

Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Πληροφορικής

Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems - GIS)

Χωρικά ΣΔΒΔ – λογικό επίπεδο
(μοντελοποίηση, σχεδιασμός, γλώσσες επερωτήσεων)

Γιάννης Θεοδωρίδης, Νίκος Πελέκης, Ηλίας Φρέντζος

Εργαστήριο Πληροφοριακών Συστημάτων (InfoLab)

<http://infolab.cs.unipi.gr/>

Πειραιάς, 19/3/09

Τι χρειαζόμαστε τα ΧΣΔΒΔ



- Τα παραδοσιακά ΣΔΒΔ παρέχουν:
 - Διαχείριση λαθών / Ανάνηψη
 - Ταυτόχρονη προσπέλαση δεδομένων
 - Κλιμάκωση σε αναζητήσεις πολύ μεγάλων συνόλων δεδομένων τα οποία δε μπορούν να αποθηκευτούν στην κύρια μνήμη
 - Αποδοτικά σε μη χωρικές ερωτήσεις, αλλά όχι σε χωρικές
- Μη χωρικές ερωτήσεις:
 - Εύρεση βιβλιοπωλείων με περισσότερα από 10.000 βιβλία
 - Λίστα των δέκα καλύτερων πελατών του έτους 2006
- Χωρικές ερωτήσεις :
 - Εύρεση βιβλιοπωλείων σε απόσταση 5 χλμ από το κέντρο της Αθήνας
 - Λίστα των δέκα καλύτερων πελατών που ζουν σε περιοχές που συνορεύουν του ιστορικού κέντρου της πόλης

Παραδείγματα χωρικών δεδομένων & εφαρμογών



- Παραδείγματα μη-χωρικών δεδομένων
 - Ονόματα, τηλέφωνα, email διευθύνσεις
- Παραδείγματα χωρικών δεδομένων
 - Δεδομένα απογραφών
 - Δορυφορικές εικόνες
 - Κλιματολογικά και καιρικά δεδομένα
 - Ποτάμια, φάρμες
 - Ιατρικές εικόνες
- Εφαρμογές
 - Στρατολογικές: Ανάπτυξη δυνάμεων εχθρού σε ιστορικό πεδίο μάχης
 - Ασφαλιστικές: Ποια σπίτια αποζημιώσαμε στην πλημμυρισμένη περιοχή
 - Αστρονομικές: Εύρεση μπλε γαλαξιών σε απόσταση 2 κβαζάρ

Τι είναι ένα ΧΣΔΒΔ?



- Λογισμικό το οποίο
 - Μπορεί να δουλέψει με ένα υποκείμενο ΣΔΒΔ
 - Υποστηρίζει χωρικά μοντέλα δεδομένων, χωρικούς Αφαιρετικούς Τύπους Δεδομένων (ΑΤΔ) και μια γλώσσα επερωτήσεων από την οποία μπορούν να καλεστούν οι ΑΤΔ
 - Υποστηρίζει χωρικά ευρετήρια, αποδοτικούς αλγορίθμους επεξεργασίας χωρικών λειτουργιών, και κανόνες βελτιστοποίησης ερωτήσεων
- Παράδειγμα: Oracle Spatial data cartridge
 - Δουλεύει με Oracle DBMS
 - Παρέχει χωρικούς τύπους δεδομένων (π.χ. πολύγωνο), λειτουργίες (π.χ. επικάλυψη)
 - Έχει χωρικά ευρετήρια, π.χ. R-trees

Παράδειγμα ΧΣΔΒΔ



- Θεωρήστε ένα χωρικό σύνολο δεδομένων:
 - Περίγραμμα περιοχής (διακεκομμένη λευκή γραμμή)
 - Οικοδομικά τετράγωνα - όνομα, εμβαδόν, πληθυσμός, περίγραμμα (σκούρα γραμμή)
 - Υδάτινα τμήματα (μαύρα πολύγωνα)
- Αποθήκευση σε ένα table ενός ΧΣΔΒΔ:

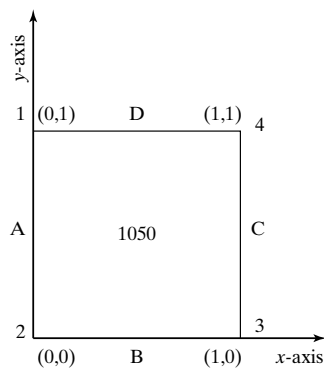

```
create table census_blocks (
  name      string,
  area      float,
  population number,
  boundary  polygon );
```



Μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων σε ΣΔΒΔ



- Μία εγγραφή στο census_blocks table
 - Προσοχή: Υποστηρίζεται ο τύπος δεδομένων Polyline από το ΧΣΔΒΔ?



Census_blocks

Name	Area	Population	Boundary
1050	1	1839	Polyline((0,0),(0,1),(1,1),(1,0))

Χωρικοί τύποι δεδομένων και παραδοσιακές ΒΔ



- Παραδοσιακά σχεσιακά ΣΔΒΔ
 - Υποστηρίζουν απλούς τύπους δεδομένων, π.χ. αριθμούς, αλφαριθμητικά, ημερομηνίες
 - Η μοντελοποίηση χωρικών τύπων δεδομένων είναι δύσκολη
- Παράδειγμα: Μοντελοποίηση πολυγώνων με αριθμούς
 - Τρία νέα tables: polygon, edge, points
 - Παρατήρηση: Ένα πολύγωνο είναι ένα polyline του οποίου το αρχικό και τελικό σημείο είναι τα ίδια
 - Μία εγγραφή αναπαρίσταται από 16 εγγραφές σε 3 tables
 - Απλές χωρικές λειτουργίες, π.χ. εμβαδόν(), απαιτούν σύνδεση (joining) tables
 - Κουραστική και υπολογιστικά αναποτελεσματική διαδικασία

Προβολή “census_table” σε σχεσιακή ΒΔ



Census_blocks

Name	Area	Population	boundary-ID
340	1	1839	1050

Polygon

boundary-ID	edge-name
1050	A
1050	B
1050	C
1050	D

Edge

edge-name	endpoint
A	1
A	2
B	2
B	3
C	3
C	4
D	4
D	1

Point

endpoint	x-coor	y-coor
1	0	1
2	0	0
3	1	0
4	1	1

Χωρικοί τύποι δεδομένων και μετα-σχεσιακές ΒΔ



- Μετα-σχεσιακά ΣΔΒΔ
 - Υποστηρίζουν ΑΤΔ ορισμένους από τον χρήστη
 - Χωρικοί τύποι δεδομένων (π.χ. πολύγωνο) μπορούν να προστεθούν
- Επιλογή μετα-σχεσιακού ΣΔΒΔ
 - Αντικειμενοστραφές - Object Oriented (OO) ΣΔΒΔ
 - Αντικειμενοσχεσιακό - Object Relational (OR) ΣΔΒΔ
- Μία χωρική βάση δεδομένων είναι μία συλλογή χωρικών τύπων δεδομένων, λειτουργιών, ερωτημάτων, στρατηγικών επεξεργασίας, κλπ. και μπορεί να δουλέψει με πολλά μετα-σχεσιακά ΣΔΒΔ καθώς και με γλώσσες προγραμματισμού όπως η Java, η Visual Basic κλπ.

Διαφορές μεταξύ ΧΣΔΒΔ και ΓΠΣ



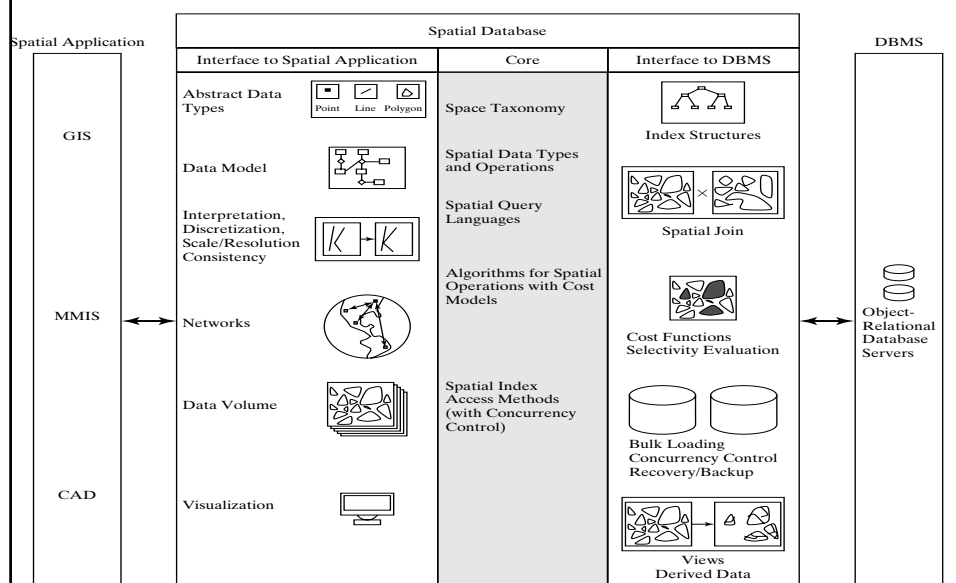
- Ένα ΓΠΣ είναι ένα λογισμικό για την οπτικοποίηση και ανάλυση χωρικών δεδομένων χρησιμοποιώντας λειτουργίες χωρικής ανάλυσης όπως:
 - **Αναζήτηση** thematic search, search by region, classification
 - **Ανάλυση θέσεως** Buffer, overlay
 - **Ανάλυση γεωγραφικής περιοχής** Slope, catchment, drainage network
 - **Ανάλυση ροής** Connectivity, shortest path
 - **Κατανομή** Change detection, proximity, nearest neighbor
 - **Χωρική ανάλυση/στατιστική** Pattern, centrality, autocorrelation, indices of similarity, topology
 - **Μετρήσεις** Distance, perimeter, shape, adjacency, direction
- Τα ΓΠΣ χρησιμοποιούν τα ΧΣΔΒΔ
 - για να αποθηκεύσουν, αναζητήσουν, διαμοιραστούν μεγάλα χωρικά σύνολα δεδομένων

Διαφορές μεταξύ ΧΣΔΒΔ και ΓΠΣ



- Ένα ΧΣΔΒΔ επικεντρώνεται σε
 - Αποτελεσματική αποθήκευση, αναζήτηση, διαμοιρασμό μεγάλων χωρικών συνόλων δεδομένων
 - Παρέχει απλούστερες λειτουργίες
 - Παραδείγματα: search by region, nearest neighbor, distance, adjacency, perimeter etc.
 - Χρησιμοποιεί χωρικά ευρετήρια και λειτουργίες βελτιστοποίησης για την επιτάχυνση των ερωταποκρίσεων
- Ένα ΧΣΔΒΔ μπορεί να χρησιμοποιείται και από άλλες εφαρμογές
 - Αστρονομία, Πληροφορικά συστήματα πολυμέσων, ...
- Ποιο από τα δύο χρησιμοποιεί κανείς για να απαντήσει τα παρακάτω;
 - Πόσες γειτονικές χώρες έχει η Ελλάδα;
 - Ποια χώρα έχει το μεγαλύτερο αριθμό γειτόνων;

Συστατικά ενός ΧΣΔΒΔ – αρχιτεκτονική 3 επιπέδων



Χωρικές γλώσσες ερωτήσεων



- Spatial query language

- Χωρικοί τύποι δεδομένων, π.χ. σημείο, γραμμή, πολύγωνο, ...
- Χωρικές λειτουργίες, π.χ. επικάλυψη, απόσταση, ...
- Καλούμενες από γλώσσες (π.χ. SQL3) ενός ΣΔΒΔ

```
SELECT S.name
FROM   Senator S
WHERE  S.district.Area() > 300
```

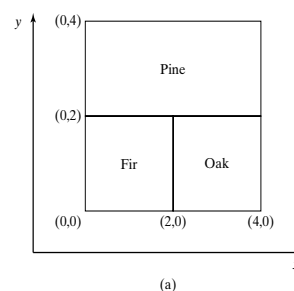
- Πρότυπα

- SQL3 πρότυπο γλωσσών ερωτήσεων
- OGIS πρότυπο για χωρικούς τύπους δεδομένων και λειτουργίες
- Ευρέως διαδεδομένα πρότυπα στη βιομηχανία

Μοντέλα χωρικής πληροφορίας



- Δύο κοινά μοντέλα
 - Field based (πεδίου)
 - Object based (αντικειμένου)
- Παράδειγμα:
 - (a) χάρτης δάσους
 - (b) Όψη αντικειμένων έχει 3 πολύγωνα
 - (c) Όψη πεδίου έχει μία συνάρτηση



Object Viewpoint of Forest Stands

Area-ID	Dominant Tree Species	Area/Boundary
FS1	Pine	[(0,2),(4,2),(4,4),(0,4)]
FS2	Fir	[(0,0),(2,0),(2,2),(0,2)]
FS3	Oak	[(2,0),(4,0),(4,2),(2,2)]

(b)

Field Viewpoint of Forest Stands

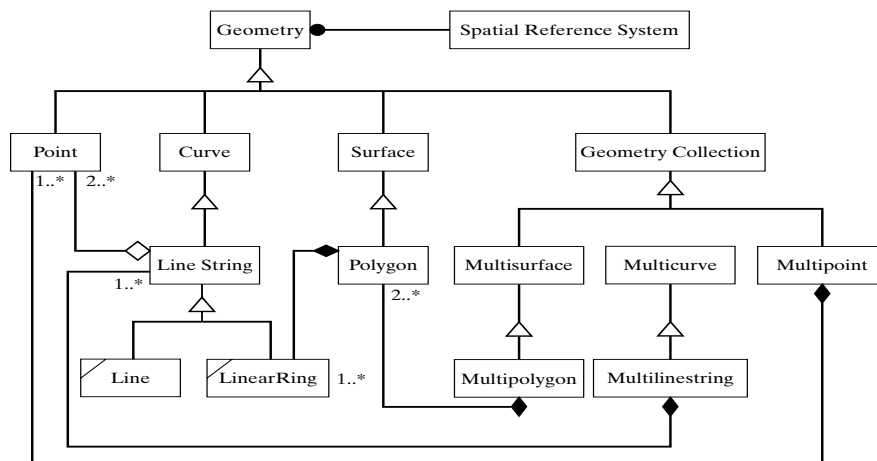
$$f(x,y) = \begin{cases} \text{"Pine,"} & 2 \leq x \leq 4; 2 < y \leq 4 \\ \text{"Fir,"} & 0 \leq x \leq 2; 0 \leq y \leq 2 \\ \text{"Oak,"} & 2 < x \leq 4; 0 \leq y \leq 2 \end{cases}$$

(c)

Χωρικοί τύποι στο OGIS μοντέλο δεδομένων



Κάθε τετράγωνο δείχνει ένα διακριτό χωρικό τύπο αντικειμένων

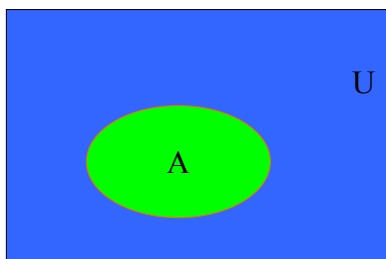


Κατηγοριοποίηση λειτουργιών σε χωρικά αντικείμενα



•Κατηγοριοποίηση λειτουργιών

- Βασισμένες στη θεωρία συνόλων: τα δι-διάστατα χωρικά αντικείμενα είναι σύνολα σημείων
 - μία λειτουργία συνόλων (π.χ. τομή) δύο πολυγώνων παράγουν ένα άλλο πολύγωνο
- Κατευθυντήριες: Η Σαντορίνη είναι νότιο-ανατολικά της Αθήνας
- Μετρητικές: Η Θεσσαλονίκη απέχει 500 χλμ από την Αθήνα
- Τοπολογικές: Τα σύνορα της Ελλάδας αγγίζουν αυτά της Βουλγαρίας
 - Έννοιες: Interior, boundary, exterior



Green is A interior (A°)

Red is boundary of A (∂A)

Blue – (Green + Red) is
A exterior (A^-)

Nine-Intersection Model



$$\Gamma_9(A, B) = \begin{pmatrix} A^\circ \cap B^\circ & A^\circ \cap \partial B & A^\circ \cap B^- \\ \partial A \cap B^\circ & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^- \\ A^- \cap B^\circ & A^- \cap \partial B & A^- \cap B^- \end{pmatrix}$$

$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ disjoint	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ contains	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ inside	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ equal
$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ meet	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ covers	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ coveredBy	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ overlap

Σχεδιασμός βάσης σε τρία βήματα



- Εφαρμογές βάσεων δεδομένων μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας μία διαδικασία τριών βημάτων
 - Εννοιολογικοί τύποι δεδομένων, σχέσεις και περιορισμοί (μοντέλο οντοτήτων-συσχετίσεων - ER model)
 - Λογική απεικόνιση σε ένα σχεσιακό μοντέλο και διασύνδεση με γλώσσα επερωτήσεων (σχεσιακή άλγεβρα - Relational Algebra)
 - Φυσική αποθήκευση, δεικτοδότηση (επόμενη διάλεξη)

Παράδειγμα χωρικής εφαρμογής



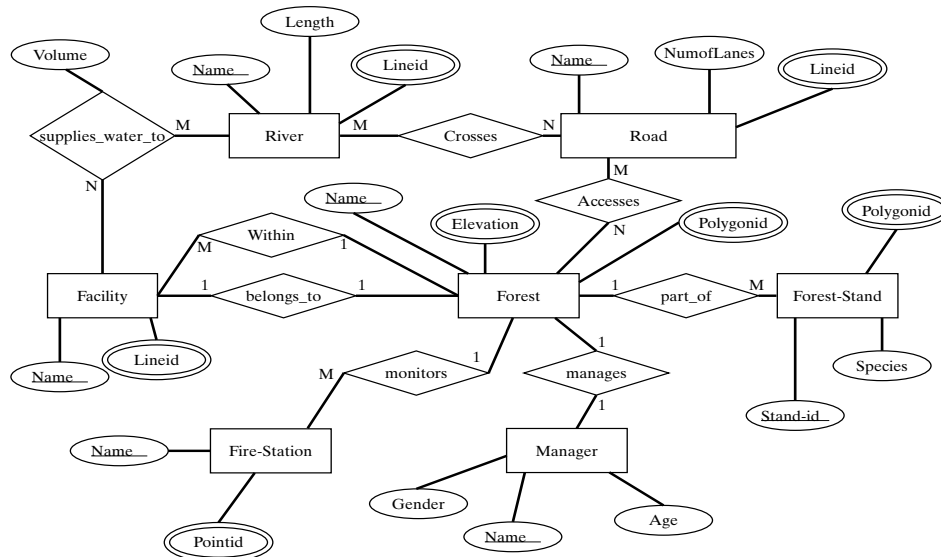
- Σενάριο χωρικής εφαρμογής
 - Ένα *state-park* αποτελείται από δάση.
 - Ένα δάσος είναι μία συλλογή από *forest-stands* διαφορετικών ειδών
 - State-Park προσπελαύνεται από *roads* και έχει ένα *manager*
 - State-Park έχει *facilities*
 - Ένα *River* διατρέχει το state-park και εφοδιάζει νερό τα *facilities*

Το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων - ER Model



- 3 βασικές έννοιες
 - Οι οντότητες έχουν ανεξάρτητη ύπαρξη
 - Παραδείγματα: Forest, Road, Manager, ...
 - Χαρακτηρίζονται από γνωρίσματα (Attributes)
 - Παράδειγμα: Ένα Forest έχει ως γνώρισμα το *name* κτλ.
 - Μία οντότητα αλληλεπιδρά μέσω συσχετίσεων μέσω άλλες οντότητες
 - Ένας Road επιτρέπει πρόσβαση εσωτερικά σε ένα Forest
 - Η σχέση μπορεί να έχει όνομα "Accesses"
- Σύγκριση με μοντέλο αντικειμένων
 - Οι οντότητες είναι σαν τα αντικείμενα
 - Ωστόσο το ER μοντέλο δεν επιτρέπει ορισμό λειτουργιών
 - Οι σχέσεις προσομοιώνονται μέσω λειτουργιών

ER διάγραμμα για εφαρμογή “State-Park”



Σχισιακό σχήμα



Forest-Stand <table><tr><td><u>Stand-id</u></td><td><u>Species</u></td><td><u>Forest-name</u></td></tr><tr><td>(Integer)</td><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>Stand-id</u>	<u>Species</u>	<u>Forest-name</u>	(Integer)	(varchar)	(varchar)	Stand-Geom <table><tr><td><u>Stand-id</u></td><td><u>Polygonid</u></td></tr><tr><td>(Integer)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Stand-id</u>	<u>Polygonid</u>	(Integer)	(Integer)
<u>Stand-id</u>	<u>Species</u>	<u>Forest-name</u>									
(Integer)	(varchar)	(varchar)									
<u>Stand-id</u>	<u>Polygonid</u>										
(Integer)	(Integer)										
River <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Length</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Real)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Length</u>	(varchar)	(Real)	River-Geom <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Lineid</u></td></tr><tr><td>(Integer)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Lineid</u>	(Integer)	(Integer)		
<u>Name</u>	<u>Length</u>										
(varchar)	(Real)										
<u>Name</u>	<u>Lineid</u>										
(Integer)	(Integer)										
Road <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>NumofLanes</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>NumofLanes</u>	(varchar)	(Integer)	Road-Geom <table><tr><td><u>Rname</u></td><td><u>Lincid</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Rname</u>	<u>Lincid</u>	(varchar)	(Integer)		
<u>Name</u>	<u>NumofLanes</u>										
(varchar)	(Integer)										
<u>Rname</u>	<u>Lincid</u>										
(varchar)	(Integer)										
Facility <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Forest-name</u></td><td><u>Forest-name-2</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Forest-name</u>	<u>Forest-name-2</u>	(varchar)	(varchar)	(varchar)	Facility-Geom <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Pointid</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Pointid</u>	(varchar)	(Integer)
<u>Name</u>	<u>Forest-name</u>	<u>Forest-name-2</u>									
(varchar)	(varchar)	(varchar)									
<u>Name</u>	<u>Pointid</u>										
(varchar)	(Integer)										
Forest <table><tr><td><u>Name</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>Name</u>	(varchar)	Forest-Geom <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Polygonid</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Polygonid</u>	(varchar)	(Integer)				
<u>Name</u>											
(varchar)											
<u>Name</u>	<u>Polygonid</u>										
(varchar)	(Integer)										
Fire-Station <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>ForName</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>ForName</u>	(varchar)	(varchar)	Fstation-Geom <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Pointid</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Pointid</u>	(varchar)	(Integer)		
<u>Name</u>	<u>ForName</u>										
(varchar)	(varchar)										
<u>Name</u>	<u>Pointid</u>										
(varchar)	(Integer)										
Supplies_Water_To <table><tr><td><u>FacName</u></td><td><u>RivName</u></td><td><u>Volume</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td><td>(Real)</td></tr></table>	<u>FacName</u>	<u>RivName</u>	<u>Volume</u>	(varchar)	(varchar)	(Real)	Road-Access-Forest <table><tr><td><u>RoadName</u></td><td><u>ForName</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>RoadName</u>	<u>ForName</u>	(varchar)	(varchar)
<u>FacName</u>	<u>RivName</u>	<u>Volume</u>									
(varchar)	(varchar)	(Real)									
<u>RoadName</u>	<u>ForName</u>										
(varchar)	(varchar)										
Manager <table><tr><td><u>Name</u></td><td><u>Age</u></td><td><u>Gender</u></td><td><u>ForName</u></td></tr><tr><td>(varchar)</td><td>(Integer)</td><td>(varchar)</td><td>(varchar)</td></tr></table>	<u>Name</u>	<u>Age</u>	<u>Gender</u>	<u>ForName</u>	(varchar)	(Integer)	(varchar)	(varchar)			
<u>Name</u>	<u>Age</u>	<u>Gender</u>	<u>ForName</u>								
(varchar)	(Integer)	(varchar)	(varchar)								

Σχεσιακό σχήμα για "Point", "Line", "Polygon", "Elevation"

- Το σχεσιακό μοντέλο περιορίζει τα πεδία τιμών των γνωρισμάτων
 - Απλές ατομικές τιμές, π.χ. αριθμοί
 - Δεν επιτρέπει σύνθετες τιμές (π.χ. πολύγωνα) σε στήλες
 - Σύνθετες τιμές αναλύονται σε απλές

Polygon

<u>Polygonid</u>	<u>Seq-no</u>	Pointid
(Integer)	(Integer)	(Integer)

Line

<u>Lineid</u>	<u>Seq-no</u>	Pointid
(Integer)	(Integer)	(Integer)

Point

<u>Pointid</u>	Latitude	Longitude
(Integer)	(Real)	(Real)

Elevation

<u>Forest-name</u>	Pointid (F.K.)	Elevation
(varchar)	(Integer)	(Real)

Επέκταση του ER με χωρικές έννοιες

- Κίνητρο
 - Το ER μοντέλο βασίζεται σε διακριτά σύνολα χωρίς έμμεσες συσχετίσεις
 - Τα χωρικά δεδομένα προέρχονται από συνεχή σύνολα με έμμεσες συσχετίσεις
 - Κάθε ζεύγος χωρικών οντοτήτων έχει σχέσεις όπως απόσταση, κατεύθυνση
- Η σχεδίαση όλων των χωρικών σχέσεων
 - Οδηγεί σε δυσνόητα ER διαγράμματα
 - Δημιουργεί επιπλέον πίνακες στο σχεσιακό μοντέλο
 - Απώλεια έμμεσων σχέσεων των χωρικών δεδομένων (π.χ. διαμελισμός)
- Εικονογράμματα - Pictograms
 - Περιγράφουν με ετικέτα χωρικές οντότητες
 - Επιτρέπουν εξαγωγή συμπερασμάτων χωρικών σχέσεων και περιορισμών
 - Περιορίζουν το μέγεθος του εννοιολογικού και του λογικού μοντέλου

ER διάγραμμα με εικονογράμματα



Ορισμός εικονογραμμάτων

• Προσέγγιση γραμματικών

Όπως τα διαγράμματα συντακτικού
Αγγλικής

⟨ Pictogram ⟩ → [Shape]

• Κατηγορίες εικονογραμμάτων

• Εικονογράμματα οντοτήτων

• βασικά: σημείο, γραμμή, πολύγωνο

• Συλλογές βασικών

• ...

• Εικονογράμματα σχέσεων

• διαμελισμός, δίκτυο

→ [*]

→ [!]

Grammar (for Pictogram)



Part_of(Network) Part_of(Partition)

Pictograms for Relationships

⟨ Shape ⟩ → ⟨ Basic Shape ⟩

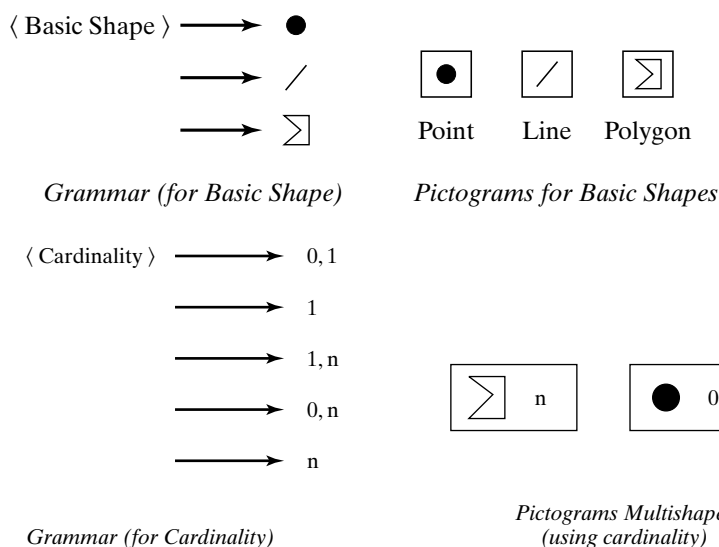
→ ⟨ Multi-Shape ⟩

→ ⟨ Derived Shape ⟩

→ ⟨ Alternate Shape ⟩

Grammar (for Shape)

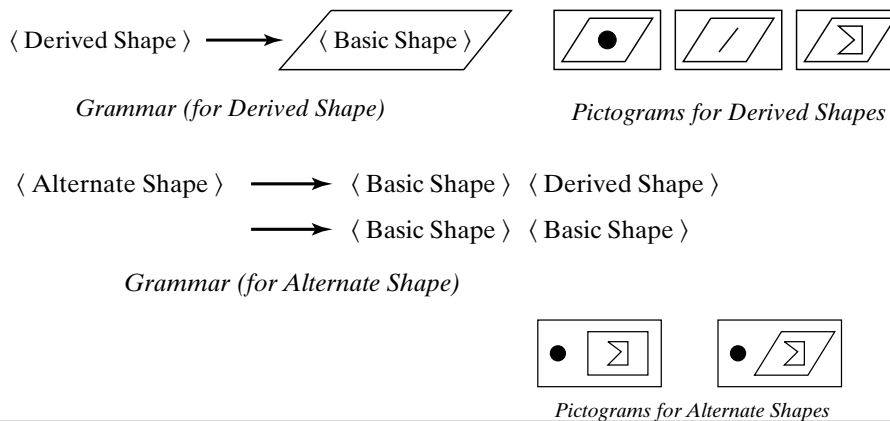
Εικονογράμματα οντοτήτων



Εικονογράμματα οντοτήτων



- Derived shape: κέντρο πόλης (σημείο) από περίγραμμα αυτής (πολύγωνο)
- Alternate shape: Ένας δρόμος που αναπαρίσταται ως πολύγωνο (κατασκευή) ή σαν γραμμή (δρομολόγηση)



Εννοιολογική μοντελοποίηση με UML



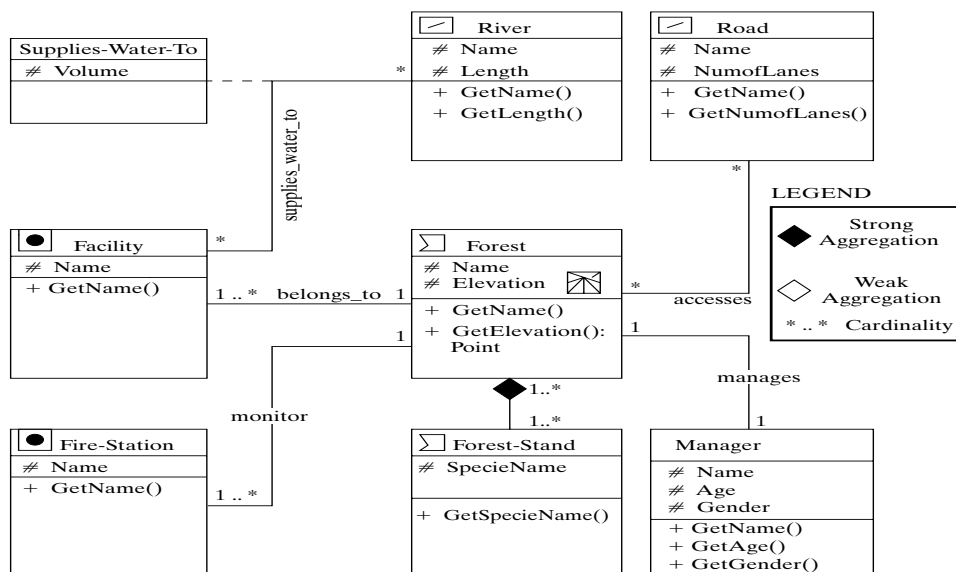
•Κίνητρο

- Το ER μοντέλο δεν επιτρέπει ορισμό λειτουργιών
- Αντικειμενοστραφή λογισμικά χρησιμοποιούν την UML
- UML (Unified Modeling Language)
- Πρότυπο με ποικιλία διαγραμμάτων
 - Τα διαγράμματα κλάσεων είναι τα καταλληλότερα για τη μοντελοποίηση δεδομένων

•Έννοιες διαγραμμάτων κλάσεων (UML class diagrams)

- Τα **γνωρίσματα** είναι απλές ή σύνθετες ιδιότητες
- Οι **μέθοδοι** αναπαριστούν λειτουργίες, συναρτήσεις και διαδικασίες
- Η **κλάση** είναι μία συλλογή γνωρισμάτων και μεθόδων
- Μία **σχέση** συσχετίζει κλάσεις

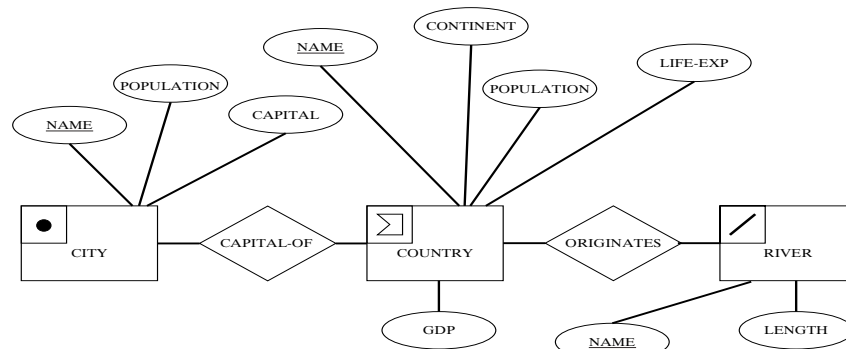
Παράδειγμα UML Class Diagram με εικονογράμματα



Παράδειγμα: World Database



- Στόχος: Χρήση της βάσης για εκμάθηση SQL
- Εννοιολογικό μοντέλο
 - 3 Οντότητες: Country, City, River
 - 2 σχέσεις: capital-of, originates-in



Λογικό μοντέλο



- 3 σχέσεις (Relations)
 - Country**(Name, Cont, Pop, GDP, Life-Exp, Shape)
 - City**(Name, Country, Pop, Capital, Shape)
 - River**(Name, Origin, Length, Shape)
- Κλειδιά
 - Primary keys: Country.Name, City.Name, River.Name
 - Foreign keys: River.Origin, City.Country
- Δεδομένα
 - Βλ. Επόμενη διαφάνεια

Πίνακες δεδομένων World database



COUNTRY	Name	Cont	Pop (millions)	GDP (billions)	Life-Exp	Shape
	Canada	NAM	30.1	658.0	77.08	Polygonid-1
	Mexico	NAM	107.5	694.3	69.36	Polygonid-2
	Brazil	SAM	183.3	1004.0	65.60	Polygonid-3
	Cuba	NAM	11.7	16.9	75.95	Polygonid-4
	USA	NAM	270.0	8003.0	75.75	Polygonid-5
	Argentina	SAM	36.3	348.2	70.75	Polygonid-6

(a) Country

CITY	Name	Country	Pop (millions)	Capital	Shape
	Havana	Cuba	2.1	Y	Pointid-1
	Washington, D.C.	USA	3.2	Y	Pointid-2
	Monterrey	Mexico	2.0	N	Pointid-3
	Toronto	Canada	3.4	N	Pointid-4
	Brasilia	Brazil	1.5	Y	Pointid-5
	Rosario	Argentina	1.1	N	Pointid-6
	Ottawa	Canada	0.8	Y	Pointid-7
	Mexico City	Mexico	14.1	Y	Pointid-8
	Buenos Aires	Argentina	10.75	Y	Pointid-9

(b) City

RIVER	Name	Origin	Length (kilometers)	Shape
	Rio Parana	Brazil	2600	LineStringid-1
	St. Lawrence	USA	1200	LineStringid-2
	Rio Grande	USA	3000	LineStringid-3
	Mississippi	USA	6000	LineStringid-4

(c) River

Χρήση χωρικών λειτουργιών στο SELECT clause



Query: Βρες όνομα, πληθυσμό και εμβαδόν κάθε χώρας του πίνακα Country

```
SELECT C.Name,C.Pop, Area(C.Shape)AS "Area"
FROM Country C
```

Χρήση χωρικού τελεστή Distance



Query: Βρες το GDP και την απόσταση κάθε πρωτεύουσας όλων των χωρών από τον ισημερινό.

```
SELECT Co.GDP, Distance(Point(Ci.Shape.x, 0),Ci.Shape) AS "Distance"
FROM Country Co,City Ci
WHERE Co.Name = Ci.Country
AND Ci.Capital ='Y '
```

Co. Name	Co. GDP	Dist-to-Eq (in Km).
Havana	16.9	2562
Washington, D.C.	8003	4324
Brasilia	1004	1756
Ottawa	658	5005
Mexico City	694.3	2161
Buenos Aires	348.2	3854

Χρήση χωρικών λειτουργιών στο WHERE clause



Query: Βρες τα ονόματα όλων των χωρών που είναι γείτονες των USA

```
SELECT C1.Name AS "Neighbors of USA"
FROM Country C1,Country C2
WHERE Touch(C1.Shape,C2.Shape)=1
AND C2.Name ='USA '
```

Χωρική ερώτηση με πολλαπλούς πίνακες



Query: 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
```

Άσκηση: Τροποποίηση της ερώτησης για εύρεση του μήκους του ποταμιού στο εσωτερικό κάθε χώρας

Παράδειγμα χωρικής ερώτησης...Buffer and Overlap



Query: Το ποτάμι St. Lawrence μπορεί να προμηθεύει με νερό πόλεις σε απόσταση 300 χλμ. Βρείτε τις πόλεις αυτές.

```
SELECT Ci.Name
FROM City Ci, River R
WHERE Overlap(Ci.Shape, Buffer(R.Shape,300))=1
AND R.Name ='St.Lawrence '
```

Χρήση χωρικής λειτουργίας σε μία αθροιστική ερώτηση



Query: Αναφέρατε τις χώρες, ταξινομημένες ανά πλήθος γειτονικών χωρών

```
SELECT Co.Name, Count(Co1.Name)
FROM Country Co, Country Co1
WHERE Touch(Co.Shape,Co1.Shape)
GROUP BY Co.Name
ORDER BY Count(Co1.Name)
```

Παρατήρηση: Αυτή η ερώτηση είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα ερώτησης που μπορεί να απαντήσει εύκολα μία χωρική βάση δεδομένων αλλά εξαιρετικά δύσκολα ένα απλό GIS

Χρήση χωρικών λειτουργιών σε ένθετες ερωτήσεις



Query: Για κάθε ποτάμι, βρες την κοντινότερη πόλη.

```
SELECT C1.Name, R1.Name
FROM City C1, River R1
WHERE Distance (C1.Shape,R1.Shape) <= ALL ( SELECT Distance(C2.Shape)
FROM City C2
WHERE C1.Name <> C2.Name
)
```

Άσκηση: Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσετε ότι η εύρεση της κοντινότερης απόστασης από κάθε ποτάμι στην κοντινότερη πόλη είναι πολύ απλούστερη και δεν απαιτεί ένθετη ερώτηση.

Ένθετη χωρική ερώτηση



Query: Βρες τις χώρες με μόνο μία γειτονική χώρα. Μία χώρα είναι γειτονική με μία άλλη όταν έχουν εν μέρει κοινά σύνορα των ηπειρωτικών περιοχών τους. Σύμφωνα με τον ορισμό, οι χώρες νησιά, όπως η Ισλανδία, δεν έχουν γείτονες.

```
SELECT Co.Name
FROM Country Co
WHERE Co.Name IN (SELECT Co.Name
                  FROM Country Co, Country Co1
                  WHERE Touch(Co.Shape, Co1.Shape)
                  GROUP BY Co.Name
                  HAVING Count(*)=1)
```

Παρατήρηση: Η ένθετη ερώτηση με τις αθροιστικές λειτουργίες συχνά εμφανίζεται ως view

Επανεγγραφή ένθετης χωρικής ερώτησης με Views



```
CREATE VIEW Neighbor AS
SELECT Co.Name, Count(Co1.Name) AS num neighbors
FROM Country Co, Country Co1
WHERE Touch(Co.Shape, Co1.Shape)
GROUP BY Co.Name
```

```
SELECT Co.Name, num neighbors
FROM Neighbor
WHERE num neighbor = ( SELECT Max(num neighbors)
                      FROM Neighbor )
```

Συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων

Εισαγωγή στην **Oracle Spatial**

(εκδόσεις 8i, 9i, 10g)

Oracle Spatial 8i, 9i, 10g



- Η Oracle Spatial παρέχει:
 - ένα σχήμα βάσης σε SQL και λειτουργίες για την πήρηση, ενημέρωση, ανάκτηση χωρικών οντοτήτων μέσα σε μια βάση δεδομένων σε περιβάλλον Oracle (εκδόσεις 8i, 9i, 10g).
- Η Oracle Spatial περιλαμβάνει:
 - **σχήμα** (MDSYS) για την αποθήκευση, σύνταξη και σημασιολογία των γεωμετρικών τύπων δεδομένων
 - μηχανισμό **δεικτοδότησης** χωρικών δεδομένων (*spatial indexing*)
 - σύνολο **τελεστών** (*operators*) και **συναρτήσεων** (*functions*) για την διατύπωση χωρικών ερωτημάτων (*queries*)
 - **εργαλεία διαχείρισης** της βάσης

Δύο εναλλακτικά μοντέλα



- Η Oracle Spatial υποστηρίζει δύο μοντέλα για την αναπαράσταση γεωμετρικών δεδομένων:
 - το **αντικειμενο-σχεσιακό** (*object-relational model*)
 - πίνακας με ένα πεδίο τύπου MDSYS.SDO_GEOMETRY
 - μια εγγραφή για κάθε γεωμετρική οντότητα
 - το **σχεσιακό** (*relational model*)
 - πίνακας με προκαθορισμένα αριθμητικά πεδία (τύπου NUMBER)
 - μια ή περισσότερες εγγραφές για κάθε γεωμετρική οντότητα.
- και τα δύο μοντέλα υπακούουν στις προδιαγραφές ODBC/SQL του OpenGIS Consortium για χωρικές οντότητες

Σύγκριση μοντέλων



- Το **αντικειμενο-σχεσιακό** μοντέλο
 - επικρατεί από την έκδοση 9i κι έπειτα
 - πλήρης υποστήριξη replication και κατανεμημένων αντικειμένων
- Το **σχεσιακό** μοντέλο
 - θεωρείται πλέον παρωχημένο
 - διατηρείται για λόγους συμβατότητας

Πρωταρχικοί γεωμετρικοί τύποι

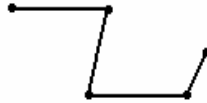


- Σχεσιακό μοντέλο

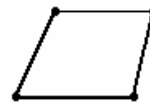
Point



Line String



Polygon



Πρωταρχικοί γεωμετρικοί τύποι



- Αντικειμενο-σχεσιακό μοντέλο (πρόσθετοι τύποι)

Arc Line String



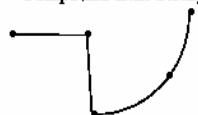
Arc Polygon



Compound Polygon



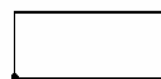
Compound Line String



Circle



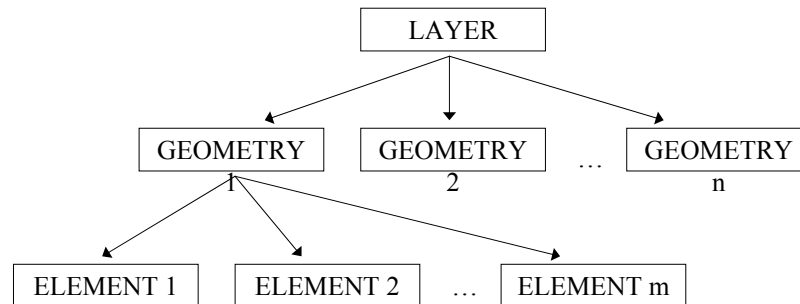
Rectangle



Μοντέλο δεδομένων



- Ιεραρχική δομή (επίπεδα, γεωμετρίες, στοιχεία)



Μοντέλο δεδομένων

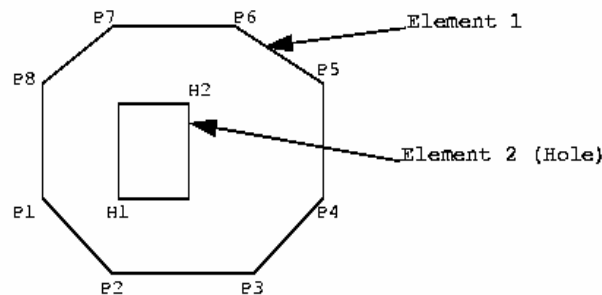


- Στοιχείο (Element)
 - βασική δομική μονάδα της γεωμετρίας
 - **σημεία, πολυγραμμές** (ακολουθίες ευθ. τμημάτων), **πολύγωνα**
 - οι συντεταγμένες των στοιχείων καταχωρούνται ως ζεύγος $\langle X, Y \rangle$
 - πολλαπλά στοιχεία μπορεί να αναφέρονται στην ίδια γεωμετρική οντότητα

Μοντέλο δεδομένων



Geometry OBJ_1:



- 0
- δύο διακριτά στοιχεία που σχηματίζουν μαζί το σύνθετο πολύγωνο

Μοντέλο δεδομένων



- Ορισμός στοιχείων:
 - **σημείο**: ένα ζεύγος συντεταγμένων
 - **γραμμή**: κάθε ευθύγραμμο τμήμα AB ορίζεται από δύο ζεύγη συντεταγμένων (για τα άκρα A και B)
 - **πολύγωνο**: κάθε ακμή του πολυγώνου ορίζεται από το ζεύγος των αντίστοιχων κορυφών
 - οι συντεταγμένες καταχωρούνται διατεταγμένες γύρω από το πολύγωνο
 - κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού για κάθε *εσωτερικό* δακτύλιο,
 - ανάστροφα για τον *εξωτερικό* δακτύλιο

Μοντέλο δεδομένων



- Γεωμετρία (Geometry)
 - η αναπαράσταση του σχήματος μιας χωρικής οντότητας σε ένα σύστημα συντεταγμένων
 - διατεταγμένη ακολουθία από πρωταρχικά στοιχεία
 - Στο σχεσιακό μοντέλο
 - κάθε γεωμετρία πρέπει να προσδιορίζεται μοναδικά από έναν κωδικό (*geometry identifier*, GID) για το συσχετισμό με τα υπόλοιπα γνωρίσματα (attributes)
 - Στο αντικειμενο-σχεσιακό μοντέλο
 - συμπαγής αναπαράσταση σε έναν πίνακα

Μοντέλο δεδομένων



- Εναλλακτικές μορφές γεωμετρίας:
 - ένα μόνο στοιχείο: στιγμιότυπο ενός από τους πρωταρχικούς γεωμετρικούς τύπους POINT, LINE, POLYGON
 - μια **ομοιογενής** συλλογή στοιχείων (λ.χ. MULTIPOLYGON για συστάδα νησιών),
 - μια **ετερογενής** συλλογή στοιχείων (λ.χ. COLLECTION για πολύγωνα και τα κεντροειδή τους)
- Στο σχεσιακό μοντέλο
 - μια σύνθετη γεωμετρία, λ.χ. ένα πολύγωνο με οπές, πρέπει να αποθηκευτεί ως ακολουθία πολυγωνικών στοιχείων
 - τα επιμέρους στοιχεία ενός τέτοιου πολυγώνου πρέπει να περιέχονται εντός του στοιχείου για τον εξωτερικό δακτύλιο.

Μοντέλο δεδομένων



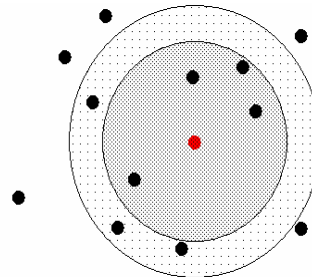
- Θεματικό επίπεδο (Layer)
 - ετερογενής συλλογή γεωμετρικών οντοτήτων με το ίδιο σύνολο γνωρισμάτων (attributes)
 - τα γεωμετρικά στοιχεία και οι σχετικοί χωρικοί δείκτες αποθηκεύονται σε πίνακες της βάσης
 - Παράδειγμα:
 - Νομοί
 - Δρόμοι
 - Πόλεις



Μοντέλο δεδομένων



- Ανοχή (Tolerance)
 - εκτίμηση σχετικά με την ακρίβεια ή την ορθότητα των χωρικών δεδομένων
 - Αν η απόσταση δύο σημείων είναι μικρότερη από την τιμή της ανοχής, τα σημεία θεωρείται ότι ταυτίζονται
 - Παράμετρος ανοχής σε **χωρικές συναρτήσεις** κατά τη διατύπωση των ερωτημάτων
 - Παράμετρος ανοχής στα **μεταδεδομένα** των χωρικών επιπέδων (αν θεωρείται εξαρχής γνωστή)
 - Για γεωδαιτικά δεδομένα η ανοχή εκφράζεται στην αντίστοιχη μονάδα μέτρησης (συνήθως σε μέτρα)



Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- Τύπος αντικειμένου SDO_GEOMETRY
 - Το πρωτεύον κλειδί ενός πίνακα δεν μπορεί να οριστεί στο πεδίο τύπου SDO_GEOMETRY
 - ένας τέτοιος πίνακας (**geometry table**) πρέπει να περιλαμβάνει και άλλα πεδία για τον ορισμό του κλειδιού
 - Ορισμός τύπου αντικειμένων SDO_GEOMETRY:


```
CREATE TYPE sdo_geometry AS OBJECT (
    SDO_GTYPE NUMBER,
    SDO_SRID NUMBER,
    SDO_POINT SDO_POINT_TYPE,
    SDO_ELEM_INFO MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY,
    SDO_ORDINATES MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY);
```

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- Αποδεκτοί γεωμετρικοί τύποι (SDO_GTYPE):

Value	Geometry Type	Description
d/00	UNKNOWN_GEOMETRY	Spatial ignores this geometry.
d/01	POINT	Geometry contains one point.
d/02	LINE or CURVE	Geometry contains one line string that can contain straight or circular arc segments, or both. (LINE and CURVE are synonymous in this context.)
d/03	POLYGON	Geometry contains one polygon with or without holes. Ref 1
d/04	COLLECTION	Geometry is a heterogeneous collection of elements. Ref 2 COLLECTION is a superset that includes all other types.
d/05	MULTIPOINT	Geometry has one or more points. (MULTIPOINT is a superset of POINT.)
d/06	MULTILINE or MULTICURVE	Geometry has one or more line strings. (MULTILINE and MULTICURVE are synonymous in this context, and each is a superset of both LINE and CURVE.)
d/07	MULTIPOLYGON	Geometry can have multiple, disjoint polygons (more than one exterior boundary). (MULTIPOLYGON is a superset of POLYGON.)

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- SDO_GTYPE
 - $d = \{ 2, 3, 4 \}$ ο αριθμός των διαστάσεων
 - λ.χ., τιμή 2003 σημαίνει 2-διάστατο πολύγωνο.
 - $I = \{ 0, 3, 4 \}$ η διάσταση που χρησιμοποιείται για τιμές μετρήσεων σε γεωμετρικά στοιχεία με γραμμική αναφορά (*Linear Referencing System*)
 - λ.χ., τιμή 2302 σημαίνει ότι η 3η διάσταση κάθε κορυφής 2-διάστατης γραμμής αντιστοιχεί στην τιμή μέτρησης (απόσταση από αφετηρία).
- Ο αριθμός των διαστάσεων αντιστοιχεί στο πλήθος των συντεταγμένων για την αναπαράσταση κάθε κορυφής
 - Αρκεί ένα ζεύγος <X,Y> για 2-διάστατα αντικείμενα

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- SDO_SRID
 - χρησιμεύει στον προσδιορισμό συστήματος αναφοράς για τις χωρικές συντεταγμένες
 - αναγκαίο για τη σωστή ερμηνεία της γεωμετρίας
 - Αν είναι NULL, οι γεωμετρικές οντότητες δεν προσδιορίζονται από κάποιο σύστημα αναφοράς
 - απλές καρτεσιανές συντεταγμένες
 - Αν είναι NOT NULL, τότε πρέπει να συμπληρωθεί με την κατάλληλη τιμή από το πεδίο SRID του πίνακα των συστημάτων συντεταγμένων MDSYS.CS_SRS

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- SDO_POINT
 - Ορίζει έναν τύπο αντικειμένου με αριθμητικά γνωρίσματα X, Y, Z
 - Οι τιμές X, Y (και Z, αν συμπληρωθεί) θεωρούνται ως συντεταγμένες ενός σημειακού αντικειμένου
 - Μόνο αν τα σύνολα SDO_ELEM_INFO και SDO_ORDINATES είναι NULL και το SDO_POINT είναι NOT NULL
 - Σε κάθε άλλη περίπτωση, η τιμή του SDO_POINT αγνοείται στην Oracle Spatial
 - Πολύ αποδοτικό όταν το θεματικό επίπεδο περιλαμβάνει μόνο σημειακά αντικείμενα.

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- SDO_ELEM_INFO

Μεταβλητό σύνολο από τριάδες τιμών:

 - SDO_STARTING_OFFSET
 - δείχνει την θέση στο διατεταγμένο σύνολο SDO_ORDINATES όπου έχει αποθηκευτεί η πρώτη τιμή συντεταγμένων γι' αυτό το αντικείμενο
 - SDO_ETYPE
 - φανερώνει τον τύπο του αντικειμένου, λ.χ.:
 - 1003**: εξωτερικός δακτύλιος πολυγώνου (ανάστροφη φορά δεικτών)
 - 2003**: εσωτερικός δακτύλιος πολυγώνου (κατά τη φορά δεικτών ρολογιού)
 - SDO_INTERPRETATION
 - ερμηνεία των συντεταγμένων που αποθηκεύονται για το αντικείμενο
 - το αντικείμενο στο SDO_ETYPE μπορεί να είναι σύνθετο (compound)

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



- SDO_ORDINATES
 - μεταβλητού μήκους ακολουθία αριθμητικών τιμών (NUMBER)
 - αποθηκεύει τις τιμές των **συντεταγμένων** που σχηματίζουν το περίγραμμα του χωρικού αντικειμένου
 - αυτό το διατεταγμένο σύνολο τιμών ερμηνεύεται σε συνδυασμό με την πληροφορία στο SDO_ELEM_INFO
 - Παράδειγμα:
 - ένα πολύγωνο με τέσσερις 2-διάστατες κορυφές πρέπει να δηλωθεί ως {X1,Y1, X2,Y2, X3,Y3, X4,Y4, X1,Y1}

Το αντικειμενο-σχεσιακό σχήμα



Παράδειγμα

```
INSERT INTO regions VALUES (
  92,
  'PARK',
  MDSYS.SDO_GEOMETRY(
    2003, -- 2-dimensional polygon
    8307, -- SRID for Longitude / Latitude (WGS84)
          -- coordinate system
    NULL,
    MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,1003,3),
    MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(23.78, 38.76, 23.89, 38.84)
  )
);
```

Συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων

Εισαγωγή στην

PostgreSQL (εκδόσεις 7.3, 8)

PostgreSQL



- Ελεύθερα αναπτυσσόμενο λογισμικό
 - εκδόσεις για Linux, αλλά και σε Windows
- Υποστήριξη χωρικών στοιχείων:
 - Γεωμετρικοί τύποι δεδομένων
 - Χωρικοί δείκτες
 - Γεωμετρικοί τελεστές
 - Γεωμετρικές συναρτήσεις
 - Μετατροπές γεωμετρικών στοιχείων

PostgreSQL



- Γεωμετρικοί τύποι δεδομένων

Τύπος	Αποθήκευση	Περιγραφή	Αναπαράσταση
point	16 bytes	Σημείο στο επίπεδο	(x,y)
line	32 bytes	Ευθεία γραμμή (δεν έχει υλοποιηθεί πλήρως)	((x1,y1),(x2,y2))
lseg	32 bytes	Πεπερασμένο ευθύγραμμο τμήμα	((x1,y1),(x2,y2))
box	32 bytes	Ορθογώνιο	((x1,y1),(x2,y2))
path	16+16n bytes	Κλειστό μονοπάτι (όμοιο με πολύγωνο)	((x1,y1),(x2,y2),...)
path	16+16n bytes	Ανοιχτό μονοπάτι	[(x1,y1),(x2,y2),...]
polygon	40+16n bytes	Πολύγωνο (όμοιο με κλειστό μονοπάτι)	((x1,y1),(x2,y2),...)
circle	24 bytes	Κύκλος	<(x,y),r> (κέντρο και ακτίνα)

PostgreSQL



- Χωρικοί δείκτες
 - R-δένδρα για πολυγωνικά δεδομένα (μόνο)
 - Τετραδικά δένδρα δεν υποστηρίζονται
 - Γενικευμένα δένδρα αναζήτησης (GiST):
 - για δεικτοδότηση όλων των χωρικών τύπων
 - υλοποίηση των R-δένδρων ως ειδικών περιπτώσεων
 - δυνατότητα παραμετροποίησης των χωρικών λειτουργιών

PostgreSQL



• Γεωμετρικοί τελεστές

Τελεστής	Περιγραφή	Παράδειγμα
+	Translation	box '((0,0),(1,1))' + point '(2,0,0)'
-	Translation	box '((0,0),(1,1))' - point '(2,0,0)'
*	Scaling/rotation	box '((0,0),(1,1))' * point '(2,0,0)'
/	Scaling/rotation	box '((0,0),(2,2))' / point '(2,0,0)'
#	Point or box of intersection	'((1,-1),(-1,1))' # '((1,1),(-1,-1))'
#	Number of points in path or polygon	# '((1,0),(0,1),(-1,0))'
@-@	Length or circumference	@-@ path '((0,0),(1,0))'
@@	Center	@@ circle '((0,0),10)'
##	Closest point to first operand on second operand	point '(0,0)' ## lseg '((2,0),(0,2))'
<>	Distance between	circle '((0,0),1)' <> circle '((5,0),1)'
&&	Overlaps?	box '((0,0),(1,1))' && box '((0,0),(2,2))'
&<	Does not extend to the right of?	box '((0,0),(1,1))' &< box '((0,0),(2,2))'
&>	Does not extend to the left of?	box '((0,0),(3,3))' &> box '((0,0),(2,2))'

PostgreSQL



• Γεωμετρικοί τελεστές (συνέχεια)

Τελεστής	Περιγραφή	Παράδειγμα
<<	Is left of?	circle '((0,0),1)' << circle '((5,0),1)'
>>	Is right of?	circle '((5,0),1)' >> circle '((0,0),1)'
<^	Is below?	circle '((0,0),1)' <^ circle '((0,5),1)'
>^	Is above?	circle '((0,5),1)' >^ circle '((0,0),1)'
?#	Intersects?	lseg '((-1,0),(1,0))' ?# box '((-2,-2),(2,2))'
?-	Is horizontal?	?- lseg '((-1,0),(1,0))'
?-	Are horizontally aligned?	point '(1,0)' ?- point '(0,0)'
?	Is vertical?	? lseg '((-1,0),(1,0))'
?	Are vertically aligned?	point '(0,1)' ? point '(0,0)'
?⊥	Is perpendicular?	lseg '((0,0),(0,1))' ?⊥ lseg '((0,0),(1,0))'
?	Are parallel?	lseg '((-1,0),(1,0))' ? lseg '((-1,2),(1,2))'
~	Contains?	circle '((0,0),2)' ~ point '(1,1)'
@	Contained in or on?	point '(1,1)' @ circle '((0,0),2)'
~=	Same as?	polygon '((0,0),(1,1))' ~= polygon '((1,1),(0,0))'

PostgreSQL



• Γεωμετρικές συναρτήσεις

Συνάρτηση	Επιστρέφει	Περιγραφή	Παράδειγμα
area(object)	double precision	area	area(box '((0,0),(1,1))')
box_intersect(box, box)	box	intersection box	box_intersect(box '((0,0),(1,1))', box '((0.5,0.5),(2,2))')
center(object)	point	center	center(box '((0,0),(1,2))')
diameter(circle)	double precision	diameter of circle	diameter(circle '((0,0),2.0)')
height(box)	double precision	vertical size of box	height(box '((0,0),(1,1))')
isclosed(path)	boolean	a closed path?	isclosed(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
isopen(path)	boolean	an open path?	isopen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
length(object)	double precision	length	length(path '((0,0),(1,0))')
npoints(path)	integer	number of points	npoints(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
npoints(polygon)	integer	number of points	npoints(polygon '((1,1),(0,0))')
pclose(path)	path	convert path to closed	pclose(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
popen(path)	path	convert path to open	popen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
radius(circle)	double precision	radius of circle	radius(circle '((0,0),2.0)')
width(box)	double precision	horizontal size of box	width(box '((0,0),(1,1))')

PostgreSQL



• Μετατροπές γεωμετρικών στοιχείων

Συνάρτηση	Επιστρέφει	Περιγραφή	Παράδειγμα
box(circle)	box	circle to box	box(circle '((0,0),2.0)')
box(point, point)	box	points to box	box(point '(0,0)', point '(1,1)')
box(polygon)	box	polygon to box	box(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')
lseg(point, point)	lseg	points to line segment	lseg(point '(-1,0)', point '(1,0)')
path(polygon)	point	polygon to path	path(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')
point(double precision, double precision)	point	construct point	point(23.4, -44.5)
point(box)	point	center of box	point(box '((-1,0),(1,0))')
point(circle)	point	center of circle	point(circle '((0,0),2.0)')
point(lseg)	point	center of lseg	point(lseg '((-1,0),(1,0))')
point(lseg, lseg)	point	intersection	point(lseg '((-1,0),(1,0))', lseg '((-2,-2),(2,2))')
point(polygon)	point	center of polygon	point(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')
polygon(box)	polygon	box to 4-point polygon	polygon(box '(0,0),(1,1)')
polygon(circle)	polygon	circle to 12-point polygon	polygon(circle '((0,0),2.0)')
polygon(npts, circle)	polygon	circle to npts-point polygon	polygon(12, circle '((0,0),2.0)')
polygon(path)	polygon	path to polygon	polygon(path '((0,0),(1,1),(2,0))')

PostgreSQL



- Παραδείγματα ορισμού δεδομένων

```
CREATE TABLE zones(poly_id integer,
                    name varchar(30),
                    sector polygon );

INSERT INTO network.zones VALUES (1, 'PARK', '((479243,4204000,
477728,4202750, 477559,4202100, 476271,4204750)::polygon);

CREATE TABLE locations(point_id integer,
                        name varchar(30),
                        pos point);

INSERT INTO locations VALUES (52, 'SYNTAGMA', '((476600,4202800)::point);
```

PostgreSQL



- Τυπικά ερωτήματα
 - Αντικείμενα εντός απόστασης από δεδομένο σημείο


```
SELECT point_id, (pos<->Point '((475750,4201500)')) as distance
FROM locations
WHERE (pos <-> Point '((475750,4201500)')) <=200
```
 - Αντικείμενα εντός περιοχής


```
SELECT point_id, name
FROM locations
WHERE (pos @ polygon '((479243,4204000,476271,4204750)'))=TRUE

SELECT point_id, name
FROM locations
WHERE (pos @ (SELECT sector FROM zones WHERE name='PARK'))
```