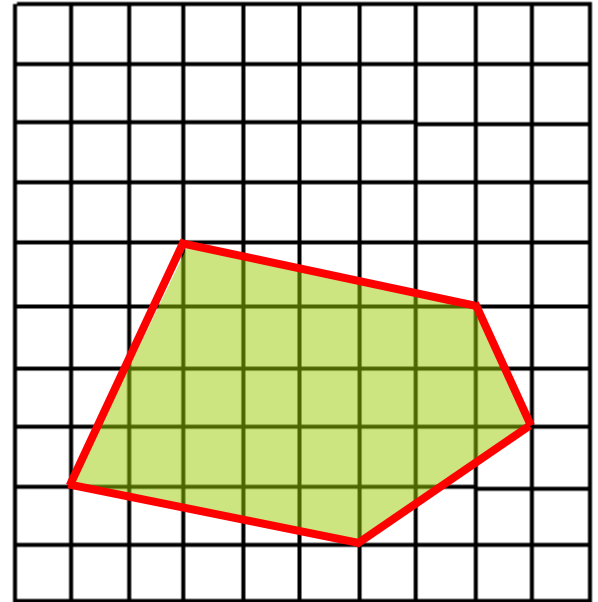
- `'MULTILINESTRING ((1 8, 4 4), (4 9, 8 5, 6 2, 1 4))'`

- **Πολύγωνο**

- `'POLYGON ((1 2, 6 1, 9 3, 8 5, 3 6, 1 2))'`

➤ Ορίζεται από έναν **κλειστό** εξωτερικό δακτύλιο

❖ ενδεχομένως περιλαμβάνει εσωτερικούς δακτυλίους (οπές)



Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

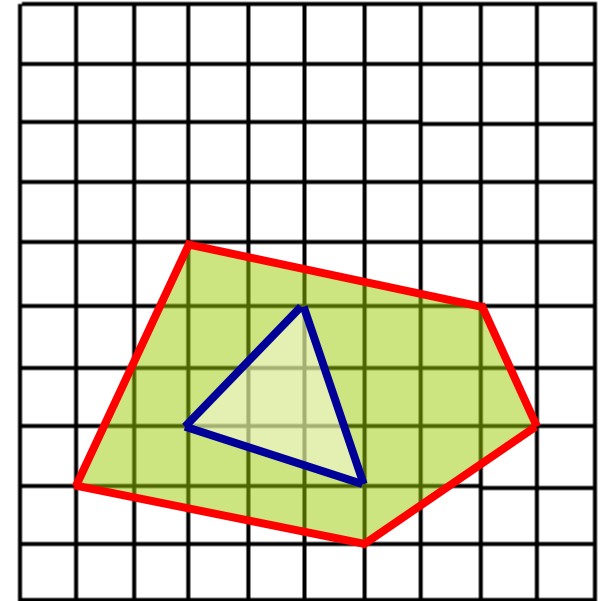
- Σύνθετες γεωμετρίες:

- Πολύγωνο με οπές

- 'POLYGON (

- (1 2, 6 1, 9 3, 8 5, 3 6, 1 2),

- (3 3, 5 5, 6 2, 3 3))'



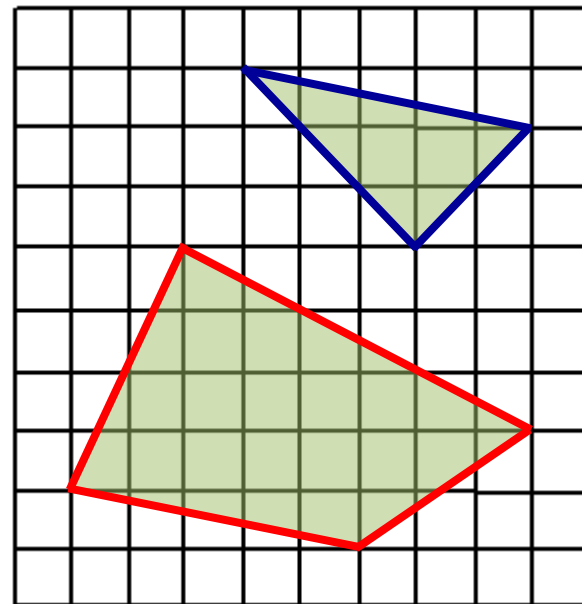
- **ΠΡΟΣΟΧΗ** στην φορά της ακολουθίας συντεταγμένων:
 - ❖ *ανθωρολογιακή* (counter-clockwise) για τον **εξωτερικό** δακτύλιο
 - ❖ *ωρολογιακή* (clockwise) για **εσωτερικούς** δακτυλίους
- Το εσωτερικό του πολυγώνου βρίσκεται πάντοτε *αριστερά* κάθε δακτυλίου (εσωτερικού ή εξωτερικού)

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Σύνθετες γεωμετρίες:

- Σύνθετο πολύγωνο

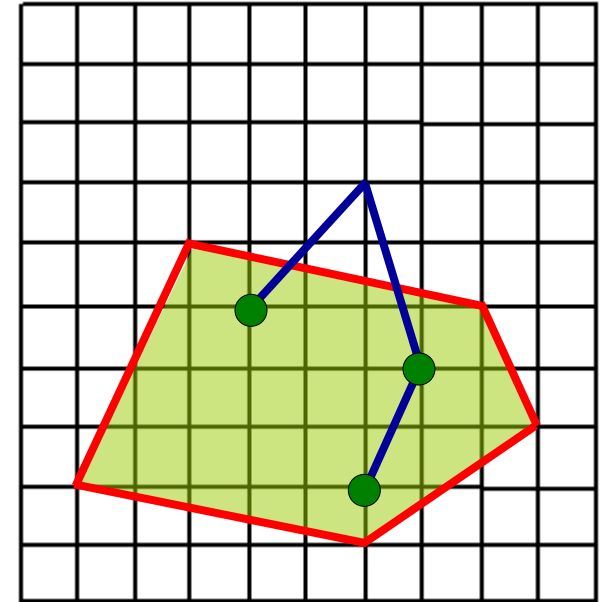
- 'MULTIPOLYGON(
((1 2, 6 1, 9 3, 3 6, 1 2)),
((4 9, 7 6, 9 8, 4 9)))'



- Συλλογή από μη συνεχόμενες πολυγωνικές επιφάνειες
 - ❖ Δεν επιτρέπονται τομές μεταξύ επιμέρους πολυγώνων
 - ❖ Όμως τα πολύγωνα μπορεί να εφάπτονται
 - ❖ Πολύγωνο μπορεί να οριστεί εντός οπής άλλου πολυγώνου

Γεωμετρίες σε μορφή κειμένου SQL

- Σύνθετες γεωμετρίες:
 - Συλλογή ετερογενών σχημάτων
- για τήρηση ποικίλων στοιχείων:
 - ❖ σημεία
 - ❖ γραμμές
 - ❖ πολύγωνα κ.ά.
- ... ως ενιαία οντότητα με την *ίδια γεωαναφορά*



- Παράδειγμα:
 - `'GEOMETRYCOLLECTION (
POINT (4 5), POINT (7 4), POINT (6 2),
LINESTRING (4 5, 6 7, 7 4, 6 2),
POLYGON ((1 2, 6 1, 9 3, 8 5, 3 6, 1 2)))'`

Βασικές μέθοδοι

- Προσδιορίζουν ιδιότητες *μιας* γεωμετρίας:
 - **Dimension (g)** → διαστάσεις (=βαθμός) σχήματος
(0: σημεία, 1: γραμμές, 2: επιφάνειες)
 - **GeometryType (g)** → τύπος γεωμετρίας (λ.χ. **LINESTRING**)
 - **SRID (g)** → σύστημα γεωαναφοράς
 - **Envelope (g)** → ελάχιστο περιβάλλον ορθογώνιο (MBR)
 - **AsText (g)** → γεωμετρία σε μορφή κειμένου
 - **AsBinary (g)** → γεωμετρία σε δυαδική αναπαράσταση
 - **IsEmpty (g)** → έλεγχος για κενή γεωμετρία
 - **Boundary (g)** → περίγραμμα γεωμετρίας

Λειτουργίες χωρικής ανάλυσης

- Υπολογισμοί βάσει γεωμετριών:

- **Distance**(a,b) -> μικρότερη απόσταση μεταξύ σχημάτων
- **Length**(g) -> μήκος γραμμής/ περίμετρος δακτυλίου
- **Area**(g) -> εμβαδόν επιφάνειας
- **Intersection**(a,b) -> τομή γεωμετριών (a **AND** b)
- **Union**(a,b) -> ένωση γεωμετριών (a **OR** b)
- **Difference**(a,b) -> διαφορά γεωμετριών (a **AND** (**NOT** b))
- **SymDifference**(a,b) -> συμμετρική διαφορά (a **XOR** b)
- **Centroid**(g) -> κεντροειδές γεωμετρίας
- **Buffer**(g,d) -> ζώνη επιρροής πάχους d
- **ConvexHull**(g) -> κυρτό περίβλημα γεωμετρίας

➤ Οι περισσότερες επιστρέφουν *νέα γεωμετρικά σχήματα*

- ...εκτός απ' τις συναρτήσεις **Distance**, **Length**, **Area**

➤ Ορισμένες εφαρμόζονται σε *ζεύγη* γεωμετρικών σχημάτων

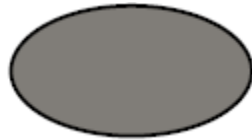
Χωρικές συσχετίσεις

- Ελέγχουν συσχετίσεις μεταξύ οντοτήτων
 - βάσει των θέσεών τους στον χώρο
- Τύποι συσχετίσεων
 - Τοπολογικές
 - Γειτνίαση
 - Επικάλυψη
 - Τομή ...
 - Αναλλοίωτες σε μετασχηματισμούς (λ.χ. στροφή)
 - Κατευθυντικές
 - Βόρεια, ανατολικά, ... από ...
 - Πάνω, πίσω, δεξιά, ... από ...
 - Μετρητικές
 - Κοντά σε...
 - Μακριά από ...

Τοπολογικοί τελεστές

- Μοντέλο Egenhofer

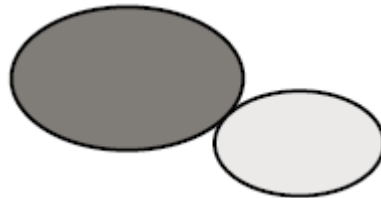
- EQUAL



- COVERED BY



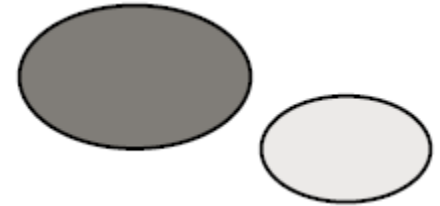
- MEET



- INSIDE



- DISJOINT



- COVER



- OVERLAP



- CONTAIN



Τοπολογικοί τελεστές OGC

- Έλεγχος χωρικών σχέσεων μεταξύ σχημάτων -> **TRUE/FALSE**
 - **EQUALS** χωρική ισότητα
 - **DISJOINT** γεωμετρίες ξένες μεταξύ τους
 - **INTERSECTS** τέμνει
 - **TOUCHES** εφάπτεται
 - **CROSSES** διασταυρώνει
 - **WITHIN** κείται εντός
 - **CONTAINS** περικλείει
 - **OVERLAPS** επικαλύπτει
 - **RELATE** σχετίζεται

Παρατηρήστε τις ισοδυναμίες:

- **DISJOINT(a,b) $\Leftrightarrow$ NOT INTERSECTS(a,b)**
- **WITHIN(a,b) $\Leftrightarrow$ CONTAINS(b,a)**

- Ο τελεστής **RELATE** συνοδεύεται από μοτίβο της συσχέτισης
 - π.χ. **OVERLAPS** σύμφωνα με το *9-intersection model*

Απλοποιημένο μοντέλο 9-τομών

- Πίνακας 3X3 για τοπολογικό έλεγχο

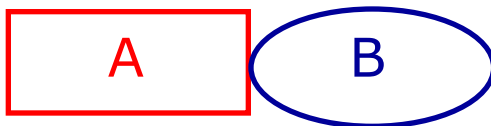
- περίγραμμα (boundary, ∂A)
- εσωτερικό (interior, A°)
- εξωτερικό (exterior, A^-)

	∂B	B°	B^-
∂A	?	?	?
A°	?	?	?
A^-	?	?	?

➤ Παραδείγματα τέτοιων υπογραφών

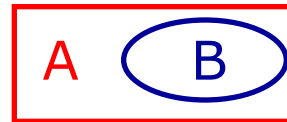
(1: TRUE / 0: FALSE)

- TOUCHES



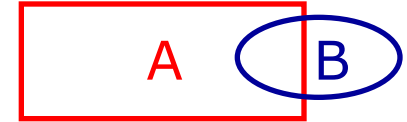
	∂B	B°	B^-
∂A	1	0	1
A°	0	0	1
A^-	1	1	1

- WITHIN



	∂B	B°	B^-
∂A	0	0	1
A°	1	1	1
A^-	0	0	1

- OVERLAPS



	∂B	B°	B^-
∂A	1	1	1
A°	1	1	1
A^-	1	1	1

Προηγμένο μοντέλο 9-τομών (DE-9IM)

- Πίνακας 3X3 με διάφορες τιμές

- διαστάσεις τομών: **0**, **1**, **2**
- ύπαρξη τομών: **T** = {0, 1, 2}, **F**
- αδιάφορο: *****

	∂B	B°	B^-
∂A	?	?	?
A°	?	?	?
A^-	?	?	?

➤ Υπογραφές ποικίλουν αναλόγως των γεωμετριών

- CONTAINS



	∂B	B°	B^-
∂A	*	*	*
A°	*	T	*
A^-	F	F	*

- CROSSES



	∂B	B°	B^-
∂A	*	*	*
A°	*	0	*
A^-	*	*	*

- OVERLAPS



	∂B	B°	B^-
∂A	*	*	*
A°	*	T	T
A^-	*	T	*

Θεματολογία

- Χωρικά στοιχεία σε βάσεις δεδομένων
 - Μορφές αναπαράστασης οντοτήτων
 - Χωρικές βάσεις δεδομένων
- Μοντέλο χωρικών δεδομένων
 - Βασικοί τύποι δεδομένων
 - Συστήματα γεωγραφικής αναφοράς
- Χωρικές λειτουργίες
 - Προδιαγραφές OGC
 - Τοπολογικές σχέσεις
- Επεξεργασία ερωτημάτων
 - Χωρικά ευρετήρια
 - Μεθοδολογία filter & refinement

Παραδείγματα Χωρικών Ερωτημάτων

- Ερώτημα: Βρες όνομα, πληθυσμό και εμβαδόν κάθε χώρας του πίνακα Country.
 - `SELECT C.Name, C.Pop, Area(C.Shape)`
`FROM Country C`

Παραδείγματα Χωρικών Ερωτημάτων

- Ερώτημα: Βρες τα ονόματα όλων των χωρών που είναι γείτονες των ΗΠΑ.
 - ```
SELECT C1.Name
FROM Country C1, Country C2
WHERE Touch(C1.Shape, C2.Shape) = 1 AND
C2.Name = 'USA'
```

# Παραδείγματα Χωρικών Ερωτημάτων

---

- Ερώτημα: Για όλα τα ποτάμια στον πίνακα River, βρες τις χώρες από τις οποίες περνάνε.
  - ```
SELECT R.Name, C.Name  
FROM River R, Country C  
WHERE Cross(R.Shape, C.Shape) = 1
```

Παραδείγματα Χωρικών Ερωτημάτων

- Ερώτημα: Το ποτάμι St. Lawrence μπορεί να προμηθεύει με νερό πόλεις σε απόσταση 300 χλμ. Βρείτε τις πόλεις αυτές.
 - ```
SELECT C.Name
FROM City C, River R
WHERE Overlap(C.Shape, Buffer(R.Shape, 300)) = 1
AND R.Name = 'St.Lawrence'
```

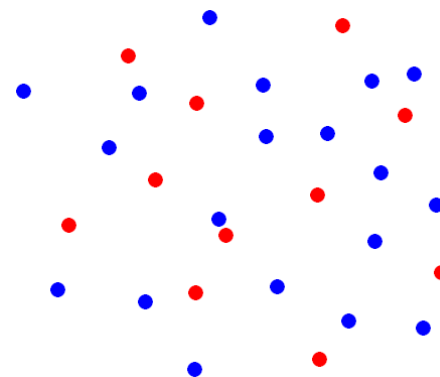
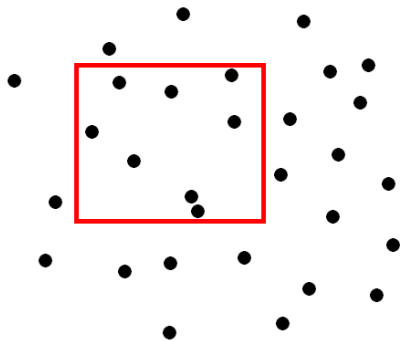
# Παραδείγματα Χωρικών Ερωτημάτων

---

- Ερώτημα: Αναφέρατε τις χώρες, ταξινομημένες ανά πλήθος γειτονικών χωρών
  - ```
SELECT C.Name, Count(N.Name)
FROM Country C, Country N
WHERE Touch(C.Shape, N.Shape)
GROUP BY C.Name
ORDER BY Count(N.Name)
```

Δεικτοδότηση χωρικών δεδομένων

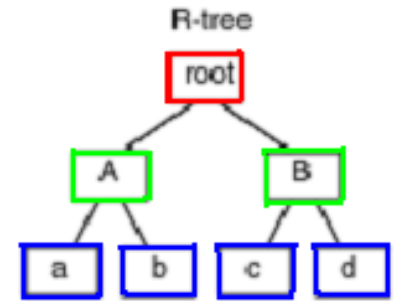
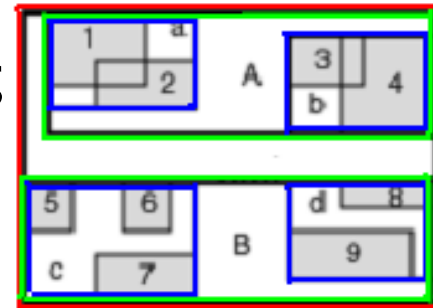
- Χωρικοί δείκτες ή ευρετήρια (*spatial indices*)
 - μηχανισμός για ελάττωση των αναζητήσεων
 - βασισμένοι σε χωρικά κριτήρια:
 - π.χ. πυκνότητα, επικάλυψη κ.ά. γεωμετρικών οντοτήτων
- Χρησιμότητα σε ερωτήματα:
 - παραθύρου (range)
 - χωρική σύνδεση (spatial join)



Δεικτοδότηση χωρικών δεδομένων

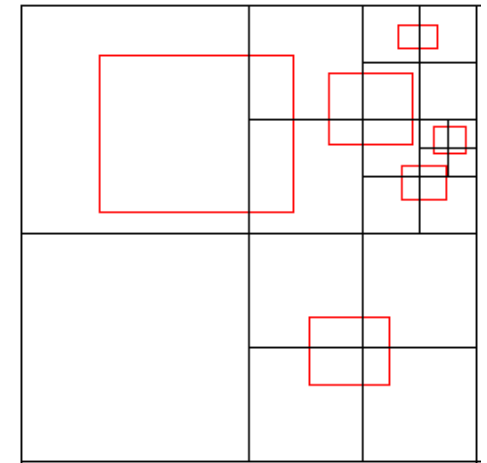
- R-δένδρα

- κύρια δομή δεικτοδότησης
- ιεραρχική υποδιαίρεση των δεδομένων σε κοντινές *συστάδες*



- Τετραδικά δένδρα (quadtrees)

- εναλλακτική δομή ευρετηρίου
- ιεραρχική υποδιαίρεση του χώρου σε *τεταρτημόρια*

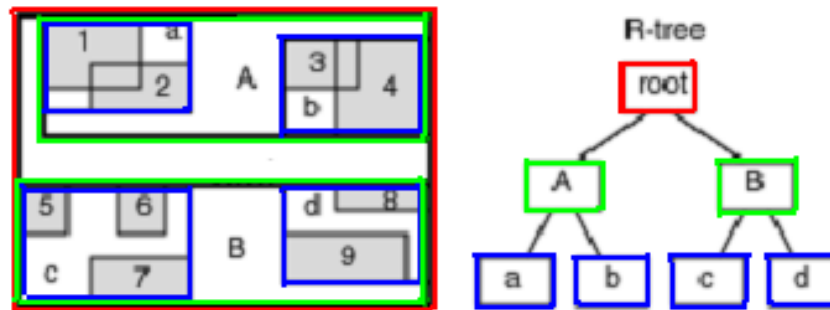


- Διαθεσιμότητα δομών

- Η επιλογή ευρετηρίου εξαρτάται από το είδος της επεξεργασίας

Δεικτοδότηση χωρικών δεδομένων

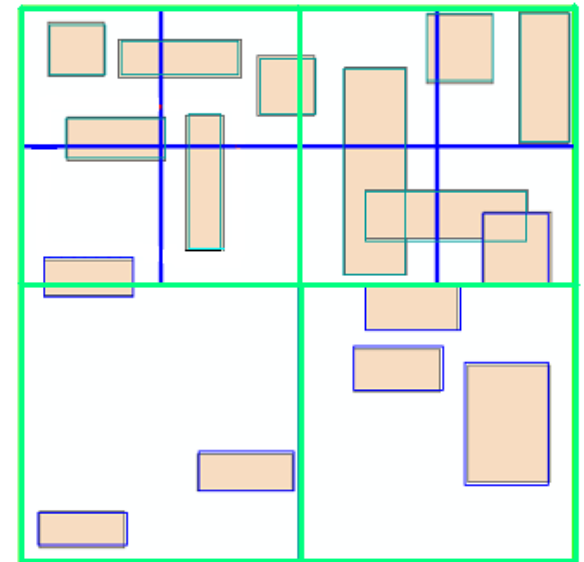
- Χαρακτηριστικά R-δένδρων:



- προσέγγιση της γεωμετρίας αντικειμένων
 - πολλαπλών διαστάσεων
 - με ελάχιστα περιβάλλοντα παραλληλόγραμμα (MBR)
- ταχύτερη εκτέλεση προηγμένων ερωτημάτων:
 - εγγύτερου γείτονα (τελεστής **SDO_NN**) και
 - εντός αποστάσεως (τελεστής **SDO_WITHIN_DISTANCE**)
- δυσχέρεια αναπροσαρμογής όταν συμβαίνουν συχνές ενημερώσεις (updates) στην γεωμετρία των στοιχείων

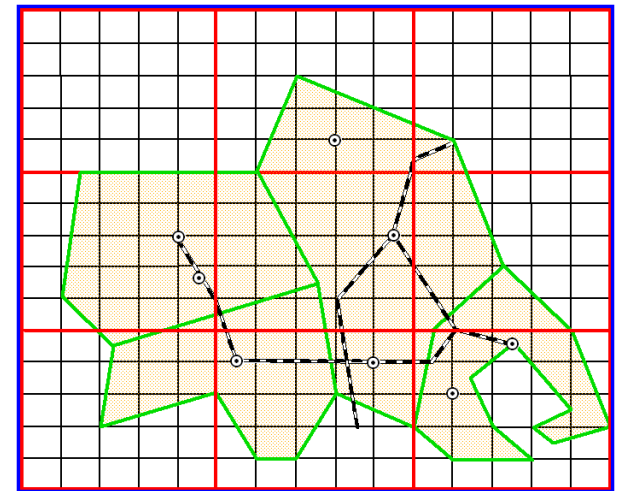
Δεικτοδότηση χωρικών δεδομένων

- Χαρακτηριστικά τετραδικών δένδρων (*quadtrees*):
 - εφαρμόζονται κυρίως για αντικείμενα 2 διαστάσεων
 - λεπτομερής προσέγγιση της γεωμετρίας με κατάλληλη ρύθμιση παραμέτρων (tiling level, number of tiles)
 - αργή εκτέλεση ερωτημάτων *εγγύτερου γείτονα* (**SDO_NN**)
 - επηρεάζονται ελάχιστα από συχνές αλλαγές στην γεωμετρία (updates)



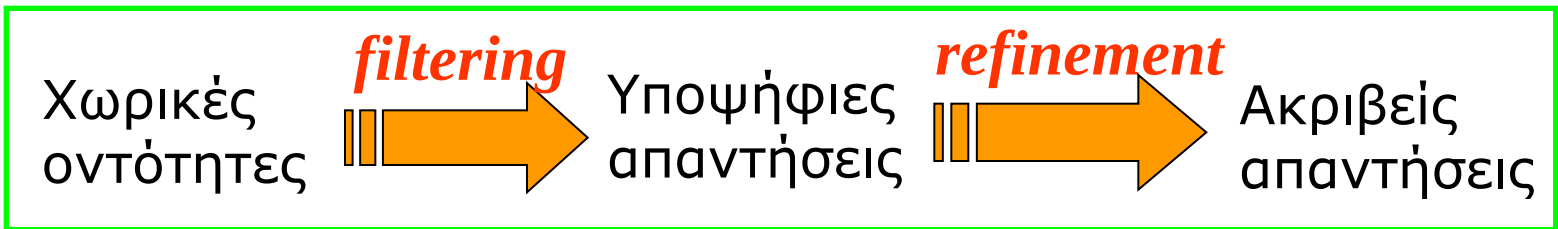
Δεικτοδότηση δεδομένων

- Δημιουργία χωρικού καννάβου (spatial grid):
 - ...βάσει του MBR μιας γεωμετρικής οντότητας
 - Ομοιογενής κατάτμηση του χώρου
 - σε λογικά τετράγωνα (κελιά) σταθερού μεγέθους
 - Το ευρετήριο αποθηκεύει
 - τις τομές των κελιών με τα MBR
 - τον κωδικό της οντότητας
 - Ιεραρχική υλοποίηση καννάβου
 - Μέχρι 3 επίπεδα με άλλο μέγεθος στοιχειώδους κελιού
 - Αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους δεικτοδοτούνται σε διαφορετικά επίπεδα
 - Εξυπηρέτηση ερωτημάτων για ποικίλου μεγέθους δεδομένα



Επεξεργασία ερωτημάτων

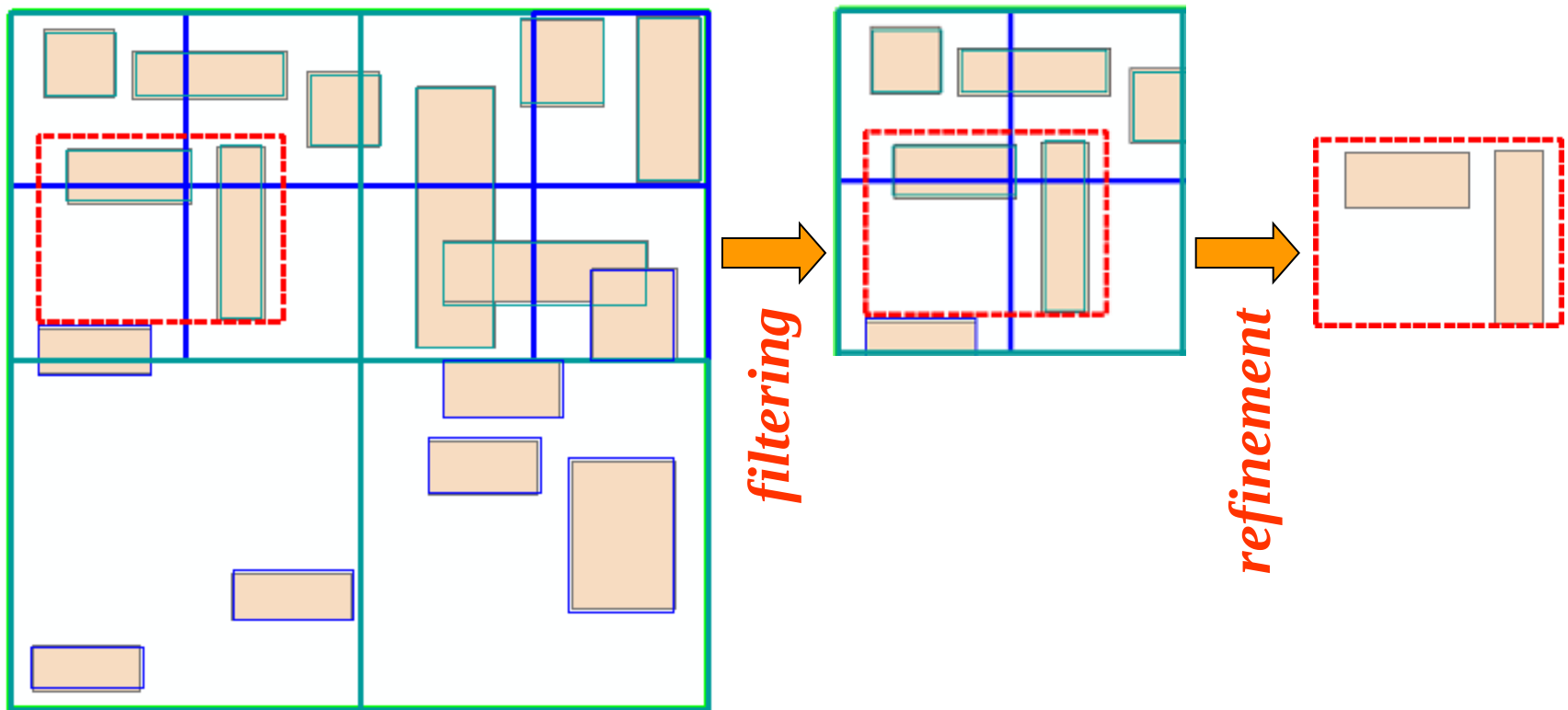
- Δύο βαθμίδες επεξεργασίας (*two-tier query model*):



- Πρωτεύον φίλτρο (*filter*) βάσει του ευρετηρίου
 - γρήγορη επιλογή υπερσυνόλου με υποψήφιες απαντήσεις
 - μόνο αυτά τα στοιχεία θα ελεγχθούν με το δευτερεύον φίλτρο
- Δευτερεύον φίλτρο (*refinement*)
 - ακριβείς γεωμετρικοί υπολογισμοί με χωρικούς τελεστές
 - εφαρμόζεται μόνο για τις γεωμετρικές οντότητες που λαμβάνονται από το πρωτεύον φίλτρο
- Ο συνδυασμός των δύο βαθμίδων τελικά επιστρέφει ακριβείς απαντήσεις

Επεξεργασία ερωτημάτων

- Παράδειγμα αναζήτησης με τετραδικό δένδρο

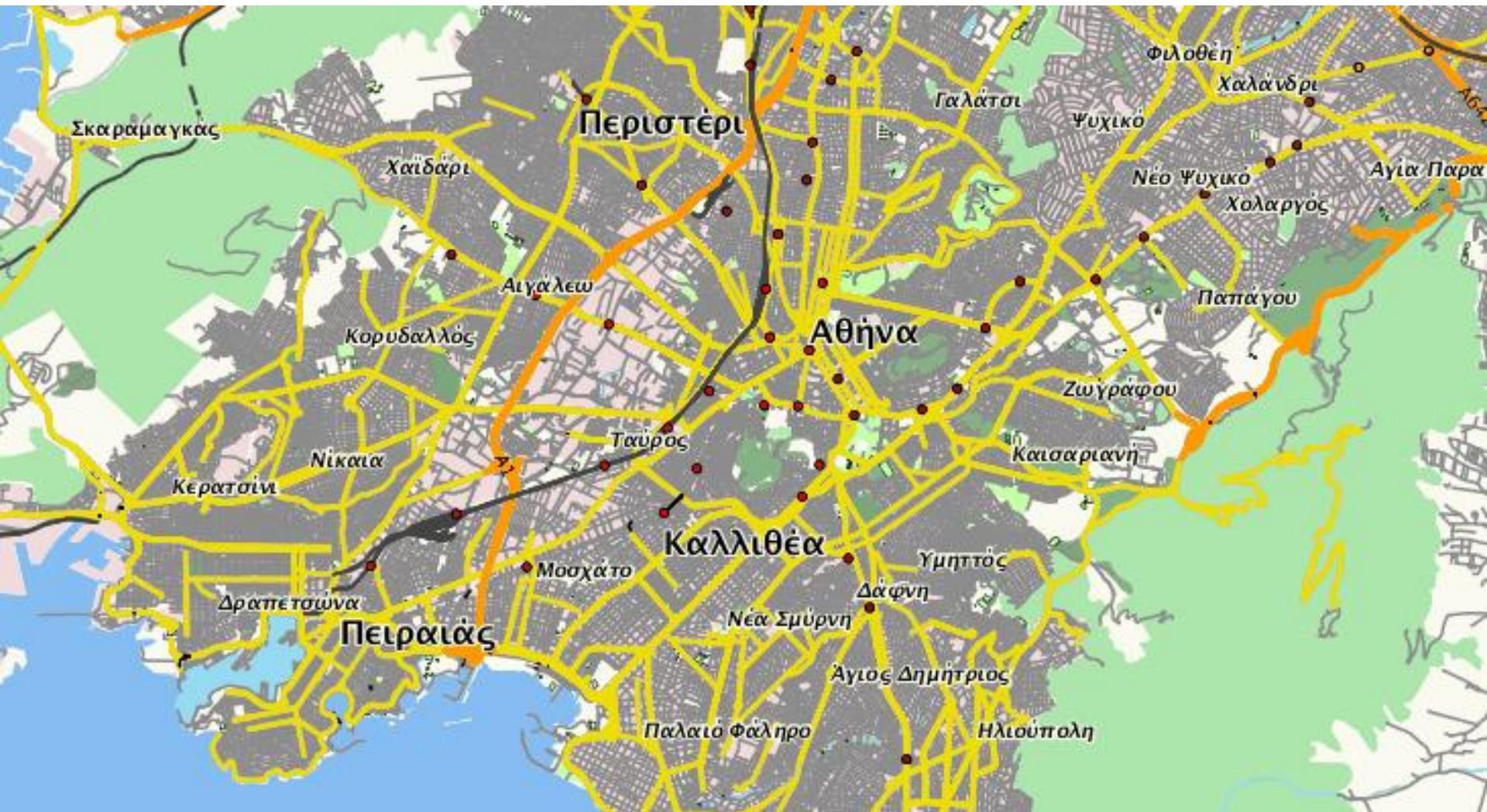


Μέρος Β: Προβλήματα εύρεσης βέλτιστων διαδρομών σε οδικά δίκτυα

Θεματολογία

- Κλασικοί αλγόριθμοι εύρεσης συντομότερης διαδρομής
 - DIJKSTRA
 - Bi-Directional DIJKSTRA
 - A*
 - Ολοκληρωμένοι πίνακες αποστάσεων
- Προηγμένες Τεχνικές
 - Contraction Hierarchies
 - Transit-Node Routing
 - A* Landmarks
 - Edge Labels
 - Συγκρίσεις
- Επεκτάσεις

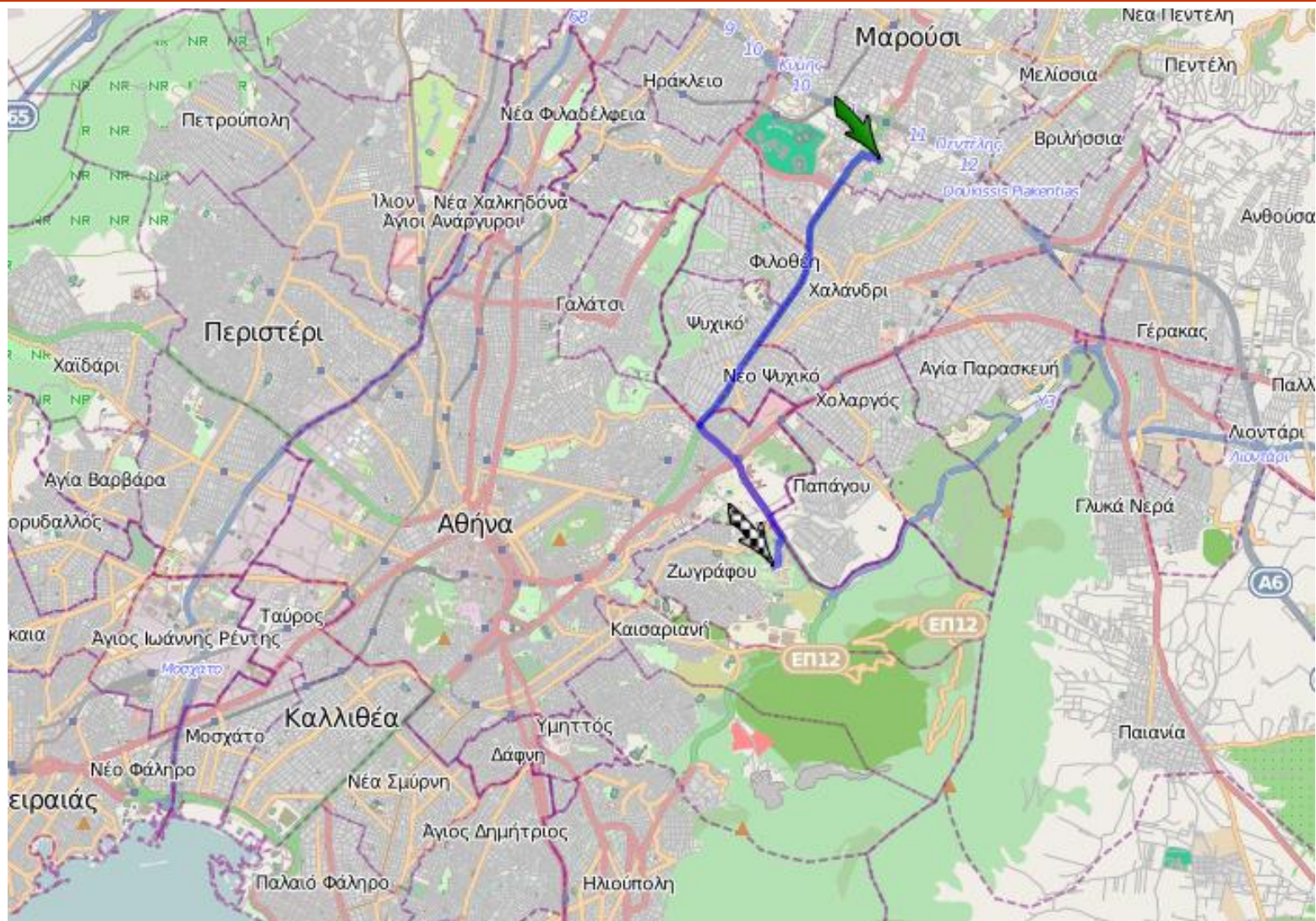
Πλοήγηση σε οδικά δίκτυα



Εύρεση συντομότερης διαδρομής

- Το οδικό δίκτυο αναπαρίσταται από έναν **κατευθυνόμενο γράφο**:
$$G = (V, E)$$
- **Κόμβοι** αναπαριστούν σταυροδρόμια
- **Ακμές** αναπαριστούν οδικά τμήματα
- **Βάρη** στις ακμές αναπαριστούν το χρόνο (ή γενικότερα κόστος) που χρειάζεται για να διανύσουμε το οδικό τμήμα
- Εύρεση συντομότερης οδικής διαδρομής:
αναζήτηση του συντομότερου μονοπατιού στο γράφο

Εύρεση συντομότερης διαδρομής



Αλγόριθμοι

- Χρήση κλασικών μεθόδων αναζήτησης σε γράφο
 - Dijkstra
 - Αμφίδρομος Dijkstra
 - A^*
 - Ολοκληρωμένοι πίνακες αποστάσεων

Αλγόριθμος DIJKSTRA

- Αρχικά:
 - Ο εναρκτήριος κόμβος είναι **ενεργός**, με **απόσταση 0**
 - Η απόσταση για τους υπόλοιπους κόμβους είναι **$+\infty$**
- Σε κάθε επανάληψη:
 - Υπολόγισε τις **αποστάσεις** των γειτονικών κόμβων του ενεργού κόμβου
 - Τοποθέτησε τον ενεργό κόμβο στο σύνολο των κόμβων που έχουμε **επισκεφθεί**
 - **Τερμάτισε** αν έχουμε επισκεφθεί τον τερματικό κόμβο
 - Ενεργός κόμβος γίνεται ο κόμβος που δεν έχουμε επισκεφθεί και έχει **τη μικρότερη απόσταση**

Αμφίδρομος αλγόριθμος DIJKSTRA

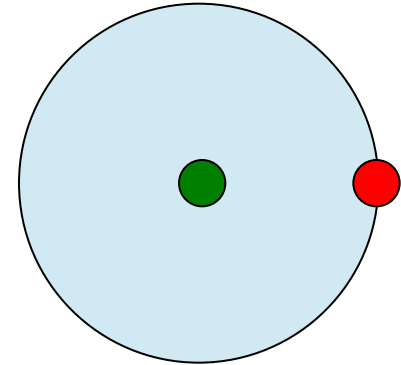
- Δύο «ταυτόχρονες» αναζητήσεις:
 - **Ευθεία** αναζήτηση από τον εναρκτήριο κόμβο
 - **Αντίστροφη** αναζήτηση από τον τερματικό κόμβο
- Τερματίζει όταν οι δύο αναζητήσεις **συναντηθούν**
- Χρησιμοποιείται από προχωρημένες τεχνικές

Αλγόριθμος A*

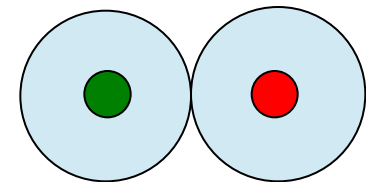
- Οι συντομότερες διαδρομές συνήθως οδηγούν προς την **κατεύθυνση** του στόχου
- Ο αλγόριθμος A*:
 - Τροποποιεί το βάρος κάθε ακμής $w(u,v)$:
$$w(u, v) = p(u) + p(v)$$
 - $p(v)$ είναι ένα **κάτωτατο όριο** της απόστασης ανάμεσα στον κόμβο v και τον τερματικό κόμβο
- Τα όρια για τις αποστάσεις μπορούν να υπολογιστούν με βάση **ευκλίδειες αποστάσεις**

Χώρος αναζήτησης

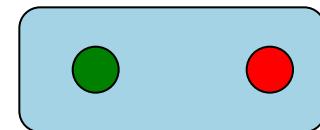
DIJSKTRA



Bidirectional DIJSKTRA



A^*



Ολοκληρωμένος πίνακας αποστάσεων

- Προ-υπολογισμός ελάχιστης διαδρομής για κάθε ζεύγος κόμβων στο δίκτυο
- Αποθήκευση τιμών σε πίνακα
- Τα ερωτήματα εύρεσης ελάχιστης διαδρομής απαντώνται με μια αναζήτηση στον πίνακα
- Αποτρεπτικό μέγεθος οδικών δικτύων
- Χρειάζεται να επιλέξουμε τα σημαντικά ζεύγη

Πρακτικά προβλήματα

- Μέγεθος οδικών δικτύων:
 - Δίκτυο Δυτικής Ευρώπης $\approx$
18.000.000 κόμβοι
- Κλασικές μέθοδοι αναζήτησης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρακτικά
- Εκμετάλλευση στοιχείων του προβλήματος:
 - Δομή των οδικών δικτύων
 - Ιεραρχική
 - Σχεδόν επίπεδη (planar)
 - Προ-επεξεργασία δεδομένων
- Στόχος:
 - Ταχεία απόκριση σε ερωτήματα
 - Χαμηλός όγκος αποθηκευμένων δεδομένων

Θεματολογία

- Κλασικοί αλγόριθμοι εύρεσης συντομότερης διαδρομής
 - DIJKSTRA
 - Bi-Directional DIJKSTRA
 - A*
 - Ολοκληρωμένοι πίνακες αποστάσεων
- Προηγμένες Τεχνικές
 - Contraction Hierarchies
 - Transit-Node Routing
 - A* Landmarks
 - Edge Labels
 - Συγκρίσεις
- Επεκτάσεις

Contraction Hierarchies

Προ-επεξεργασία I:

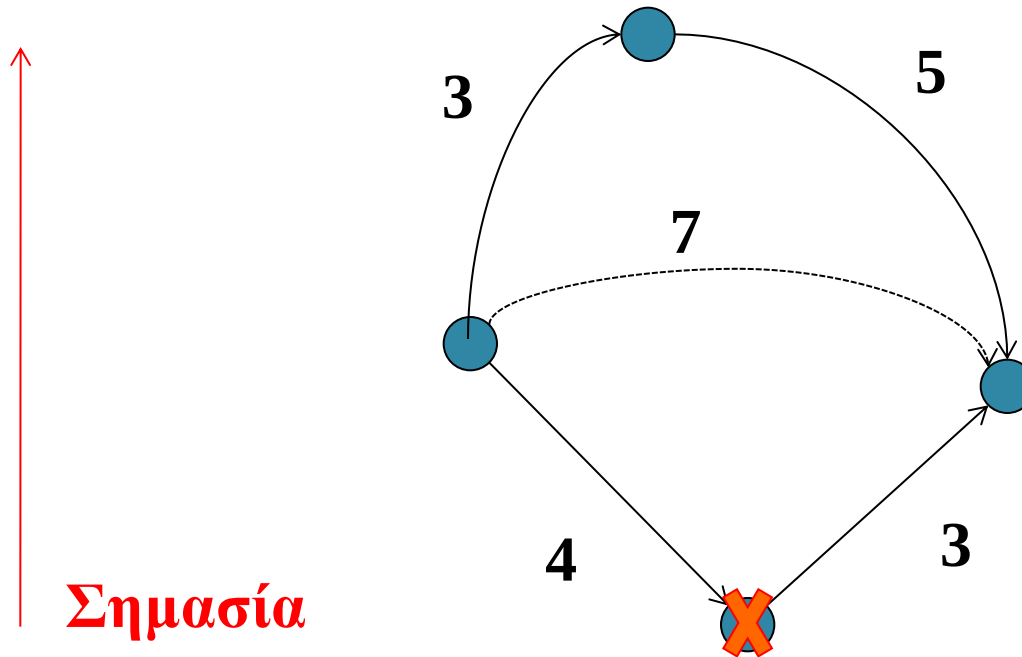
- Ταξινόμηση των κόμβων του δικτύου με βάση τη **σπουδαιότητά** τους
- **Κριτήρια** σπουδαιότητας:
 - Πόσες ακμές θα πρέπει να προστεθούν στους υπόλοιπους κόμβους για να διατηρηθούν οι ελάχιστες αποστάσεις στο γράφο
 - Πόσοι κόμβοι έχουν ήδη αφαιρεθεί από τη συγκεκριμένη περιοχή του γραφήματος
 - Συνδυασμοί κριτηρίων

Contraction Hierarchies

Προ-επεξεργασία II:

- Οι κόμβοι αφαιρούνται από το γράφο ακολουθώντας την ταξινόμηση
- Όταν ένας κόμβος αφαιρείται:
 - Διατήρηση συντομότερων διαδρομών ανάμεσα σε γειτονικούς κόμβους
 - Προσθήκη κατάλληλων ακμών
 - Αυτές ονομάζονται **συντομεύσεις**

Contraction Hierarchies



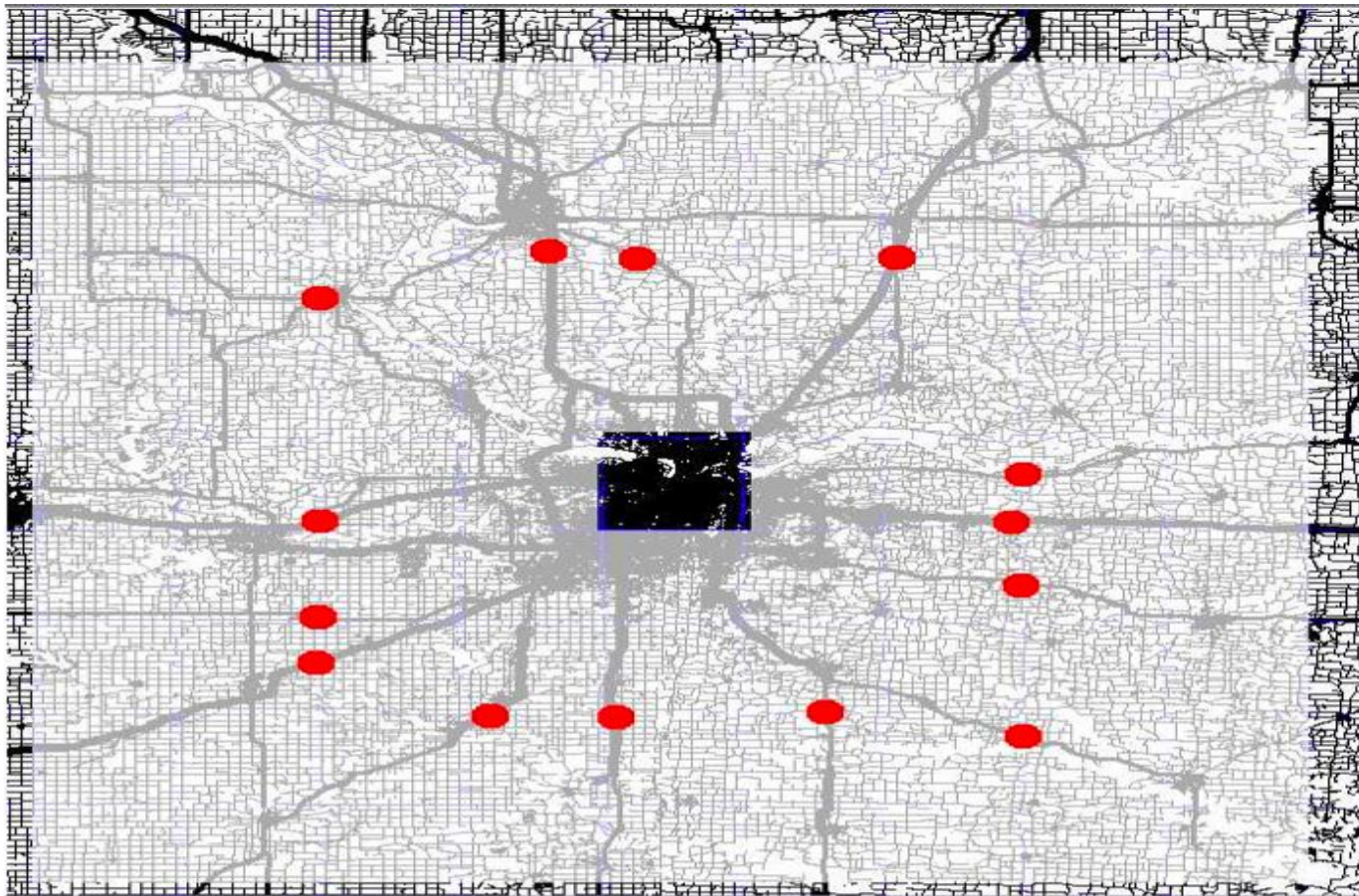
Contraction Hierarchies

Αναζήτηση:

- Αμφίδρομος αλγόριθμος Dijkstra στον:
 - Αρχικό γράφο
 - Με την προσθήκη των συντομεύσεων
- Η αναζήτηση προχωράει αποκλειστικά σε κόμβους αύξουσας σημασίας
- Τερματισμός όταν συναντηθούν στον πιο σημαντικό κόμβο στο μονοπάτι

Transit Nodes

- Τα βέλτιστα “μακρινά” μονοπάτια συνήθως περνούν από έναν περιορισμένο αριθμό κόμβων



Transit Nodes

Προ-επεξεργασία:

- Εξεύρεση **transit nodes**
- Για κάθε κόμβο στο γράφημα:
 - Προ-υπολογισμός απόστασης για κάθε έναν “κοντινό” transit node
- Προ-υπολογισμός απόστασης ανάμεσα σε κάθε ζεύγος από transit nodes

Transit Nodes

Ερωτήματα:

- Για κόμβους u, v
- Με set από κοντινούς transit nodes
 T_u και T_v αντίστοιχα
- Βρες το ζεύγος t_u από το T_u και t_v από το T_v
που ελαχιστοποιεί την απόσταση
 $d(u, t_u) + d(t_u, t_v) + d(t_v, v)$

Transit Nodes

- Όλες οι αποστάσεις που χρειάζονται έχουν προ-υπολογιστεί
- Οι κοντινοί transit nodes δεν είναι πολλοί
 - Πειραματικά: περίπου 10 για US Network
- + Πολύ γρήγορες αποκρίσεις σε ερωτήματα (μs)
- Μεγάλος χρόνος προ-επεξεργασίας και όγκος αποθηκευμένων δεδομένων
- Κοντινά ερωτήματα:
 - Ιεραρχία από transit nodes

A* Landmarks

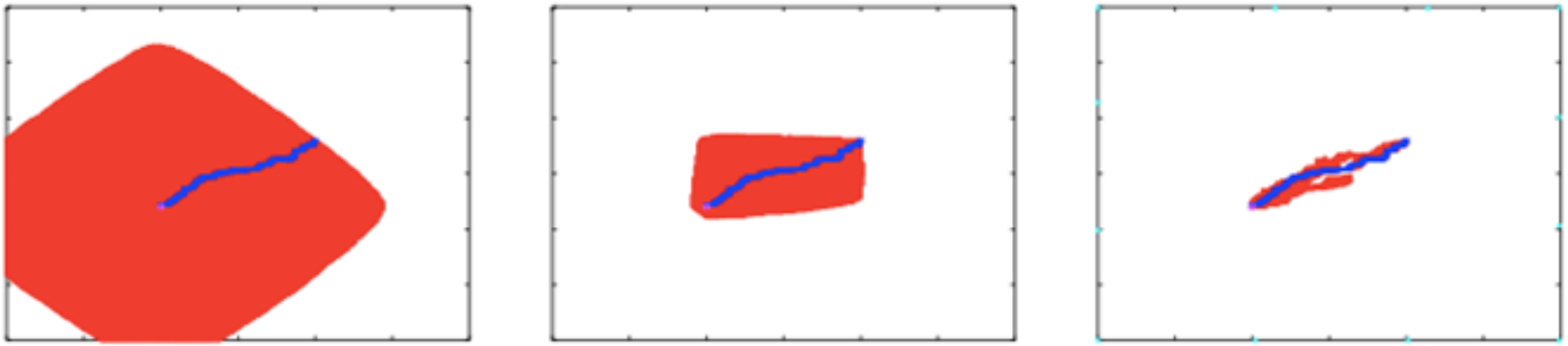
- Ευκλείδειες συντεταγμένες στον αλγόριθμο A* δεν είναι η βέλτιστη επιλογή
- Χρήση κόμβων του δικτύου ως **Landmarks**
- Προ-υπολογισμός αποστάσεων για κάθε ζεύγος κόμβου και Landmark
- Χρήση της **τριγωνικής ανισότητας** για υπολογισμό ορίου της απόστασης ανάμεσα σε κόμβους
- Συνήθως επιλέγονται περίπου 20 Landmarks
- Επιλογή Landmarks κατανεμημένων στο οδικό δίκτυο

A* Landmarks

- Χρήση τριγωνικής ανισότητας:
$$\text{dist}(u, v) \leq \text{dist}(u, w) + \text{dist}(w, v)$$

για κάθε κόμβο u, v, w
- Ευριστική τιμή:
$$h(u) = \max(\text{dist}(u, l) - \text{dist}(t, l), \text{dist}(l, t) - \text{dist}(l, u))$$
$$h(u) \leq \text{dist}(u, t)$$
- Επιλογή Landmark l που μεγιστοποιεί το $h(u)$

A* Landmarks



Vertices visited by Dijkstra's algorithm (left),
A* search with Manhattan lower bounds (middle),
and ALT algorithm (right)

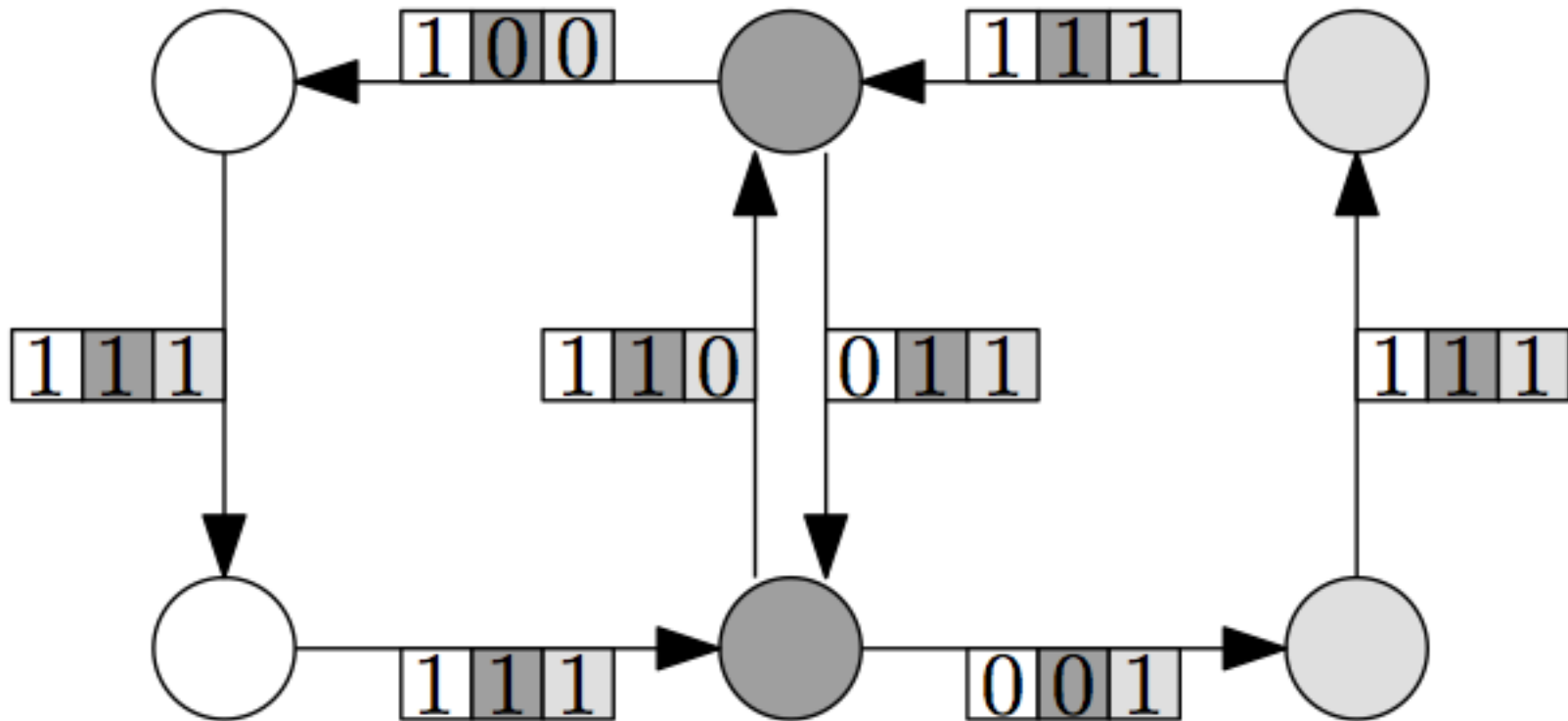
Edge Labels

- Προεπεξεργασία:
 - Για κάθε ακμή e προ-υπολογίζεται το σύνολο $M(e)$ των κόμβων που βρίσκονται σε ένα συντομότερο μονοπάτι που ξεκινάει με την ακμή e
- Αναζήτηση:
 - Ακολουθούμε μια ακμή e μόνο αν ο τερματικός κόμβος περιέχεται στο $M(e)$

Edge Labels

- Επιτάχυνση της προ-επεξεργασίας, μείωση χώρου αποθήκευσης
- Χωρίζεται το δίκτυο σε k περιοχές
- Οι περιοχές αυτές έχουν αντίστοιχα μεγέθη και μικρό αριθμό κόμβων στα σύνορά τους
- Το $M(e)$ αναπαριστάται σαν k -vector από edge flags
- Για τον υπολογισμό χρειάζεται μόνο ένα ερώτημα από όλους τους κόμβους που βρίσκονται στα σύνορα των περιοχών

Edge Labels



Example for Arc-Flags. The graph is partitioned in 3 regions

Συνδυασμοί τεχνικών

- Πολλές από τις μεθόδους που αναφέραμε μπορούν να συνδυαστούν
- Η αμφίδρομη εκδοχή του Dijkstra χρησιμοποιείται από αρκετές προηγμένες τεχνικές
- Η μέθοδος Edge Flags έχει συνδυαστεί με ιεραρχικές μεθόδους όπως Contraction Hierarchies
- Η μέθοδος Edge Flags σε συνδυασμό με Transit Node Routing επιτυγχάνει τα καλύτερα αποτελέσματα μέχρι στιγμής

Θεματολογία

- Κλασικοί αλγόριθμοι εύρεσης συντομότερης διαδρομής
 - DIJKSTRA
 - Bi-Directional DIJKSTRA
 - A*
 - Ολοκληρωμένοι πίνακες αποστάσεων
- Προηγμένες Τεχνικές
 - Contraction Hierarchies
 - Transit-Node Routing
 - A* Landmarks
 - Edge Labels
 - Συγκρίσεις
- Επεκτάσεις

Επεκτάσεις

- Το πρόβλημα εύρεσης βέλτιστης διαδρομής μπορεί να γενικευθεί
- Στη βασική του μορφή, το πρόβλημα δεν είναι ρεαλιστικό για ένα εύρος πραγματικών προβλημάτων
- Επιλογή βέλτιστου αλγορίθμου για κάθε πρόβλημα
- Τροποποίηση αλγορίθμων για την καλύτερη επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων

Φορητές συσκευές

- Κινητά τηλέφωνα και συσκευές GPS
- Μικρός χώρος αποθήκευσης
- Χρόνος απόκρισης εξωτερικών μέσων
- Μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί:
 - A* με Landmarks
 - Contraction Hierarchies

Μοντελοποίηση στροφών

- Οι στροφές κοστίζουν χρονικά σε μία διαδρομή
- Δρομολόγηση με βάση τις ακμές:
 - Τα οδικά τμήματα αναπαριστώνται από κόμβους
 - Ακμές ενώνουν ζεύγη συνεχόμενων οδικών τμημάτων
- Υπερβολικά μεγάλο δίκτυο
- Συνδυασμός δρομολόγησης με βάση τις ακμές και με βάση τους κόμβους σε δύο επίπεδα
- Χρήση Contraction Hierarchies

Πολλαπλά κριτήρια βελτιστοποίησης

- Η συνάρτηση υπολογισμού της βέλτιστης διαδρομής σχετίζεται πρακτικά με πολλαπλούς παράγοντες:
 - Είδος οχήματος, ταχύτητες που αναπτύσσει, περιορισμοί
 - Επιλογές του οδηγού, κόστος/ασφάλεια/ενδιαφέρον διαδρομής, ταχύτητα
- Δεν είναι εφικτός ο προ-υπολογισμός όλων των δυνατών συνδυασμών
- Contraction Hierarchies:
 - Η ταξινόμηση των κόμβων γίνεται μία φορά
 - Υπολογισμός συντομεύσεων με βάση τη συγκεκριμένη συνάρτηση

Δυναμικότητα

- Δυναμικά οδικά δίκτυα, όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση
- Προ-επεξεργασία μπορεί να είναι ακατάλληλη
- Επιλεκτική ανανέωση των δεδομένων
- Landmark A* και Contraction Hierarchies

Πολλαπλά Δίκτυα

- Δρομολόγηση με βάση πολλαπλά δίκτυα:
 - Οδικά δίκτυα
 - Μέσα μαζικής μεταφοράς
- Πολλαπλά κριτήρια:
 - Το αυτοκίνητο μπορεί να είναι διαθέσιμο μόνο στην αρχή της διαδρομής
 - Προτίμηση σε λιγότερες αλλαγές μέσων
- Μοντελοποίηση κριτηρίων με τη χρήση labels σε κάθε ακμή
- Ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα

Χρονικά περιθώρια

- Ο χρόνος διαδρομής, σε πολλές περιπτώσεις, σχετίζεται άμεσα με την ώρα αναχώρησης
 - Χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς,
 - Διαφορετικές ταχύτητες στα οδικά τμήματα ανάλογα με την ώρα
- Οι πιθανοί συνδυασμοί αυξάνουν σημαντικά το μέγεθος του δικτύου
- Δυσκολία χρήσης αμφίδρομων τεχνικών
- Δυσκολία ερωτημάτων για βέλτιστη ώρα αναχώρησης

Παραπομπές

- Προδιαγραφές OGC για χωρικά δεδομένα
 - SQL Simple Features http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=829
- Συστήματα β.δ. με χωρικές επεκτάσεις
 - Oracle 11g Spatial <http://www.oracle.com/technology/products/spatial/>
 - PostgreSQL <http://www.postgresql.org/>
 - PostGIS <http://postgis.refractory.net/>
 - IBM Informix <http://www.ibm.com/software/data/informix/blades/spatial/>
 - MySQL <http://www.mysql.com/>
 - IBM DB2 Spatial Extender
<http://www-306.ibm.com/software/data/spatial/db2spatial/>
 - MS SQL Server Spatial
[http://msdn2.microsoft.com/el-gr/library/bb933876\(en-us,SQL.100\).aspx](http://msdn2.microsoft.com/el-gr/library/bb933876(en-us,SQL.100).aspx)
- Εγχειρίδια χρήσεως για διάφορα συστήματα χωρικών β.δ.
<http://www.dbnet.ece.ntua.gr/~kpatro/geodb/manuals>

Προτεινόμενα

- PostgreSQL - <http://www.postgresql.org/>
- PostGIS - <http://postgis.net/>
- QGIS - <http://www.qgis.org>
- OpenLayers - <http://openlayers.org/>
- Leaflet - <http://leafletjs.com/>
- pgRouting - <http://pgrouting.org/>
- OpenStreetMap data - http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Downloading_data

Θέματα διπλωματικών

- Αλγόριθμοι και εφαρμογές δρομολόγησης
- Ερωτήματα και ανάλυση σε τροχιές κινούμενων αντικειμένων
- Επεξεργασία και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων στον ιστό και τα κοινωνικά δίκτυα

Ερωτήσεις

- Στοιχεία επικοινωνίας

Δημήτρης Σκούτας

dskoutas@imis.athena-innovation.gr

Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων

Ερευνητικό Κέντρο «Αθηνά»

www.ipsyp.gr