



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
“ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ”

**Διαχείριση Χωρικών Βάσεων Δεδομένων  
με Δυναμική Κατάτμηση**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΒΑΚΚΑ

**Επιβλέπων:** Τιμολέων Σελλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**ΑΘΗΝΑ 2008**





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
“ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ”

**Διαχείριση Χωρικών Βάσεων Δεδομένων  
με Δυναμική Κατάτμηση**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΒΑΚΚΑ

**Επιβλέπων:** Τιμολέων Σελλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**ΑΘΗΝΑ 2008**

.....  
**ΘΕΟΔΩΡΟΣ Χ. ΒΑΚΚΑΣ**

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© Θεόδωρος Χ. Βάκκας 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στη μητέρα μου



## *Πρόλογος*

Με την παρούσα εργασία περατώνονται οι σπουδές μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών “Γεωπληροφορική” του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τίμο Σελλή για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων του προγράμματος. Θεωρώ τον εαυτό μου πραγματικά τυχερό που συνάντησα πανεπιστημιακό δάσκαλο με την προσωπικότητα, το ήθος και το επιστημονικό βεληνεκές του κ. Σελλή.

Δεν είναι εύκολο να βρω τις κατάλληλες λέξεις για να ευχαριστήσω το συνεπιβλέποντα της εργασίας, κ. Κώστα Πατρούμπα. Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη για το χρόνο που αφιέρωσε καθ’ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας καθώς και για την ηθική και έμπρακτη συμπαράστασή του κατά τη διάρκεια μίας προσωπικής περιπέτειας υγείας. Οι γνώσεις, η σχολαστικότητα, η διαρκής καθοδήγηση και βοήθειά του συνέβαλλαν τα μέγιστα στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με τον έναν ή τον άλλον τρόπο στήριξαν την προσπάθεια αυτή. Καταρχήν τη Λένα, που είναι πάντα δίπλα μου και με εμπυχώνει σε στιγμές δυσκολίας και απογοήτευσης. Τον κ. Δ. Κασκούρα ο οποίος με γενναιοδωρία μου πρόσφερε τις πολύτιμες γνώσεις του και την εμπειρία του, δίνοντάς μου παράλληλα την ευκαιρία να εργαστώ για πρώτη φορά ως Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός. Τους φίλους μου Γιώργο και Κώστα για τη διαρκή συμπαράσταση και τις συμβουλές τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στερήσεις, στηρίζει τις προσπάθειές μου καθ’ όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.





## Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων χρήσης *Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς (Linear Referencing Systems)* και *Δυναμικής Κατάτμησης (Dynamic Segmentation)* στη διαχείριση δεδομένων που σχετίζονται με δίκτυα γραμμικής μορφής, στο περιβάλλον ενός Συστήματος Χωρικών Βάσεων Δεδομένων. Σε αυτό το πλαίσιο, αναπτύχθηκε μία εφαρμογή διαδικτυακού χαρακτήρα, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η διαχείριση και η οπτικοποίηση των δεδομένων.

Με τη χρήση *Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς* καταργείται η απαίτηση περιγραφής θέσεων στο χώρο μέσω συντεταγμένων σε κάποιο διδιάστατο ή τρισδιάστατο χωρικό σύστημα αναφοράς, καθώς οι θέσεις προσδιορίζονται έπειτα από συσχετισμό με άλλα γνωστά χωρικά στοιχεία. Για παράδειγμα, στην περιγραφή των θέσεων των ατυχημάτων που σημειώνονται σε έναν οδικό άξονα, χρησιμοποιείται η χιλιομέτρηση που έχει αποδοθεί στον οδικό άξονα. Λόγω της δυνατότητας περιγραφής θέσεων χωρίς τη χρήση χωρικών συστημάτων αναφοράς, διαφοροποιείται ο τρόπος μοντελοποίησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δικτύων καθώς και των δεδομένων που σχετίζονται με αυτά.

Η αναφορά σε δεδομένα που σχετίζονται με γραμμικά δίκτυα, όπως για παράδειγμα δίκτυα μεταφορών, κοινής ωφελείας κ.λπ., γίνεται με το γενικό όρο *συμβάντα (events)*, τα οποία είναι δυνατόν να είναι *σημειακά (point events)* ή/και *γραμμικά (linear events)*. Τα δεδομένα συμβάντων οργανώνονται με Γραμμική Αναφορά και είναι δυνατό να αφορούν σε άλλες χωρικές οντότητες, σε συμβάντα που λαμβάνουν χώρα σε μία γραμμική οντότητα ή σε χαρακτηριστικά γνωρίσματά της. Η φύση τόσο των γραμμικών δικτύων, όσο και των συμβάντων είναι δυναμική, υπό την έννοια ότι μεταβάλλονται τα γνωρίσματά τους με την πάροδο του χρόνου. Για το λόγο αυτό, στη μοντελοποίηση των δεδομένων ενσωματώνεται η έννοια του *χρόνου ισχύος*.

Η *Δυναμική Κατάτμηση* είναι η διαδικασία με την οποία δεδομένα με γραμμική αναφορά μετατρέπονται δυναμικά σε οντότητες που περιγράφονται από συντεταγμένες στο γεωγραφικό χώρο. Η Δυναμική Κατάτμηση αποτελεί ένα αποδοτικό τρόπο αποθήκευσης, διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων. Η

οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων διευκολύνει, περαιτέρω, τη διαχείριση και την ανάλυσή τους.

Η εφαρμογή προγραμματίστηκε ώστε να είναι εφικτή η δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς, η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη. Περιβάλλον ανάπτυξης της εφαρμογής αποτέλεσαν τα λογισμικά Oracle Spatial DBMS και Oracle Application Server MapViewer σε συνδυασμό με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού (Java, JavaScript).

**Λέξεις Κλειδιά:** «Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων, Δυναμική Κατάτμηση, Χρονική Δυναμική Κατάτμηση, Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς, Χρόνος Ισχύος, Οπτικοποίηση Χωρικών Δεδομένων»

## *Abstract*

The objective of this thesis was to investigate utilization and functionality of *Linear Referencing Systems* and *Dynamic Segmentation* towards management of linear networks, inside a Spatial Database System. In this context, an Internet application has been developed for properly managing and visualizing related data.

By using *Linear Referencing Systems* the requirement of describing locations in geographic space via coordinates in 2-D or 3-D spatial reference systems is suppressed altogether, since locations are determined through correlation with other known spatial entities. For example, locations of accidents can be described by using the corresponding milepost location along a road, on which each accident occurred. Modelling geometric attributes of linear networks as well as all related data is differentiated, due to the ability of describing positions without using spatial reference systems.

Referencing phenomena is carried out by using *event* tables, which contain characteristics and features pertaining to linear networks, such as accidents in transportation networks or leaks along pipelines. Events can be either point or linear, depending on their geometric interpretation. Event data is organized with Linear Referencing and they possibly concern other spatial entities or events occurring along a line or even its attributes. In data modelling, *valid time* was used to capture the dynamic nature of linear networks and events.

*Dynamic Segmentation* is the process of dynamically converting events into spatial entities described by coordinates in geographic space. It turns out that Dynamic Segmentation is an efficient way to store, manage and analyze data. *Visualizing* such spatial features further facilitates data management and analysis.

Development of a user-friendly application was needed in order to build a Linear Referencing System for a road network, to provide support for performing Dynamic Segmentation of events, as well as for querying and visualizing spatial data on map. Implementation was based on Oracle Spatial DBMS and Oracle Application Server MapViewer with development of a series of custom tools and procedures in programming languages (Java, JavaScript, PL/SQL).

**Keywords:** «Spatial Database Systems, Dynamic Segmentation, Temporal Dynamic Segmentation, Linear Referencing Systems, Valid Time, Visualizing Spatial Data»

# Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	VII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	IX
ABSTRACT	XI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	XIII
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	1
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
1.2.1 Συνεισφορά	2
1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
<b>2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	<b>5</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	6
2.2.1 Μοντελοποίηση Χωρικών Δεδομένων	6
2.2.2 Χωρικοί Τύποι Δεδομένων	8
2.2.3 Χωρικές Λειτουργίες	9
2.2.4 Προσπέλαση Χωρικών Δεδομένων	12
2.2.5 Χωρικά Ερωτήματα	13
2.2.6 SQL για χωρικά δεδομένα - Spatial SQL	15
2.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
2.4 ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	17
2.4.1 Oracle Spatial	17
2.4.2 PostgreSQL με την επέκταση PostGIS	21
2.4.3 IBM DB2 με την επέκταση Spatial Extender	22
<b>3 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΧΩΡΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	<b>25</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
3.2 ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	26
3.2.1 Μοντελοποίηση Χρονικών Δεδομένων	26
3.2.2 Γλώσσα Επερωτήσεων	28
3.2.3 Υλοποίηση Χρονικών Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων	29
3.3 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	30

3.3.1	Χωροχρονικά Δεδομένα	31
3.3.2	Μοντελοποίηση Χωροχρονικών Δεδομένων	32
3.3.3	Βάσεις Δεδομένων Κινούμενων Αντικειμένων	34
3.3.4	Χωροχρονικά Ερωτήματα	36
3.3.5	Προσπέλαση Χωροχρονικών Δεδομένων	38
<b>4</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ</b>	<b>41</b>
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	41
4.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	42
4.2.1	Γενικά	42
4.2.2	Γραμμικά Δίκτυα - Εφαρμογές	44
4.2.3	Μέθοδοι Γραμμικής Αναφοράς	46
4.2.4	Γραμμικά Συστήματα Αναφοράς	48
4.2.5	Ακρίβεια Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς	50
4.3	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ	51
4.3.1	Δεδομένα με Γραμμική Αναφορά	51
4.3.2	Διαδικασία Δυναμικής Κατάτμησης	53
4.4	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ	54
4.5	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΑΚΕΤΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	57
4.5.1	Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στην Oracle Spatial	57
4.5.2	Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στο ArcGIS	59
4.5.3	Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στο Geomedia	60
<b>5</b>	<b>ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	<b>63</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	63
5.2	ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	64
5.3	ΓΕΩΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	65
5.4	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΙΣΤΟ	67
5.4.1	Αρχιτεκτονική εφαρμογών WebGIS	67
5.4.2	Πλεονεκτήματα - εφαρμογές	69
5.4.3	Εξυπηρετητές Χαρτών (Internet Map Servers)	69
5.5	ORACLE APPLICATION SERVER MAPVIEWER	70
5.5.1	Τεχνική Σύνοψη	71
5.5.2	MapViewer Application Programming Interfaces	72
5.5.3	Χαρτογραφικά Μεταδεδομένα και Διαχείριση Χάρτη	74
5.5.3.1	Στυλ	74
5.5.3.2	Θέματα	75
5.5.3.3	Βασικοί Χάρτες	76
5.5.3.4	Πηγή δεδομένων	77
5.5.3.5	Χάρτης – Διαδικασία Δημιουργίας	77
5.5.3.6	Oracle Map Builder	78
<b>6</b>	<b>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ</b>	<b>81</b>
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	81

6.2	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	82
6.2.1	Χωρικοί Πίνακες της Βάσης Δεδομένων	82
6.2.1.1	Πίνακας Οδικό Δίκτυο	82
6.2.2	Πίνακες Συμβάντων της Βάσης Δεδομένων	85
6.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	86
6.3.1	Διαδικασίες σε PL/SQL	88
6.4	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	90
6.4.1	Χαρτογραφικές Λειτουργίες	90
6.4.1.1	Λειτουργίες γραφικής διαχείρισης του χάρτη	90
6.4.1.2	Λειτουργία επιλογής/αποεπιλογής γεωμετρικών τμημάτων των αξόνων του οδικού δικτύου	91
6.4.1.3	Λειτουργίες αναγνώρισης χαρακτηριστικών οδικών αξόνων	92
6.4.1.4	Λειτουργίες οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων της βάσης	95
6.4.2	Λειτουργίες Δόμησης Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς	96
6.4.3	Λειτουργίες Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης και οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων	98
<b>7</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>105</b>
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	111
	ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	117
	ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ	119
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	121
A	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	123
A.1	Περιεχόμενα Βάσης Δεδομένων	123
A.2	Εντολές Ορισμού/Τροποποίησης Πινάκων	125
A.3	Ορισμός/Έλεγχος Χωρικών Ευρετηρίων	126
A.4	Καταχώρηση Πληροφορίας Μεταδεδομένων	127
A.5	Αντιστροφή σειράς κορυφών των γεωμετρικών τμημάτων των οποίων η φορά ψηφιοποίησης είναι αντίθετη με τη φορά ανάθεσης τιμών μέτρησης	128
B	ΔΟΜΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	129
B.1	Μετατροπή του δισδιάστατου θεματικού επιπέδου του οδικού δικτύου σε τρισδιάστατο με πληροφορία μέτρησης (LRS layer)	129
B.2	Ορισμός χωρικού ευρετηρίου για τον πίνακα Οδικό Δίκτυο	129
B.3	Διαδικασίες PL/SQL ανάθεσης τιμών μέτρησης	129
Γ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗΣ	134
Γ.1	Χρονική Δυναμική Κατάτμηση - Σημειακά Συμβάντα	134
Γ.2	Χρονική Δυναμική Κατάτμηση - Γραμμικά Συμβάντα	139
Γ.3	Ενδεικτικά Ερωτήματα Ανάλυσης	145
Δ	ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	149
Δ.1	Ορισμός στυλ και θεμάτων	149
E	Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	153





# 1

## *Εισαγωγή*

### *1.1 Διαχείριση Δεδομένων σε Γραμμικά Δίκτυα*

Οργανισμοί διαχείρισης δικτύων μεταφορών, δικτύων κοινής ωφελείας συλλέγουν και καταγράφουν δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία, συντήρηση, βελτίωση κ.λπ. των δικτύων. Τα δεδομένα είναι δυνατό να αφορούν σε χαρακτηριστικά των δικτύων, σε γεγονότα που λαμβάνουν χώρα ή σε φαινόμενα παρατηρούνται σε αυτά. Σημαντικό στοιχείο της καταγραφής χαρακτηριστικών, φαινομένων και γεγονότων αποτελεί η θέση τους στα δίκτυα και γενικότερα στο γεωγραφικό χώρο.

Η γραμμική φύση των δικτύων οδήγησε στη δημιουργία και εφαρμογή αντίστοιχων (γραμμικών) συστημάτων αναφοράς, μέσω των οποίων προσδιορίζονται θέσεις επί των δικτύων. Η χρήση *Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς* καταργεί την απαίτηση περιγραφής θέσεων στο χώρο μέσω συντεταγμένων σε κάποιο δισδιάστατο ή τρισδιάστατο χωρικό σύστημα αναφοράς (γεωδαιτικό, προβολικό κ.λπ.), καθώς οι θέσεις προσδιορίζονται έπειτα από συσχετισμό με άλλα γνωστά χωρικά στοιχεία. Για παράδειγμα, στην περιγραφή των θέσεων των ατυχημάτων που σημειώνονται σε έναν οδικό άξονα, χρησιμοποιείται η χιλιομέτρηση που έχει αποδοθεί στον οδικό άξονα. Στην περίπτωση αυτή, η αρχή του οδικού άξονα αποτελεί το γνωστό χωρικό στοιχείο βάσει της απόστασης από το οποίο προσδιορίζονται θέσεις επί του οδικού άξονα. Λόγω της δυνατότητας περιγραφής θέσεων χωρίς τη χρήση χωρικών συστημάτων αναφοράς, διαφοροποιείται ο τρόπος μοντελοποίησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δικτύων καθώς και των δεδομένων που σχετίζονται με αυτά.

Η μοντελοποίηση των δεδομένων που υιοθετείται, εξαρτάται από παράγοντες όπως οι εξειδικευμένες απαιτήσεις των εφαρμογών και το περιβάλλον (λογισμικό) στο οποίο αυτές αναπτύσσονται. Κοινή συνιστώσα όλων των προσεγγίσεων είναι

η δόμηση των δεδομένων με τρόπο που να καθίσταται εφικτός ο προσδιορισμός θέσεων ενδιαφέροντος σε ένα δίκτυο *δυναμικά*. Ο δυναμικός προσδιορισμός θέσεων πραγματοποιείται μέσω *Δυναμικής Κατάτμησης*. Η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης διευκολύνει τόσο την απεικόνιση όσο και την ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με ένα γραμμικό δίκτυο. Για το λόγο αυτό, ενσωματώθηκαν δυνατότητες διαχείρισης δεδομένων με Δυναμική Κατάτμηση σε διάφορα πακέτα λογισμικού Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών καθώς και Συστημάτων Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων.

## ***1.2 Αντικείμενο εργασίας***

Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των δυνατοτήτων χρήσης Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς και Δυναμικής Κατάτμησης στη διαχείριση δεδομένων που σχετίζονται με δίκτυα γραμμικής μορφής, στο περιβάλλον ενός Συστήματος Χωρικών Βάσεων Δεδομένων. Σε αυτό το πλαίσιο, αναπτύχθηκε μία εφαρμογή διαδικτυακού χαρακτήρα, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η διαχείριση των δεδομένων.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε σε επιμέρους στάδια που συνοπτικά περιλάμβαναν το σχεδιασμό και την υλοποίηση μίας χωρικής βάσης δεδομένων σε Oracle 10g, τη δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς, την υλοποίηση λειτουργιών Δυναμικής Κατάτμησης και τον προγραμματισμό της εφαρμογής διαχείρισης και οπτικοποίησης των δεδομένων.

Στο σχεδιασμό της βάσης λαμβάνεται υπόψη η δυναμική φύση τόσο των γραμμικών δικτύων, όσο και των δεδομένων που σχετίζονται με αυτές. Η μεθοδολογία υλοποίησης ενός Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς εξαρτάται άμεσα από το μοντέλο δεδομένων που υιοθετείται στα διάφορα πακέτα λογισμικού καθώς και τη μορφή των διαθέσιμων δεδομένων. Κατά συνέπεια, η δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς σε Oracle Spatial υπόκειται σε συγκεκριμένους περιορισμούς που υπαγορεύονται τόσο από το μοντέλο δεδομένων της, όσο και από τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται. Σε αντιστοιχία με τα προηγούμενα, η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης σε δυναμικά δεδομένα, πραγματοποιείται βάσει της προσέγγισης που ακολουθήθηκε κατά το σχεδιασμό της βάσης και των δυνατοτήτων που παρέχει το σύστημα της Oracle Spatial. Η εφαρμογή προγραμματίστηκε ώστε να είναι εφικτή η δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς, η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη.

### ***1.2.1 Συνεισφορά***

Η συνεισφορά της διπλωματικής συνοψίζεται ως εξής:

- Βιβλιογραφική επισκόπηση μοντέλων που έχουν προταθεί σε σχέση με:

- την οργάνωση δεδομένων με γραμμική αναφορά
- τη χρονική διάσταση των χωρικών δεδομένων.
- Σχεδιασμός και υλοποίηση μίας χωρικής βάσης δεδομένων. Στα περιεχόμενα της βάσης περιλαμβάνονται χωρικά δεδομένα για ένα γραμμικό δίκτυο καθώς και περιγραφικά δεδομένα που σχετίζονται με αυτό.
- Ανάπτυξη προγραμμάτων για τη δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς.
- Σύνταξη ερωτημάτων και συναρτήσεων μέσω των οποίων διεξάγεται Δυναμική Κατάτμηση σε δυναμικά δεδομένα.
- Προγραμματισμός της (δια)δικτυακής εφαρμογής μέσω της οποίας:
  - παρέχονται βασικές χαρτογραφικές λειτουργίες
  - δομείται το Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς
  - εκτελείται Δυναμική Κατάτμηση και οπτικοποιούνται τα αποτελέσματα.

### **1.3 Διάρθρωση εργασίας**

Τα ζητήματα που καλύφθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται σε επιμέρους κεφάλαια. Πιο αναλυτικά:

Στο **Κεφάλαιο 2** επιχειρείται μία προσέγγιση των σημαντικότερων χαρακτηριστικών των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων, ενώ γίνεται αναφορά και στη σχέση τους με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Επίσης, παρουσιάζονται συνοπτικά κάποια εμπορικά Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων παρέχοντας περισσότερες λεπτομέρειες για το σύστημα της Oracle Spatial.

Ζητήματα σχετικά με την ενσωμάτωση της χρονικής διάστασης στη μοντελοποίηση δεδομένων πραγματεύονται στο **Κεφάλαιο 3**. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά παρουσιάζονται βασικές θεωρήσεις σχετικά με το χρόνο στα πλαίσια χρονικών βάσεων δεδομένων. Στη συνέχεια, καλύπτονται ζητήματα που αφορούν στη μοντελοποίηση, στη διατύπωση ερωτημάτων και την προσπέλαση χωροχρονικών δεδομένων.

Στο **Κεφάλαιο 4** γίνεται αναλυτική παρουσίαση των Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς και της διαδικασίας της Δυναμικής Κατάτμησης, ενώ περιγράφεται και η εφαρμογή τους σε εμπορικά πακέτα λογισμικού.

Στο **Κεφάλαιο 5** αναπτύσσονται θέματα οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων και γίνονται αναφορές σε διαδικτυακές εφαρμογές απεικόνισης και εκτέλεσης λειτουργιών σε χωρικά δεδομένα. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αναλυτική

παρουσίαση των χαρακτηριστικών του Oracle Application Server Mapviewer (MapView).

Στο *Κεφάλαιο 6* αναλύονται τα στάδια ανάπτυξης της εφαρμογής που δημιουργήθηκε. Παράλληλα, περιγράφονται οι λειτουργίες που είναι δυνατόν να εκτελεστούν από το χρήστη στο περιβάλλον της εφαρμογής.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της εργασίας παρατίθενται στο *Κεφάλαιο 7*.

# 2

## *Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων*

### *2.1 Εισαγωγή*

Την τελευταία δεκαετία, οι μέθοδοι και οι τεχνικές συλλογής χωρικών δεδομένων εξελίχθηκαν, κάνοντας διαθέσιμο σε μικρότερο χρόνο, και με χαμηλότερο κόστος, ένα τεράστιο όγκο χωρικών δεδομένων καλύτερης ποιότητας, (π.χ. δεδομένα συστήματος δορυφορικού εντοπισμού, δορυφορικές εικόνες). Η αναγνώριση, από κυβερνητικούς, επιστημονικούς και οικονομικούς φορείς, της σημασίας των χωρικών πληροφοριών στην εξυπηρέτηση των στόχων τους καθώς και η ευρεία διάθεση χωρικών δεδομένων από διάφορες πηγές συνέβαλαν στη διεύρυνση των χωρικών πληροφοριών (spatial information) σε διάφορους τομείς δραστηριότητας των σύγχρονων κοινωνιών. Επιπλέον, άρχισε να καλλιεργείται η αντίληψη ότι η προσέγγιση των χωρικών πληροφοριών (στα πλαίσια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών) από την οπτική της χωρικής ανάλυσης, της χαρτογραφίας και της διαχείρισης χωρικών δεδομένων δεν επιτρέπει την πλήρη κατανόηση της ουσίας της τεχνολογίας χωρικών πληροφοριών και των κοινωνικών της προεκτάσεων. Πρέπει να προσεγγιστούν από την οπτική των μέσων (media), των τρόπων μετάδοσης και διάθεσης των πληροφοριών στο ευρύ κοινό[18]. Πράγματι, η χρήση χωρικών πληροφοριών δεν αποτελεί αντικείμενο ή «προνόμιο» μόνο επιστημόνων και εξειδικευμένων επαγγελματιών. Στην πράξη, ένας σημαντικός αριθμός ανθρώπων αναζητά και αξιοποιεί χωρικά δεδομένα και πληροφορίες με χωρική αναφορά στο διαδίκτυο, μέσω φορητών συσκευών (συσκευές πλοήγησης, κινητής τηλεφωνίας κ.λπ.).

Πολλές από τις αλλαγές που αναφέρθηκαν και αφορούν στη συλλογή, διαχείριση, διάθεση και χρήση των χωρικών πληροφοριών οφείλονται στην ανάπτυξη των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων (ΣΧΒΔ). Χωρίς να είναι εφικτή μια

ολοκληρωμένη αναφορά στο θέμα, επιχειρείται στη συνέχεια μία προσέγγιση των σημαντικότερων στοιχείων/χαρακτηριστικών αυτών των συστημάτων. Επίσης, γίνεται αναφορά στη σχέση μεταξύ Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων. Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά κάποια εμπορικά Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων παρέχοντας περισσότερες λεπτομέρειες για το σύστημα της Oracle, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

## **2.2 Στοιχεία Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων**

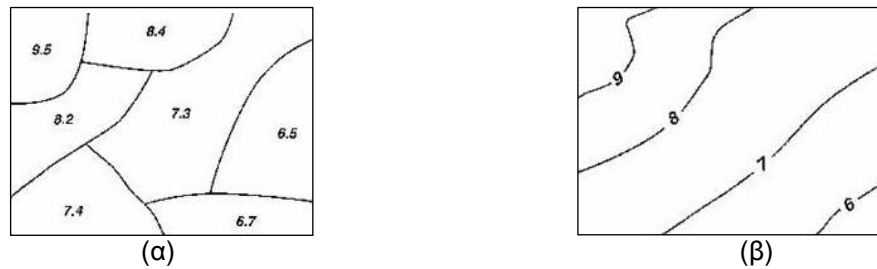
Σύμφωνα με τον Güting (1994) ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων έχει τα εξής γνωρίσματα [20]:

- Είναι *Σύστημα Βάσεων Δεδομένων* (ΣΒΔ). Το γνώρισμα αυτό, σχετίζεται με το γεγονός ότι τα χωρικά δεδομένα σχετίζονται (σχεδόν) πάντα με αλφαριθμητικά δεδομένα. Καταδεικνύει επίσης, τη διαθεσιμότητα όλων των χαρακτηριστικών ενός πλήρως αναπτυγμένου Συστήματος Βάσεων Δεδομένων, ικανού να παρέχει, επιπλέον, λειτουργίες σε χωρικά δεδομένα.
- Προσφέρει *χωρικούς τύπους δεδομένων* (Spatial Data Types, SDT's) στο μοντέλο δεδομένων του καθώς και *γλώσσα επερωτήσεων*. Οι χωρικοί τύποι δεδομένων είναι απαραίτητοι στη μοντελοποίηση της γεωμετρίας, των συσχετίσεων, των ιδιοτήτων των γεωγραφικών οντοτήτων. Χωρίς τους χωρικούς τύπους δεδομένων, δεν είναι εφικτή η εκτέλεση των λειτουργιών σε ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων.
- Υποστηρίζει χωρικούς τύπους δεδομένων στην υλοποίησή του, παρέχοντας τουλάχιστον *χωρική δεικτοδότηση* (spatial indexing) και *αλγορίθμους για χωρική σύνδεση* (spatial join). Τα χωρικά δεδομένα αναφέρονται στο  $n$ -διάστατο χώρο (συνήθως  $n=2$  ή  $n=3$ ). Επομένως, η ανάγκη για ταχεία και αποτελεσματική προσπέλασή τους προϋποθέτει την ύπαρξη χωρικών ευρετηρίων.

Οι βασικές δυνατότητες και λειτουργίες που προσφέρουν σήμερα τα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων αντικατοπτρίζουν σε μεγάλο βαθμό τις γενικότερες τάσεις που επικράτησαν στο χώρο των βάσεων δεδομένων την τελευταία δεκαετία. Με αυτόν τον τρόπο, ένα τυπικό Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων ενσωματώνει χωρικούς τύπους δεδομένων στο μοντέλο δεδομένων του, χρησιμοποιεί γλώσσα επερωτήσεων που περιλαμβάνει χωρικούς τελεστές και διαθέτει μηχανισμούς δεικτοδότησης χωρικών δεδομένων. Επιπλέον, παρέχει μηχανισμούς ελέγχου δοσοληψιών (transactions) και επιδόσεων (performance), δημιουργίας αντιγράφων και εισαγωγής δεδομένων.

### **2.2.1 Μοντελοποίηση Χωρικών Δεδομένων**

Οι γεωγραφικές οντότητες (φυσικά αντικείμενα, διοικητικές μονάδες,



Σχήμα 2.1: Αναπαράσταση μοντέλου πεδίων ως: (α) Κατάτμηση (β) Ισοϋψείς

γεωγραφικά φαινόμενα, παραγόμενες πληροφορίες) έχουν γνωρίσματα που τις περιγράφουν. Τα γνωρίσματα αυτά είναι: η ταυτότητα, η χωρική διάσταση, η θεματική διάσταση, η χρονική διάσταση, η ποιοτική διάσταση και η διάσταση πολυμέσων [63]. Η χωρική διάσταση μιας γεωγραφικής οντότητας περιλαμβάνει τα γνωρίσματα που περιγράφουν τη γεωγραφική της θέση, τη γεωμετρία της, τα γραφικά της χαρακτηριστικά και τις χωρικές της σχέσεις με άλλες οντότητες.

Για την περιγραφή των γεωγραφικών οντοτήτων χρησιμοποιούνται μοντέλα όπως το *μοντέλο πεδίων* (field-based), το *μοντέλο αντικειμένων* (object-based) και το *μοντέλο κατά Tomlin*.

Ειδικότερα, το *μοντέλο πεδίων* θεωρεί τη γήινη επιφάνεια ως ένα χωρικό συνεχές και ομογενές μέσο (Σχήμα 2.1). Οι τιμές των χαρακτηριστικών που περιγράφουν το πεδίο θεωρούνται ως συναρτήσεις οι οποίες παίρνουν μια τιμή σε κάθε θέση του δισδιάστατου χώρου. Η αναπαράσταση ενός πεδίου σε μία γεωγραφική βάση δεδομένων απαιτεί την υποδιαίρεση του πεδίου, είτε σε σημεία είτε σε πεπερασμένα στοιχεία - κελιά με μορφή κανονικού κανάβου. Με αυτόν τον τρόπο οι τιμές των χαρακτηριστικών αποδίδονται σε κάθε σημείο ή κελί [58]. Οι λειτουργίες στα πεδία διακρίνονται σε λειτουργίες ζώνης (zonal), τοπικές (local) και εστιακές (focal).

Το *μοντέλο αντικειμένων* θεωρεί ότι ο γεωγραφικός χώρος αποτελείται από διακριτές, αναγνωρίσιμες οντότητες με σχήμα, θέση και περιγραφικά χαρακτηριστικά. Οι λειτουργίες στα αντικείμενα περιλαμβάνουν την απόσταση και το όριο. Η σύνδεση της γεωμετρικής με τη θεματική πληροφορία ενός αντικειμένου γίνεται με τη βοήθεια ενός κωδικού.

Στο *μοντέλο κατά Tomlin* τα γεωγραφικά δεδομένα συνθέτουν μία ιεραρχία. Στο υψηλότερο επίπεδο βρίσκεται ο χάρτης, ο οποίος αποτελεί μια βιβλιοθήκη θεματικών επιπέδων, που είναι αγκιστρωμένα σε ενιαίο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε επίπεδο αντιστοιχεί σε μία θεματική ενότητα και διαιρείται σε ζώνες, ενώ κάθε ζώνη συντίθεται από ένα σύνολο θέσεων με κοινή τιμή στο θεματικό γνώρισμα. Το πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από το μοντέλο αναπαράστασης που υιοθετείται στο λογικό και φυσικό επίπεδο του συστήματος, δηλαδή το μοντέλο ψηφιδωτού (raster model) ή το διανυσματικό (vector model). Συνήθως, η αναπαράσταση των χωρικών αντικειμένων στο φυσικό επίπεδο του συστήματος γίνεται με χρήση του

διανυσματικού μοντέλου και των πεδίων με το μοντέλο ψηφιδωτού.

Τα μοντέλα που περιγράφηκαν προηγουμένως αφορούν στην περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του γεωγραφικού χώρου. Προκειμένου να καταστεί εφικτή η δόμηση και η διαχείριση των στοιχείων σε μία βάση δεδομένων χρησιμοποιούνται τα μοντέλα δεδομένων. Ένα μοντέλο δεδομένων αποτελεί υψηλού επιπέδου περιγραφή των δεδομένων. Μία αποθήκη πληροφοριών για το πεδίο εφαρμογών των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών οφείλει να παρέχει δύο εναλλακτικές όψεις για την αναπαράσταση της χωρικής διάστασης της γεωγραφικής πληροφορίας: τα αντικείμενα στο χώρο (χωρικά αντικείμενα) και τον ίδιο το χώρο (συλλογές χωρικών αντικειμένων) [62]. Τα χωρικά αντικείμενα ορίζονται σαν ένα σύνολο θέσεων μαζί με ένα σύνολο χαρακτηριστικών που περιγράφουν αυτές τις θέσεις. Οι βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση αντικειμένων στο δυσδιάστατο χώρο είναι το σημείο, η γραμμή και το πολύγωνο. Ο χώρος ορίζεται σαν ένα σύνολο από αντικείμενα στα οποία ανατίθενται χαρακτηριστικά και συσχετίσεις με άλλα αντικείμενα. Οι βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για συλλογές χωρικών αντικειμένων είναι κατατμήσεις, δίκτυα, φωλιασμένες κατατμήσεις και ψηφιακά μοντέλα εδάφους [62]. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται αναπαραστάσεις των τριών μοντέλων.

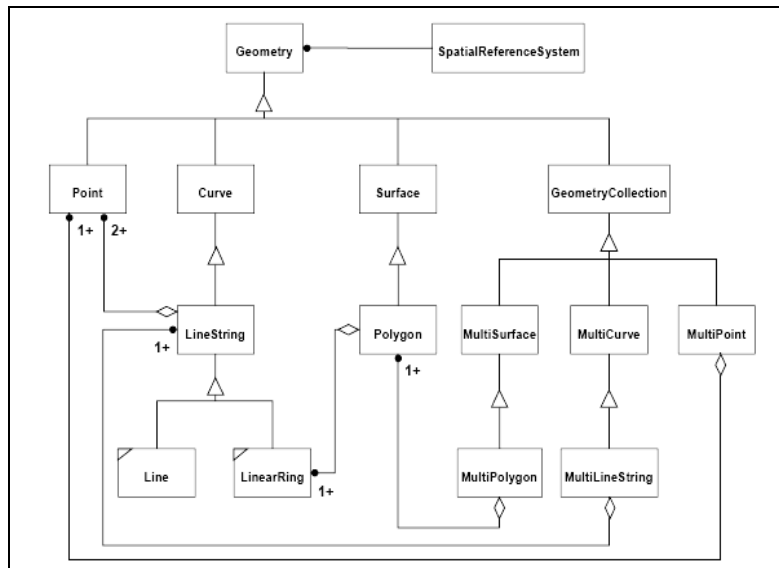
Ένα χωρικό μοντέλο δεδομένων στην εφαρμογή του είναι μια ιεραρχική δομή, η οποία αποτελείται από τα στοιχειώδη χωρικά αντικείμενα μέχρι τα ολοκληρωμένα σύνολα χωρικών αντικειμένων. Η υλοποίηση ενός μοντέλου χωρικών δεδομένων στο πλαίσιο μίας αντικειμενοσχεσιακής βάσης δεδομένων, περιλαμβάνει χωρικούς τύπους δεδομένων και λειτουργίες στους τύπους αυτούς [45].

### ***2.2.2 Χωρικοί Τύποι Δεδομένων***

Τα παραδοσιακά Συστήματα Βάσεων Δεδομένων σχεδιάζονταν για να διαχειρίζονται αλφαριθμητικά δεδομένα τα οποία αναπαρίστανται με χαρακτήρες, αριθμητικές τιμές, ημερομηνίες κ.λπ. Δεν υπήρχε πρόβλεψη για την αποθήκευση και επεξεργασία χωρικών δεδομένων. Τα αντικειμενοστραφή και αντικειμενοσχεσιακά Συστήματα Βάσεων Δεδομένων επιτρέπουν τη δημιουργία αφηρημένων τύπων δεδομένων (Abstract Data Types, ADT's) με τους οποίους περιγράφονται σύνθετες δομές. Βασιζόμενοι στη δυνατότητα αυτή, κατασκευαστές λογισμικού βάσεων δεδομένων ενσωμάτωσαν στο μοντέλο δεδομένων τους χωρικούς τύπους δεδομένων (διανύσματα και ψηφιδωτά), για τη διαχείριση και επεξεργασία χωρικών στοιχείων/πληροφοριών.

Οι χωρικοί τύποι δεδομένων είναι ειδικοί τύποι δεδομένων, απαραίτητοι για τη μοντελοποίηση και αναπαράσταση της χωρικής διάστασης των γεωγραφικών οντοτήτων, των συσχετίσεων και των λειτουργιών τους σε ένα ΣΔΒΔ. Ο ορισμός





Σχήμα 2.2: Ιεραρχία χωρικών τύπων δεδομένων του OGC [36]

και η υλοποίηση τέτοιων τύπων δεδομένων αποτελούν τα πιο θεμελιώδη ζητήματα στην ανάπτυξη ενός Συστήματος Χωρικών Βάσεων Δεδομένων [44].

Η έλλειψη κοινού προτύπου αναπαράστασης των γεωγραφικών οντοτήτων, δημιούργησε εξαρτήσεις από την υλοποίηση χωρικών τύπων δεδομένων σε συγκεκριμένα λογισμικά και προβλήματα διαλειτουργικότητας. Το Open Geospatial Consortium (OGC) πρότεινε το 1999 μία ιεραρχία χωρικών τύπων δεδομένων (Σχήμα 2.2), το *μοντέλο αντικειμένου γεωμετρίας* (geometry object model), για την αναπαράσταση γεωγραφικών οντοτήτων σε μία βάση δεδομένων. Στο μοντέλο αυτό η βασική κλάση «*γεωμετρία*» χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση μιας οντότητας ως αντικείμενο, το οποίο έχει τουλάχιστον ένα χαρακτηριστικό γεωμετρικού τύπου. Η κλάση γεωμετρία έχει τέσσερις βασικές υποκλάσεις: σημείο, καμπύλη, επιφάνεια και συλλογή γεωμετρίας. Σημειώνεται ότι η γεωμετρία δεν είναι υλοποιήσιμη στο σύστημα, δηλαδή οι χωρικές οντότητες δε μπορούν να οριστούν ως στιγμιότυπα της γεωμετρίας (δεν είναι δυνατό να αναπαρασταθεί οπτικά). Τα περισσότερα σύγχρονα εμπορικά Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΧΒΔ) υιοθετούν και ενσωματώνουν στο μοντέλο δεδομένων τους τουλάχιστον τα βασικά στοιχεία της ιεραρχίας αυτής.

Όπως προαναφέρθηκε, πέραν των διανυσματικών τύπων δεδομένων μπορούν να οριστούν και ψηφιδωτά, όπως δορυφορικές εικόνες ή ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Αρκετά συστήματα υποστηρίζουν και ψηφιδωτά παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο ολοκληρωμένες δυνατότητες διαχείρισης χωρικών δεδομένων.

### 2.2.3 Χωρικές Λειτουργίες

Οι λειτουργίες στα χωρικά δεδομένα πραγματοποιούνται μέσω των *χωρικών τελεστών* (spatial operators). Οι χωρικοί τελεστές χρησιμοποιούνται στη χωρική ανάλυση και τον προσδιορισμό των γεωμετρικών ιδιοτήτων και σχέσεων μεταξύ

των γεωγραφικών οντοτήτων. Διάφορες κατηγοριοποιήσεις χωρικών τελεστών έχουν προταθεί, ανάμεσά τους και αυτή των Clementini και Di Felice (1997). Στην κατηγοριοποίηση οι χωρικοί τελεστές διακρίνονται σε:

- *Τοπολογικούς* (topological). Μέσω της τοπολογίας εξάγονται ιδιότητες (σύνδεση, παρουσία/απουσία οπών) των αντικειμένων καθώς και τοπολογικές σχέσεις, όπως λόγου χάρη η τομή δύο αντικειμένων.
- *Προβολικούς* (projective). Οι προβολικοί τελεστές χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή κατηγορημάτων για την κυρτότητα/κοιλότητα των αντικειμένων και άλλων τοπολογικών σχέσεων.
- *Μετρικούς* (metrics). Οι μετρικοί τελεστές χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή κατηγορημάτων σχετικά με την ύπαρξη συμμετρίας στη γεωμετρία ενός αντικειμένου καθώς και για σχέσεις απόστασης και κατεύθυνσης.

Το OGC (1999) υιοθετεί μία διαφορετική κατάταξη, σύμφωνα με την οποία οι τελεστές διακρίνονται σε βασικούς (basic), τοπολογικούς και σε τελεστές χωρικής ανάλυσης (spatial analysis) (Πίνακας 2.1). Όλοι οι τελεστές μπορούν να εφαρμοστούν σε όλους τους χωρικούς τύπους δεδομένων που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.2. Οι βασικοί επιτρέπουν την εξαγωγή κατηγορημάτων για τη θέση και το σχήμα μίας γεωμετρίας. Οι τοπολογικοί έχουν αντίστοιχη χρήση με αυτή που περιγράφηκε προηγουμένως στην κατηγοριοποίηση των Clementini και Di Felice και βασίζονται στο μοντέλο των 9-τομών (9-intersection model). Όπως είναι προφανές, οι τελεστές χωρικής ανάλυσης, χρησιμεύουν, σε διαδικασίες χωρικής ανάλυσης.

Οι λειτουργίες στην πρόταση του OGC περιορίζονται σε μετρικές και λειτουργίες τοπολογίας σε διανυσματικούς τύπους δεδομένων. Άλλες κατηγορίες χωρικών λειτουργιών είναι οι λειτουργίες δικτύων (π.χ. συντομότερο μονοπάτι), προσανατολισμού/κατεύθυνσης (π.χ. δυτικά, βόρεια), δυναμικές (π.χ. αλλαγή κλίμακας, στροφή) και οι λειτουργίες σε ψηφιδωτούς τύπους δεδομένων.

Μία διαφορετική κατηγοριοποίηση των χωρικών λειτουργιών ανάλυσης, που προτείνεται στο [62], βασίζεται στο μοντέλο κατά Tomlin και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από το βασικό μοντέλο αναπαράστασης που υιοθετείται στο λογικό και φυσικό επίπεδο του συστήματος (διανυσματικό ή ψηφιδωτά). Στην κατηγοριοποίηση διακρίνονται οι εξής λειτουργίες:

- *Τοπικές*: Οι τοπικές λειτουργίες περιλαμβάνουν τις λειτουργίες που υπολογίζουν μία νέα τιμή για κάθε θέση ενός θεματικού επιπέδου ως συνάρτηση των δεδομένων που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη θέση σε υπάρχοντα επίπεδα (ταξινόμηση, γενίκευση, επίθεση).
- *Εστιακές*: Οι εστιακές λειτουργίες υπολογίζουν τιμές για κάθε θέση ως συνάρτηση της γειτονιάς (παρεμβολή, σύνδεση, λειτουργίες γειτονιάς).

Κατηγορία	Τελεστής	Λειτουργία
<b>Βασικοί Τελεστές</b>	Spatial Reference	Επιστρέφει το σύστημα αναφοράς της γεωμετρίας
	Envelope	Επιστρέφει το ελάχιστο περιβάλλον ορθογώνιο της γεωμετρίας
	Export	Μετατρέπει τη γεωμετρία σε μία διαφορετική αναπαράσταση
	IsEmpty	Εξετάζει αν η γεωμετρία είναι το κενό σύνολο
	IsSimple	Επιστρέφει ΑΛΗΘΕΣ (TRUE) αν η γεωμετρία είναι απλή
	Boundary	Επιστρέφει το περίγραμμα της γεωμετρίας
<b>Τοπολογικοί Τελεστές</b>	Equal	Εξετάζει αν οι γεωμετρίες είναι χωρικά ίσες
	Disjoint	Εξετάζει αν οι γεωμετρίες είναι ανεξάρτητες
	Intersect	Εξετάζει αν οι γεωμετρίες τέμνονται
	Touch	Εξετάζει αν οι γεωμετρίες εφάπτονται
	Cross	Εξετάζει αν οι γεωμετρίες διασταυρώνονται
	Within	Εξετάζει αν μία γεωμετρία βρίσκεται εντός μίας άλλης γεωμετρίας
	Contain	Εξετάζει αν μία γεωμετρία περιέχει μία άλλη γεωμετρία
	Overlap	Εξετάζει αν μία γεωμετρία επικαλύπτει μία άλλη γεωμετρία
	Relate	Επιστρέφει ΑΛΗΘΕΣ (TRUE) αν υφίσταται η συγκεκριμένη τοπολογική σχέση του πίνακα των 9 - τομών
<b>Τελεστές Χωρικής Ανάλυσης</b>	Distance	Επιστρέφει τη μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων δύο γεωμετριών
	Buffer	Επιστρέφει μία γεωμετρία η οποία αναπαριστά όλα τα σημεία των οποίων η απόσταση από τη δοσμένη γεωμετρία είναι μικρότερη ή ίση από μία συγκεκριμένη τιμή
	ConvexHull	Επιστρέφει το κυρτό πολύγωνο μίας γεωμετρίας
	Intersection	Επιστρέφει την τομή δύο γεωμετριών
	Union	Επιστρέφει την ένωση δύο γεωμετριών
	Difference	Επιστρέφει τη διαφορά δύο γεωμετριών
	SymDifference	Επιστρέφει τη συμμετρική διαφορά δύο γεωμετριών

Πίνακας 2.1: Χωρικές λειτουργίες στην πρόταση του OGC (1999)

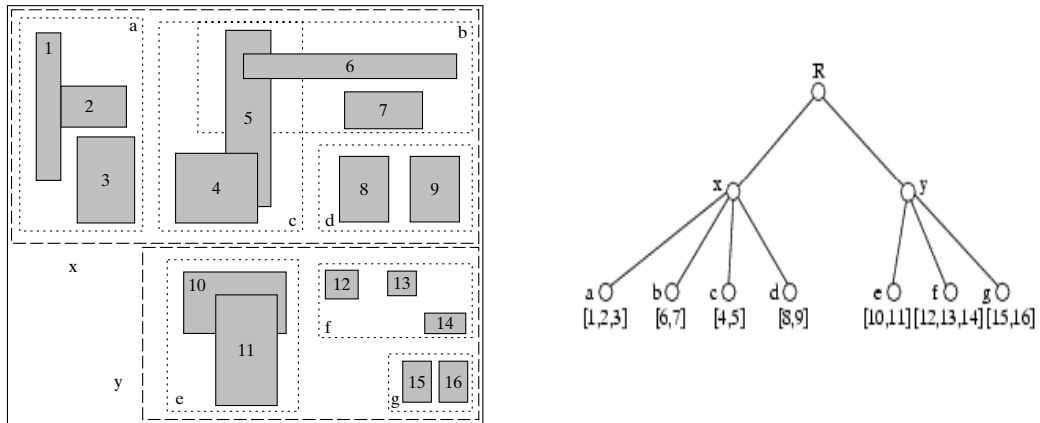
- *Λειτουργίες ζώνης*: Οι λειτουργίες ζώνης περιλαμβάνουν τις λειτουργίες που υπολογίζουν νέες τιμές για κάθε θέση ενός επιπέδου ως συνάρτηση των υπάρχουσών τιμών που σχετίζονται με μία ζώνη που περιλαμβάνει αυτή τη θέση (αναζήτηση, λειτουργίες μέτρησης).

#### 2.2.4 Προσπέλαση Χωρικών Δεδομένων

Η σύνθετη δομή των χωρικών δεδομένων και ο κατά κανόνα μεγάλος όγκος τους, καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη αποτελεσματικών μεθόδων αναζήτησής τους. Χαρακτηριστικοί τύποι αναζητήσεων είναι η *αναζήτηση σημείου* (π.χ. ποια αντικείμενα περιέχουν ένα συγκεκριμένο σημείο) και η *αναζήτηση περιοχής* (π.χ. ποια αντικείμενα τέμνουν μία περιοχή). Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αναζήτησης δεδομένων γενικά σχετίζεται με την εξοικονόμηση πόρων των υπολογιστικών συστημάτων (κύρια και δευτερεύουσα μνήμη) και τον εύλογο χρόνο απόκρισης στην εκτέλεση ερωτημάτων. Η διατήρηση δεδομένων στην κύρια μνήμη αποδείχθηκε ανεπαρκής. Για αυτόν το λόγο, αναπτύχθηκαν οι δομές χωρικών ευρετηρίων ή μέθοδοι προσπέλασης χωρικών δεδομένων όπως αποκαλούνται, αποτελούν επέκταση των μονοδιάστατων δομών ευρετηρίων για χωρικά δεδομένα και επιταχύνουν την πρόσβαση στις εγγραφές που πληρούν τα κριτήρια κάποιου ερωτήματος.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι προσπέλασης χωρικών δεδομένων. Η σχεδίαση των μεθόδων αυτών στοχεύει στην αντιστοίχιση του  $n$ -διάστατου χώρου στο μονοδιάστατο χώρο, εξετάζοντας κυρίως την περίπτωση που  $n=2$  ή  $n=3$ . Για το λόγο αυτό, αποκαλούνται πολυδιάστατες μέθοδοι προσπέλασης. Οι πολυδιάστατες μέθοδοι προσπέλασης βασίζονται, όπως σημειώθηκε προηγουμένως, σε μονοδιάστατες μεθόδους προσπέλασης όπως ο κατακερματισμός και οι δενδρικές δομές. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες [62]:

- Οι *μέθοδοι προσπέλασης σημείων* (point access methods) επιτρέπουν τη δυναμική οργάνωση πολυδιάστατων σημείων στη δευτερεύουσα μνήμη [3]. Η σημαντικότερη μέθοδος προσπέλασης σημείων είναι το αρχείο πλέγματος (grid file). Βάσει αυτής τη τεχνικής, τοποθετείται ένα  $n$ -διάστατο ορθογωνικό πλέγμα πάνω από το  $n$ -διάστατο χώρο. Ένας κατάλογος συσχετίζει τα κελιά του πλέγματος με κάδους δεδομένων οι οποίοι αποθηκεύονται σε μία σελίδα δίσκου. Άλλες μέθοδοι προσπέλασης σημείων είναι το αρχείο δίδυμων πλεγμάτων (twin grid file), το αρχείο ισοσταθμισμένου και φωλιασμένου πλέγματος (BANG file), το δένδρο φίλος (the buddy tree), το τετραδικό δένδρο (quad-tree) και το K-D-B δένδρο.
- Οι *μέθοδοι προσπέλασης περιοχών* (region access methods) επιτρέπουν την οργάνωση δεδομένων με έκταση, πολυγώνων, γραμμικών στοιχείων αλλά και πολυδιάστατων σημείων. Μεταξύ άλλων, στην κατηγορία αυτή ανήκουν το R-δένδρο και οι διάφορες παραλλαγές του, οι καμπύλες κάλυψης χώρου (space filling curves), το πολυστρωματικό αρχείο πλέγματος (Multilayer grid file), το τετραδικό δένδρο (quad-tree), το κυτταρικό δένδρο (cell tree), το P-δένδρο, το BV-δένδρο.



Σχήμα 2.3: R-δένδρο

Ειδικά το R-δένδρο (Guttman, 1984), έχει τύχει ευρείας αποδοχής και έχει υιοθετηθεί από εμπορικά συστήματα (λ.χ. Oracle). Το R-δένδρο χρησιμοποιεί μια ιεραρχημένη συλλογή από ορθογώνια για να οργανώσει το χώρο (Σχήμα 2.3). Κάθε αντικείμενο περιγράφεται από το αντίστοιχο ελάχιστο περιβάλλον ορθογώνιο (minimum bounding rectangle, MBR) το οποίο αποθηκεύεται στα φύλλα του δένδρου. Στο ευρετήριο αποθηκεύονται δείκτες των ορθογωνίων καθώς και οι συντεταγμένες των κορυφών του. Η αναζήτηση ενός αντικειμένου ξεκινά από τη ρίζα του δένδρου για τον εντοπισμό των σχετιζόμενων κόμβων (υποψήφιων λύσεων) και συνεχίζεται με αναδρομική αναζήτηση των κόμβων μέχρι να εντοπιστεί το αντικείμενο. Το R-δένδρο και οι παραλλαγές του υπερτερούν έναντι όλων των υπόλοιπων από πλευράς χρήσης μνήμης και επιδόσεων [62]. Ωστόσο, εμφανίζει, υψηλό κόστος σε τυχόν μεταβολές της γεωμετρίας των αντικειμένων.

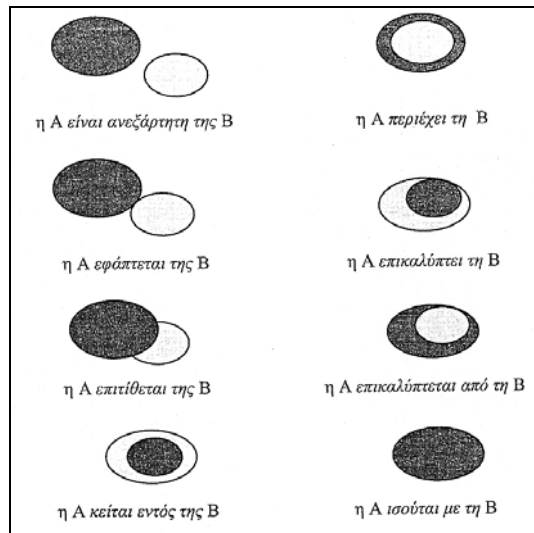
### 2.2.5 Χωρικά Ερωτήματα

Η διατύπωση χωρικών ερωτημάτων προς τη βάση αποτελεί σύνθετη διαδικασία η οποία εμπλέκει τη χρήση χωρικών τελεστών, συναρτήσεων και χωρικών ευρετηρίων και προϋποθέτει την ύπαρξη γλώσσας ερωταποκρίσεων που να τα υποστηρίζει.

Τρεις θεμελιώδεις κατηγορίες ερωτημάτων μπορούν να υποβληθούν σε ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων [10]:

- Ερωτήματα επί των χωρικών χαρακτηριστικών και συσχετίσεων
- Ερωτήματα επί των περιγραφικών χαρακτηριστικών
- Συνδυασμός των δύο προηγούμενων

Η σημαντικότερη, ίσως κατηγορία, χωρικών ερωτημάτων είναι τα ερωτήματα *χωρικής σύνδεσης*. Τα ερωτήματα αυτά επιτρέπουν τη συσχέτιση πληροφοριών μεταξύ θεματικών επιπέδων (πινάκων) της βάσης, βάσει των χωρικών σχέσεων



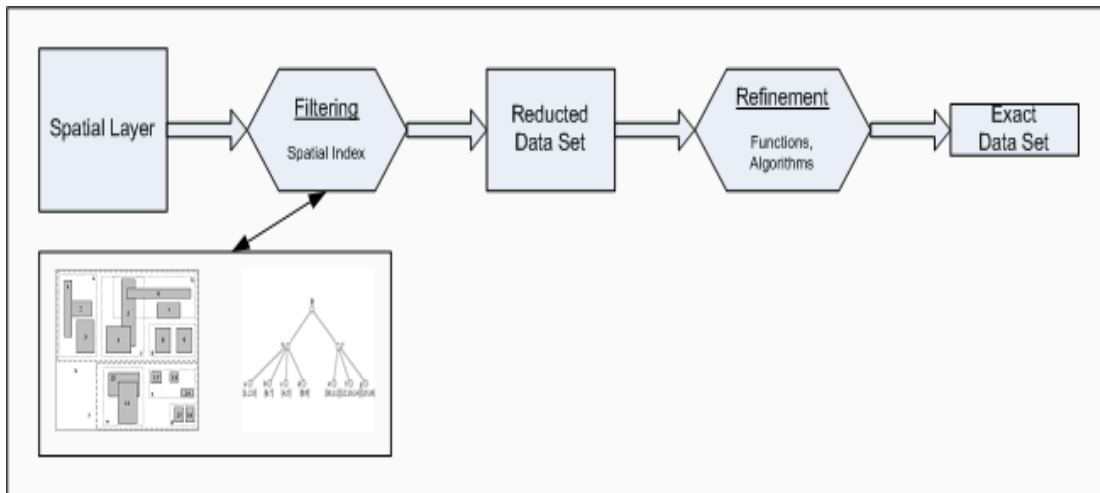
**Σχήμα 2.4: Τοπολογικές σχέσεις δύο πολυγωνικών οντοτήτων στο δυσδιάστατο χώρο**

των περιεχομένων τους. Στην περίπτωση *χωρική αυτοσύνδεσης*, συσχετίζονται πληροφορίες του ίδιου θεματικού επιπέδου. Συνεπώς, τα ερωτήματα χωρικής σύνδεσης επιτρέπουν την εκτέλεση λειτουργιών χωρικής ανάλυσης, όπως λόγου χάρη η επίθεση (overlay) επιπέδων. Η επίθεση και η δημιουργία ζωνών επιρροής (buffer zones) θεωρούνται οι δύο σημαντικότερες λειτουργίες ανάλυσης ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Στα ερωτήματα χωρικής σύνδεσης εμπίπτουν το ερώτημα εγγύτερου γείτονα (nearest neighbor), σημείου εντός περιοχής, συνάφειας περιοχών.

Συχνά η απάντηση σε ένα χωρικό ερώτημα εντοπίζεται βάσει της σχετικής θέσης των αντικειμένων στο χώρο. Για το λόγο αυτό, οι τοπολογικοί τελεστές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκτέλεση χωρικών ερωτημάτων. Ο προσδιορισμός των πιθανών τοπολογικών σχέσεων μεταξύ χωρικών οντοτήτων έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας. Το σύνολο των πιθανών τοπολογικών σχέσεων που έχουν προταθεί κατά καιρούς δεν είναι εφικτό να υλοποιηθεί σε ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων. Έτσι, συνήθως υποστηρίζεται ένα υποσύνολο αυτών (Σχήμα 2.4).

Άλλοι τύποι χωρικών ερωτημάτων είναι: *ερώτημα σημείου* (point query), *ερώτημα περιοχής* (range query), *ερώτημα τομής* (intersection query).

Η επεξεργασία των χωρικών ερωτημάτων πραγματοποιείται συνήθως σε δύο επίπεδα. Στο επίπεδο του *φιλτραρίσματος* (filtering), αξιοποιούνται τα χωρικά ευρετήρια που έχουν δημιουργηθεί με προσεγγίσεις της γεωμετρίας και απομονώνονται τα υποψήφια αντικείμενα-εγγραφές στις οποίες αναμένεται να εντοπιστεί η απάντηση. Στο επίπεδο της *εκλέπτυνσης* (refinement) χρησιμοποιείται η ακριβής γεωμετρία των αντικειμένων που απομονώθηκαν προηγουμένως και πραγματοποιούνται ακριβείς υπολογισμοί με χρήση γεωμετρικών αλγορίθμων, για τον προσδιορισμό του ακριβούς αποτελέσματος (Σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5: Μοντέλο ερωτημάτων

### 2.2.6 SQL για χωρικά δεδομένα - Spatial SQL

Η γλώσσα επερωτήσεων ενός Συστήματος Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων οφείλει να υποστηρίζει την εκτέλεση και των τριών βασικών κατηγοριών ερωτημάτων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Τα περιγραφικά και χωρικά γνωρίσματα μιας γεωγραφικής οντότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Επιπλέον, η τυπική SQL έχει εδραιωθεί και προτυποποιηθεί ως γλώσσα των παραδοσιακών Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων. Επομένως, ήταν λογικό οι προσπάθειες δημιουργίας γλώσσας επερωτήσεων για χωρικά δεδομένα να εστιασθούν στην επέκταση της SQL, αντί να δημιουργηθεί κάποια νέα από μηδενική βάση.

Ο Egenhofer (1994) εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις των χωρικών λειτουργιών συμπέρανε ότι μια επέκταση της SQL για χωρικά δεδομένα θα πρέπει να αποτελείται από δύο συστατικά μέρη. Μια γλώσσα επερωτήσεων (query language) για την ανάκτηση δεδομένων και μια γλώσσα παρουσίασης (Graphical Presentation Language, GPL) για την περιγραφή του τρόπου αναπαράστασης των αποτελεσμάτων των ερωτημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούν να υποβάλουν τυπικά ερωτήματα -χωρίς την εμπλοκή της χωρικής διάστασης- για την ανάκτηση μη χωρικών χαρακτηριστικών, να χρησιμοποιήσουν εντολές της spatial SQL όταν εμπλέκεται η χωρική διάσταση των δεδομένων στο ερώτημα και να χρησιμοποιήσουν τη GPL για να χειριστούν ή να εξετάσουν τη γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων [10]. Στα παραδείγματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η χρήση της spatial SQL στον ορισμό χωρικού τύπου αντικειμένου και στον καθορισμό ιδιοτήτων υπομνήματος, αντίστοιχα [10].

*Παράδειγμα 1:* Ορισμός χωρικού τύπου αντικειμένου πόλη

```
CREATE TABLE city
( name char (20)
  geometry spatial_2 );
```

## Παράδειγμα 2: Ορισμός ιδιοτήτων υπομνήματος

```
SET    LEGEND
      COLOR      black
      PATTERN    dashed
FOR    SELECT    boundary (geometry)
      FROM      parcel;
```

Διάφορες προτάσεις επέκτασης της SQL92, με πιο καθοριστική αυτή του OGC, οδήγησαν στην προσθήκη χωρικών τύπων και λειτουργιών στην τρίτη έκδοση του προτύπου της SQL (1999). Η SQL για χωρικά δεδομένα του OGC εμπεριέχει όλες τις απαραίτητες χωρικές πράξεις που ορίζουν τη μορφή των χωρικών ερωτημάτων σε μια αντικειμενοσχεσιακή χωρική βάση. Η spatial SQL είναι διαθέσιμη σε Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων διάφορων κατασκευαστών (π.χ. Oracle, IBM). Κάθε κατασκευαστής μπορεί να παρεκκλίνει από το OGC ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εσωτερικού σχεδιασμού του συστήματός του.

Ολοκληρώνοντας τη συνοπτική αυτή παρουσίαση των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων θα σημειωθεί ότι αποτελεί ακόμη ανοικτό πεδίο έρευνας η δημιουργία προτύπων για χωρικά δεδομένα η οποία λαμβάνει υπόψη την τρίτη και τη χρονική διάσταση των οντοτήτων.

## 2.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων

Η ανάπτυξη των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων τα τελευταία δεκαπέντε περίπου χρόνια συνέβαλε στη νέα αντίληψη σχετικά με το ρόλο και τη χρήση των χωρικών πληροφοριών. Η διαχείριση χωρικών δεδομένων αποκλειστικά μέσα στα πλαίσια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών δε συνάδει με τις σύγχρονες απαιτήσεις της «κοινωνίας της πληροφορίας» και της οικονομίας.

Οι περισσότερες εφαρμογές στο πεδίο των χωρικών πληροφοριών απαιτούν την αποθήκευση μεγάλου όγκου αλφαριθμητικών και χωρικών δεδομένων. Τα αντικειμενοσχεσιακά ΣΔΧΒΔ (Object Relational Database Management Systems-ORDBMS), εκμεταλλευόμενα την πρόοδο στα γενικής χρήσης ΣΔΒΔ, παρέχουν τη δυνατότητα αποτελεσματικής αποθήκευσης και διαχείρισης χωρικών αλλά και αλφαριθμητικών δεδομένων. Μέσω της χρήσης χωρικών δεικτών, επιτρέπουν την αποτελεσματική ανάκτηση δεδομένων και εκτέλεση ερωτημάτων σε αυτά. Παρέχουν μηχανισμούς και διαδικασίες μέσω των οποίων εξασφαλίζεται η λογική ακεραιότητα (logical integrity) και ασφάλεια των δεδομένων από καταστροφή. Επιπλέον, είναι εφικτή η σύνδεσή τους με άλλα Συστήματα Βάσεων Δεδομένων σε ένα τοπικό ή/και παγκόσμιο δίκτυο επικοινωνιών, ενώ παρέχουν κεντρική υποστήριξη πολλαπλών εφαρμογών. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων αναπόσπαστο τμήμα της αρχιτεκτονικής των υπολογιστικών συστημάτων κυβερνητικών, εκπαιδευτικών



	Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
Λειτουργίες	Αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων	Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων
	Χωρική δεικτοδότηση	Ανάλυση δεδομένων
	Ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων	Χαρτογραφικά προϊόντα

**Πίνακας 2.2: Διάκριση λειτουργιών Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών**

και εμπορικών οργανισμών.

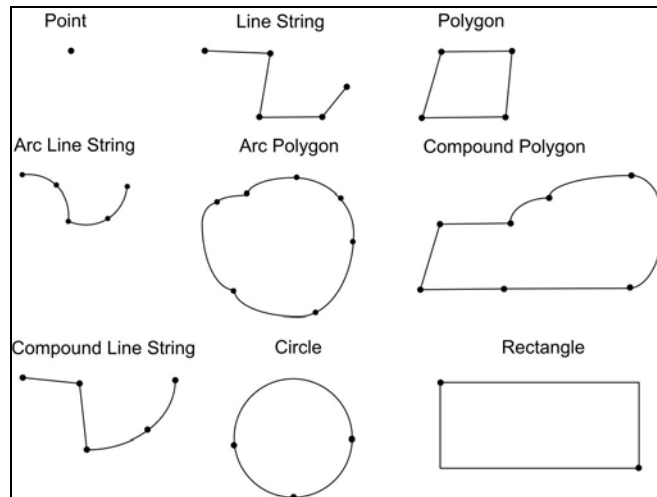
Τα αντικειμενοσχεσιακά Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων, πέραν των δυνατοτήτων τους, παρουσιάζουν και αδυναμίες. Για παράδειγμα, η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, η σύνθετη χωρική ανάλυση και η παραγωγή χαρτογραφικών προϊόντων διεκπεραιώνονται πιο αποτελεσματικά στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, των οποίων ο σχεδιασμός άλλωστε, γίνεται για αυτόν το σκοπό. Ο Güting (1994) αναφέρεται στα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων ως την υποκείμενη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών τεχνολογία. Πολλές χωρικές βάσεις δεδομένων πλέον, υλοποιούνται ως αποθήκες χωρικών δεδομένων (spatial data warehouses). Στόχος είναι να παρέχουν στα Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και σε άλλες εφαρμογές, κάθε φορά τα κατάλληλα στοιχεία, παρά τα δεδομένα αυτά να χρησιμοποιούνται από τη βάση ή για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Η λειτουργικότητα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών από την άλλη πλευρά επεκτείνεται, ώστε να χρησιμοποιούνται δεδομένα από εξωτερικές πηγές. Η διάκριση των λειτουργιών των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να λεχθεί ότι τόσο τα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων όσο και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών εξυπηρετούν διακριτούς, αλλά αλληλοεξαρτώμενους στόχους. Η σύγχρονη τάση είναι η ενσωμάτωση και των δύο στην υποδομή διαχείρισης χωρικών πληροφοριών των διάφορων οργανισμών.

## ***2.4 Εμπορικά Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων***

### ***2.4.1 Oracle Spatial***

Η Oracle, ένα από τα πιο διαδεδομένα παγκοσμίως ΣΔΒΔ, αποτελεί ένα σύνολο από συνεργαζόμενα λογισμικά και υπηρεσίες, οι οποίες στο σύνολό τους καλύπτουν τις εξειδικευμένες ανάγκες ενός οργανισμού. Η επέκταση Spatial



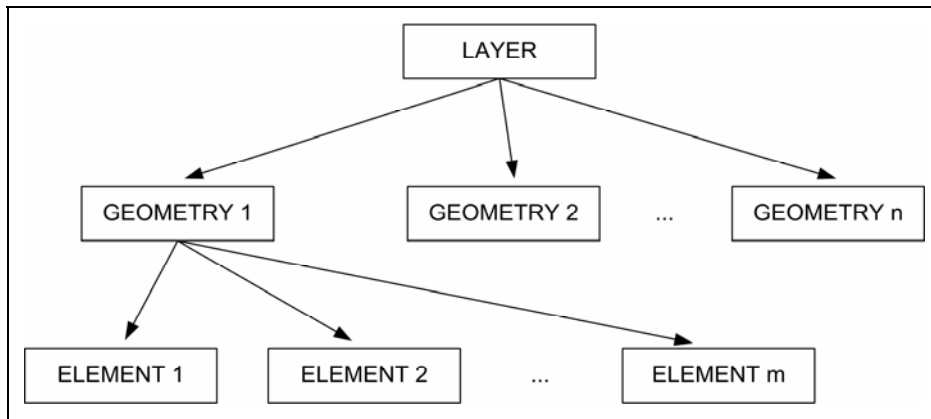
Σχήμα 2.6: Γεωμετρικοί τύποι στην Oracle Spatial [38]

αποτελεί ένα από τα σχήματα ευρείας χρήσης που έχει ενσωματωμένα η Oracle για την υποστήριξη ειδικών εφαρμογών.

Η Oracle Spatial παρέχει λειτουργίες που επιτρέπουν την αποθήκευση, ανάκτηση, ενημέρωση και αναζήτηση συλλογών χωρικών δεδομένων από μία βάση δεδομένων της Oracle. Περιλαμβάνει:

- Το *σχήμα* (MDSYS) που καθορίζει την αποθήκευση, τη σύνταξη και τη σημασιολογία των γεωμετρικών τύπων δεδομένων.
- Μηχανισμό *δεικτοδότησης* χωρικών δεδομένων
- Σύνολο *τελεστών* και *συναρτήσεων* για τη διατύπωση χωρικών ερωτημάτων.
- *Εργαλεία* για τη διαχείριση του συστήματος της βάσης δεδομένων.
- Το σχεσιακό μοντέλο που είχε αρχικά υιοθετηθεί για την αναπαράσταση της γεωμετρίας έχει εγκαταλειφθεί στις τελευταίες εκδόσεις της Oracle (9.2i, 10.x g, 11.x g), ενώ στην έκδοση 8i διατηρούταν μόνο για λόγους συμβατότητας με προηγούμενες εκδόσεις. Το νέο μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το αντικειμενοσχεσιακό. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί ένα τύπο δεδομένων που ονομάζεται MDSYS.SDO\_GEOMETRY και φιλοξενεί τη γεωμετρία μίας χωρικής οντότητας, η οποία αποθηκεύεται ως ατομική τιμή στις σχέσεις της βάσης. Στο μοντέλο αυτό εκτός από τους πρωταρχικούς γεωμετρικούς τύπους δεδομένων (σημείο, πολυγραμμή, πολύγωνο) υποστηρίζονται και σύνθετοι τύποι δεδομένων όπως σύνθετα πολύγωνα, κύκλοι (Σχήμα 2.6).

Το μοντέλο δεδομένων της Oracle Spatial βασίζεται σε μία ιεραρχική δομή στην οποία η βάση δεδομένων αποτελείται από ένα σύνολο θεματικών επιπέδων (layers). Τα θεματικά επίπεδα είναι συλλογές από ομοιογενείς ή ετερογενείς γεωμετρίες, δηλαδή αναπαραστάσεις χωρικών οντοτήτων με χρήση μιας σειράς



Σχήμα 2.7: Ιεραρχική δομή μοντέλου δεδομένων της Oracle Spatial [38]

γεωμετρικών στοιχείων - elements. Τα γεωμετρικά στοιχεία είναι του ίδιου ή διαφορετικού γεωμετρικού τύπου (Σχήμα 2.7). Σημαντική έννοια του μοντέλου δεδομένων είναι αυτή της ανοχής (tolerance). Η ανοχή ορίζεται ως η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων ώστε αυτά να θεωρούνται διακριτά. Επειδή αντανακλά την ακρίβεια του γεωμετρικού υποβάθρου και επειδή υπεισέρχεται ως παράμετρος σε πολλές συναρτήσεις, πρέπει να επιδεικνύεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή της τιμής της.

Το μοντέλο ερωτημάτων της Oracle Spatial υλοποιείται σε δύο επίπεδα: Το πρώτο επίπεδο (πρωτεύον φίλτρο-primary filter) αναλαμβάνει να περιορίσει τις υποψήφιας οντότητες σε μικρότερα υποσύνολα, δηλαδή απομονώνει τις εγγραφές στις οποίες αναμένεται να εντοπιστεί η απάντηση και οι οποίες τροφοδοτούν το δευτερεύον φίλτρο (secondary filter). Το δευτερεύον φίλτρο κατόπιν υπολογισμών και ελέγχων ακριβείας αποδίδει το αποτέλεσμα της αναζήτησης. Το πρωτεύον φίλτρο είναι πιο γενικευμένο και χρησιμοποιεί τη μορφή δεικτοδότησης που έχει κτιστεί για τα χωρικά δεδομένα. Το δευτερεύον είναι πιο εκλεπτυσμένο και χρησιμοποιεί συγκεκριμένους τελεστές όπως ο SDO\_RELATE, SDO\_WITHIN\_DISTANCE, SDO\_NN, που ακολουθούν το μοντέλο των 9-τομών.

Για τη δεικτοδότηση των χωρικών δεδομένων εφαρμόζονται δύο τύποι χωρικών ευρετηρίων: α) το R-δένδρο και β) το τετραδικό δένδρο. Το R-δένδρο κατασκευάζεται ευκολότερα, απαιτεί μικρότερο αποθηκευτικό χώρο και διευκολύνει την ταχύτερη εκτέλεση ερωτημάτων εγγύτερου γείτονα και απόστασης, ενώ οι επιδόσεις του μειώνονται μετά από πολλές ενημερώσεις της βάσης. Για το λόγο αυτό η Oracle περιλαμβάνει συναρτήσεις οι οποίες παρέχουν δείκτη ποιότητας του δένδρου, οι οποίες βοηθούν το χρήστη να αποφασίσει αν πρέπει να προβεί στην ανακατασκευή του (π.χ. SDO\_TUNE.RTREE\_QUALITY). Το τετραδικό δένδρο είναι πιο αποτελεσματικό σε δυναμικές βάσεις δεδομένων όπου αναμένεται συχνή μεταβολή της αποθηκευμένης στους πίνακες γεωμετρίας αλλά απαιτεί περισσότερο χώρο αποθήκευσης και μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για δυσδιάστατα αντικείμενα

OGC	Oracle	OGC	Oracle
Equals	EQUAL	Buffer	SDO BUFFER
Disjoint	DISJOINT	Centroid	SDO CENTROID
Intersects	ANYINTERACT	Length	SDO LENGTH
Touches	TOUCH	Boundary	SDO MBR
Crosses	OVERLAPBDYDISJOINT	Distance	SDO DISTANCE
Within	INSIDE	Intersection	SDO INTERSECTION
Contains	CONTAINS	Union	SDO UNION
Overlaps	OVERLAPBDYINTERSECT	Difference	SDO DIFFERENCE
Convexhull	SDO CONVEXHULL	Symdifference	SDO XOR
Area	SDO AREA		

**Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία χωρικών τελεστών του OGC και της Oracle Spatial [57]**

Στο αντικειμενοσχεσιακό σχήμα, που υλοποιείται στην Oracle με τη βοήθεια ενός συνόλου τύπων δεδομένων για χωρικά αντικείμενα, χωρικών μεθόδων δεικτοδότησης και τελεστών στους τύπους δεδομένων, κάθε γεωμετρική οντότητα τηρείται ως αντικείμενο στη βάση. Η γεωμετρία αποθηκεύεται στο πεδίο τύπου SDO\_GEOMETRY.

Η Oracle Spatial παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα χρήσης πλήθους συναρτήσεων και χωρικών τελεστών. Οι κυριότερες κατηγορίες τελεστών και συναρτήσεων είναι: χωρικοί τελεστές, γεωμετρικές συναρτήσεις (geometry functions), χωρικές συναρτήσεις συνάθροισης (spatial aggregate functions), συναρτήσεις μετασχηματισμού συστημάτων συντεταγμένων (coordinate system transformation functions), συναρτήσεις Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς (Linear Referencing functions), λοιπές εσωτερικές λειτουργίες (λόγου χάρη μετατροπή δεδομένων μεταξύ των διάφορων εκδόσεων). Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι η κατηγοριοποίηση των τελεστών που προτάθηκε από το OGC, υιοθετείται από κατασκευαστές ΣΔΧΒΔ. Στον Πίνακα 2.3 εμφανίζεται η αντιστοίχιση χωρικών τελεστών της Oracle με το πρότυπο OGC.

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των σημαντικότερων χαρακτηριστικών της Oracle Spatial (εκδόσεις 10.x g και 11.x g) θα αναφερθεί η δυνατότητα δεικτοδότησης, ανάλυσης και εκτέλεσης ερωτημάτων σε δεδομένα ψηφιδωτού, μέσω του GeoRaster, το οποίο παρέχει στην Oracle Spatial κατάλληλους τύπους δεδομένων και ένα αντικειμενοσχεσιακό σχήμα. Παρέχει δυνατότητες προηγμένης διαχείρισης για ειδικές εφαρμογές όπως Γεωκωδικοποίηση (Geocoding) και Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining). Επίσης, έχει εγγενώς ενσωματώσει στον Oracle Application Server την Java, όχι μόνο ως γλώσσα υποστήριξης και ανάπτυξης παρελκόμενων εφαρμογών αλλά ως πλατφόρμα εκτέλεσης εφαρμογών και διεπαφής. Το γεγονός αυτό φανερώνει τον απόλυτα δικτυακό προσανατολισμό της υλοποιώντας συνδέσεις πελάτη-εξυπηρετητή με σύγχρονα πρωτόκολλα επικοινωνίας υπολογιστών όπως το TCP/IP που χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο, διεπαφές XML κ.λπ.

## 2.4.2 PostgreSQL με την επέκταση PostGIS

Το αντικειμενοσχεσιακό ΣΔΒΔ PostgreSQL (τρέχουσες εκδόσεις 8.2 και 8.3beta) ανήκει στην κατηγορία λογισμικών ανοικτού κώδικα. Αναπτύσσεται εδώ και περίπου δεκαπέντε χρόνια και είναι συμβατό με τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα. Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του είναι η διαρκής συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα (π.χ. SQL standards 92/99).

Η επέκταση PostGIS (τρέχουσα έκδοση 1.3.2) παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης χωρικών δεδομένων στην PostgreSQL. Υποστηρίζει όλους τους τύπους γεωμετρίας και χωρικών λειτουργιών του OGC. Οι προδιαγραφές του OGC για την αναπαράσταση χωρικών αντικειμένων μέσω κειμένου καθορίζουν δύο μορφές: τη μορφή Well-Known Text (WKT) και τη μορφή Well-Known Binary (WKB. Και στις δύο μορφές περιλαμβάνεται πληροφορία για τον τύπο του αντικειμένου και τις συντεταγμένες που το προσδιορίζουν. Επίσης, πρέπει να υπάρχει πληροφορία για το σύστημα αναφοράς. Η δεικτοδότηση των δεδομένων πραγματοποιείται πλέον μόνο με χρήση R-δένδρων πάνω σε γενικευμένα δένδρα αναζήτησης (GiST). Τα χωρικά ερωτήματα εκτελούνται όπως και τα υπόλοιπα ερωτήματα προς της βάση. Στη συνέχεια παρατίθενται οι τύποι δεδομένων και ενδεικτικά κάποιοι χωρικοί τελεστές και συναρτήσεις που υλοποιούνται στο PostGIS.

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

Πίνακας 2.4: Χωρικοί τύποι δεδομένων στο PostGIS

Τελεστής	Περιγραφή	Παράδειγμα
<b>&lt;-&gt;</b>	Απόσταση μεταξύ	circle '((0,0),1)' <-> circle '((5,0),1)'
<b>&amp;&amp;</b>	Επικαλύπτει	box '((0,0),(1,1))' && box '((0,0),(2,2))'
<b>&lt;&lt;</b>	Είναι αυστηρά αριστερά από	circle '((0,0),1)' << circle '((5,0),1)'
<b>@&gt;</b>	Περιέχει	circle '((0,0),2)' @> point '(1,1)'
<b>?- </b>	Είναι κάθετα	lseg '((0,0),(0,1))' ?-  lseg '((0,0),(1,0))'

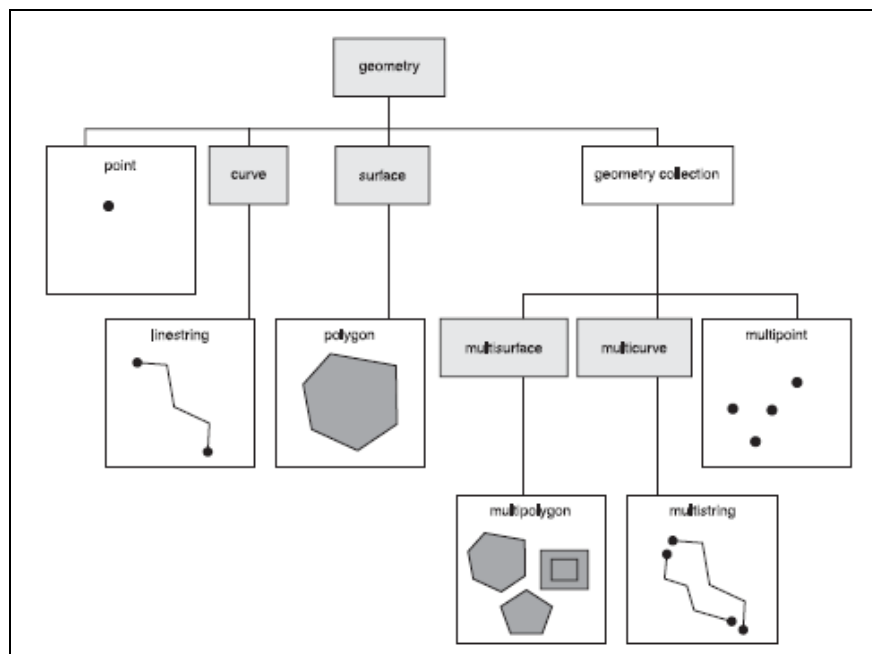
Πίνακας 2.5: Ενδεικτικοί χωρικοί τελεστές στο PostGIS

Συνάρτηση	Επιστρέφει	Περιγραφή	Παράδειγμα
<b>area (object)</b>	Διπλής ακριβείας	Εμβαδόν	area(box '((0,0),(1,1)'))
<b>center (object)</b>	Σημείο	Κέντρο	center(box '((0,0),(1,2)'))
<b>diameter (circle)</b>	Διπλής ακριβείας	Διάμετρος κύκλου	diameter(circle '((0,0),2.0)')
<b>length (object)</b>	Διπλής ακριβείας	Μήκος	length(path '((-1,0),(1,0)')

Πίνακας 2.6: Ορισμένες χωρικές συναρτήσεις στο PostGIS

### 2.4.3 IBM DB2 με την επέκταση *Spatial Extender*

Η επέκταση Spatial Extender (τρέχουσα έκδοση 9.5) επιτρέπει την αποθήκευση, διαχείριση και ανάλυση χωρικών δεδομένων εντός του ΣΔΒΔ DB2 Universal Database. Υλοποιεί την ιεραρχία χωρικών τύπων δεδομένων του OGC, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν τύποι οριζόμενοι από το χρήστη. Δεν υποστηρίζει όμως τύπους ψηφιδωτού.



Σχήμα 2.8: Ιεραρχία γεωμετριών που υποστηρίζει ο Spatial Extender με παραδείγματα πιθανής οπτικής τους απόδοσης [24]

Για τη δεικτοδότηση των δεδομένων χρησιμοποιεί δύο τύπους ευρετηρίων: ευρετήρια χωρικών πλεγμάτων (spatial grid indexes) και γεωδαιτικά ευρετήρια με διαγράμματα Voronoi. Τα χωρικά πλέγματα χρησιμοποιούνται για τη δεικτοδότηση πολυδιάστατων χωρικών δεδομένων με αναφορά σε κάποιο προβολικό σύστημα συντεταγμένων, ενώ τα ευρετήρια Voronoi για δεδομένα με αναφορά σε γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων. Ένα ευρετήριο χωρικού πλέγματος δημιουργείται χρησιμοποιώντας το MBR κάθε γεωμετρίας. Ο χώρος υποδιαιρείται σε λογικά κελιά σταθερού - οριζόμενου από το χρήστη - μεγέθους. Η υποδιαίρεση αυτή μπορεί να γίνει ιεραρχικά, χρησιμοποιώντας έως τρία επίπεδα λεπτομέρειας κλιμακούμενα με μεγέθη κελιών. Τα αντικείμενα ανάλογα με το μέγεθός τους, δεικτοδοτούνται στο αντίστοιχο επίπεδο. Μία καταχώρηση

ευρετηρίου περιέχει τον κωδικό των κελιών που τέμνει η γεωμετρία, το MBR της γεωμετρίας και ένα εσωτερικό κωδικό αναγνώρισης της εγγραφής που περιέχει η γεωμετρία.

Οι χωρικοί τελεστές και συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται στα ερωτήματα ικανοποιούν τις προδιαγραφές του OGC. Περιέχει αρκετές χωρικές συναρτήσεις, συναρτήσεις γεωμετρικών υπολογισμών και συναρτήσεις μετασχηματισμού των γεωμετριών. Στην εκτέλεση των ερωτημάτων αξιοποιούνται τα ευρετήρια που δημιουργήθηκαν και εφαρμόζεται η τεχνική του φιλτραρίσματος από το βελτιστοποιητή ερωτημάτων.

Όταν η απαιτούμενη ακρίβεια είναι τέτοια που δεν καλύπτεται από τη χρήση προβολικών συντεταγμένων και απαιτούνται υπολογισμοί στο ελλειψοειδές, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του Geodetic Extender. Ο Geodetic Extender αξιοποιεί τις χωρικές λειτουργίες του Spatial Extender θεωρώντας τη γη ως ελλειψοειδές εκ περιστροφής και χρησιμοποιώντας τις γεωδαιτικές συντεταγμένες των αντικειμένων.





# 3

## *Χρονική Διάσταση στις Χωρικές Βάσεις Δεδομένων*

### *3.1 Εισαγωγή*

Η φύση των γεωγραφικών δεδομένων είναι δυναμική. Οι γεωγραφικές οντότητες έχουν θέση στο χώρο και ύπαρξη στο χρόνο, ενώ τα γνωρίσματά τους ενδέχεται να μεταβάλλονται με την πάροδο αυτού. Κατά συνέπεια, η θεώρηση ενός στατικού κόσμου που απεικονίζεται σε μία βάση δεδομένων δεν επαρκεί για την πλήρη και αποτελεσματική διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας.

Η ενσωμάτωση χρονικών εννοιών στα ΣΒΔ αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας στη γνωστική περιοχή των Χρονικών Βάσεων Δεδομένων. Η σχεδόν παράλληλη έρευνα και οι εξελίξεις στον τομέα των Χωρικών Βάσεων Δεδομένων δημιούργησε την πεποίθηση ότι ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών θα μπορούσε να υποστηρίξει αποτελεσματικά την ανάπτυξη χρήσιμων εφαρμογών. Δημιουργήθηκε με αυτόν τον τρόπο, το γνωστικό πεδίο των Χωροχρονικών Βάσεων Δεδομένων. Πλήθος εφαρμογών όπως ο εντοπισμός οχημάτων, οι υπηρεσίες δρομολόγησης, η παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών βάσει θέσης, διαχείριση μέσων μεταφοράς, μετεωρολογικές προβλέψεις, περιβαλλοντικές εφαρμογές αξιοποιούν χωροχρονικές πληροφορίες.

Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται βασικές θεωρήσεις σχετικά με το χρόνο στα πλαίσια χρονικών βάσεων δεδομένων, ενώ τίγονται και μερικά βασικά ζητήματα των χωροχρονικών βάσεων δεδομένων.

## **3.2 Χρονικές Βάσεις Δεδομένων**

Στις τυπικές βάσεις δεδομένων τηρούνται πληροφορίες για την κατάσταση των οντοτήτων τη στιγμή της συλλογής ή καταγραφής των δεδομένων. Μία ενδεχόμενη μεταβολή στην κατάσταση των οντοτήτων θα ακολουθήσει η ενημέρωση της βάσης, κατά την οποία θα διαγραφεί η προηγούμενη κατάσταση. Σε πολλές εφαρμογές όμως, ενδιαφέρει η διατήρηση της ιστορικότητας της πληροφορίας. Οι χρονικές βάσεις δεδομένων υποστηρίζουν πληροφορίες που σχετίζονται με κάποια «μορφή» χρόνου. Η απλή προσθήκη πεδίων που φιλοξενούν χρονικά γνωρίσματα σε μία τυπική βάση δεδομένων είναι δυνατό να οδηγήσει σε αναποτελεσματική αναπαράσταση και εκτέλεση ερωτημάτων. Για το λόγο αυτό, η έρευνα στις χρονικές βάσεις δεδομένων στράφηκε στην εγγενή ενσωμάτωση χρονικών εννοιών τόσο στο μοντέλο δεδομένων, όσο και στη γλώσσα επερωτήσεων των ΣΔΒΔ.

### **3.2.1 Μοντελοποίηση Χρονικών Δεδομένων**

Υποθέτοντας ότι ο χρόνος είναι μονοδιάστατος, μπορεί να θεωρηθεί διακριτός (discrete), πυκνός (dense) ή συνεχής (continuous). Το διακριτό μοντέλο είναι ισομορφικό με τους φυσικούς αριθμούς, δηλαδή κάθε σημείο στο χρόνο ακολουθείται από κάποιο άλλο. Κάθε φυσικός αριθμός αφορά σε ένα «ατομικό» χρονικό διάστημα το οποίο αποκαλείται χρόνον (chronon). Στο πυκνό μοντέλο μεταξύ δύο οποιονδήποτε χρονικών στιγμών υπάρχει μία άλλη χρονική στιγμή. Το συνεχές μοντέλο είναι ισομορφικό με τους πραγματικούς αριθμούς. Κάθε πραγματικός αριθμός αφορά σε ένα σημείο στο χρόνο [39]. Παρόλο που στην ανθρώπινη αντίληψη ο χρόνος είναι συνεχής, το διακριτό μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά για πρακτικούς λόγους. Επίσης, μπορεί να γίνει διάκριση ανάμεσα στο σχετικό και στον απόλυτο χρόνο. Παραδείγματος χάρη, το διάστημα μίας εβδομάδας είναι σχετικός χρόνος και η 10η Νοεμβρίου 2000 είναι απόλυτος χρόνος. Για τις παραπάνω χρονικές έννοιες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τύποι δεδομένων όπως η στιγμή - χρόνον ή χρονικό σημείο, η περίοδος - χρονικό διάστημα με αναφορά, οι περίοδοι - σύνολο ανεξάρτητων περιόδων, το διάστημα (interval) - κατευθυνόμενο χρονικό διάστημα χωρίς αναφορά αρχής ή τέλους, η ημερομηνία - συγκεκριμένη ημέρα κάποιου έτους, ο χρόνος (time) - συγκεκριμένο δευτερόλεπτο στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, το χρονόσημο (timestamp) - συγκεκριμένο κλάσμα δευτερολέπτου μιας συγκεκριμένης ημέρας [22].

Για να καταστεί εφικτή η μοντελοποίηση και η αναπαράσταση χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών σε μία βάση δεδομένων, έγιναν κάποιες βασικές σημασιολογικές θεωρήσεις. Οι θεωρήσεις αυτές αφορούν στα γεγονότα (facts) και στη θεώρηση δύο διαστάσεων για το χρόνο, το χρόνο ισχύος (valid time, VT) και το χρόνο διεκπεραίωσης (transaction time, TT). Πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες και τις σχέσεις των αντικειμένων μπορούν να θεωρηθούν «γεγονότα» σχετικά με τα αντικείμενα. Γεγονός είναι κάθε δήλωση που μπορεί να είναι αληθής ή ψευδής και η οποία καταγράφεται σε μία βάση.

- Ο *χρόνος ισχύος* αφορά στο χρονικό διάστημα (παρελθόν, παρόν, μέλλον) της πραγματικότητας κατά το οποίο ένα γεγονός είναι αληθές. Παρόλο που όλα τα γεγονότα έχουν χρόνο ισχύος, είναι δυνατόν αυτός να μην καταγραφεί στη βάση, είτε διότι δεν είναι γνωστός είτε διότι δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον στην εφαρμογή.
- Ο *χρόνος διεκπεραίωσης* αφορά στο χρονικό διάστημα που ένα γεγονός καταγράφεται στη βάση. Σε αντίθεση με το χρόνο ισχύος που αφορά μόνο σε γεγονότα, ο χρόνος διεκπεραίωσης μπορεί να σχετιστεί με οποιοδήποτε αντικείμενο της βάσης. Για παράδειγμα, μπορεί να σχετιστεί με αντικείμενα ή τιμές στη βάση που δεν είναι δυνατόν να χαρακτηριστούν αληθείς ή ψευδείς [26]. Ο χρόνος διεκπεραίωσης ενός αντικειμένου της βάσης έχει συγκεκριμένη διάρκεια. Από την εισαγωγή έως τη λογική διαγραφή του από τη βάση.

Με άλλα λόγια, ο χρόνος ισχύος σχετίζεται με την ιστορικότητα του πραγματικού κόσμου και ο χρόνος διεκπεραίωσης με την ιστορικότητα της βάσης. Οι δύο αυτοί χρόνοι είναι ορθογώνιοι. Άλλοι «τύποι» χρόνου είναι ο ορισμένος από το χρήστη, ο οποίος ερμηνεύεται από τον ίδιο και όχι από το ΣΔΒΔ και ο χρόνος απόφασης (decision time) ενός γεγονότος, που αφορά στο χρόνο λήψης π.χ. μιας απόφασης και είναι διαφορετικός από το χρόνο πραγματοποίησής της και το χρόνο καταγραφής της στη βάση.

Έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες ενσωμάτωσης του χρόνου στα μοντέλα δεδομένων των τυπικών ΣΔΒΔ. Στη γενική προσέγγιση, τα αντικείμενα της βάσης θεωρούνται γεγονότα και επιχειρείται η συσχέτισή τους με χρονικά στοιχεία για να περιγραφεί πότε είναι σε ισχύ (προσθήκη χρονικών ετικετών), δηλαδή να συμπεριληφθεί ο χρόνος ισχύος ή/και ο χρόνος διεκπεραίωσης. Τα μοντέλα μπορούν να διακριθούν ανάλογα με το ποιο μοντέλο επεκτείνουν (π.χ. σχεσιακό, αντικειμενοστραφές), με τους «τύπους» του χρόνου που συμπεριλαμβάνουν, τον τύπο δεδομένων που χρησιμοποιούν (στιγμή, περίοδος κ.λπ.). Το πιο αντιπροσωπευτικό ίσως, είναι το Bitemporal Conceptual Data Model (BCDM). Στο μοντέλο αυτό διατηρείται η απλότητα του σχεσιακού μοντέλου, ενώ καταγράφεται τόσο ο χρόνος ισχύος όσο και ο χρόνος διεκπεραίωσης. Η πλήρης ιστορία ενός γεγονότος καταγράφεται σε μία μόνο εγγραφή. Στις εγγραφές της βάσης προστίθενται χρονόσημα τα οποία είναι σύνολα από ζεύγη (TT, VT). Κάθε ζεύγος (TT, VT) στο χρονόσημο μίας εγγραφής σημαίνει ότι το γεγονός που αναπαριστά η εγγραφή ισχύει στο VT και καταγράφεται στην κατάσταση της βάσης στο χρόνο TT. Εισάγεται και η ειδική τιμή Until Change (UC) για να συμπεριληφθούν οι περιπτώσεις όπου ο χρόνος διεκπεραίωσης δεν έχει γνωστή τιμή τέλους. Παράδειγμα ενός χρονόσημου θα ήταν το εξής:  $\{(2,2), (2,3), (3,2), (3,3), \dots, (UC,2), (UC,3)\}$ . Παρά την αποτελεσματικότητα του BCDM όσον αφορά στην αναπαράσταση εννοιών σχετικών με το χρόνο, η διαχείριση και η κατανόηση της χρονικής πληροφορίας καθώς και η υλοποίησή του είναι σχετικά δύσκολη.

Γενικά, τα χρονικά μοντέλα δεδομένων πρέπει να εξυπηρετούν ταυτόχρονα

πολλούς στόχους, όπως υψηλή εκφραστικότητα των χρονικών εννοιών, απλότητα, ευκολία στην υλοποίηση κ.λπ.. Ο αριθμός των χρονικών μοντέλων (περισσότερα από σαράντα) που έχουν προταθεί κατά καιρούς, καταδεικνύει ότι δεν είναι εφικτή η δημιουργία ενός πλήρους μοντέλου. Για το λόγο αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός διαφορετικών μοντέλων για την εννοιολογική, την εσωτερική αναπαράσταση και παρουσίαση της χρονικής συμπεριφοράς των αντικειμένων [39].

### **3.2.2 Γλώσσα Επερωτήσεων**

Η χρήση της τυπικής SQL στη διατύπωση χρονικών ερωτημάτων παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας. Το ίδιο συμβαίνει και στη διατύπωση περιορισμών αναφοράς ακεραιότητας. Έτσι, έγιναν προσπάθειες ορισμού χρονικών γλωσσών επερωτήσεων.

Δεδομένου ότι η γλώσσα επερωτήσεων επηρεάζεται από το υποκείμενο μοντέλο δεδομένων, τα προαναφερθέντα ζητήματα μοντελοποίησης του χρόνου, στα οποία έγινε αναφορά προηγουμένως, ανακύπτουν και στον ορισμό μιας χρονικής γλώσσας επερωτήσεων. Οι ορισμένοι από το χρήστη χρονικοί τύποι δεδομένων υποστηρίζονται στη γλώσσα επερωτήσεων πολλών αντικειμενοστραφών ΣΔΒΔ (κυρίως οι τύποι ημερομηνία, ώρα, χρονόσημο). Για την υποστήριξη του χρόνου ισχύος στη γλώσσα επερωτήσεων ενός συστήματος ακολουθούνται τρεις προσεγγίσεις [39]:

- Στην πρώτη, παραμένει αναλλοίωτο τόσο το μοντέλο δεδομένων, όσο και η γλώσσα επερωτήσεων και οι χρήστες υλοποιούν δική τους μέθοδο υποστήριξης χρονικών εννοιών, βασιζόμενοι στην εκφραστική δύναμη του σχεσιακού ή αντικειμενοστραφούς μοντέλου που χρησιμοποιούν.
- Στη δεύτερη προσέγγιση, περιλαμβάνονται γενικού τύπου επεκτάσεις της γλώσσας και επιχειρείται να προσδιοριστεί ο τρόπος με τον οποίο οι επεκτάσεις αυτές υποστηρίζουν χρονικά μεταβαλλόμενες πληροφορίες.
- Η τρίτη προσέγγιση είναι αυτή που υιοθετήθηκε από τους περισσότερους ερευνητές και στην οποία προτείνονται συγκεκριμένα μοντέλα δεδομένων και αντίστοιχες δομές για την υποστήριξη του χρόνου ισχύος. Για την υποστήριξη του χρόνου διεκπεραίωσης σε μία γλώσσα επερωτήσεων, πρέπει να ληφθεί υπόψη αν θα τηρούνται διαφορετικές εκδοχές των αντικειμένων της βάσης (extension versioning) ή του σχήματος της βάσης (schema versioning). Αν διατηρούνται εκδοχές αντικειμένων της βάσης είναι δυνατό να τηρούνται και εκδοχές του σχήματος. Αν δεν τηρούνται εκδοχές των αντικειμένων, τότε διατηρείται μόνο η τρέχουσα μορφή του σχήματος. Για την υποστήριξη του χρόνου διεκπεραίωσης σε γλώσσες επερωτήσεων χρησιμοποιήθηκαν προσεγγίσεις ανάλογες με αυτές που περιγράφηκαν προηγουμένως για το χρόνο ισχύος.

Στο παρακάτω ερώτημα γραμμένο, σε TempSQL, εξετάζεται η ιστορικότητα σε ένα

κατάστημα ενοικίασης ταινιών (ποιος έχει ενοικιάσει τι έως την παρούσα χρονική στιγμή) [26]. Ο όρος WHILE περιορίζει το πλήθος υποψήφια εγγραφών σε εκείνες για τις οποίες πληρείται το κριτήριο της ισότητας. Η τομή διασφαλίζει την διερεύνηση στην τρέχουσα μορφή της βάσης, δηλαδή σε δεδομένα με χρόνο διεκπεραίωσης ίσο με την τρέχουσα χρονική στιγμή (NOW).

```
SELECT CustomerID, Title
WHILE [[CheckedOut.CarNum = VideoTape.TapeNum]]  $\cap$  [Now, Now] x [0,  $\infty$ ]
FROM CheckedOut, VideoTape
```

Η γλώσσα με την ευρύτερη αποδοχή είναι η Temporal SQL92 (TSQL92) που αποτελεί επέκταση της SQL92 και βασίζεται στο Bitemporal Conceptual Data Model. Κατά συνέπεια, υποστηρίζει τόσο το χρόνο ισχύος όσο και το χρόνο διεκπεραίωσης. Στην TSQL92 δε χρησιμοποιείται κάποιο πεδίο μίας σχέσης στο οποίο αποθηκεύεται ρητά χρόνος. Επομένως, δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε ερωτήματα ο χρόνος ισχύος ως γνώρισμα μιας εγγραφής και για το λόγο αυτό, λέγεται ότι διαθέτει ένα «έμμεσο» υποκείμενο μοντέλο δεδομένων. Το γεγονός αυτό απαλλάσσει το χρήστη από την ανάγκη να ενημερώνει τη σύνδεση μεταξύ διάφορων χρονικών περιόδων. Από την άλλη πλευρά όμως, η σημασιολογική ισχύς μικραίνει και η διατύπωση μερικών ερωτημάτων μπορεί να καταστεί δυσχερής [56].

### ***3.2.3 Υλοποίηση Χρονικών Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων***

Για την υλοποίηση χρονικών μοντέλων δεδομένων και γλωσσών επερωτήσεων σε ένα ΣΔΒΔ υιοθετήθηκαν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη, αποτελεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση στην οποία τα λειτουργικά τμήματα του ΣΔΒΔ τροποποιούνται ή επεκτείνονται ώστε να υποστηρίζονται χρονικά μεταβαλλόμενα δεδομένα. Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει μέγιστη απόδοση. Στη δεύτερη προσέγγιση, ακολουθείται μία διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική στην οποία τα χρονικά ερωτήματα μετατρέπονται σε τυπικά από λογισμικό που παρεμβάλλεται ανάμεσα στις εφαρμογές του χρήστη και το ΣΔΒΔ. Τα ερωτήματα αναγνωρίζονται και εκτελούνται από το υποκείμενο ΣΔΒΔ το οποίο δεν υπόκειται σε τροποποιήσεις. Η λογική αυτή θεωρείται πιο ρεαλιστική σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής [26]. Ανεξαρτήτως της προσέγγισης που θα χρησιμοποιηθεί για την επέκταση των δυνατοτήτων των παραδοσιακών ΣΔΒΔ, πρέπει να αντιμετωπιστούν ζητήματα που θα καταστήσουν αποτελεσματική τη διαχείριση και επεξεργασία χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών. Τέτοια ζητήματα είναι η επεξεργασία χρονικών ερωτημάτων, η υλοποίηση χρονικών τελεστών και η δεικτοδότηση χρονικών δεδομένων.

Η επεξεργασία χρονικών ερωτημάτων είναι γενικά πιο απαιτητική από την επεξεργασία συμβατικών ερωτημάτων. Το γεγονός αυτό οφείλεται εν μέρει στο ότι οι χρονικές σχέσεις (πίνακες) είναι μεγαλύτερες και το μέγεθός τους μπορεί να αυξάνει διαρκώς. Με αυτόν τον τρόπο, αν δεν βελτιστοποιηθεί η επεξεργασία των ερωτημάτων η εκτέλεση, λόγου χάρη, του ίδιου ερωτήματος θα απαιτεί όλο και

περισσότερο χρόνο για να ολοκληρωθεί. Επιπλέον, τα κατηγορήματα που χρησιμοποιούνται στα χρονικά ερωτήματα είναι συνήθως ανισότητες και είναι πιο δύσκολο να βελτιστοποιηθούν από τα κατηγορήματα ισότητας (π.χ. σύνδεση πινάκων) που επικρατούν στα τυπικά ερωτήματα.

Η υλοποίηση χρονικών τελεστών επιλογής, σύνδεσης, συνάθροισης συνίσταται στη δόμηση κατάλληλων αλγορίθμων. Οι αλγόριθμοι που προτάθηκαν επιτρέπουν τη χρονική σύνδεση (time-join), τη χρονική φυσική σύνδεση (temporal natural join) κ.ά. με τεχνικές nested-loop που εκμεταλλεύονται τη χρονική ταξινόμηση [26]. Οι χρονικές συναθροίσεις μελετήθηκαν κυρίως στα πλαίσια των αποθηκών δεδομένων.

Η έρευνα σχετικά με τη δεικτοδότηση χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών προσανατολίστηκε κυρίως στην υποστήριξη τελεστών χρονικής επιλογής. Οι περισσότερες μέθοδοι δεικτοδότησης στηρίζονται κατά βάση κυρίως στα  $B^+$ -δένδρα καθώς και στο R-δένδρο και τις παραλλαγές του. Ως κριτήρια αποτελεσματικότητας των διάφορων μεθόδων δεικτοδότησης χρησιμοποιήθηκαν ο απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης και ο χρόνος εκτέλεσης βασικών ερωτημάτων [39].

### ***3.3 Χωροχρονικές Βάσεις Δεδομένων***

Πρωταρχικός στόχος των Χωροχρονικών Βάσεων Δεδομένων είναι η ακριβής μοντελοποίηση της πραγματικότητας, η οποία περιλαμβάνει αντικείμενα των οποίων η θέση, το σχήμα και το μέγεθος αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου [48]. Οι χωροχρονικές εφαρμογές γενικά μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο των αντικειμένων (δεδομένων) που διαχειρίζονται [27]:

- Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει εφαρμογές για αντικείμενα σε διαρκή κίνηση. Η θέση των αντικειμένων μεταβάλλεται χωρίς να συμβαίνει το ίδιο και με το σχήμα τους. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών αποτελούν τα συστήματα πλοήγησης.
- Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται εφαρμογές που διαχειρίζονται αντικείμενα των οποίων η θέση και το σχήμα μπορούν να μεταβάλλονται, σε διακριτές όμως χρονικές στιγμές (λόγου χάρη κτηματολογικές εφαρμογές).
- Η τρίτη κατηγορία αφορά σε εφαρμογές που διαχειρίζονται αντικείμενα των οποίων τόσο η θέση όσο και το σχήμα μεταβάλλονται συνεχώς με το χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών συνιστούν οι μετεωρολογικές εφαρμογές.

Δίνοντας έναν απλουστευμένο ορισμό, θα μπορούσε να λεχθεί ότι οι Χωροχρονικές Βάσεις Δεδομένων είναι βάσεις δεδομένων στις οποίες αποθηκεύονται πληροφορίες για τη χωρική, χρονική και θεματική διάσταση των γεωγραφικών οντοτήτων. Στο [13] σημειώνεται ότι οι χωροχρονικές βάσεις δεδομένων διαχειρίζονται γεωμετρικές οι οποίες μεταβάλλονται με το χρόνο. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωροχρονικών

βάσεων δεδομένων: οι βάσεις στις οποίες τηρείται και διαχειρίζεται ιστορική πληροφορία (ιστορικές) και εκείνες στις οποίες διαχειρίζεται τρέχουσα πληροφορία (σύγχρονες) με σκοπό την εκτέλεση ερωτημάτων που αφορούν στο παρόν ή/και στο μέλλον (ερωτήματα πρόβλεψης).

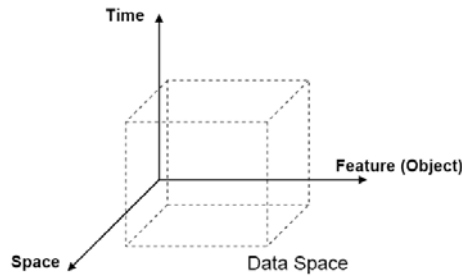
Η έρευνα γύρω από τις ΧΧΒΔ κατευθύνθηκε στη δημιουργία κατάλληλων μοντέλων δεδομένων, μεθόδων προσπέλασης και υλοποίησής τους σε ΣΔΒΔ.

### ***3.3.1 Χωροχρονικά Δεδομένα***

Τα χωροχρονικά δεδομένα προέρχονται από διάφορες πηγές. Οι μετακινήσεις ανθρώπων, μέσω μεταφοράς (αυτοκίνητα, αεροσκάφη, πλοία κ.λπ.), διαφόρων ειδών πανίδας, τα μετεωρολογικά φαινόμενα (π.χ. τυφώνες), τα μεταβαλλόμενα σύνορα ιδιοκτησιών ή κρατών αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα. Οτιδήποτε αλλάζει θέση ή σχήμα στο χώρο με την πάροδο του χρόνου, θα μπορούσε να ενταχθεί στα χωροχρονικά δεδομένα. Μία σημαντική κατηγοριοποίηση της κίνησης των αντικειμένων μπορεί να γίνει ανάλογα με το αν είναι ελεύθερη, περιορισμένη (π.χ. αυτοκίνητα) ή περιορισμένη σε κάποια μορφή δικτύου (π.χ. τρένα).

Για τη συλλογή χωροχρονικών δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως το Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικού Εντοπισμού (GPS), τα δίκτυα κυψελών της κινητής τηλεφωνίας και ασύρματα δίκτυα. Μέσω των συμβατικών συσκευών GPS η θέση ενός αντικειμένου μπορεί να προσδιοριστεί σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια μερικών μέτρων. Εκτός από τον προσδιορισμό θέσης, το σύστημα GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών βάσει θέσης (location-based services). Για τον ίδιο λόγο μπορεί να αξιοποιηθούν και οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Η θέση της συσκευής μπορεί να προσδιοριστεί μέσω τηλεπικοινωνιακών λειτουργιών προσδιορίζοντας την κυψέλη στην οποία βρίσκεται η συσκευή ή μετρώντας την απόσταση μεταξύ διαδοχικά επικαλυπτόμενων κυψελών, ανεξάρτητα από την ύπαρξη κυκλώματος GPS σε αυτή. Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να θεωρηθούν ότι παράγουν επίσης χωροχρονικά δεδομένα. Η διαφορά με τις προηγούμενες τεχνολογίες συνίσταται στην έκταση της περιοχής που καλύπτεται και εντός της οποίας προσδιορίζεται η θέση ενός κινούμενου αντικειμένου. Ενδιαφέρουσες εφαρμογές στον τομέα αυτό αναπτύσσονται στην παρακολούθηση ιατρικού προσωπικού εντός νοσοκομειακών εγκαταστάσεων με σκοπό την εξυπηρέτηση των ασθενών. Ολοένα και περισσότεροι χρήστες κάνουν χρήση των παραπάνω τεχνολογιών, καθώς το κόστος κτήσης του απαιτούμενου εξοπλισμού διαρκώς φθίνει. Συνεπώς η αποτελεσματικότητα, τουλάχιστον όσον αφορά στο χρόνο απόκρισης των συστημάτων στα αιτήματα των χρηστών, αποτελεί ζήτημα προεξάρχουσας σημασίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα που προέρχονται από τέτοιες εφαρμογές έχουν τεράστιο όγκο, αλλά ταυτόχρονα σχετίζονται άμεσα με τη διεθνή πολιτική περί προστασίας προσωπικών δεδομένων. Επομένως, δεν είναι εφικτή η εκτέλεση δοκιμών μέτρησης της απόδοσης συστημάτων (benchmarking) που διαχειρίζονται



Σχήμα 3.1: Βάσεις οργάνωσης του χώρου των δεδομένων

χωροχρονικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν εφαρμογές που παράγουν τέτοια δεδομένα όπως το Generate SpatioTemporal Data (GSTD) Tool [49] και το City Simulator της IBM.

### 3.3.2 Μοντελοποίηση Χωροχρονικών Δεδομένων

Σε εννοιολογικό επίπεδο, τα συστήματα χωροχρονικών βάσεων δεδομένων διαθέτουν μηχανισμούς για την αναπαράσταση του χώρου, του χρόνου και των ιδιοτήτων. Σε λογικό επίπεδο η αναπαράσταση των εννοιών αυτών επιτυγχάνεται μέσω συγκεκριμένων μεθόδων [47]. Για την ταξινόμηση των εννοιολογικών μοντέλων χωροχρονικών δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάσεις οργάνωσης ο Χώρος (Space), ο Χρόνος (Time) και η Οντότητα (Feature) [11]. Εκφράζονται ως άξονες που δομούν το χώρο των δεδομένων (data space), (Σχήμα 3.1). Διακρίνονται με αυτόν τον τρόπο προσεγγίσεις βασισμένες στο χώρο, βασισμένες στο χρόνο και βασισμένες στα αντικείμενα ή τις οντότητες. Στο [28] προτείνεται και μία τέταρτη κατηγορία προσεγγίσεων που περιλαμβάνει προσεγγίσεις βασισμένες σε συνδυασμό των προηγούμενων (multiple bases approach).

Στην πρώτη κατηγορία ανήκει το μοντέλο θέσης (location-based model). Ο χώρος διαιρείται σε θέσεις βάσει ενός πλέγματος. Για κάθε θέση οι διαδοχικές μεταβολές καταγράφονται σε μία λίστα, όταν συμβαίνουν. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να παρασταθεί με επίπεδα παράλληλα στο επίπεδο Χρόνος-Οντότητα στο Σχήμα 3.1.

Στα βασισμένα στο χρόνο μοντέλα ανήκουν το μοντέλο στιγμιότυπων (snapshot model), το μοντέλο συμβάντων (event-based model) και το μοντέλο διαδικασιών (process-based model).

- Στο *μοντέλο στιγμιότυπων* αποθηκεύονται στιγμιότυπα ολόκληρης της βάσης σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Για την πλήρη διατήρηση της ιστορικότητας υπάρχει η απαίτηση της αποθήκευσης ενός νέου στιγμιότυπου κάθε φορά που πραγματοποιείται μία μεταβολή στα δεδομένα της βάσης. Όταν οι ενημερώσεις δεν είναι συχνές, η απόδοση του συστήματος μπορεί να είναι ικανοποιητική. Η αδυναμία του μοντέλου είναι ο προφανής πλεονασμός δεδομένων και ο διαρκώς αυξανόμενος αποθηκευτικός χώρος που απαιτείται για τη διατήρηση της ιστορικότητας. Βελτιώσεις του



μοντέλου περιόρισαν τα «τμήματα» της βάσης για τα οποία αποθηκεύονται στιγμιότυπα (σχέσεις, εγγραφές).

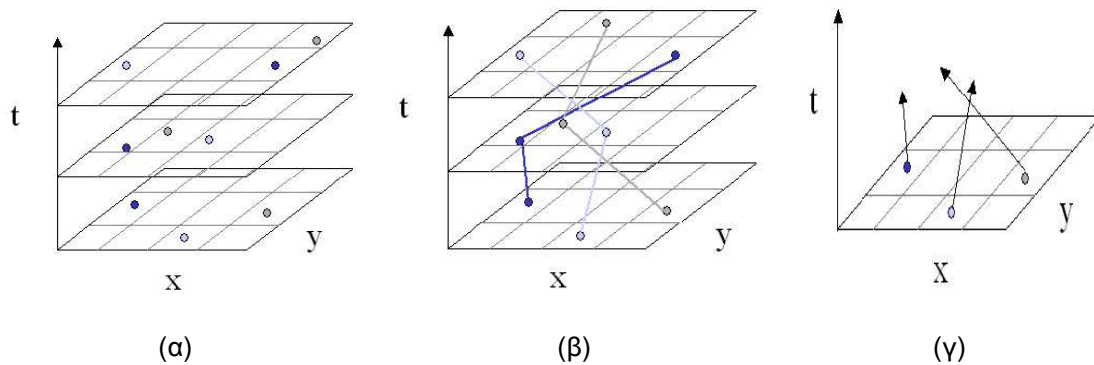
- Στα *μοντέλα συμβάντων* ορίζονται ρητά οι χρονικές σχέσεις μεταξύ διαδοχικών καταστάσεων των αντικειμένων και οι μεταβολές αναπαρίστανται από συμβάντα (events). Υπάρχει το πλεονέκτημα αποτελεσματικής διαχείρισης ερωτημάτων που συμπεριλαμβάνουν χρονικές σχέσεις μεταξύ των συμβάντων.
- Στο *μοντέλο διαδικασιών* ορίζονται ρητά και εντάσσονται σε συγκεκριμένες διαδικασίες οι χωρικές σχέσεις μεταξύ διαδοχικών καταστάσεων των αντικειμένων.

Τα βασισμένα σε αντικείμενα ή οντότητες μοντέλα αποθηκεύουν τις μεταβολές ενημερώνοντας αποθηκευμένα στιγμιότυπα. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να παρασταθεί με επίπεδα παράλληλα στο επίπεδο Χρόνος-Χώρος στο παραπάνω σχήμα. Η πρόταση των Gutting et al [21] στην οποία γίνεται εκτενέστερη αναφορά στη συνέχεια λόγω της άμεσης σύνδεσής της με τις βάσεις δεδομένων κινούμενων αντικειμένων, μπορεί να θεωρηθεί ότι κατατάσσεται στην κατηγορία αυτή. Άλλα μοντέλα της κατηγορίας αυτής αποτελούν το *spatiotemporal object model* και το *space-time composite model*.

Μοντέλα για τα οποία χρησιμοποιείται συνδυασμός προσεγγίσεων είναι το τριαδικό μοντέλο της Reuquet [40] και το μοντέλο των τριών περιοχών (*three domains model*) του Yuan (1994). Στα μοντέλα αυτά, τα γεγονότα μπορούν να αναφέρονται σε θέσεις ή σε αντικείμενα.

Σε επίπεδο λογικού σχεδιασμού η μοντελοποίηση χωροχρονικών δεδομένων οφείλει να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις. Τέτοιες απαιτήσεις είναι, για παράδειγμα, η αποτελεσματική αναπαράσταση αντικειμένων με θέση στο χώρο και ύπαρξη στο χρόνο, των χωρικών συσχετίσεών τους στο χρόνο, η αντιμετώπιση της μεταβολής της θέσης (η οποία μπορεί να είναι συνεχής ή διακριτή) με το χρόνο, η επιβολή χωροχρονικών περιορισμών ακεραιότητας [50]. Οι περισσότερες προσπάθειες λογικού σχεδιασμού επικεντρώθηκαν στην επέκταση του σχεσιακού ή αντικειμενοστραφών μοντέλων.

Τα χωροχρονικά δεδομένα είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν ανάλογα με τις σημασιολογικές θεωρήσεις της εφαρμογής και τον τύπο των ερωτημάτων που είναι απαραίτητο να υποστηρίζονται. Τα δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν ως δυοδιάστατα ή τρισδιάστατα χωρικά αντικείμενα με το χρόνο ως επιπλέον διάσταση. Η έκταση των χωρικών αντικειμένων δεν ενδιαφέρει σε πολλές εφαρμογές και με αυτόν τον τρόπο τα δεδομένα αναπαρίστανται από σημεία στον τρισδιάστατο ή τετραδιάστατο χώρο (Σχήμα 3.2α).



**Σχήμα 3.2: Μοντελοποίηση χωροχρονικών δεδομένων:  
(α) ως σημεία, (β) ως τροχιές, (γ) ως παραμετρικές συναρτήσεις [32]**

Παρόλο που η κίνηση των αντικειμένων είναι συνήθως συνεχής, λαμβάνονται δειγματοληπτικά δεδομένα για τη θέση τους, λόγω χάρη ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Μία αφαίρεση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα σημεία αυτά είναι αυτή του μοντέλου των *τροχιών* (trajectories). Σε αυτή την περίπτωση θεωρείται μία γραμμική τροχιά μεταξύ των σημείων κατά μήκος της οποίας το αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα (Σχήμα 3.2β). Τα δεδομένα προς δεικτοδότηση αποτελούν τελικά ένα σύνολο τρισδιάστατων ή τετραδιάστατων πολυγραμμών. Το μοντέλο τροχιών μπορεί να φανεί αποδοτικό όταν οι ενημερώσεις για τη θέση των σημείων δεν είναι συχνές και τα ερωτήματα αφορούν σε χρονικά διαστήματα μεταξύ των διαδοχικών ενημερώσεων. Όταν ενδιαφέρει η τρέχουσα/μελλοντική θέση των κινούμενων αντικειμένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα παραμετρικό μοντέλο (Σχήμα 3.2γ). Στη βάση καταγράφεται μία παραμετρική συνάρτηση του διανύσματος της ταχύτητας του αντικειμένου. Αν οι παράμετροι της συνάρτησης αλλάξουν πέρα ένα προκαθορισμένο όριο, πρέπει να πραγματοποιηθεί η αντίστοιχη ενημέρωση τόσο στην αποθηκεύμενη συνάρτηση όσο και στα αντίστοιχα ευρετήρια. Η διατήρηση της ιστορικότητας μέσω του παραμετρικού μοντέλου μπορεί να εξασφαλισθεί μέσω συγκεκριμένου μηχανισμού, καθώς μόνο στο μοντέλο διατηρείται μόνο η τρέχουσα συνάρτηση της ταχύτητας. Ένα άλλο εναλλακτικό μοντέλο δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αξιοποιεί τυχόν περιορισμούς που υπάρχουν στην κίνηση των αντικειμένων. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν ως σημεία κατά μήκος μιας μονοδιάστατης γραμμής (π.χ. οχήματα που κινούνται σε ένα δρόμο).

### **3.3.3 Βάσεις Δεδομένων Κινούμενων Αντικειμένων**

Ένα σημαντικό τμήμα των εφαρμογών των χωροχρονικών βάσεων δεδομένων όπως υπηρεσίες βάσει θέσης, εντοπισμός οχήματος, διαχείριση στόλου, διαχείριση μεταφορών κ.ά., έχουν ως υποκείμενη την τεχνολογία των Βάσεων Δεδομένων Κινούμενων Αντικειμένων (Moving Objects Databases). Έναυσμα για την ανάπτυξη των συστημάτων αυτών αποτέλεσε η θεώρηση των γεωγραφικών οντοτήτων ως οντότητες (αντικείμενα) που εξελίσσονται με το χρόνο [13]. Η εξέλιξη των οντοτήτων είναι δυνατό να αφορά σε μεταβολή της θέσης, του

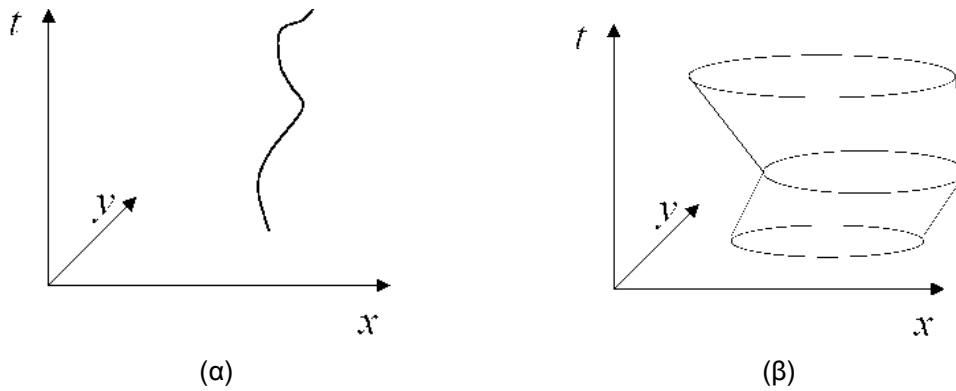
σχήματος και του μεγέθους τους. Η δημιουργία ενός καθολικά αποδεκτού μοντέλου δεδομένων, κατάλληλου για όλα τα είδη των χωροχρονικών εφαρμογών, δεν έχει επιτευχθεί και η υιοθέτηση κάποιας πρότασης εξαρτάται, κάθε φορά, περισσότερο από τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Το συμπέρασμα αυτό, ενισχύεται και από τη μη υλοποίηση κάποιου από τα προτεινόμενα μοντέλα στα υπάρχοντα εμπορικά ΣΔΧΒΔ. Παρόλα αυτά, το μοντέλο που περιγράφεται στη συνέχεια συνοδεύεται από λεπτομέρειες υλοποίησής του σε ΣΔΒΔ οι οποίες αξιοποιήθηκαν κατά την υλοποίησή του στο πρότυπο σύστημα Secondo DBMS.

Στην πρόταση των Gutting et al [13], [14], [21] περιγράφεται ένα μοντέλο δεδομένων για χωροχρονικά δεδομένα καθώς και μεθοδολογία υλοποίησης του σε σχεσιακά, αντικειμενοστραφή, αντικειμενοσχεσιακά ή άλλα επεκτάσιμα ΣΔΒΔ. Η βασική ιδέα συνίσταται στην επέκταση των συστημάτων διαχείρισης χωρικών βάσεων δεδομένων με αφηρημένους τύπους δεδομένων και λειτουργίες στους τύπους αυτούς.

Αρχικά, γίνεται η θεώρηση ότι η εξέλιξη των χωρικών οντοτήτων (μεταβολή θέσης, σχήματος, μεγέθους) σχετίζεται με το χρόνο ισχύος. Επίσης, θεωρούνται οι βασικοί χωρικοί τύποι δεδομένων σημείο και περιοχή. Οι χωροχρονικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση χρονικά εξελισσόμενων χωρικών οντοτήτων είναι το *κινούμενο σημείο* (moving point, mpoint) και η *κινούμενη περιοχή* (moving region, mregion), (Σχήμα 3.3). Οι τιμές των τύπων είναι συναρτήσεις που συσχετίζουν κάθε χρονική στιγμή με ένα σημείο ή μία περιοχή. Ένα κινούμενο σημείο μπορεί να αναπαρασταθεί ως καμπύλη στον τρισδιάστατο χώρο  $(x, y, t)$ . Μία κινούμενη περιοχή αποτελεί ένα σύνολο όγκων στον ίδιο χώρο. Κάθε τομή των όγκων με επίπεδα κάθετα στον άξονα του χρόνου αποτελεί την κινούμενη περιοχή που αντιστοιχεί σε αυτή τη χρονική στιγμή.

Η περιγραφή του μοντέλου γίνεται σε δύο αλληλοσυνδεόμενα επίπεδα αφαίρεσης. Το πρώτο επίπεδο ονομάζεται *αφηρημένο* (abstract model) στο οποίο τα πεδία ορισμού των τύπων δεδομένων αφορούν σε μη πεπερασμένα σύνολα. Χαρακτηρίζεται από απλότητα και εστιάζει στην αναπαράσταση όλων των εννοιών που σχετίζονται με τη χρονική εξέλιξη των χωροχρονικών οντοτήτων, αποκρύπτοντας τις λεπτομέρειες αναπαράστασης. Επειδή όμως δεν είναι άμεσα υλοποιήσιμο, απαιτείται η δόμηση ενός *διακριτού μοντέλου* (discrete model) στο οποίο χρησιμοποιούνται πεπερασμένες αναπαραστάσεις των αντίστοιχων τύπων του αφηρημένου μοντέλου. Για παράδειγμα, μία συνεχής καμπύλη του αφηρημένου μοντέλου μπορεί να αναπαρασταθεί με μία τρισδιάστατη πολυγραμμή στο διακριτό μοντέλο. Το διακριτό μοντέλο είναι πιο σύνθετο και συνοδεύεται από μεθοδολογία υλοποίησης του σε ένα ΣΔΒΔ.

Εκτός από τους προτεινόμενους τύπους δεδομένων, περιλαμβάνονται και λειτουργίες στους τύπους αυτούς. Παραδείγματα λειτουργιών σε χωροχρονικούς τύπους δεδομένων αποτελούν η τροχιά και η απόσταση.



Σχήμα 3.3: (α) Κινούμενο σημείο (β) Κινούμενη περιοχή

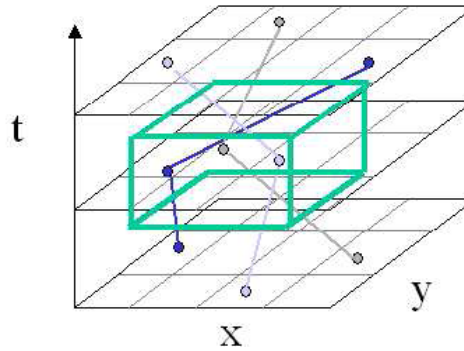
Η προβολή κινούμενων σημείων στο επίπεδο αποτελείται από σημεία και γραμμές. Η λειτουργία τροχιά υπολογίζει τις γραμμές της προβολής. Η λειτουργία απόσταση υπολογίζει την απόσταση μεταξύ δύο κινούμενων σημείων.

### 3.3.4 Χωροχρονικά Ερωτήματα

Οι τύποι χωροχρονικών ερωτημάτων εξαρτώνται γενικά από το είδος της χωροχρονικής εφαρμογής, ιστορικής ή σύγχρονης. Τα ιστορικά ερωτήματα εστιάζουν στην ανάκτηση πληροφορίας σχετικής με την παρελθοντική κίνηση/κατάσταση των αντικειμένων. Με τα σύγχρονα ερωτήματα και τα ερωτήματα πρόβλεψης αναζητούνται πληροφορίες για την τρέχουσα/μελλοντική θέση/κατάσταση των αντικειμένων.

Τα ερωτήματα σε χωροχρονικές βάσεις δεδομένων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε [61]:

- Ερωτήματα *βασισμένα στις συντεταγμένες* (coordinate-based queries). Τα ερωτήματα αυτά μπορούν να απαντηθούν αν είναι γνωστή η θέση ενός ή περισσότερων κινούμενων αντικειμένων σε μια χρονική στιγμή ή για κάποιο χρονικό διάστημα. Η θέση  $(x, y)$  ενός κινούμενου αντικειμένου μια χρονική στιγμή  $t$  αναπαρίσταται στον τρισδιάστατο χώρο ως σημείο με συντεταγμένες  $(x, y, t)$ , όπου οι δυο πρώτες αφορούν τη χωρική πληροφορία και η τρίτη τη χρονική. Στα ερωτήματα που βασίζονται σε συντεταγμένες περιλαμβάνονται [32]:
  - Ερωτήματα *χρονικής στιγμής* (time slice queries). Σε ένα παράδειγμα ερωτήματος χρονικής στιγμής θα μπορούσε να ζητείται ο προσδιορισμός της θέσης ενός αντικειμένου σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.
  - Ερωτήματα *περιοχής* (range queries). Ένα ερώτημα περιοχής αναζητά αντικείμενα που διήλθαν από μία περιοχή σε κάποιο χρονικό διάστημα. Η περιοχή αυτή ορίζεται ως ένα κυβοειδές στον τρισδιάστατο χώρο (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Χωροχρονικό ερώτημα περιοχής [32]

- Ερωτήματα *απόστασης* (distance-based queries). Ένα ερώτημα απόστασης θα μπορούσε να επιστρέφει τα αντικείμενα που την τρέχουσα χρονική στιγμή ή κάποια χρονική στιγμή κατά το παρελθόν βρίσκονταν σε μια συγκεκριμένη απόσταση από ένα σταθερό ή κινούμενο αντικείμενο αναφοράς (σημείο ή περιοχή).
- Ερωτήματα *εγγύτερου γείτονα* (nearest neighbour). Στα ερωτήματα εγγύτερου γείτονα αναζητούνται εκείνα τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται πλησιέστερα στην τρέχουσα θέση ενός κινούμενου αντικειμένου,.
- Ερωτήματα *μελλοντικής θέσης*. Στα ερωτήματα μελλοντικής θέσης επιχειρείται να γίνει πρόβλεψη της θέσης ενός κινούμενου αντικειμένου σε μια μελλοντική χρονική στιγμή. Θεωρητικά, οι προηγούμενες κατηγορίες θα μπορούσαν να αφορούν και στην εκτίμηση μελλοντικών θέσεων. Τα ερωτήματα μελλοντικής θέσης εισάγουν ιδιαίτερες απαιτήσεις, τόσο στην επεξεργασία όσο και στη δεικτοδότησή τους [61]. Αυτό συμβαίνει, διότι γίνεται η παραδοχή ότι τα χαρακτηριστικά της κίνησης των κινούμενων αντικειμένων, όπως αυτά εκφράζονται από το διάνυσμα της ταχύτητάς τους, παραμένουν σταθερά για κάποιο χρονικό διάστημα. Με βάση την υπόθεση αυτή, η εκτίμηση της μελλοντικής θέσης ενός κινούμενου αντικειμένου γίνεται ως συνάρτηση της τρέχουσας θέσης του και του (σταθερού) διανύσματος της τροχιάς του. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα παραθυρικά ερωτήματα και κινούμενα ερωτήματα (moving queries).
- Ερωτήματα *βασισμένα στην τροχιά* (trajectory-based queries). Τα βασισμένα στην τροχιά ερωτήματα περιλαμβάνουν:
  - Ερωτήματα *τοπολογίας* (topological queries). Σε ένα τοπολογικό ερώτημα αναζητείται αν οι τροχιές των αντικειμένων εισέρχονται, εξέρχονται, τέμνουν, παραμένουν εντός μιας συγκεκριμένης χωροχρονικής περιοχής [32]. Η υποστήριξη αυτού του τύπου ερωτημάτων δεν είναι απλή, αφού πρέπει να διατηρείται η έννοια της τροχιάς, ως οντότητα και όχι ως ένα σύνολο ευθύγραμμων τμημάτων [61].

- Ερωτήματα *πλοήγησης* (navigational queries). Στα ερωτήματα πλοήγησης λαμβάνονται υπόψη μεταξύ άλλων η ταχύτητα, η κατεύθυνση, η διανυθείσα απόσταση ενός κινούμενου αντικειμένου
- Ερωτήματα άλλου τύπου. Τα ερωτήματα άλλου τύπου περιλαμβάνουν:
  - Ερωτήματα *συνάθροισης*. Παράδειγμα ενός ερωτήματος συνάθροισης θα μπορούσε να αναζητά τον αριθμό των αντικειμένων που βρίσκονται σε μία περιοχή σε δεδομένη χρονική στιγμή.
  - Ερωτήματα *σύνδεσης*. Στα ερωτήματα αυτού του τύπου συνδυάζονται πληροφορίες από διαφορετικά σύνολα αντικειμένων (ή ένα σύνολο με τον εαυτό του - αυτοσύνδεση).

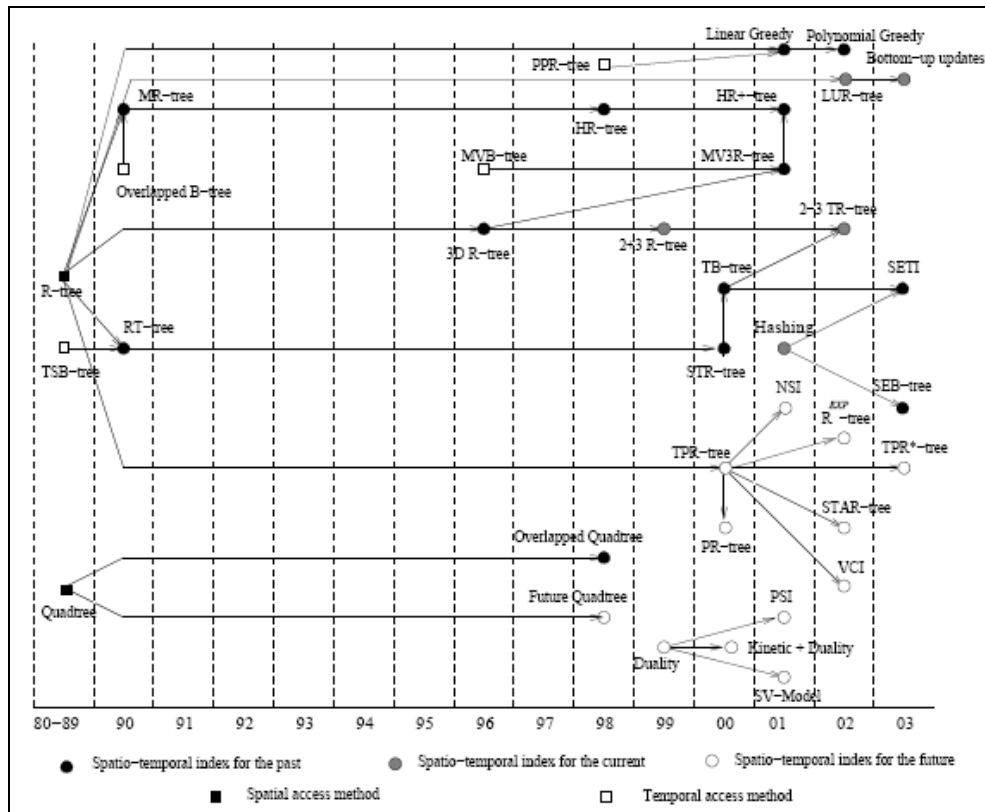
### 3.3.5 Προσπέλαση Χωροχρονικών Δεδομένων

Η ανάπτυξη μεθόδων προσπέλασης γενικά, σχετίζεται με τη δημιουργία βοηθητικών δομών οι οποίες επιτρέπουν την αποδοτική ανάκτηση δεδομένων από μία βάση. Για την αποδοτική ανάκτηση χωροχρονικών δεδομένων έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία διάφορες μέθοδοι δεικτοδότησης. Σε μία κατηγοριοποίηση των μεθόδων αυτών [48] διακρίνονται μέθοδοι στις οποίες ο χρόνος αντιμετωπίζεται ως άλλη μία διάσταση, άλλες που ενσωματώνουν το χρόνο στη δομή του ευρετηρίου, χωρίς τη θεώρηση επιπλέον διάστασης και τεχνικές στις οποίες χρησιμοποιούνται επικαλυπτόμενες δομές ευρετηρίου για την αναπαράσταση της βάσης σε διάφορες χρονικές στιγμές.

Μία διαφορετική προσέγγιση κατηγοριοποιεί τις μεθόδους προσπέλασης χωροχρονικών δεδομένων ανάλογα με το είδος των ερωτημάτων που υποστηρίζουν [33]. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται σε μεθόδους δεικτοδότησης του παρελθόντος (ερωτήματα ιστορικότητας), σε μεθόδους παρακολούθησης της τρέχουσας κατάστασης (ερωτήματα για το «τώρα») και σε μεθόδους που διευκολύνουν την εκτέλεση ερωτημάτων για το μέλλον (ερωτήματα πρόβλεψης).

Οι μέθοδοι προσπέλασης που υποστηρίζουν ερωτήματα ιστορικότητας μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω σύμφωνα με κριτήρια ανάλογα της κατηγοριοποίησης που αναφέρθηκε στην ενότητα αρχικά. Με αυτόν τον τρόπο διακρίνονται δομές που προσθέτουν τη χρονική διάσταση σε δομές χωρικών ευρετηρίων (π.χ. RT-δένδρο, 3D R-δένδρο, STR-δένδρο), επικαλυπτόμενες δομές χρονικών και χωρικών ευρετηρίων (π.χ. MR-δένδρο, HR-δένδρο, HR+-δένδρο, MV3R-δένδρο) και δομές όπου κυρίαρχο ρόλο διαδραματίζει η χρονική δεικτοδότηση (π.χ. TB-δένδρο, SETI-δένδρο, SEB-δένδρο).

Στις μεθόδους που αναφέρθηκαν προηγουμένως γίνεται η θεώρηση ότι είναι γνωστή η χωροχρονική θέση των αντικειμένων και δεν υποβάλλονται ερωτήματα σχετικά με την τρέχουσα θέση τους. Ερωτήματα για την τρέχουσα θέση των αντικειμένων υποστηρίζονται από μεθόδους όπως το 2+3 R--δένδρο,



Σχήμα 3.5: Επισκόπηση χωροχρονικών μεθόδων προσπέλασης [33]

το 2-3 TR-δένδρο , το LUR-δένδρο, bottom-up ενημερώσεις του R-δένδρου.

Για την εκτέλεση ερωτημάτων πρόβλεψης είναι απαραίτητη η αποθήκευση επιπλέον στοιχείων όπως ταχύτητα ή κατεύθυνση. Η προβλεπόμενη θέση ενός κινούμενου αντικειμένου σε δεδομένη μελλοντική στιγμή, προσδιορίζεται βάσει μίας γνωστής θέσης αναφοράς και του διανύσματος της ταχύτητας. Μέθοδοι που υποστηρίζουν την εκτέλεση ερωτημάτων παρόντος/μέλλοντος είναι το PMR-δένδρο, μέθοδοι μετασχηματισμού (duality transformation, μοντέλο SV κ.ά.), και παραμετρικές χωρικές μέθοδοι. Οι τελευταίες βασίζονται στο R-δένδρο και επιχειρείται τα περιβάλλοντα ορθογώνια να εκφραστούν ως συναρτήσεις του χρόνου. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων αποτελούν το PR-δένδρο, το NSI-δένδρο, το NCI R- δένδρο, το STAR- δένδρο και το TPR\*- δένδρο. Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται μία διαγραμματική επισκόπηση των χωροχρονικών μεθόδων προσπέλασης που έχουν προταθεί κατά καιρούς.





# 4

## *Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς και Δυναμική Κατάτμηση*

### *4.1 Εισαγωγή*

Η θέση των οντοτήτων στο γεωγραφικό χώρο περιγράφεται συνήθως μέσω των συντεταγμένων τους σε κάποιο χωρικό σύστημα αναφοράς. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, στις οποίες η περιγραφή μίας θέσης στο χώρο με χρήση συντεταγμένων δεν ενδείκνυται. Η αναφορά στη θέση ενός τροχαίου ατυχήματος ή μιας διαρροής σε κάποιο αγωγό καθίσταται πιο αποτελεσματική όταν εκφράζεται με όρους απόστασης από κάποιο χαρακτηριστικό σημείο του δρόμου ή του αγωγού, δηλαδή όταν εκφράζεται μέσω Γραμμικής Αναφοράς (Linear Referencing).

Παραδοσιακά, οργανισμοί διαχείρισης δικτύων μεταφορών, δικτύων κοινής ωφελείας χρησιμοποιούν τη Γραμμική Αναφορά για την περιγραφή της θέσης των δεδομένων που διαχειρίζονται. Για τη διαχείριση τέτοιων δεδομένων αναπτύχθηκαν τα Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς (Linear Referencing Systems). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν το συσχετισμό χαρακτηριστικών μιας γραμμικής οντότητας με σημεία ή τμήματα πάνω σε αυτή, με ένα φυσικό και εύχρηστο τρόπο.

Η ύπαρξη Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς και η οργάνωση των δεδομένων με γραμμική αναφορά, παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού της θέσης τους πάνω σε μία γραμμική οντότητα (linear entity), χωρίς να απαιτείται η ρητή αποθήκευση συντεταγμένων. Ο προσδιορισμός της θέσης στο γεωγραφικό χώρο γίνεται δυναμικά, μέσω της Δυναμικής Κατάτμησης (Dynamic Segmentation). Η

πραγματοποίηση Δυναμικής Κατάτμησης διευκολύνει την απεικόνιση και ανάλυση δεδομένων. Η ανάλυση είναι πληρέστερη, όταν λαμβάνεται υπόψη η δυναμική φύση τόσο των γραμμικών οντοτήτων, όσο και των δεδομένων που σχετίζονται με αυτές.

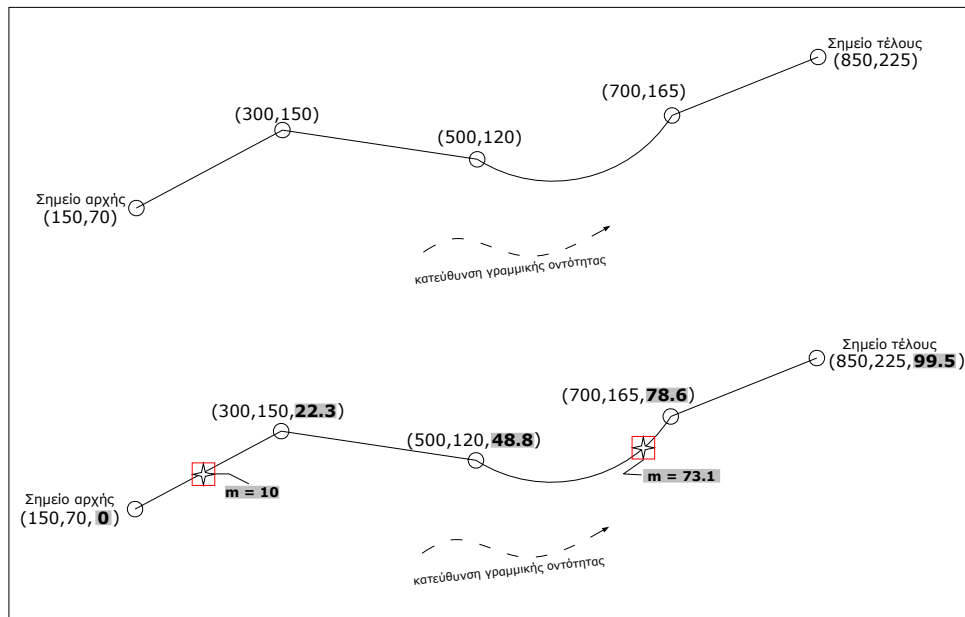
Στις ενότητες που ακολουθούν αναλύονται έννοιες σχετικές με τα Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς, τη διαδικασία της Δυναμικής Κατάτμησης, ενώ περιγράφεται και η εφαρμογή τους σε εμπορικά πακέτα λογισμικού.

## **4.2 Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς**

### **4.2.1 Γενικά**

Η θέση των οντοτήτων στο γεωγραφικό χώρο περιγράφεται χρησιμοποιώντας συστήματα αναφοράς. Τα συστήματα αναφοράς αφορούν γενικά στο  $n$ -διάστατο χώρο. Στο δισδιάστατο χώρο, η θέση ενός αντικειμένου προσδιορίζεται βάσει ενός ζεύγους συντεταγμένων ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) σε κάποιο ελλειψοειδές αναφοράς (γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς) ή με χρήση καρτεσιανών συντεταγμένων ( $x$ ,  $y$ ) σε κάποιο χαρτογραφικό προβολικό επίπεδο. Στον τρισδιάστατο χώρο λαμβάνεται υπόψη και η πληροφορία του υψομέτρου και η θέση των οντοτήτων προσδιορίζεται με τρεις παραμέτρους. Στα γεωκεντρικά συστήματα αναφοράς χρησιμοποιούνται οι τιμές των συντεταγμένων ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) στον τρισσορθογώνιο καρτεσιανό χώρο (π.χ. δεδομένα GPS). Επίσης, η τρίτη διάσταση μπορεί να αναφέρεται και στην απόσταση από το γεωειδές ή από κάποιο τοπικό υψομετρικό σύστημα αναφοράς. Στην περίπτωση που ενδιαφέρει η εξέλιξη των οντοτήτων με το χρόνο, μπορεί να προστεθεί στα παραπάνω συστήματα μία επιπλέον διάσταση που αφορά στο χρόνο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που ενδιαφέρει ο προσδιορισμός της θέσης ενός αντικειμένου στο μονοδιάστατο χώρο, με τη χρήση μίας μόνο παραμέτρου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της Γραμμικής Αναφοράς. Η Γραμμική Αναφορά είναι η διαδικασία προσδιορισμού θέσεων σε ένα δίκτυο ή σε μία ακμή του δικτύου. Ο προσδιορισμός γίνεται παρέχοντας ένα σημείο αφετηρίας (start point), κατεύθυνση και απόσταση από το σημείο αυτό [51]. Για τη διαχείριση δεδομένων με γραμμική αναφορά αναπτύχθηκαν τα Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς.

Επομένως, σε ένα Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς η θέση μίας γεωγραφικής οντότητας προσδιορίζεται μονοσήμαντα κατά μήκος μίας υπάρχουσας γραμμικής οντότητας (γεωγραφική οντότητα που μπορεί να αναπαρασταθεί ως αλληλουχία γραμμών, όπως δρόμοι, ποταμοί, δίκτυα τηλεπικοινωνιών κ.λπ.) με χρήση μίας μόνο παραμέτρου, γνωστής ως μέτρησης (measurement,  $m$ ). Ο προσδιορισμός της θέσης των οντοτήτων είναι *σχετικός*, καθώς η μέτρηση εκφράζει την απόσταση σε συγκεκριμένη κατεύθυνση από κάποια συγκεκριμένη αφετηρία στη γραμμική οντότητα. Παραδείγματος χάρη, με τη χρήση της ονομασίας/κωδικού ενός οδικού άξονα και μίας χιλιομετρικής θέσης σε αυτόν



**Σχήμα 4.1: (α) Γραμμική οντότητα οι κορυφές της οποίας περιγράφονται από συντεταγμένες  $(x, y)$ , (β) Στη γραμμική οντότητα έχουν ανατεθεί τιμές μέτρησης  $m$  βάσει των οποίων εντοπίζονται θέσεις σε αυτή**

προσδιορίζεται μονοσήμαντα η θέση κάποιου ατυχήματος που συνέβη στο δρόμο αυτόν.

Σύμφωνα με το [34] ένα Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς «είναι το σύνολο των διαδικασιών για τον προσδιορισμό και τήρηση σημείων κατά μήκος μίας γραμμικής οντότητας... Το Σύστημα περιλαμβάνει μία ή περισσότερες μεθόδους γραμμικής αναφοράς μαζί με τις διαδικασίες για την αποθήκευση, διατήρηση και ανάκτηση πληροφοριών θέσης σημείων ή τμημάτων των αυτοκινητοδρόμων (γραμμικών οντοτήτων)». Αποτελεί μία μέθοδο αποθήκευσης γεωγραφικών δεδομένων χρησιμοποιώντας τη σχετική τους θέση κατά μήκος μίας γνωστής γραμμικής οντότητας και παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού θέσης χωρίς τη χρήση συντεταγμένων  $x, y$  [15]. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μηχανισμός μέσω του οποίου εντοπίζεται ένα άγνωστο σημείο σε ένα δίκτυο συσχετίζοντάς το με ένα γνωστό σημείο (αφετηρία).

Η βασική αρχή δόμησης ενός Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς στηρίζεται στην ανάθεση μοναδικού αναγνωριστικού (identifier) στις γραμμικές οντότητες και την απόδοση τιμών μέτρησης στα σημεία αρχής και τέλους αυτών. Τα σημεία αρχής και τέλους που θα επιλεγούν εξαρτώνται από τον τρόπο δόμησης της γεωμετρίας και τις σημασιολογικές θεωρήσεις της εφαρμογής. Οι τιμές μέτρησης  $m$  στα ενδιάμεσα σημεία (αν υπάρχουν) αποδίδονται με παρεμβολή (ή/και απευθείας, όταν υπάρχει αντίστοιχη πληροφορία). Με αυτόν τον τρόπο, κάθε σημείο της γραμμικής οντότητας περιγράφεται πλέον από συντεταγμένες  $(x, y, m)$  ή  $(x, y, z, m)$ . Οι τιμές που μπορεί να λάβει η μέτρηση  $m$  εξετάζονται στην ενότητα 4.2.3. Η θέση αντικειμένων, συμβάντων και χαρακτηριστικών επί της γραμμικής οντότητας προσδιορίζεται βάσει της τιμής μέτρησης  $m$  (Σχήμα 4.1).

Segment_ID	Linear_Feature_ID	Shape	...
1	A010	Polyline	
2	A010	Polyline	
3	A010	Polyline	
4	B010	Polyline	
5	B010	Polyline	

**Πίνακας 4.1:** Τα γεωμετρικά τμήματα που συνθέτουν μία γραμμική οντότητα πρέπει να διαθέτουν ως γνώρισμα ένα μοναδικό αναγνωριστικό της οντότητας προκειμένου να ανατεθούν τιμές μέτρησης

Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία μέτρησης  $m$  για τα σημεία της γραμμικής οντότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μήκος στη χαρτογραφική προβολή (ή στον τρισδιάστατο χώρο). Στην περίπτωση αυτή, οι μονάδες της τιμής  $m$  είναι ίδιες με του συστήματος των προβολικών/γεωγραφικών συντεταγμένων. Όταν υπάρχει πληροφορία μέτρησης, για κάποια σημεία ανατίθεται απευθείας, ενώ για την ανάθεση τιμών στα ενδιάμεσα σημεία χρησιμοποιείται κάποια μέθοδος παρεμβολής. Η παρεμβολή είναι συνήθως γραμμική και στηρίζεται στην κατανομή των μετρήσεων σε αναλογία με την απόσταση μεταξύ των σημείων. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια συνάρτηση για την ανάθεση τιμών στα ενδιάμεσα σημεία.

Μία γραμμική οντότητα συνήθως αναπαρίσταται από επιμέρους γεωμετρικά τμήματα. Σε κάθε γεωμετρικό τμήμα ανατίθεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό που φιλοξενείται σε κάποιο πεδίο. Για να δομηθεί ένα Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς, πρέπει να υπάρχει επιπλέον πεδίο που θα φιλοξενεί το μοναδικό αναγνωριστικό της γραμμικής οντότητας στην οποία αναφέρεται κάθε γεωμετρικό τμήμα (Πίνακας 4.1). Μέσω της τιμής του πεδίου αυτού, τα επιμέρους γεωμετρικά τμήματα συνενώνονται ώστε να συναποτελούν μία οντότητα, κατά την ανάθεση τιμών μέτρησης. Τα γεωμετρικά τμήματα δεν είναι απαραίτητο να είναι χωρικά συνδεδεμένα για τον ορισμό τιμών μέτρησης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση φυσικών ανοιγμάτων που συναντώνται κατά μήκος ενός δρόμου όπως λόγου χάρη σε ποταμούς, κατασκευάζονται γέφυρες. Η γεωμετρία των γεφυρών μπορεί να μην αποθηκευτεί για κάποιο λόγο. Στην περίπτωση αυτή ο δρόμος θα παρουσιάζει χωρική ασυνέχεια εκατέρωθεν του ποταμού. Παρόλα αυτά, η μέτρηση μπορεί να σταματά στην αρχή της γέφυρας και να ξεκινά από την ίδια τιμή στο τέλος της γέφυρας ή να λαμβάνεται υπόψη και η απόσταση μεταξύ των μη συνδεδεμένων τμημάτων του δρόμου.

Τα Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς αποτελούνται συνήθως από τρία συστατικά μέρη: ένα γραμμικό δίκτυο (linear network), μία τουλάχιστον μέθοδο γραμμικής αναφοράς (linear referencing method) και ένα γραμμικό σύστημα αναφοράς (linear datum).

#### **4.2.2 Γραμμικά Δίκτυα - Εφαρμογές**

Η δόμηση και χρήση ενός Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς προϋποθέτει

προφανώς την ύπαρξη ενός συνόλου γραμμικών οντοτήτων στο οποίο θα αναφέρεται. Ένα δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μονοδιάστατος χώρος κείμενος σε μία επιφάνεια. Τα γραμμικά δίκτυα είναι συνήθως τοπολογικά δομημένα. Αναπαρίστανται από κόμβους (nodes) και ακμές (arcs), οι οποίες ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να είναι κατευθυνόμενες ή όχι. Στην απλούστερη υλοποίηση ενός δικτύου κάθε ακμή αναπαρίσταται από μία πολυγραμμή (polyline) [16]. Για την αντιμετώπιση ζητημάτων συνδεσιμότητας των ακμών, την αναπαράσταση της τρίτης διάστασης (π.χ. ανισόπεδοι κόμβοι σε ένα οδικό δίκτυο), την ανάθεση χαρακτηριστικών σε θέσεις ή σε τμήματα ενός δικτύου αποδίδονται χαρακτηριστικά γνωρίσματα στους κόμβους και τις ακμές.

Η αναπαράσταση ενός δικτύου με ακμές και κόμβους, χωρίς την ύπαρξη συστήματος γραμμικής αναφοράς, απαιτεί την αναπροσαρμογή του δικτύου, δηλαδή τη διάσπασή του με εισαγωγή νέων κόμβων, κάθε φορά που μεταβάλλονται χαρακτηριστικά του. Αυτό συμβαίνει διότι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ανατίθενται σε ακμές. Επιπλέον, η δόμηση του δικτύου με ακμές και κόμβους δε συνάδει πάντα με την ανθρώπινη αντίληψη. Για παράδειγμα, ένας δρόμος γίνεται αντιληπτός ως μία ενιαία οντότητα με συγκεκριμένη ονομασία/κωδικό παρά ως αλληλουχία διαδοχικών τμημάτων (ακμών) μεταξύ διασταυρώσεων (κόμβων). Η χρήση συστήματος γραμμικής αναφοράς καταργεί την απαίτηση για συνεχείς ενημερώσεις των δεδομένων κάθε φορά που μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του δικτύου. Επιπρόσθετα, βρίσκεται πιο κοντά και στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι τα γραμμικά δίκτυα και τον προσδιορισμό αντικειμένων, φαινομένων και συμβάντων σε αυτά. Από την άλλη πλευρά, η χρήση ενός συστήματος γραμμικής αναφοράς για τον προσδιορισμό σχετικών θέσεων σε ένα δίκτυο, δεν είναι δυνατόν να υποσκελίσει τη χρησιμότητα ενός τοπολογικά δομημένου υποβάθρου. Για το λόγο αυτό, αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματα και των δύο προσεγγίσεων σε ολοκληρωμένες εφαρμογές διαχείρισης δικτύων. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά παραδείγματα εφαρμογών σε δίκτυα, στα οποία χρησιμοποιούνται συστήματα γραμμικής αναφοράς για τη διαχείριση και ανάλυση δεδομένων.

Η αντιπροσωπευτικότερη κατηγορία δικτύων με γραμμική αναφορά είναι τα δίκτυα μεταφορών. Η φύση των δικτύων αυτών είναι αμιγώς γραμμική. Έτσι, έγινε από νωρίς αντιληπτή η χρησιμότητα που θα είχε η εφαρμογή ενός συμβατού, με τη γραμμική μορφή διάφορων δικτύων, συστήματος αναφοράς για τη διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με αυτά. Οργανισμοί διαχείρισης οδικών και σιδηροδρομικών δικτύων χρησιμοποιούν συστήματα γραμμικής αναφοράς στην οργάνωση και εκτέλεση εργασιών συντήρησης και σήμανσης καθώς και στην καταγραφή και αναφορά χαρακτηριστικών και συμβάντων. Η καταγραφή συμβάντων και χαρακτηριστικών επιτρέπει την ανάλυση μέσω της οποίας προσδιορίζονται, λόγου χάρη, τμήματα των δρόμων με υψηλό δείκτη ατυχημάτων, κατολισθήσεων, τμήματα του οδοστρώματος και πεζοδρομίων που χρήζουν άμεσης συντήρησης. Επιπλέον, εφαρμογές έξυπνων συστημάτων

μεταφορών (intelligent transportation systems) ή δρομολογήσεων στηρίζουν τη λειτουργία τους και σε συστήματα γραμμικής αναφοράς.

Συστήματα Γραμμικής Αναφοράς χρησιμοποιούνται και σε δίκτυα κοινής ωφελείας, αγωγούς φυσικού αερίου και πετρελαιοαγωγούς. Η θέση χαρακτηριστικών σημείων στους αγωγούς όπως οι διακλαδώσεις, ο εντοπισμός θέσεων διαρροών, ενδιάμεσων σταθμών ελέγχου προσδιορίζεται με βάση την τιμή της απόστασης από χαρακτηριστικά σημεία (π.χ. αρχή του αγωγού).

Άλλες εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται δεδομένα με γραμμική αναφορά, σχετίζονται με την προστασία του αιγιαλού και της ακτογραμμής, τη διαχείριση υδατικών πόρων, όπως διευθετήσεις υδατορευμάτων και υδραυλικές κατασκευές. Ειδικά στις υδραυλικές κατασκευές, όπου η κλίση έχει σημασία, συνήθως χρησιμοποιείται και το υψόμετρο και η τιμή της μέτρησης  $m$  αφορά στην απόσταση από χαρακτηριστικές θέσεις στον τρισδιάστατο χώρο.

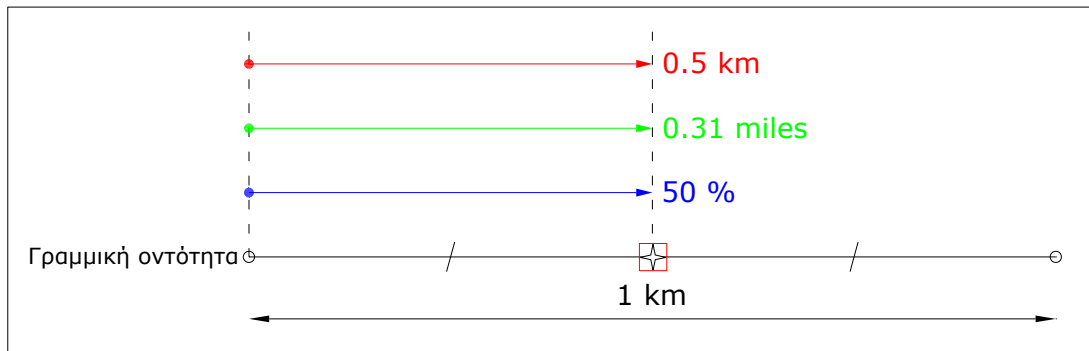
### ***4.2.3 Μέθοδοι Γραμμικής Αναφοράς***

Μία Μέθοδος Γραμμικής Αναφοράς ορίζει τον τρόπο μέτρησης κατά μήκος ενός γραμμικού στοιχείου [43]. Είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου ή τμήματος μίας γραμμικής οντότητας [25]. Για τον μονοσήμαντο προσδιορισμό θέσεων απαιτούνται συμβάσεις που αφορούν στην ονοματολογία/κωδικοποίηση των γραμμικών στοιχείων και τη μέθοδο μέτρησης. Για παράδειγμα, στο οδικό δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αρίθμηση εθνικών οδών και η χιλιομέτρηση. Η χιλιομέτρηση για ένα οδικό άξονα μπορεί να είναι συνεχής ή να λαμβάνει μηδενική τιμή στα όρια των διοικητικών περιφερειών.

Ο τρόπος με τον οποίο εκφράζεται η απόσταση από χαρακτηριστικές θέσεις αναφοράς ποικίλει στις διάφορες μεθόδους γραμμικής αναφοράς που έχουν προταθεί. Οι θέσεις αναφοράς από τις οποίες μετράται η απόσταση διαφέρουν από μέθοδο σε μέθοδο. Διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες μεθόδων γραμμικής αναφοράς σε σχέση με το είδος της απόστασης που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των θέσεων. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων καθώς ο προσδιορισμός της θέσης είναι σχετικός και αφορά στη μέτρηση της απόστασης από κάποια γεωγραφική οντότητα αναφοράς. Η διαφοροποίηση έγκειται στην επιλογή της γεωγραφικής οντότητας αναφοράς. Με αυτόν τον τρόπο διακρίνονται οι παρακάτω μέθοδοι:

- Μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιείται απόλυτη απόσταση
- Μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιείται σχετική απόσταση

Στην πρώτη κατηγορία, οι θέσεις προσδιορίζονται μέσω μέτρησης αποστάσεων από την αρχή των γραμμικών οντοτήτων. Η μονάδα μέτρησης μπορεί να είναι χιλιόμετρα, μίλια κ.λπ. ή ποσοστό επί του συνολικού μήκους του γραμμικού

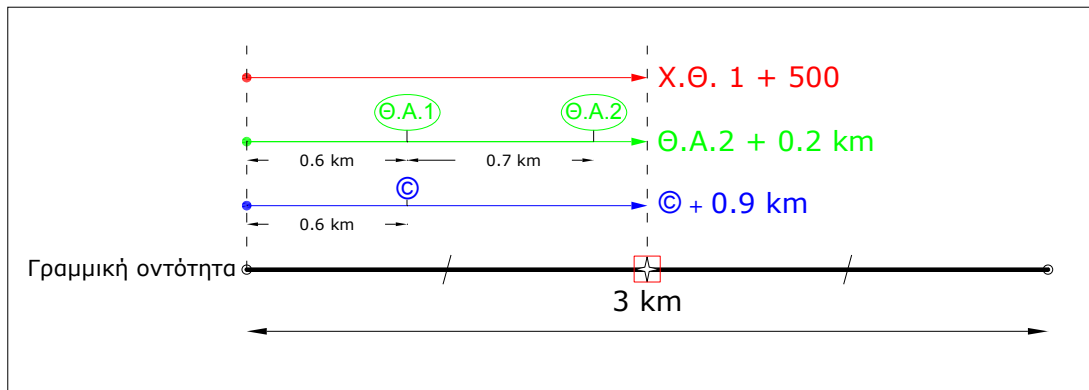


**Σχήμα 4.2: Μέθοδοι Γραμμικής Αναφοράς με απόλυτες αποστάσεις**

στοιχείου. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο χρόνος ταξιδιού στις περιπτώσεις που είναι προκαθορισμένο με ακρίβεια το συνολικό χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διανυθεί το συνολικό μήκος (π.χ. μεταφορικά μέσα σταθερής τροχιάς, λεωφορεία που κινούνται σε λεωφορειόδρομους). Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο εκφράζεται η θέση ενός συμβάντος που σημειώνεται στο μέσο ενός ευθύγραμμου γραμμικού στοιχείου μήκους ενός χιλιομέτρου, με χρήση απόλυτων αποστάσεων.

Στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται σχετικές αποστάσεις επιλέγονται σημεία αναφοράς (βλ. επόμενη ενότητα) από τα οποία μετράται η απόσταση. Τα σημεία αυτά δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζονται με τα σημεία αρχής των γραμμικών στοιχείων. Ο ορισμός χιλιομετρικών θέσεων κατά μήκος των γραμμικών αξόνων εντάσσεται στην κατηγορία αυτή. Οι χιλιομετρικές θέσεις (mileposts στο αγγλικό σύστημα μέτρησης) εντοπίζονται συνήθως σε ακέραιες τιμές χιλιομέτρησης με βήμα ένα χιλιόμετρο (π.χ. Χ.Θ. 23, Χ.Θ. 24). Η θέση ενός συμβάντος προσδιορίζεται βάσει της απόστασης από την πλησιέστερη χιλιομετρική θέση με τη μορφή [Χ.Θ. Km + m], όπου m η απόσταση σε μέτρα από τη χιλιομετρική θέση km. Για παράδειγμα, η θέση του συμβάντος που περιγράφεται στο προηγούμενο σχήμα θα εκφραζόταν ως [Χ.Θ. 1 + 500]. Συχνά πραγματοποιούνται αλλαγές στη χάραξη των αξόνων οδικών, σιδηροδρομικών δικτύων με αποτέλεσμα τη μεταβολή του μήκους τους και την ανάγκη επαναπροσδιορισμού ακέραιων χιλιομετρικών θέσεων. Μία εναλλακτική λύση είναι οι χιλιομετρικές θέσεις να θεωρηθούν Θέσεις Αναφοράς (Θ.Α.) και οι θέσεις επί των αξόνων να παρέχονται με όρους απόστασης από την πλησιέστερη θέση αναφοράς. Στο Σχήμα 4.3 η Θ.Α.1 βρίσκεται σε απόσταση 0.6 km από την αρχή του γραμμικού στοιχείου, η Θ.Α. μετά από 0.7 km. Η θέση του συμβάντος θα δοθεί σαν [Θ.Α.2 + 0.2 km]. Σε οργανισμούς διαχείρισης οδικών δικτύων του εξωτερικού χρησιμοποιούνται ως θέσεις αναφοράς από τις οποίες μετράται η σχετική απόσταση, τα σημεία που οι οδικοί άξονες τέμνουν τα όρια διοικητικών περιφερειών (©). Επιπλέον, ο χρόνος ταξιδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει και σχετική απόσταση από σημεία αναφοράς.

Σε αστικές περιοχές η απόσταση μπορεί να προσεγγιστεί μέσω της αρίθμησης των οδών. Η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται με την ισοκατανομή του εύρους



Σχήμα 4.3: Μέθοδοι Γραμμικής Αναφοράς με σχετικές αποστάσεις

της αρίθμησης ενός δρόμου κατά το μήκος του. Παραδείγματος χάρη, αν η αρίθμηση στη μία πλευρά ενός δρόμου έχει εύρος 1-69, στο μέσο του δρόμου θα αντιστοιχεί περίπου η αρίθμηση 35.

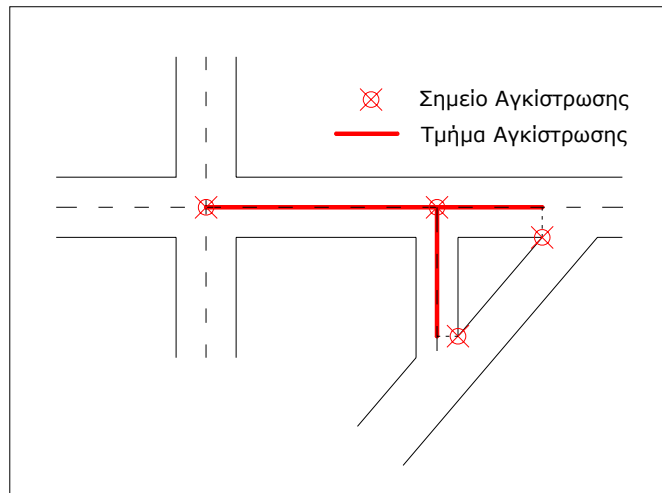
Συχνά οι οργανισμοί διαχείρισης δικτύων μεταφορών υιοθετούν περισσότερες από μία μεθόδους γραμμικής αναφοράς. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι η απόλυτη απόσταση από την αρχή των γραμμικών οντοτήτων και οι χιλιομετρικές θέσεις. Στη γενική περίπτωση, οι μονάδες, οι τιμές και το εύρος της μέτρησης  $m$  μπορεί να είναι οτιδήποτε έχει σημασία και μπορεί να ερμηνευθεί στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης εφαρμογής.

#### 4.2.4 Γραμμικά Συστήματα Αναφοράς

Ενώ οι μέθοδοι γραμμικής αναφοράς καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο εκφράζεται η μέτρηση  $m$ , μέσω της οποίας προσδιορίζονται θέσεις επί των γραμμικών οντοτήτων, υφίσταται ταυτόχρονα η απαίτηση του προσδιορισμού της θέσης των γραμμικών οντοτήτων στο χώρο. Ένα Γραμμικό Σύστημα Αναφοράς συνιστά μία συλλογή αντικειμένων μέσω της οποίας προσδιορίζεται η θέση δικτύων με γραμμική αναφορά στο γεωγραφικό χώρο. Μέσω των γραμμικών συστημάτων αναφοράς επιτυγχάνεται η «αγκίστρωση» των γραμμικών δικτύων στο χώρο [9].

Ένα γραμμικό σύστημα υλοποιείται μέσω σημείων αγκίστρωσης (anchor points) και τμημάτων αγκίστρωσης (anchor sections). Τα σημεία αγκίστρωσης αντιπροσωπεύουν καθορισμένες θέσεις στον πραγματικό κόσμο. Οι θέσεις αυτές πρέπει να είναι μονοσήμαντα προσδιορισμένες [54]. Τα σημεία αγκίστρωσης ορίζονται σε κάποια αφαιρετική περιγραφή των γραμμικών οντοτήτων, όπως για παράδειγμα ο άξονας ενός δρόμου. Για το λόγο αυτό, πρέπει να σχετίζονται με φυσικά αντικείμενα η θέση των οποίων είναι δύσκολο να μεταβληθεί και τα οποία είναι αναγνωρίσιμα στο πεδίο. Με αυτόν τον τρόπο, τα σημεία αγκίστρωσης συνήθως συνδέονται/ταυτίζονται με τα κέντρα των διασταυρώσεων των γραμμικών οντοτήτων. Ως κέντρα των διασταυρώσεων (αξονοδιασταυρώσεις)





**Σχήμα 4.4: Επιλογή Σημείων Αναφοράς και Τμήματα Αναφοράς που δημιουργούνται**

ορίζονται τα σημεία τομής των αξόνων τους [23]. Σε ανισόπεδους κόμβους μπορούν να χρησιμοποιηθούν γωνιακά σημεία. Άλλα αντικείμενα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τριγωνομετρικά σημεία, γέφυρες (αρχή/τέλος), τεχνικά έργα, πυροσβεστικοί κρουνοί κ.λπ. Δύο διαδοχικά σημεία αναφοράς ορίζουν ένα τμήμα αγκίστρωσης (Σχήμα 4.4).

Τα σημεία αγκίστρωσης εξυπηρετούν δύο βασικούς σκοπούς. Πρώτον, χρησιμοποιούνται ως αφετηρίες μέτρησης σχετικών αποστάσεων στις μεθόδους που χρησιμοποιούν σχετικές αποστάσεις. Δεύτερον, στις θέσεις αυτές προσδιορίζονται γεωδαιτικές συντεταγμένες και μέσω ελαχιστοτετραγωνικών επιλύσεων καθίσταται δυνατή η προσαρμογή του δικτύου στο χώρο. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το μετασχηματισμό από μία μέθοδο γραμμικής αναφοράς σε μία άλλη. Τα τμήματα αγκίστρωσης συνδέουν ζεύγη σημείων αγκίστρωσης κατά μήκος των αξόνων των γραμμικών οντοτήτων. Το πρωτεύον χαρακτηριστικό τους είναι το μήκος τους, το οποίο αποθηκεύεται ρητά και χρησιμεύει στον έλεγχο της ακρίβειας των μεθόδων γραμμικής αναφοράς [43], [9].

Το γραμμικό σύστημα που υλοποιείται μέσω των σημείων και των τμημάτων αγκίστρωσης αναπαριστά ένα δίκτυο το οποίο δεν είναι απαραίτητα τοπολογικά δομημένο, καθώς δεν επιβάλλεται για παράδειγμα η εισαγωγή κόμβων-σημείων αναφοράς στα σημεία τομής τμημάτων αναφοράς. Όταν έχει χτισθεί τοπολογία πάνω από το δίκτυο, δεν είναι απαραίτητη η ταύτιση των κόμβων με τα σημεία αγκίστρωσης. Η σύνδεση του δικτύου με το γραμμικό σύστημα αναφοράς εξασφαλίζεται με την ανάθεση στους κόμβους μίας τιμής απόστασης από κάποιο σημείο αγκίστρωσης. Ζητήματα σχετικά με τη συνύπαρξη τοπολογίας, υποστήριξης δρομολογήσεων (σε δίκτυα μεταφορών) και συστημάτων γραμμικής αναφοράς αντιμετωπίζονται ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα, την ακρίβειά τους, το σύστημα και το σκοπό για τον οποίο υλοποιείται μία εφαρμογή. Για παράδειγμα, στο [23] η γεωμετρία και η τοπολογία του δικτύου δομήθηκε βάσει σημείων αγκίστρωσης (αξονοδιασταυρώσεων) που ψηφιοποιήθηκαν σε

ορθοφωτοχάρτες. Γενικά, τα συστήματα γραμμικής αναφοράς αποτελούν το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της υποκείμενης γεωμετρίας και των υπερκείμενων τοπολογιών και μεθόδων γραμμικής αναφοράς.

#### **4.2.5 Ακρίβεια Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς**

Δύο βασικά ζητήματα εγείρονται όσον αφορά στην ακρίβεια προσδιορισμού θέσεων σε ένα σύστημα γραμμικής αναφοράς. Το πρώτο σχετίζεται με την ακρίβεια του προσδιορισμού θέσεων στο γεωγραφικό χώρο (απόλυτη ακρίβεια) και το δεύτερο με την ακρίβεια του προσδιορισμού κατά μήκος της γραμμικής οντότητας (γραμμική ακρίβεια). Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης συστημάτων γραμμικής αναφοράς είναι η ανεξαρτησία από το χρησιμοποιούμενο σύστημα με τον οποίο τα δεδομένα βρίσκουν αναφορά στο γεωγραφικό χώρο. Δηλαδή, η θέση ενός αντικειμένου μπορεί να προσδιοριστεί ανεξάρτητα από την ακρίβεια των γεωγραφικών συντεταγμένων του δικτύου. Δεδομένου και του γεγονότος ότι οι σύγχρονες μέθοδοι συλλογής χωρικών δεδομένων εξασφαλίζουν πολύ ικανοποιητικές ακρίβειες στον απόλυτο εντοπισμό θέσης, το ζήτημα της γραμμικής ακρίβειας αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα.

Η ακρίβεια προσδιορισμού στο γεωγραφικό χώρο εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες: την πηγή προέλευσης των δεδομένων και τα χρησιμοποιούμενα σημεία αγκίστρωσης. Τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από ψηφιοποίηση υπαρχόντων διαγραμμάτων και χαρτών διαφόρων κλιμάκων, από μετρήσεις στο πεδίο, φωτογραμμετρικές/τηλεπισκοπικές μέθοδοι. Το σύστημα GPS παρέχει πλέον ακρίβεια στον απόλυτο εντοπισμό θέσης που υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις των περισσότερων εφαρμογών, ενώ η διαθεσιμότητα δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις ακρίβειας σε εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας (π.χ. εθνικό οδικό δίκτυο). Ο δεύτερος παράγοντας είναι ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης και η επιλογή ικανού αριθμού σημείων αναφοράς. Η ακρίβεια των γεωδαιτικών συντεταγμένων των σημείων αναφοράς πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο τάξεις μεγέθους καλύτερη από την ακρίβεια των υπόλοιπων δεδομένων του δικτύου [55]. Ο αριθμός των σημείων πρέπει να είναι τέτοιος που να εξασφαλίζει ικανό αριθμό πλεοναζουσών παρατηρήσεων στη συναρμογή, μέσω συνόρθωσης, του δικτύου.

Η γραμμική ακρίβεια σχετίζεται με την ακρίβεια του προσδιορισμού της απόστασης πάνω στη γραμμική οντότητα. Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό, είναι η λήψη δεδομένων μέσω συσκευών GPS τοποθετημένες σε οχήματα (αυτοκίνητα, σκάφη, τρένα), οδόμετρα, λεπτομερή ψηφιακά μοντέλα εδάφους, δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης, ψηφιοποίηση διαγραμμάτων.

Η απόσταση μετράται μεταξύ σημείων αγκίστρωσης, δηλαδή μετράται το μήκος των τμημάτων αγκίστρωσης. Επομένως, η πυκνότητα των σημείων αγκίστρωσης πρέπει να είναι τέτοια που να εξασφαλίζει την απαιτούμενη ακρίβεια. Επιπλέον,

χρήση σχετικά μεγάλου αριθμού σημείων αγκίστρωσης εμποδίζει τη μετάδοση σφαλμάτων (error propagation), διευκολύνει τον εντοπισμό χονδροειδών σφαλμάτων και καθιστά ευκολότερη την επανάληψη των μετρήσεων.

Τα οδόμετρα είναι συσκευές που συνδέονται με το σύστημα μετάδοσης των οχημάτων και καταγράφουν τη διανυόμενη πάνω στο δρόμο απόσταση. Η ακρίβεια που παρέχουν είναι πολύ καλή και ανέρχεται στο 1% της μετρούμενης απόστασης. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται ως βάση σύγκρισης για την ακρίβεια των άλλων μεθόδων [35]. Το σφάλμα στη μέτρηση της απόστασης παρουσιάζει ένα σταθερό όρο και ένα όρο ανάλογο της απόστασης που διανύεται. Ο σταθερός όρος οφείλεται στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των οργάνων. Ο όρος που είναι ανάλογος της απόστασης εκφράζεται σε μέρη στο εκατομμύριο (parts per million, p.p.m.). Παράγοντες που εισάγουν σφάλματα στη διαδικασία της μέτρησης είναι η λανθασμένη ερμηνεία σημείων αναφοράς, ετεροχρονισμένες κινήσεις χειρισμού των οργάνων, αλλαγή λωρίδας στο δρόμο [35]. Λόγω της αυξανόμενης χρήσης του συστήματος GPS και των υψηλών ακριβειών που εξασφαλίζει, η χρήση των οδομέτρων φθίνει.

Οι συσκευές GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τη μέτρηση αποστάσεων όσο και για τον γεωδαιτικό εντοπισμό των αξόνων γραμμικών οντοτήτων. Η χρήση διαφορικού δορυφορικού εντοπισμού μπορεί να εξασφαλίσει πολύ υψηλές ακρίβειες, ενώ ακόμη και συσκευές GPS χειρός μπορούν να προσδιορίσουν τη γεωμετρία των αξόνων με ικανοποιητική ακρίβεια για τις περισσότερες εφαρμογές. Η ακρίβεια στη μέτρηση αποστάσεων είναι εφάμιλλη ή/και καλύτερη από αυτή (σε ανώμαλα και ορεινά εδάφη) των οδομέτρων [35].

Λόγω έλλειψης πληροφορίας υψομέτρου, οι τιμές των αποστάσεων που μετρούνται με χρήση διαγραμμάτων και ορθώς ανηγμένων εικόνων θα παρουσιάζουν απόκλιση από τις πραγματικές (αν οι αποκλίσεις αυτές είναι σημαντικές ή όχι εξαρτάται από την κλίμακα και της απαιτήσεις της εφαρμογής). Πάντως, λόγω του υψηλού κόστους κτήσης δεδομένων πεδίου, συχνά χρησιμοποιούνται διαδικασίες ψηφιοποίησης στη συλλογή δεδομένων.

## ***4.3 Δυναμική Κατάτμηση***

### ***4.3.1 Δεδομένα με Γραμμική Αναφορά***

Έχει ήδη τονισθεί ότι η χρήση συστημάτων γραμμικής αναφοράς καθιστά εφικτό τον προσδιορισμό θέσεων βάσει τιμών μέτρησης που ανατίθενται σε γραμμικές οντότητες. Η δυνατότητα αυτή αξιοποιείται στην ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων με γραμμική αναφορά. Τα δεδομένα αυτά είναι δυνατό να αφορούν σε άλλες οντότητες, σε συμβάντα που λαμβάνουν χώρα σε μία γραμμική οντότητα και σε χαρακτηριστικά γνωρίσματά της. Η αναφορά σε δεδομένα με γραμμική αναφορά γίνεται με το γενικό όρο συμβάντα (events).

Τα συμβάντα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Σημειακά συμβάντα (point events)
- Γραμμικά συμβάντα (linear events)

Τα *σημειακά συμβάντα* περιλαμβάνουν στοιχεία και χαρακτηριστικά των γραμμικών οντοτήτων η θέση των οποίων αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο. Παραδείγματα σημειακών συμβάντων αποτελούν τα ατυχήματα κατά μήκος οδικών αξόνων, οι πινακίδες σήμανσης, οι στάσεις σε διαδρομές λεωφορείων, οι διαρροές, αντλίες ή σημεία πρόσβασης στο εσωτερικό αγωγών, τυχόν καθιζήσεις του οδοστρώματος, οι τηλεφωνικοί θάλαμοι για χρήση έκτακτης ανάγκης, οι δειγματοληπτικές μετρήσεις (βάθους, μόλυνσης) σε ποταμούς κ.λπ. Για τον προσδιορισμό της θέσης τους, χρησιμοποιείται μία μόνο τιμή μέτρησης. Η τιμή αυτή αφορά, όπως προαναφέρθηκε, την απόσταση κατά μήκος της γραμμικής οντότητας από κάποιο σημείο αναφοράς. Επειδή οι αποστάσεις μετρούνται σε μία αφαιρετική περιγραφή των γραμμικών στοιχείων (στον άξονα), πολύ συχνά τα συμβάντα αναπαρίστανται από την προβολή τους πάνω στον άξονα. Η μέτρηση εκφράζει τότε την απόσταση της προβολής του συμβάντος στον άξονα από κάποιο σημείο αναφοράς.

Τα *γραμμικά συμβάντα* αφορούν κυρίως στα χαρακτηριστικά που εκτείνονται σε κάποιο τμήμα των γραμμικών οντοτήτων. Απαιτείται επομένως, η χρήση δύο τιμών μέτρησης για την περιγραφή της θέσης τους. Οι τιμές αυτές περιγράφονται λεκτικά με τους όρους «από (from)» και «έως (to)» και προσδιορίζουν τα σημεία στη γραμμική οντότητα μεταξύ των οποίων «εκτείνεται» το συγκεκριμένο γραμμικό συμβάν. Ο κυκλοφοριακός φόρτος, η κατάσταση του οδοστρώματος, των πεζοδρομίων, αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, τα όρια ταχύτητας, οι κλίσεις του εδάφους αποτελούν χαρακτηριστικά με γραμμική έκταση.

Σε μία βάση δεδομένων τα συμβάντα αποθηκεύονται στους λεγόμενους πίνακες συμβάντων (event tables). Οι πίνακες σημειακών συμβάντων περιλαμβάνουν ένα πεδίο στο οποίο φιλοξενείται η τιμή της μέτρησης  $m$  που προσδιορίζει τη θέση του συμβάντος κατά μήκος του άξονα μιας γραμμικής οντότητας. Στους πίνακες γραμμικών συμβάντων υπάρχουν δύο πεδία που φιλοξενούν τιμές μέτρησης. Στο ένα φιλοξενείται η μέτρηση «από» και στο δεύτερο η μέτρηση «έως». Ο συνδυασμός τους καθορίζει τη γραμμική έκταση του συμβάντος. Κάθε εγγραφή στους πίνακες συμβάντων αφορά σε ένα διακριτό συμβάν. Για την πλήρη περιγραφή των συμβάντων χρησιμοποιούνται μία σειρά από πεδία όπως για παράδειγμα σε ποια πλευρά του άξονα τοποθετείται το συμβάν, η μετατόπιση (offset) του συμβάντος από τον άξονα της γραμμικής οντότητας, ημερομηνία κ.λπ.

Στη βιβλιογραφία [9], [55] χρησιμοποιείται και ο όρος συμβάν περιοχής (area event) για την περιγραφή γνωρισμάτων γραμμικών οντοτήτων βάσει της

αλληλεπίδρασής τους με γεωγραφικές οντότητες με έκταση. Συνήθως, ένα συμβάν περιοχής εκφράζεται ως σημειακό ή γραμμικό συμβάν που προκύπτει από την τομή της γραμμικής οντότητας με μία περιοχή ενδιαφέροντος. Παράδειγμα συμβάντος περιοχής θα μπορούσε να είναι μία ζώνη κατολισθήσεων εκατέρωθεν ενός οδικού άξονα.

### **4.3.2 Διαδικασία Δυναμικής Κατάτμησης**

Είναι σαφές ότι δεδομένα με γραμμική αναφορά αποθηκεύονται σε (μη χωρικούς) πίνακες σε μία βάση δεδομένων. Στην περίπτωση που έχει δομηθεί κάποιο σύστημα μέτρησης σχετικών αποστάσεων κατά μήκος των γραμμικών οντοτήτων, καθίσταται πλέον εφικτή η εκτέλεση λειτουργιών ανάλυσης και παρουσίασης των δεδομένων, μέσω Δυναμικής Κατάτμησης.

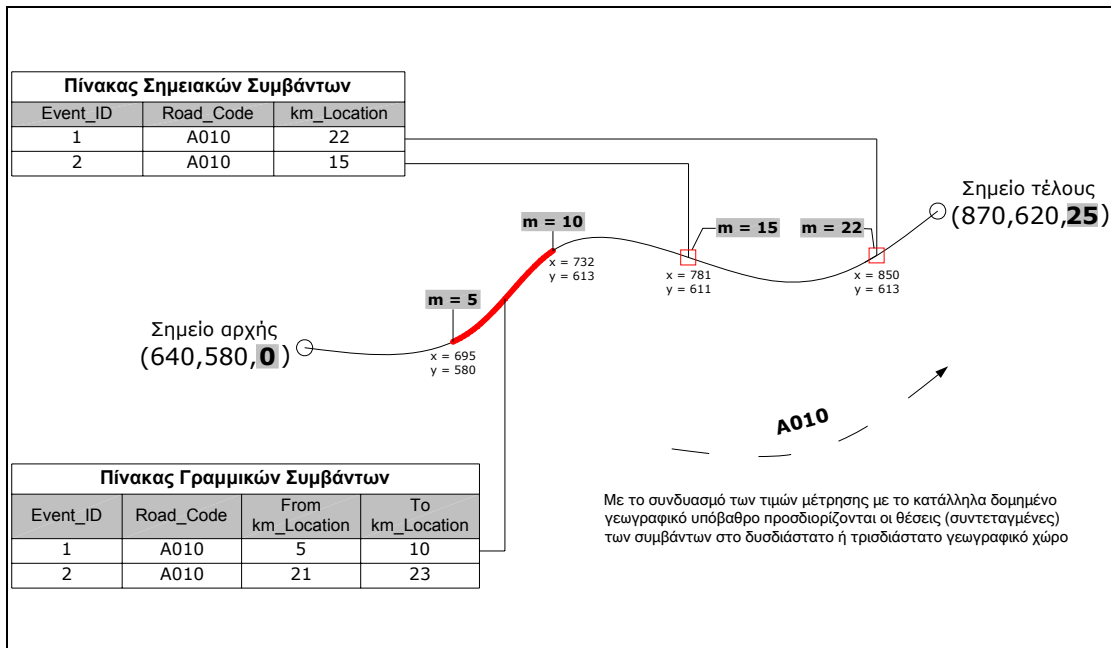
*Δυναμική Κατάτμηση είναι η διαδικασία δυναμικής μετατροπής συμβάντων (δεδομένων με γραμμική αναφορά) σε οντότητες που περιγράφονται από συντεταγμένες στο γεωγραφικό χώρο.*

Η δυναμική μετατροπή σε οντότητες με συντεταγμένες σχετίζεται με το γεγονός ότι στους πίνακες συμβάντων δεν αποθηκεύεται πληροφορία γεωμετρίας για τα συμβάντα, παρά μόνο τιμές μέτρησης. Με το συνδυασμό των τιμών μέτρησης με το κατάλληλα δομημένο γεωγραφικό υπόβαθρο προσδιορίζονται οι θέσεις των συμβάντων στο δισδιάστατο ή τρισδιάστατο γεωγραφικό χώρο (Σχήμα 4.5). Στο [4] η Δυναμική Κατάτμηση ορίζεται ως «η διαδικασία με την οποία δεδομένα με γραμμική αναφορά, αποθηκευμένα σε ένα πίνακα, μετατρέπονται σε οντότητες που μπορούν να αναπαρασταθούν σε ένα χάρτη». Στο [53] περιγράφεται ως η τεχνική υπολογισμού συντεταγμένων οντοτήτων με γραμμική αναφορά σε υπολογιστικό χρόνο (on the fly).

Βασική προϋπόθεση για τη διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης αποτελεί ο συσχετισμός των συμβάντων με τις γραμμικές οντότητες μέσω ενός μοναδικού αναγνωριστικού των τελευταίων. Το αναγνωριστικό μπορεί να είναι οποιοδήποτε πεδίο αλφαριθμητικού τύπου, αν και δε συνίσταται η χρήση του ονόματος των γραμμικών οντοτήτων [9]. Όταν ικανοποιείται η συνθήκη αυτή, μπορούν να απεικονιστούν ταυτόχρονα και να αναλυθούν δεδομένα διάφορων κατηγοριών.

Για τον προσδιορισμό της θέσης σημειακών και γραμμικών συμβάντων χρησιμοποιούνται οι όροι επίθεση σημείου σε γραμμή (point on line overlay) και επίθεση γραμμής σε γραμμή (line on line overlay).

Η απεικόνιση καθαυτή των δεδομένων σε ένα χάρτη αποτελεί ανάλυση σε ένα πρώτο επίπεδο. Για παράδειγμα σε ένα οδικό δίκτυο είναι δυνατό να τηρούνται δεδομένα σχετικά με ατυχήματα και την ποιότητα του οδοστρώματος. Η ταυτόχρονη απεικόνιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του οδοστρώματος και των ατυχημάτων (σημεία) και πάνω στο οδικό δίκτυο, μπορεί να οδηγήσει σε αρχικό συμπέρασμα για τον ενδεχόμενο συσχετισμό τους. Στη συνέχεια είναι



Σχήμα 4.5: Η διαδικασία της Δυναμικής Κατάτμησης

δυνατό να ακολουθήσει περαιτέρω ανάλυση. Παραδείγματος χάρη, μπορούν να γίνουν υπολογισμοί σχετικά με το συνολικό μήκος οδοστρώματος ή σιδηροτροχιών που χρειάζονται συντήρηση, να εντοπισθούν οικοδομικά τετράγωνα που πιθανόν να οχληθούν από έργα ανακατασκευής αγωγών.

Επίσης, η διαχείριση δεδομένων με δυναμική κατάτμηση δεν προϋποθέτει τη μεταβολή της γεωμετρίας της γραμμικής οντότητας (π.χ. διάσπαση τμημάτων/εισαγωγή κόμβων) στις θέσεις όπου μεταβάλλονται οι τιμές των χαρακτηριστικών του ή όταν νέα δεδομένα σχετικά με το δίκτυο καταστούν διαθέσιμα. Οι ενδεχόμενες μεταβολές των συμβάντων καταγράφονται με ενημέρωση των αντίστοιχων πινάκων συμβάντων της βάσης. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορούν να περιγραφούν ως συμβάντα μεταβολές στην γεωμετρία μίας γραμμικής οντότητας. Παραδείγματος χάρη, η κατασκευή μίας γέφυρας κατά μήκος ενός δρόμου μπορεί να αποθηκευτεί ως συμβάν, χωρίς τη δημιουργία αντίστοιχου γεωμετρικού τμήματος.

#### 4.4 Χρονική Δυναμική Κατάτμησηση

Η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης προϋποθέτει, σύμφωνα με τα προηγούμενα, τη δόμηση των δεδομένων με γραμμική αναφορά (συμβάντα) και την ύπαρξη ενός συστήματος γραμμικής αναφοράς. Ο προσδιορισμός της θέσης συμβάντων στο γεωγραφικό χώρο πραγματοποιείται βάσει της απόστασής τους από κάποιο σημείο αναφοράς πάνω σε μία συγκεκριμένη γραμμική οντότητα.

Μία από τις βασικές αδυναμίες αυτής της προσέγγισης έγκειται στο ότι ο προσδιορισμός της θέσης των συμβάντων βασίζεται σε ένα σύστημα αναφοράς σχετικών θέσεων, δομημένο πάνω στις γραμμικές οντότητες. Όμως, η φύση των



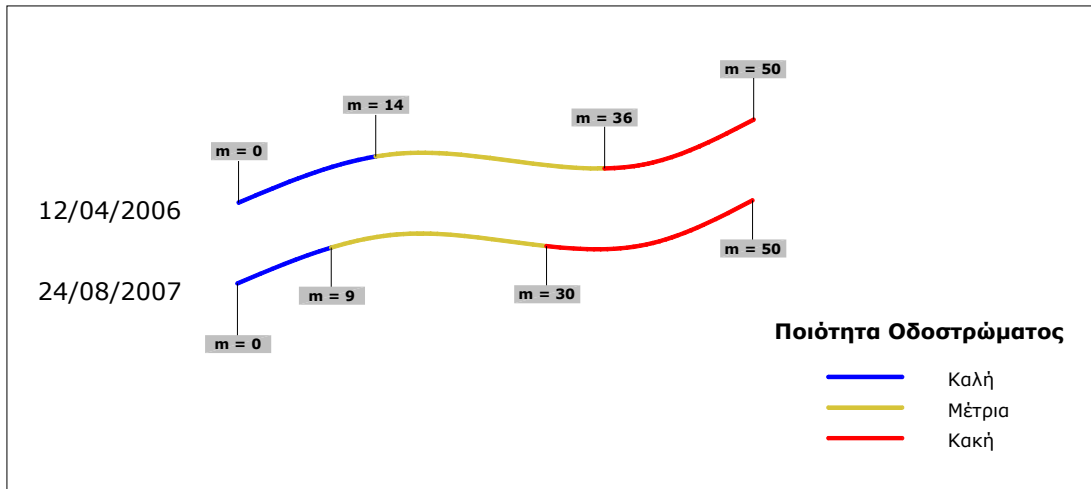
**Σχήμα 4.6: Αλλαγή στην προσδιοριζόμενη θέση συμβάντος μέσω Δυναμικής Κατάτμησης λόγω μεταβολής της γραμμικής οντότητας**

γεωγραφικών οντοτήτων γενικά, επομένως και των γραμμικών, είναι δυναμική. Για παράδειγμα, οι δρόμοι επεκτείνονται, κατασκευάζονται νέοι, πραγματοποιούνται αλλαγές στη χάραξη ή την κωδικοποίησή τους, εκτελούνται έργα διευθέτησης υδατορευμάτων κ.λπ. Όταν το σύστημα γραμμικής αναφοράς ενημερωθεί, ώστε να αποτυπωθούν τέτοιου είδους αλλαγές, υπάρχει το ενδεχόμενο να μεταβληθεί η θέση των συμβάντων που προσδιορίζεται μέσω της Δυναμικής Κατάτμησης (Σχήμα 4.6).

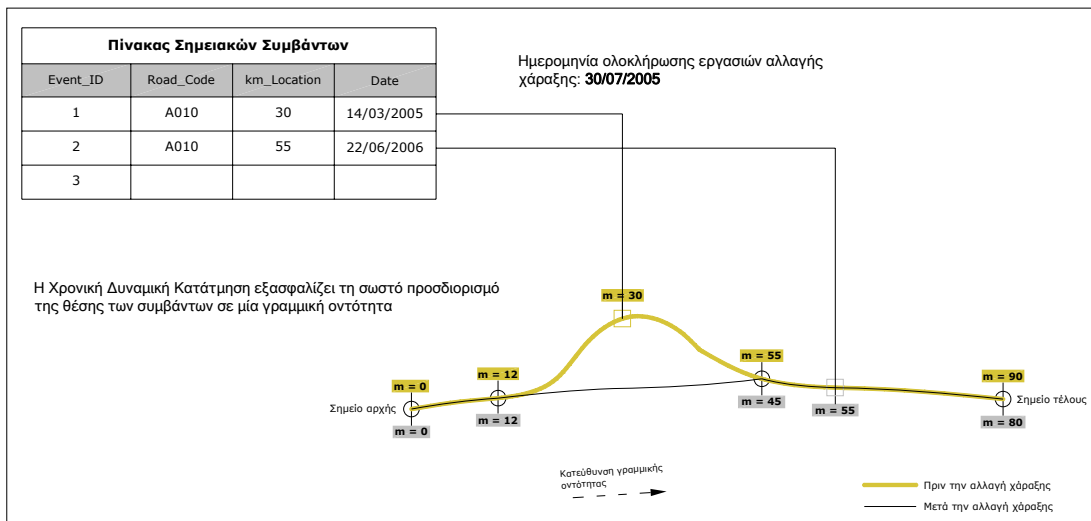
Από την άλλη πλευρά, και τα συμβάντα που σχετίζονται με τις γραμμικές οντότητες εξελίσσονται στο χώρο και το χρόνο. Το οδόστρωμα λόγω χάρη, υπόκειται σε φθορά με την πάροδο του χρόνου και αν δε ληφθούν μέτρα αποκατάστασης, η έκταση της φθοράς θα αυξάνει κατά μήκος του δρόμου (Σχήμα 4.7). Η αγνόηση της χρονικής διάστασης των δεδομένων θα οδηγήσει πιθανότατα σε εσφαλμένη αναπαράσταση της πραγματικότητας και κατά συνέπεια αναποτελεσματική ανάλυση.

Ο όρος Χρονική Δυναμική Κατάτμηση (Temporal Dynamic Segmentation) υιοθετείται για να περιγραφεί η διαδικασία προσδιορισμού θέσεων συμβάντων στο χώρο, με τρόπο που να εξασφαλίζεται χωροχρονική συνοχή. Η χωροχρονική συνοχή αφορά στη σύνδεση ενός συμβάντος με κάποια θέση στη γραμμική οντότητα με την οποία σχετίζεται, λαμβάνοντας υπόψη την από κοινού ύπαρξη και εξέλιξή τους στο χρόνο. Ο εντοπισμός της θέσης ενός συμβάντος στο γεωγραφικό χώρο μέσω Δυναμικής Κατάτμησης, πρέπει να βασίζεται στη «μορφή» που είχε η γραμμική οντότητα κατά το χρονικό διάστημα (ή χρονική στιγμή) ύπαρξης του συμβάντος. Μία τέτοια προσέγγιση προϋποθέτει να συμπεριλαμβάνονται χρονικές έννοιες κατά τη δόμηση των δεδομένων. Η επιθυμητή συμπεριφορά ενός συστήματος που υποστηρίζει Χρονική Δυναμική Κατάτμηση απεικονίζεται στο Σχήμα 4.8.

Σε επίπεδο υλοποίησης, για να υποστηριχθεί η Χρονική Δυναμική Κατάτμηση μπορούν να προστεθούν πεδία στους πίνακες της βάσης, στα οποία



Σχήμα 4.7: Μεταβολή χαρακτηριστικών του οδοστρώματος με την πάροδο του χρόνου



Σχήμα 4.8: Χρονική Δυναμική Κατάτμηση

αποθηκεύεται ως γνώρισμα ο *χρόνος ισχύος* των συμβάντων και των γραμμικών οντοτήτων. Για την καταγραφή του χρόνου ισχύος προστίθενται ένα ή δύο πεδία. Ένα πεδίο χρησιμοποιείται συνήθως για την περιγραφή του χρόνου ισχύος γεγονότων που συμβαίνουν σε μία στιγμή στο χρόνο. Για τις γραμμικές οντότητες και τα συμβάντα των οποίων η ύπαρξη εκτείνεται σε κάποιο διάστημα στο χρόνο, χρησιμοποιούνται δύο πεδία (έναρξης/τέλους χρόνου ισχύος).

Η παραπάνω προσέγγιση μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, δεν στερείται όμως μειονεκτημάτων. Δεν επιτρέπει την πλήρη χρονική ανάλυση καθώς μεταξύ των χρονικών στιγμών έναρξης και τέλους του χρόνου ισχύος, θεωρείται ότι τα γνωρίσματα των οντοτήτων έχουν σταθερή τιμή. Συνεπώς, καθίσταται δύσκολη η αποτύπωση της εξέλιξης των γνωρισμάτων, η οποία είναι κατά κανόνα- συνεχής. Η καταγραφή του χρόνου ισχύος των οντοτήτων σε μικρότερα ενδιάμεσα διαστήματα μπορεί να αποτελέσει εν μέρει λύση στο πρόβλημα. Για παράδειγμα, η πρόοδος των εργασιών αποκατάστασης ενός



δρόμου, επομένως και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του (συμβάντα), μπορεί να καταγράφεται σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση και όχι μόνο στις χρονικές στιγμές έναρξης και τέλους των εργασιών. Στην περίπτωση αυτή όμως, εγείρονται διαφορετικού είδους ζητήματα που σχετίζονται με το κόστος και τη δυσκολία της διαρκούς λήψης δεδομένων καθώς και την τήρησή τους.

#### ***4.5 Υλοποίηση Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς σε Εμπορικά Πακέτα Λογισμικού***

Όπως προαναφέρθηκε, η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης διευκολύνει τόσο την απεικόνιση, όσο και την ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με ένα γραμμικό δίκτυο, ενώ προϋποθέτει την ύπαρξη Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς. Για το λόγο αυτό, ενσωματώθηκαν δυνατότητες υποστήριξης Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς σε διάφορα πακέτα λογισμικού Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών καθώς και Συστημάτων Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, διαδεδομένα λογισμικά Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών που υποστηρίζουν τη δόμηση Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς αποτελούν το ArcGIS, το GRASS και το Geomedia. Αναφορικά με Συστήματα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων υποστηρίζεται στην Oracle Spatial και στην επέκταση Spatial Extender της IBM DB2.

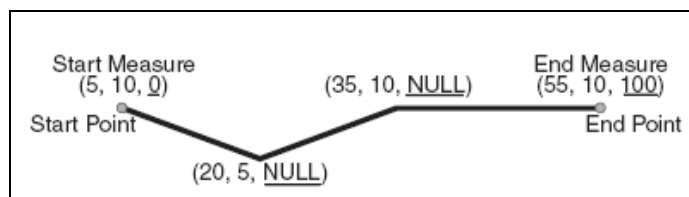
##### ***4.5.1 Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στην Oracle Spatial***

Στην Oracle Spatial οι γραμμικές οντότητες αναπαρίστανται από λογικές ακολουθίες γεωμετρικών τμημάτων. Ένα γεωμετρικό τμήμα μπορεί να αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα ή/και τόξα ή το όριο ενός πολυγώνου. Το Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς υλοποιείται με την εγγενή ενσωμάτωση της πληροφορίας μέτρησης στη δομή των γεωμετρικών τμημάτων. Η γεωμετρία στην Oracle Spatial αποθηκεύεται στο πεδίο τύπου SDO\_GEOMETRY.

Ο ορισμός του τύπου SDO\_GEOMETRY είναι ο εξής:

```
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);
```

Στο πεδίο SDO\_GTYPE ορίζεται ο τύπος της γεωμετρίας με χρήση ενός τετραψήφιου κωδικού της μορφής dl<sub>tt</sub>, όπου d η διάσταση του χώρου, l η διάσταση ( τρίτη ή τέταρτη) που καταχωρείται η τιμή μέτρησης m του γραμμικού συστήματος αναφοράς, ενώ το tt καθορίζει τον τύπο του αντικειμένου (σημείο, πολυγραμμή κ.λπ.). Στο πεδίο SDO\_SRID ορίζεται το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων (γεωδαιτικό, προβολικό, καρτεσιανό κ.ά.). Το πεδίο SDO\_POINT



**Σχήμα 4.9: Αναπαράσταση γεωμετρικού τμήματος με πληροφορία μέτρησης στην Oracle [38]**

αξιοποιείται σε περιπτώσεις αμιγώς σημειακών θεματικών επιπέδων. Στο πεδίο SDO\_ELEM\_INFO περιγράφεται η σύνταξη των συντεταγμένων της γεωμετρίας οι οποίες φιλοξενούνται στο πεδίο SDO\_ORDINATES.

Η ενσωμάτωση της πληροφορίας μέτρησης στο μοντέλο δεδομένων της Oracle επιτυγχάνεται με την ενημέρωση των μεταδεδομένων. Αφού πραγματοποιηθεί η εισαγωγή της μέτρησης ως ξεχωριστή διάσταση στα μεταδεδομένα, μπορούν να ανατεθούν τιμές μέτρησης στις κορυφές των ευθύγραμμων τμημάτων ή των τόξων. Η πληροφορία μέτρησης ανατίθεται απευθείας στις κορυφές ή με παρεμβολή βάσει του μήκους ενός τμήματος, αφού ανατεθούν προηγουμένως τιμές μέτρησης στα σημεία αρχής και τέλους. Οι κορυφές με πληροφορία μέτρησης ονομάζονται LRS points. Στο Σχήμα 4.9 παρουσιάζεται η αναπαράσταση ενός γεωμετρικού τμήματος με πληροφορία μέτρησης του οποίου ο ορισμός είναι:

```
SDO_GEOMETRY (
3302, --τρισδιάστατο τμήμα (με τρίτη τη διάσταση μέτρησης) του
οποίου οι κορυφές ενώνονται με ευθύγραμμα τμήματα
NULL,
NULL,
SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,2,1),
SDO_ORDINATE_ARRAY (5,10,0, 20,5,NULL, 35,10,NULL, 55,10,100)) --
κάθε κορυφή περιγράφεται από τριάδες συντεταγμένων (οι τιμές
μέτρησης κάθε κορυφής είναι σκιασμένες)
```

Η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης επιτυγχάνεται μέσω δύο βασικών λειτουργιών. Η θέση σημειακών συμβάντων πάνω στη γραμμική οντότητα προσδιορίζεται μέσω της συνάρτησης SDO\_LRS.LOCATE\_PT, των γραμμικών μέσω της SDO\_LRS.CLIP\_GEOM\_SEGMENT. Για την προβολή συμβάντων στον άξονα της γραμμικής οντότητας, που εντοπίζονται εκτός αυτού χρησιμοποιείται η SDO\_LRS.PROJECT\_PT.

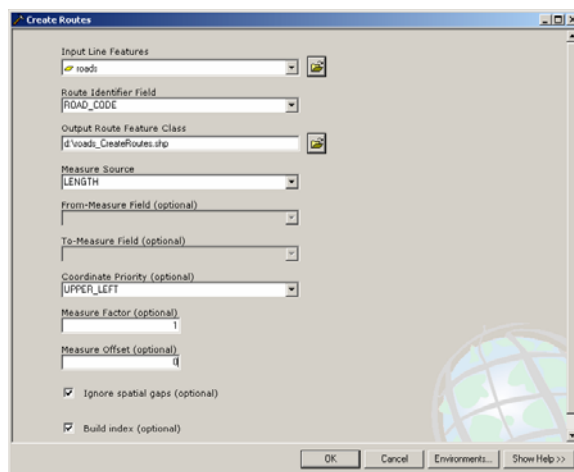
Άλλες λειτουργίες που περιλαμβάνει το Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς της Oracle, είναι η μετατροπή δυσδιάστατων γεωμετριών σε γεωμετρίες με πληροφορίες μέτρησης, συνένωση/διάσπαση γεωμετρικών τμημάτων, έλεγχος της γεωμετρίας, διαχείριση (εύρεση, έλεγχος, μετατροπή) των τιμών μέτρησης. Η χωρική δεικτοδότηση των δεδομένων μπορεί να συμπεριλάβει τη διάσταση της μέτρησης. Στην περίπτωση που δεικτοδοτούνται 3 ή και περισσότερες διαστάσεις όμως, χρησιμοποιείται μόνο το πρωτεύον φίλτρο στην επεξεργασία των ερωτημάτων (βλ. υποενότητα 2.4.1).

Σημειώνεται ότι οι τιμές μέτρησης καθώς και οι περισσότερες συναρτήσεις του συστήματος γραμμικής αναφέρονται σε γεωμετρικά τμήματα. Απαιτείται επομένως, προσοχή κατά τη χρήση τους καθώς μία γραμμική οντότητα, όπως ένας δρόμος για παράδειγμα, μπορεί να αναπαρίσταται από αρκετά γεωμετρικά τμήματα.

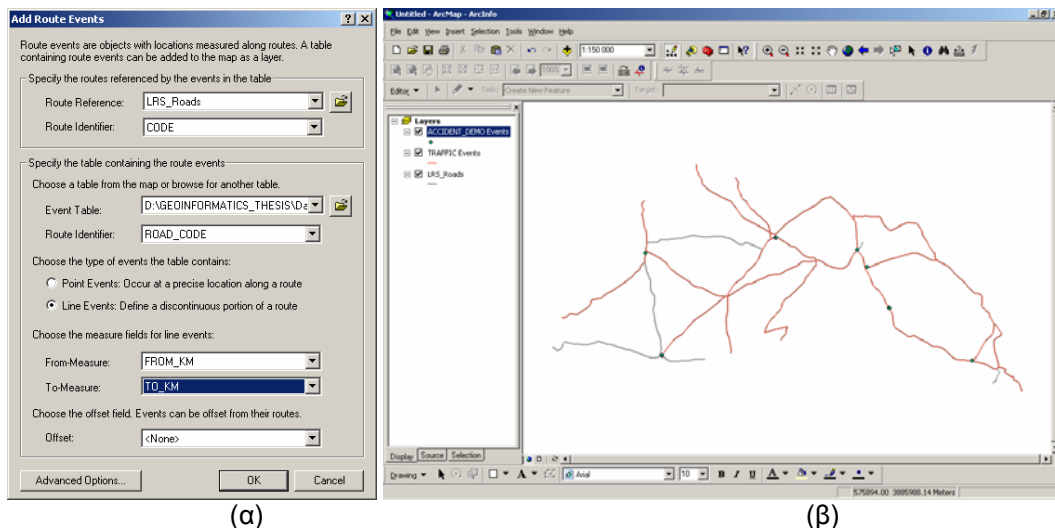
#### 4.5.2 Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στο ArcGIS

Στο λογισμικό ArcGIS της ESRI, ξεκινώντας από την έκδοση 7.x, παρέχονται δυνατότητες ολοκληρωμένης διαχείρισης δεδομένων με γραμμική αναφορά. Στο ArcGIS οι γεωγραφικές οντότητες αποθηκεύονται σε κλάσεις οντοτήτων (feature classes) που αντιστοιχούν σε κάποιο θεματικό επίπεδο. Η γεωμετρία των οντοτήτων μπορεί να είναι σημειακού, γραμμικού ή πολυγωνικού τύπου και αποθηκεύεται σε ειδικό πεδίο (shape). Οι γραμμικές οντότητες αναπαρίστανται από πολυγραμμές. Κάθε γεωμετρία συντίθεται από δυσδιάστατες (x, y) ή τρισδιάστατες (x, y, z) γεωγραφικές συντεταγμένες.

Το σύστημα γραμμικής αναφοράς υλοποιείται με τη μετατροπή των πολυγραμμών σε διαδρομές (routes). Οι διαδρομές δημιουργούνται με την απόδοση μοναδικού αναγνωριστικού σε αυτές καθώς και την μετατροπή των πολυγραμμών που συνθέτουν μία γραμμική οντότητα σε πολυγραμμές με πληροφορία μέτρησης (polylineM). Η μετατροπή σε πολυγραμμές με πληροφορία μέτρησης ονομάζεται βαθμονόμηση (calibration). Κατά τη διαδικασία αυτή οι πολυγραμμές που συνθέτουν μία γραμμική οντότητα, δηλαδή έχουν κοινή τιμή στο πεδίο που σχετίζεται με την κωδικοποίηση των γραμμικών οντοτήτων, αρχικά συνενώνονται και στη συνέχεια αποδίδονται τιμές μέτρησης. Η απόδοση τιμών μέτρησης μπορεί να γίνει βάσει του συνολικού μήκους των γραμμικών οντοτήτων ή βάσει τιμών αποθηκευμένων σε πεδία ενός σχεσιακού πίνακα. Ο χρήστης επιλέγει τη συμβατική κατεύθυνση των διαδρομών. Ο ίδιος κανόνας κατεύθυνσης εφαρμόζεται σε όλες τις διαδρομές. Η δημιουργία διαδρομών δεν επηρεάζει την αρχική γεωμετρία καθώς οι διαδρομές αποθηκεύονται σε ξεχωριστές κλάσεις οντοτήτων ("Polyline with Measures" feature classes).



Σχήμα 4.10: Διαδικασία δημιουργίας διαδρομών στο ArcGIS της ESRI



Σχήμα 4.11: (α) Δημιουργία πίνακα συμβάντων στο ArcGIS της ESRI  
(β) Διαδικασία Δυναμικής Κατάτμησης

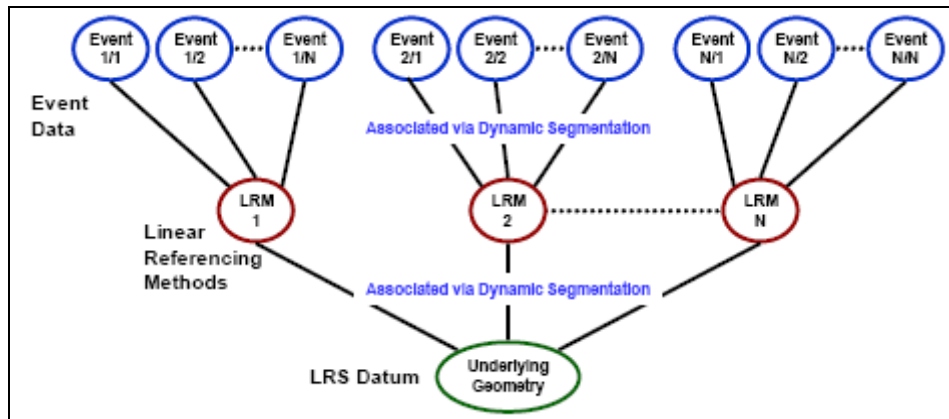
Αφού δημιουργηθούν διαδρομές, δεδομένα αποθηκευμένα σε πίνακες συμβάντων (event tables) χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πινάκων συμβάντων διαδρομών (route event tables). Τα δεδομένα μπορούν να απεικονιστούν και να αναλυθούν μέσω δυναμικής κατάτμησης. Οι πίνακες συμβάντων μπορεί να έχουν εξωτερική πηγή προέλευσης, αρκεί να είναι αποθηκευμένοι σε μορφές αναγνωρίσιμες από το λογισμικό (π.χ. αρχεία σε μορφή mdb, xls, dbf).

### 4.5.3 Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς στο Geomedia

Το Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς που υλοποιείται στο Geomedia Transportation Manager της Intergraph αναπτύχθηκε για τη διαχείριση δεδομένων συστημάτων μεταφορών. Το μοντέλο δεδομένων έχει μία στρωματοποιημένη δομή, αποτελούμενο από τρία επίπεδα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω δυναμικής κατάτμησης.

Στο LRS datum αποθηκεύεται η υποκείμενη γεωμετρία, η βασική ονοματολογία των δρόμων και το σύστημα μέτρησης. Αποτελείται από ένα μόνο πίνακα στα πεδία του οποίου αποθηκεύονται αναγνωριστικά των γραμμικών οντοτήτων, των τμημάτων από τα οποία αποτελούνται, οι τιμές μέτρησης αρχής και τέλους των γραμμικών οντοτήτων, η χαρτογραφική αναπαράσταση των τμημάτων (γεωμετρία). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το μοντέλο επιτρέπει χρονική ανάλυση, καθώς ο πίνακας περιλαμβάνει δύο πεδία για την αποθήκευση του χρόνου ισχύος των γραμμικών οντοτήτων. Επίσης, σε ξεχωριστό πεδίο φιλοξενείται η χρονική στιγμή εισαγωγής των εγγραφών στη βάση.

Το επίπεδο των Μεθόδων Γραμμικής Αναφοράς (LRM Layer) αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ των συμβάντων και του LRS datum. Αποτελείται από ένα ή περισσότερους πίνακες, ανάλογα με το πλήθος των μεθόδων γραμμικής αναφοράς που χρησιμοποιούνται. Στους πίνακες αποθηκεύονται τμήματα (χωρίς



Σχήμα 4.12: Δομή Μοντέλου Δεδομένων στο Geomedia Transportation Manager [25]

γεωμετρία) με γραμμική αναφορά (LRM segments) τα οποία χαρτογραφούνται/αντιστοιχούνται (mapped to) πάνω σε τμήματα του LRS datum, μέσω αναγνωριστικών κωδικών (ξένα κλειδιά). Για τα τμήματα με γραμμική αναφορά τηρούνται επίσης οι τιμές μέτρησης αρχής/τέλους καθώς και ο χρόνος ισχύος και η χρονική στιγμή εισαγωγής τους στη βάση.

Στο τρίτο επίπεδο βρίσκονται οι πίνακες συμβάντων. Κάθε πίνακας συμβάντων συνδέεται με συγκεκριμένη μέθοδο γραμμικής αναφοράς. Τα συμβάντα περιγράφονται από τη θέση τους (μέτρηση) σε κάποιο τμήμα με γραμμική αναφορά, το χρόνο ισχύος τους και τα απαιτούμενα, από τη σημασιολογία της εφαρμογής, περιγραφικά γνωρίσματα.

Στη διαδικασία δόμησης του συστήματος γραμμικής αναφοράς ακολουθούνται προκαθορισμένα βήματα. Τα βήματα περιλαμβάνουν τον έλεγχο της γεωμετρίας (φορά ψηφιοποίησης, χωρική συνεκτικότητα κ.λπ.), τη βαθμονόμηση, επικύρωση (validation) και δεικτοδότηση του συστήματος γραμμικής αναφοράς.



# 5

## *Οπτικοποίηση Χωρικών Δεδομένων*

### *5.1 Εισαγωγή*

Για πολλούς αιώνες οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους χάρτες ως μέσο μετάδοσης πληροφορίας. Η τεχνολογική εξέλιξη επηρέασε τον τρόπο διακίνησης και μετάδοσης της πληροφορίας. Σήμερα αποτελεί παγκόσμια τάση, αλλά και επιστημονική και κοινωνική ανάγκη, η οπτικοποίηση δεδομένων και πληροφοριών γενικότερα, σε πραγματικό χρόνο και από διάφορες πηγές. Ως αποτέλεσμα, η έννοια του χάρτη με την παραδοσιακή «στατική» του μορφή, αποκτά μια νέα διάσταση που σχετίζεται με τη δυναμική απεικόνιση δεδομένων σε διαδραστικό περιβάλλον και σε πραγματικό χρόνο. Ο Παγκόσμιος Ιστός παρέχει τη δυνατότητα εύκολης και άμεσης πρόσβασης σε έναν διαρκώς αυξανόμενο όγκο δεδομένων γενικά, αλλά και χωρικών δεδομένων ειδικότερα. Η απεικόνιση χωρικών δεδομένων πραγματοποιείται σε περιβάλλον φιλικό προς τους χρήστες, με δυνατότητες περιήγησης στον εικονικό χώρο, ενώ καινοτόμοι τρόποι οπτικοποίησης χωρικών πληροφοριών έχουν κάνει την εμφάνισή τους όπως το Google Earth.

Εκτιμάται ότι το 80% της πληροφορίας που διακινείται παγκοσμίως έχει γεωγραφική (χωρική) αναφορά, ενώ πολύ συχνά έχει και χρονική αναφορά. Η χρήση του διαδικτύου αναδιαμόρφωσε την προσέγγιση της συλλογής, διαχείρισης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των πληροφοριών από τα διάφορα Συστήματα Πληροφοριών. Η ολοκλήρωση του Διαδικτύου με την τεχνολογία των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών οδήγησε στις αποκαλούμενες Web-based GIS (WebGIS) εφαρμογές.

Στην εργασία αυτή επιχειρήθηκε η αξιοποίηση τεχνολογιών μέσω των οποίων αξιοποιείται ο διαδικτυακός προσανατολισμός των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων

Δεδομένων. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε για την οπτικοποίηση και διαχείριση δεδομένων με γραμμική αναφορά, βασίστηκε στον προγραμματισμό της εφαρμογής Oracle Application Server Mapviewer (ή απλά MapViewer) της Oracle, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

## **5.2 Χαρτογραφία, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και Οπτικοποίηση**

Ο χάρτης μπορεί να ορισθεί ως η γραφική αναπαράσταση του φυσικού και ανθρωπογενούς χώρου, των φαινομένων που αναφέρονται σε αυτόν καθώς και των χωρικών τους αλληλοσυσχετίσεων [60]. Από τον ορισμό αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτή η σημασία των χαρτών ως μέσων επικοινωνίας. Ειδικότερα, αν λάβει κανείς υπόψη του το πλήθος και την πολυπλοκότητα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων καθώς και τις αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον. Πίσω από τη δημιουργία ενός χάρτη κρύβεται η πανάρχαια επιστήμη της χαρτογραφίας. Παραλείποντας τα στάδια εξέλιξης της χαρτογραφίας, θα σημειωθεί ότι στη σύγχρονη διάστασή της, η διαρκής ανάπτυξη των Συστημάτων Υπολογιστών, της Τεχνολογίας Πληροφοριών, η χρήση του Διαδικτύου και γενικότερα η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο. Η διεξόδυση των ηλεκτρονικών υπολογιστών επηρέασε τόσο τη διαδικασία της χαρτογραφικής σύνθεσης, όσο και την τεχνική διαδικασία της παραγωγής καθαυτή [64]. Η επίδραση της τεχνολογικής εξέλιξης ήταν τέτοια, που και η οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή νοείται η «επίπεδη επιφάνεια» πάνω στην οποία πραγματοποιείται η γραφική απόδοση της πληροφορίας.

Η Χαρτογραφία σχετιζόταν πάντα με την οπτικοποίηση υπό την έννοια ότι του «έκανε ορατό», αποτύπωνε στο χαρτί μορφές, ιδέες και σχέσεις που απαντώνται στο γεωγραφικό χώρο. *Ο χάρτης μικραίνει το γεωγραφικό χώρο, ώστε να χωρέσει στο οπτικό μας πεδίο* [60]. Παρόλα αυτά η ταύτιση των δύο θα παράβλεπε τις θεωρήσεις της Οπτικοποίησης από άλλες επιστήμες. Οι θεωρήσεις αυτές σχετίζονται με τη δυνατότητα που παρέχει η τεχνολογία των υπολογιστικών συστημάτων να δημιουργούνται «ορατές» όψεις της πραγματικότητας σε πραγματικό χρόνο [30]. Ο Taylor (1994) [URL 7] κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ χαρτογραφίας και οπτικοποίησης. Αντίθετα θεωρεί την οπτικοποίηση διακριτή εξέλιξη στη χαρτογραφία και στην επιστήμη γενικότερα. Η δυνατότητα να πραγματοποιούνται αλλαγές στα ορατά στοιχεία ενός χάρτη εισήγαγε νέο τρόπο προσέγγισης των χαρτών και της αξιοποίησης τους από τους χρήστες (λογού χάρη στη λήψη αποφάσεων μέσω ενός χωρικού συστήματος λήψης αποφάσεων).

Η σύγχρονη πρόκληση για τη Χαρτογραφία είναι να συνεισφέρει στις αλλαγές που συντελούνται στον τρόπο αναπαράστασης της πληροφορίας και στην ανάπτυξη του σχετικά νέου πεδίου έρευνας της Οπτικοποίησης (Visualization) και των διάφορων κλάδων της. Από την άλλη πλευρά, η Χαρτογραφία θα αποκομίσει όφελος από τη συνεργασία αυτή μιας και ζητήματα όπως ο σχεδιασμός της



διεπαφής με το χρήστη (interface design), τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε υπολογιστή (three-dimensional computer modelling) έχουν εξελιχθεί περισσότερο στους διάφορους τομείς της Οπτικοποίησης.

Η γνωστική περιοχή της Χαρτογραφίας είναι συνυφασμένη με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Παρά το γεγονός ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών αντικατέστησαν το χάρτη ως μέσο αποθήκευσης της χωρικής πληροφορίας και εκτέλεσης υπολογισμών [64], υφίσταται η ανάγκη παρουσίασης των αποτελεσμάτων ανάλυσης χωρικών στοιχείων με τρόπο άμεσο και εποπτικό. Το τελευταίο και καθοριστικό, για την αποτελεσματικότητά ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, στάδιο της διαδικασίας από στοιχεία σε πληροφορία, είναι η παρουσίαση (κυρίως η χαρτογραφική απόδοση) της πληροφορίας που η ανάλυση δημιούργησε [59]. Η Rhynne (2004) αναφέρει ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών αποτελούν και χαρτογραφικά εργαλεία τα οποία διευκολύνουν τη δημιουργία χαρτών σε πραγματικό χρόνο και την εξέταση της επίδρασης διαδραστικών αλλαγών στο χάρτη. Υπό την έννοια αυτή, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και η Χαρτογραφία καθίστανται γνωστικές περιοχές αλληλοσυμπληρούμενες [64], σε εννοιολογικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής. Σε εννοιολογικό, γιατί οι γεωγραφικές πληροφορίες έχουν χωρική αναφορά και σε πρακτικό γιατί τα αποτελέσματα μιας χωρικής ανάλυσης παρουσιάζονται τελικά (κυρίως) μέσα από ένα χάρτη. Θα προστεθεί και η Οπτικοποίηση ως περιοχή έρευνας που βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση τόσο με τη χαρτογραφία όσο και με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Σημαντικός παράγοντας που επηρέασε και επηρεάζει την εξέλιξη πολλών γνωστικών αντικειμένων, ανάμεσά τους η Χαρτογραφία και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, ήταν η εμφάνιση του Διαδικτύου. Το χαρτογραφικό περιβάλλον πλέον χρησιμοποιεί τον Παγκόσμιο Ιστό ως τη βάση δεδομένων του [31]. Ο χάρτης παραμένει μέσο απεικόνισης, αλλά επιπλέον αποτελεί διεπαφή διαδραστικού και δυναμικού χαρακτήρα, μέσω της οποίας καθίσταται εφικτή η άντληση πληροφοριών και η απόκτηση γνώσης. Επιπλέον, κάνουν την εμφάνισή τους εφαρμογές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στο Διαδίκτυο, στις οποίες γίνεται ειδική αναφορά σε επόμενη ενότητα.

### ***5.3 Γεωοπτικοποίηση***

Στην προηγούμενη ενότητα επιχειρήθηκε να καταδειχθεί η σχέση μεταξύ ΓΣΠ - Χαρτογραφίας. Επιπλέον, έγινε διάκριση μεταξύ χαρτογραφίας και οπτικοποίησης, αλλά υπογραμμίστηκε η αλληλεπίδραση των δύο. Η γνωστική περιοχή της Οπτικοποίησης και κυρίως οι κλάδοι της Επιστημονικής Οπτικοποίησης (Scientific Visualization, SciVis) και της Οπτικοποίησης Πληροφοριών (Information Visualization, InfoVis) αναπτύχθηκαν τις δύο τελευταίες δεκαετίες.

Αντικείμενο της Επιστημονικής Οπτικοποίησης αποτελεί η μετατροπή αριθμητικών ή συμβολικών δεδομένων και πληροφοριών σε γεωμετρικές εικόνες δημιουργημένες από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Παρέχει τη μεθοδολογία με την οποία ερμηνεύονται δεδομένα εικόνας που εισάγονται σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και δεδομένων που δημιουργήθηκαν από κάποιο υπολογιστικό μοντέλο [42]. Στην Οπτικοποίηση Πληροφοριών τα δεδομένα είναι πιο αφηρημένου τύπου και δεν έχουν εγγενή χωρικά (γεωμετρικά) χαρακτηριστικά, όπως το κείμενο ή στατιστικά δεδομένα. Καθώς η οπτικοποίηση πληροφοριών εξελισσόταν στα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας, όλο και περισσότεροι γεωγράφοι και χαρτογράφοι άρχισαν να ασχολούνται με τον τομέα αυτό της οπτικοποίησης, καθώς η χαρτογραφική θεωρία βρίσκει εφαρμογή και σε αυτόν τον τομέα.

Την ίδια χρονική περίοδο ξεκίνησαν προσπάθειες να ενσωματωθούν εργαλεία οπτικοποίησης στο λογισμικό των ΣΓΠ, ώστε να καταστεί δυνατή η απεικόνιση τριών διαστάσεων (παραδείγματος χάρη το ArcView3D Analyst της ESRI). Επίσης, ο προγραμματισμός εργαλείων επιστημονικής οπτικοποίησης και οπτικοποίησης πληροφοριών άρχισε να υποστηρίζει χωρικούς τύπους δεδομένων. Τελικά, η ολοκλήρωση Χαρτογραφίας, ΣΓΠ και Οπτικοποίησης οδήγησε στη Γεωοπτικοποίηση (GeoVisualization).

Παρόλο που έγιναν αρκετές προσπάθειες δημιουργίας προτύπων για τα χωρικά δεδομένα, σπάνια στις προσπάθειες αυτές εξεταζόταν η δημιουργία προτύπων για την οπτικοποίηση τους. Ομάδες μελετητών προσπάθησαν να εξετάσουν ζητήματα σχετικά με την οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων. Το έτος 1995 ο Διεθνής Οργανισμός Χαρτογραφίας (International Cartographic Association, ICA) συγκρότησε ειδική επιτροπή (ICA Commission on Visualization), η οποία ήταν επιφορτισμένη με τη διεξαγωγή έρευνας σχετικά με την εφαρμογή χαρτογραφικών αρχών και μεθοδολογιών στον τομέα της οπτικοποίησης.

Αρκετοί ήταν οι λόγοι που τελικά οδήγησαν στη δημιουργία αυτόνομης γνωστικής περιοχής, της Γεωοπτικοποίησης (2000). Θα αναφερθεί η ανεπάρκεια των μεθόδων και εργαλείων οπτικοποίησης να διαχειριστούν χωρικά δεδομένα, πολύ περισσότερο αν λάβει κανείς υπόψη και τη χρονική τους διάσταση. Επίσης, η επιτυχής χρήση εργαλείων οπτικοποίησης σε τομείς όπως η ιατρική απεικόνιση, η μοριακή βιολογία κατάδειξε τις δυνατότητες εφαρμογής σε χωρικά δεδομένα. Στόχος της έρευνας στον τομέα της Γεωοπτικοποίησης αποτελεί η θεμελίωση θεωρητικού υποβάθρου, ο σχεδιασμός εργαλείων και μεθόδων για την οπτική διερεύνηση, ανάλυση, σύνθεση και παρουσίαση χωρικών δεδομένων σε διαδραστικό περιβάλλον και σε πραγματικό χρόνο (real-time). Τα τέσσερα κύρια αντικείμενα έρευνας [31] αφορούν: στην αναπαράσταση χωρικής πληροφορίας, στην ολοκλήρωση οπτικών με υπολογιστικές μεθόδους για τη δόμηση γνώσης, στο σχεδιασμό διεπαφής για εφαρμογές γεωοπτικοποίησης και στη γνωσιακή/χρηστική θεώρηση της γεωοπτικοποίησης.

Συνεπώς, η οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων ανήκει στο ερευνητικό πεδίο της Γεωοπτικοποίησης. Η δομή των χωρικών δεδομένων είναι σύνθετη, περιλαμβάνοντας εκτός από τη γεωμετρία, το χρόνο και ένα σύνολο περιγραφικών χαρακτηριστικών. Με αυτό τον τρόπο η ταυτόχρονη αναπαράσταση των συνιστωσών των χωρικών δεδομένων καθίσταται δύσκολη. Στα σύγχρονα λογισμικά Γεωοπτικοποίησης τα δεδομένα απεικονίζονται χρησιμοποιώντας τόσο παραδοσιακές χαρτογραφικές τεχνικές όσο και τεχνικές σε υπολογιστές (computer-enabled techniques), ενώ χρησιμοποιούνται πολλαπλές, διαδραστικά συνδεδεμένες όψεις των δεδομένων [URL 2]. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή τεχνικών και εργαλείων Γεωοπτικοποίησης στο Διαδίκτυο και πως αυτά αξιοποιούνται από διάφορα λογισμικά για την αναπαράσταση δεδομένων.

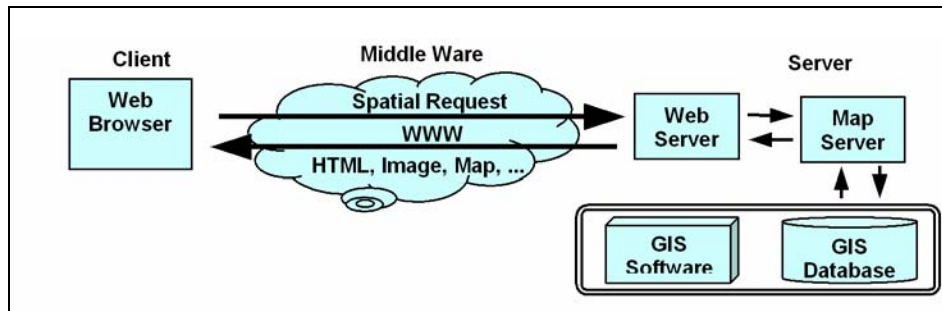
## ***5.4 Εφαρμογές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στον Παγκόσμιο Ιστό***

Η αναζήτηση δεδομένων, πληροφοριών στο Διαδίκτυο, τη μεγαλύτερη «βιβλιοθήκη γνώσης» παγκοσμίως, αποτελεί πραγματικότητα. Καθώς ο όγκος της διαθέσιμης πληροφορίας αυξάνει, είναι απαραίτητη η εύρεση αποτελεσματικών, οικονομικών μεθόδων διάθεσης, άμεσης προσπέλασης και διαχείρισής της. Ο συνδυασμός, η επεξεργασία και η ανάλυση ετερογενών δεδομένων με στόχο την εξαγωγή πληροφορίας, και τελικά την απόκτηση γνώσης μπορεί να επιτευχθεί και μέσω της «χωρικής» σύνδεσης/συσχέτισης των δεδομένων. Τα ΣΓΠ αποτελούν κατάλληλο περιβάλλον για την επίτευξη του στόχου αυτού. Με αυτόν τον τρόπο, άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους την τελευταία δεκαετία εφαρμογές WebGIS. Μέσω των εφαρμογών αυτών, η τεχνολογία των ΣΓΠ έγινε περισσότερο προσβάσιμη, διευκολύνοντας παράλληλα την αποτελεσματική διάθεση χωρικών δεδομένων και την ανοικτή προσβασιμότητα (open accessibility) [8].

Ο όρος WebGIS έχει την έννοια της πρόσβασης στα δεδομένα και τις λειτουργίες των ΣΓΠ μέσω ενός Φυλλομετρητή Ιστοσελίδων (Web Browser). Η πρόσβαση είναι δυνατό να αφορά στη χρήση του Διαδικτύου ή/και στη χρήση ενός τοπικού δικτύου ενός οργανισμού. Στην αρχική τους μορφή, οι εφαρμογές WebGIS παρείχαν πρόσβαση σε στατικούς χάρτες. Στη συνέχεια, συμπληρώθηκαν με διαδραστικά εργαλεία για να φθάσουν πλέον να επιτρέπουν την εκτέλεση λειτουργιών χωρικής ανάλυσης. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αρχιτεκτονική των συστημάτων αυτών, η οποία επιτρέπει τη σύνδεση με ετερογενή συστήματα και εξυπηρετητές.

### ***5.4.1 Αρχιτεκτονική εφαρμογών WebGIS***

Μία εφαρμογή WebGIS αποτελείται από τρία συστατικά μέρη: το Δίκτυο (Network), τους Εξυπηρετητές (Servers) και τους Πελάτες (Clients). Η λειτουργία της εφαρμογής διακρίνεται στο τμήμα που εκτελείται στον εξυπηρετητή και στο τμήμα που εκτελείται στον πελάτη (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Συστατικά μέρη μιας εφαρμογής WebGIS [URL 1]

Το είδος του δικτύου καθορίζει ουσιαστικά τις βασικές κατηγορίες των WebGIS εφαρμογών. Μπορεί να είναι το τοπικό δίκτυο ενός οργανισμού (Local Area Network - LAN ή Wireless Area Network-WAN), το διαδίκτυο ή Κινητό (Mobile) που αφορά σε εφαρμογές στην τηλεπικοινωνία.

Οι Εξυπηρετητές μπορεί να είναι Δικτυακοί Εξυπηρετητές (Web Servers), Εξυπηρετητές Δεδομένων (Data Servers), Εξυπηρετητές Χαρτών (Map Servers), και Εξυπηρετητές Εφαρμογών (Application Servers). Οι δικτυακοί εξυπηρετητές επικοινωνούν με τους πελάτες μέσω του δικτύου. Αποστέλλουν αιτήσεις στους εξυπηρετητές εφαρμογών και απαντήσεις στους πελάτες. Στους εξυπηρετητές δεδομένων γίνεται η αποθήκευση-διαχείριση δεδομένων εντός ΣΓΠ ή σε ΣΔΒΔ. Οι εξυπηρετητές χαρτών αποτελούν την καρδιά του συστήματος καθώς επεξεργάζονται τις αιτήσεις των πελατών, προσπελούν τα δεδομένα στους εξυπηρετητές δεδομένων και δημιουργούν τα αποτελέσματα που αποστέλλονται στους πελάτες μέσω των εξυπηρετητών ιστού και των εξυπηρετητών εφαρμογών. Οι εξυπηρετητές εφαρμογών διαχειρίζονται τις δοσοληψίες μεταβιβάζοντας τις αιτήσεις από τους εξυπηρετητές ιστού στους εξυπηρετητές χαρτών και αντίστροφα. Οι λειτουργίες των εξυπηρετητών μπορεί να συνδυαστούν σε ένα μόνο εξυπηρετητή.

Οι πελάτες είναι το σημείο αλληλεπίδρασης των χρηστών με τα δεδομένα και τις λειτουργίες του ΣΓΠ μέσω ενός φυλλομετρητή ιστοσελίδων. Μπορεί να είναι επιτραπέζιοι ή φορητοί υπολογιστές καθώς και συσκευές κινητής τηλεφωνίας, PDA's κ.λπ.

Ανάλογα με το πλήθος των λειτουργιών που είναι δυνατό να εκτελεστούν στον εξυπηρετητή και στον πελάτη, διακρίνονται η Αρχιτεκτονική Αδύναμου Πελάτη (Thin Client Architecture), η Αρχιτεκτονική Ισχυρού Πελάτη (Thick Client Architecture) και η Αρχιτεκτονική Ενδιάμεσου Πελάτη (Medium Client Architecture). Κάθε προσέγγιση παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στην πρώτη οι πελάτες διαθέτουν αποκλειστικά τη διεπαφή για την αποστολή αιτήσεων στους εξυπηρετητές και απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Το σύνολο της επεξεργασίας εκτελείται στον εξυπηρετητή. Στην αρχιτεκτονική ισχυρού πελάτη επεκτείνεται η λειτουργικότητα του φυλλομετρητή με επεκτάσεις (plugins), ώστε να είναι σε θέση να διαχειριστεί και άλλους τύπους δεδομένων και να καταστεί δυνατή η δημιουργία πιο διαδραστικών διεπαφών. Η

αρχιτεκτονική ενδιάμεσου πελάτη προτείνεται σαν λύση που εξισορροπεί τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των δύο προηγούμενων προσεγγίσεων.

#### **5.4.2 Πλεονεκτήματα - εφαρμογές**

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα χρήσης μιας WebGIS εφαρμογής οφείλονται στο γεγονός ότι οι εφαρμογές αυτού του είδους στηρίζονται στην αρχιτεκτονική εξυπηρετητή-πελάτη. Δεδομένου ότι αξιοποιούν δυνατότητες των ΣΓΠ, είναι σαφές ότι η χρήση τους προσφέρει τα πλεονεκτήματα των τελευταίων. Θα αναφερθούν, εκτός αυτών, και μερικά ακόμη πλεονεκτήματα. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να προσπελάσουν, να διαχειριστούν, να αναλύσουν και να αποκτήσουν τα δεδομένα που τους ενδιαφέρουν χωρίς να είναι απαραίτητο να αποκτήσουν κάποιο πακέτο λογισμικού ΣΓΠ, αρκεί να διαθέτουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο, ενώ δεν είναι απαραίτητη η γνώση της δομής ή του χώρου αποθήκευσης των δεδομένων. Η εφαρμογή αναπτύσσεται μόνο στον εξυπηρετητή ενώ οι πελάτες μπορούν να είναι απλοί επιτραπέζιοι υπολογιστές. Αυτό συνεπάγεται μικρότερο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και τυχόν αναβάθμισης της εφαρμογής. Είναι ευκολότερη η ολοκλήρωσή τους με σχεσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων [URL 1]. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και μειονεκτήματα από τη χρήση WebGIS εφαρμογών. Τα σημαντικότερα είναι η «ταχύτητα» και το ότι δεν είναι εφικτό να εκτελεστεί το σύνολο των λειτουργιών που προσφέρει ένα εμπορικό πακέτο ΣΓΠ [2].

Οι εφαρμογές WebGIS μπορούν να αξιοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς, στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση (e-Government), σε προσωποποιημένες υπηρεσίες προς τελικούς χρήστες βάσει της γεωγραφικής τους θέσης (Location Based Services, LBS), στη διαχείριση φυσικών πόρων (Resource Management), στην ανάλυση και σχεδιασμό του χώρου (Spatial Analysis and Planning), στη διαχείριση κυκλοφορίας και οχημάτων (Transportation and Vehicle Management).

#### **5.4.3 Εξυπηρετητές Χαρτών (Internet Map Servers)**

Οι Εξυπηρετητές Χαρτών αποτελούν, όπως προαναφέρθηκε την καρδιά ενός συστήματος WebGIS. Η οπτικοποίηση των δεδομένων, οι λειτουργίες που είναι διαθέσιμες στο χρήστη, τα εργαλεία ανάλυσης, ακόμα και ο χρόνος απόκρισης του συστήματος στα αιτήματα που υποβάλλονται, εξαρτώνται από τους Εξυπηρετητές Χαρτών. Σε ένα Εξυπηρετητή Χαρτών εκτελούνται τα χωρικά ερωτήματα, πραγματοποιείται η ανάλυση και δημιουργείται τελικά η «απάντηση» στο αίτημα του χρήστη.

Για τη λειτουργία ενός Εξυπηρετητή Χαρτών είναι απαραίτητη η λειτουργία ενός μηχανισμού επεξεργασίας χωρικών δεδομένων (spatial engine), η οποία βρίσκεται στο τμήμα του server και ενός εξυπηρετητή δικτύου. Το προϊόν που αποστέλλεται στον φυλλομετρητή του πελάτη είναι μία ψηφιδωτή (raster) εικόνα (τύπου jpeg, tiff, png) ή διανυσματική εικόνα (vector-based image) ή ροή

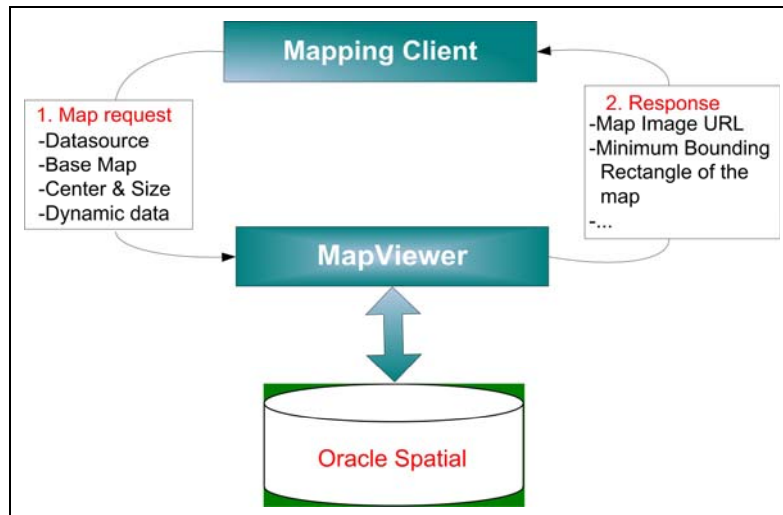
δεδομένων που για να απεικονιστούν πρέπει να ερμηνευθούν από κάποια επέκταση που εγκαθίσταται στο φυλλομετρητή. Οι Εξυπηρετητές Χαρτών που αποστέλλουν σαν προϊόν εικόνες παρέχουν δυνατότητα στοιχειωδών λειτουργιών όπως μεγέθυνση/σμίκρυνση (zoom in/zoom out), μετακίνησης (pan) και εκτέλεσης βασικών ερωτημάτων. Αντίθετα, όσοι απαιτούν την εγκατάσταση επεκτάσεων στο φυλλομετρητή παρέχουν τη δυνατότητα εκτέλεσης πιο σύνθετων λειτουργιών και ερωτημάτων. Οι Εξυπηρετητές Χαρτών που διατίθενται σήμερα υποστηρίζονται από τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα, ενώ υποστηρίζουν διάφορους τύπους χωρικών δεδομένων. Κοινό χαρακτηριστικό όλων είναι η χρήση τεχνολογιών XML (eXtensible Markup Language). Ενδεικτικά αναφέρονται οι Oracle MapViewer, Geomedia WebMap, MapInfo MapXtreme, Arc Internet Map Server (IMS), Autodesk MapGuide, uDig, Minnesota DNR MapServer. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο MapViewer της Oracle.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα οπτικοποίησης και διαχείρισης των περιεχομένων μιας χωρικών βάσεων δεδομένων μέσω ενός Εξυπηρετητή Χαρτών, χωρίς την ύπαρξη λογισμικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται λόγος για Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων με διαδικτυακές δυνατότητες (Web-enabled Spatial Database Systems). Η αρχιτεκτονική των εφαρμογών αυτών στηρίζεται στις ίδιες αρχές με αυτές των WebGIS εφαρμογών. Θα σημειωθεί ότι η διάκριση μεταξύ των δύο κατηγοριών εφαρμογών δεν είναι απολύτως σαφής, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση τους. Η προσπέλαση των δεδομένων, τα οποία διαχειρίζονται κεντρικά εντός του Συστήματος Χωρικών Βάσεων Δεδομένων, πραγματοποιείται με τη διαμεσολάβηση των εξυπηρετητών χαρτών. Στα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων με διαδικτυακές δυνατότητες παρέχονται, επιπλέον, δυνατότητες ενημέρωσης, εκτέλεσης ερωτημάτων απευθείας στα δεδομένα της βάσης.

## ***5.5 Oracle Application Server MapViewer***

Σε προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε αναφορά στις δυνατότητες αποθήκευσης, διαχείρισης και ανάλυσης χωρικών δεδομένων που παρέχει η Oracle Spatial (ή Locator). Η οπτικοποίηση των δεδομένων, των αποτελεσμάτων διατύπωσης χωρικών ερωτημάτων καθώς και των αποτελεσμάτων λειτουργιών ανάλυσης συμπληρώνει τις δυνατότητες αυτές.

Η επιλογή του MapViewer ως υπόβαθρο ανάπτυξης της εφαρμογής διαχείρισης δεδομένων με γραμμική αναφορά, βασίστηκε στα κύρια χαρακτηριστικά του. Η χρήση του MapViewer καθιστά σαφή το διαχωρισμό των δεδομένων τα οποία διαχειρίζονται κεντρικά στο περιβάλλον της Oracle Spatial, από την αναπαράστασή τους. Επιπλέον, εξασφαλίζει την εύκολη και άμεση προσπέλαση των δεδομένων, τα οποία είναι δυνατόν να βρίσκονται αποθηκευμένα σε διαφορετικές βάσεις. Παράλληλα, μέσα από το διαμορφούμενο (customizable)



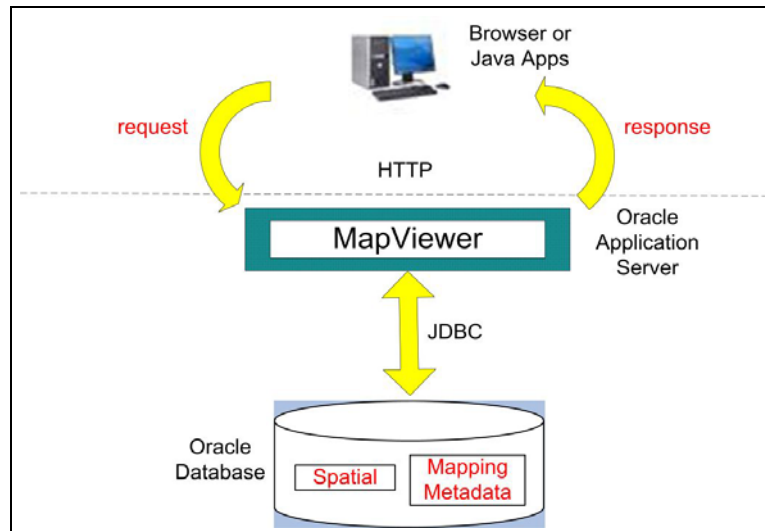
Σχήμα 5.2: Ροή ενεργειών στο MapViewer [37]

περιβάλλον του, επιτρέπει στους χρήστες να προσαρμόσουν τις λειτουργίες του σε συγκεκριμένες απαιτήσεις τους ή να προγραμματίσουν νέες για τη δημιουργία εξειδικευμένων εφαρμογών. Η λειτουργία του στηρίζεται στην κωδικοποίηση σε XML. Συνεπώς κάθε γλώσσα που έχει τη δυνατότητα να στείλει δεδομένα μέσω HTTP μπορεί να υποβάλει αιτήσεις προς το MapViewer. Επιπρόσθετα, ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει ή να δημιουργήσει δικά του γραφικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για το συμβολισμό των δεδομένων, ώστε να γίνονται εύκολα αντιληπτά και να ερμηνεύονται σωστά. Η δημιουργία θεματικών χαρτών με «αυτοματοποιημένο» τρόπο (π.χ. αναπαράσταση δεδομένων που πληρούν κάποιο κριτήριο με συγκεκριμένο σύμβολο) αποτελεί άλλο ένα πλεονέκτημα της εφαρμογής. Στη συνέχεια επιχειρείται μία συνοπτική αναφορά στα βασικά χαρακτηριστικά του MapViewer.

### 5.5.1 Τεχνική Σύνοψη

Ο MapViewer αποτελεί έναν εξυπηρετητή χαρτών που λειτουργεί εντός του Oracle Application Server (είναι γραμμένος σε Java) [37]. Χρησιμοποιεί μοντέλο αίτησης/απόκρισης (request/response), (Σχήμα 5.2). Δέχεται την αίτηση του χρήστη (πελάτη) μέσω Hypertext Transfer Protocol (HTTP) και αποκρίνεται αφού επεξεργαστεί το αίτημα και δημιουργηθεί ο χάρτης.

Η αίτηση μπορεί να αφορά σε αίτημα χάρτη (map request) ή σε αίτημα διαχειριστή (administrative request) όπως λ.χ. ορισμός πηγής δεδομένων. Τόσο η αίτηση όσο και η απόκριση κωδικοποιούνται σε XML. Με αυτόν τον τρόπο, οποιαδήποτε γλώσσα που έχει τη δυνατότητα να στείλει δεδομένα μέσω HTTP μπορεί να υποβάλει αιτήσεις προς το MapViewer. Για παράδειγμα, μπορεί να συνταχθεί κώδικας σε PL/SQL, μέσω του οποίου γίνεται αίτηση χάρτη στο MapViewer, να επιστρέφει ο χάρτης ως εικόνα και να αποθηκεύεται σε κάποιο πίνακα της βάσης. Η χρήση XML είναι δυνατό να αποδειχθεί φορτική. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει η επιλογή υποβολής αιτημάτων χάρτη μέσω μιας εφαρμογής Java ή ετικετών Java Server Pages (JSP) σε μια ιστοσελίδα HTML, όπου και πάλι



Σχήμα 5.3: Αρχιτεκτονική του MapViewer [37]

όμως θα χρησιμοποιηθεί κωδικοποίηση XML (βλ. επόμενη υποενότητα).

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από το Σχήμα 5.3 στο οποίο απεικονίζεται η αρχιτεκτονική του, ο MapViewer δέχεται αιτήσεις από το φυλλομετρητή του πελάτη μέσω HTTP. Περιλαμβάνει μηχανή απόδοσης (rendering engine) και αποκτά πρόσβαση στα δεδομένα της βάσης μέσω κλήσεων JDBC (Java Database Connectivity). Η βάση εκτός της επέκτασης Spatial περιλαμβάνει και όψεις στις οποίες αποθηκεύονται τα χαρτογραφικά μεταδεδομένα, δηλαδή όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον καθορισμό του τρόπου αναπαράστασης των δεδομένων. Τα χαρτογραφικά δεδομένα αφορούν σε ένα σύνολο στυλ, θεμάτων και βασικών χαρτών, στα οποία γίνεται εκτενέστερη αναφορά σε επόμενη ενότητα. Εκτός από τη μηχανή απόδοσης, ο MapViewer περιλαμβάνει XML προγραμματιστικές διεπαφές (Application Programming Interfaces, API's) που χρησιμοποιούνται για την υποβολή αιτήσεων χάρτη και τη διαχείριση της απόκρισης χάρτη.

### 5.5.2 MapViewer Application Programming Interfaces

Ο MapViewer δεν αποτελεί έτοιμο προς χρήση λογισμικό, υπό την έννοια ότι απαιτείται ο προγραμματισμός του, ώστε η εκάστοτε εφαρμογή που δημιουργείται να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών. Ο προγραμματισμός του γίνεται μέσω των API's που διαθέτει. Τα API's αυτά είναι το XML API, το JavaBean-Based API και η βιβλιοθήκη ετικετών JSP (JSP Tag Library).

Τόσο η αίτηση όσο και η απόκριση χάρτη κωδικοποιούνται σε XML, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για τη μεταφορά δομημένων εγγράφων μέσω του πρωτοκόλλου HTTP. Αν χρησιμοποιηθεί αίτηση HTTP (μέθοδοι GET ή POST) θεωρείται ότι η αίτηση περιλαμβάνει μία παράμετρο με το όνομα `xml_request` της οποίας η τιμή είναι ένα αλφαριθμητικό που περιέχει το XML έγγραφο για την αίτηση. Η κωδικοποίηση σε XML είναι απαραίτητη σε κάθε αίτηση χάρτη. Στην



αίτηση καθορίζονται εκτός από την πηγή των δεδομένων και τα χαρτογραφικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν. Η απόκριση εξαρτάται από το περιεχόμενο της αίτησης και μπορεί να είναι έγγραφο XML ή δυαδικό αντικείμενο (binary object) που περιέχει την εικόνα του χάρτη που δημιουργήθηκε. Από τα παραπάνω συμπεραίνει κανείς ότι η χρήση του XML API παρέχει άμεση εποπτεία και ευελιξία στη δημιουργία της εφαρμογής, καθώς η πρωτογενής γλώσσα για το MapViewer είναι η XML. Από την άλλη πλευρά η εργασία με έγγραφα σε XML μπορεί να οδηγήσει σε λάθη. Στο παράδειγμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μία αίτηση χάρτη.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<map_request datasource="lrs_data">
<themes>
<theme name="t1">
<jdbc_query spatial_column = "SHAPE"
datasource = "lrs_data">
SELECT shape FROM cities
</jdbc_query>
</theme>
</themes>
</map_request>
```

Το JavaBean-Based API αξιοποιεί όλες τις δυνατότητες του MapViewer μέσω ενός απλού JavaBean. Τα JavaBeans είναι κλάσεις γραμμένες σε Java που χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση πολλών αντικειμένων σε ένα αντικείμενο, το bean. Το bean oracle.lbs.marclient.MapViewer διαχειρίζεται το σύνολο της HTTP επικοινωνίας με το MapViewer service εκ μέρους του χρήστη που κάνει αιτήσεις χάρτη. Η επικοινωνία με το MapViewer service ακολουθεί το μοντέλο αίτησης/απόκρισης και μπορεί να περαιωθεί μέσω Java εφαρμογών ή μικροεφαρμογών (applets), μέσω servlets που τρέχουν σε Java 2 Enterprise Edition J2EE (διαφορετικού από το J2EE στο οποίο λειτουργεί ο MapViewer) και μέσω JSP κώδικα στο J2EE στο οποίο λειτουργεί ο MapViewer. Και πάλι, η κωδικοποίηση σε XML είναι απαραίτητη σε κάθε αίτηση χάρτη και η απόκριση μπορεί να είναι έγγραφο XML ή δυαδικό αντικείμενο. Το MapViewer bean μπορεί να δημιουργηθεί και να χρησιμοποιηθεί είτε στην πλευρά του εξυπηρετητή (λόγου χάρη σε Java Server Pages ή servlets), είτε στην πλευρά του πελάτη σε Java εφαρμογές ή μικροεφαρμογές. Παρόλο που συνήθως δημιουργείται ένα μόνο bean το οποίο εξυπηρετεί το σύνολο της εφαρμογής, ο χρήστης μπορεί να ορίσει και άλλα και να τα χρησιμοποιεί ταυτόχρονα. Η χρήση MapViewer beans είναι πιο εύχρηστη από την απευθείας εργασία με XML έγγραφα, καθώς μορφώνει τις αιτήσεις του χρήστη σε έγκυρες XML αιτήσεις και τις αποστέλλει για επεξεργασία στο MapViewer service.

Η τρίτη επιλογή προγραμματισμού της εφαρμογής είναι η δημιουργία αρχείων JSP τα οποία περιέχουν ετικέτες XML ή HTML (ή/και τις δύο) καθώς και ετικέτες της βιβλιοθήκης ετικετών JSP του MapViewer. Οι ετικέτες JSP αξιοποιούν σημαντικό τμήμα των δυνατοτήτων του MapViewer, μέσω μιας σύνταξης που μοιάζει με XML, όπως τον ορισμό μιας αίτησης χάρτη, εστίαση (zoom in/out),

μετακίνηση (pan), αναγνώριση περιγραφικών χαρακτηριστικών αντικειμένων που επιλέγει ο χρήστης στο χάρτη. Η δημιουργία αρχείων JSP είναι σχετικά πιο εύκολη από τη χρήση του XML API ή του JavaBean-Based API, αν και στις δύο τελευταίες επιλογές υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία και έλεγχος της λογικής ροής του προγράμματος. Παρόλα αυτά, μπορούν να συμπεριληφθούν κλήσεις μεθόδων του Java API και σε ένα αρχείο JSP. Με τη χρήση αρχείου JSP αναπτύχθηκε η εφαρμογή για τη διαχείριση δεδομένων με γραμμική αναφορά στην παρούσα.

### 5.5.3 Χαρτογραφικά Μεταδεδομένα και Διαχείριση Χάρτη




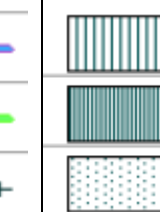

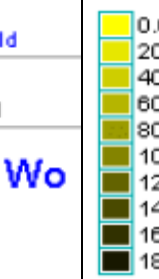
Οι βασικές έννοιες του MapViewer περιλαμβάνουν τα χαρτογραφικά δεδομένα, την πηγή των δεδομένων (datasource), το χάρτη (map).

Τα χαρτογραφικά μεταδεδομένα περιλαμβάνουν τα Στυλ (Styles), τα Θέματα (Themes) και τους Βασικούς Χάρτες (Base Maps). Κάθε χάρτης αποτελείται εννοιολογικά από ένα ή περισσότερα θέματα. Ο συνδυασμός προκαθορισμένων από το χρήστη θεμάτων μπορεί να αποτελέσει ένα βασικό χάρτη, ενώ κάθε χωρική οντότητα σε ένα χάρτη αναπαρίσταται βάσει κάποιου στυλ. Τα χαρτογραφικά μεταδεδομένα είναι αποθηκευμένα σε καθολικούς (global) πίνακες κάτω από το σχήμα MDSYS (SDO\_MAPS\_TABLE, SDO\_THEMES\_TABLE, SDO\_STYLES\_TABLE). Το σύνολο των διαθέσιμων στους χρήστες της βάσης στυλ, θεμάτων και βασικών χαρτών είναι αποθηκευμένα σε όψεις (metadata views). Η υιοθέτηση του μοντέλου αυτού καθιστά σαφή το διαχωρισμό των δεδομένων από την αναπαράστασή τους. Κάποια αλλαγή στα χαρτογραφικά δεδομένα δεν επηρεάζει τα ίδια τα χωρικά δεδομένα και αντίστροφα.

#### 5.5.3.1 Στυλ

Τα στυλ καθορίζουν τον τρόπο αναπαράστασης των οντοτήτων. Δημιουργούν το χαρτογραφικό συμβολισμό που χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του χάρτη (Εικόνα 5.1). Για τον ορισμό τους χρησιμοποιείται σύνταξη XML. Τα σύμβολα (και οι ετικέτες) που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση σημειακών, γραμμικών και επιφανειακών οντοτήτων ορίζονται και αποθηκεύονται σαν ξεχωριστά στυλ (δείκτης, γραμμή, περιοχή). Τα στυλ που έχει στη διάθεσή του ένας χρήστης της βάσης είναι αποθηκευμένα στην όψη USER\_SDO\_STYLES, ενώ μπορεί να ορίσει δυναμικά και νέα στυλ κατά την υποβολή μιας αίτησης χάρτη. Τα στυλ που περιέχει ο MapViewer είναι:

- *Χρώμα* (Color): Χρώμα περιγράμματος ή γεμίσματος
- *Δείκτης* (Marker): Σχήμα με συγκεκριμένο χρώμα περιγράμματος και γεμίσματος ή μία εικόνα.
- *Γραμμή* (Line): Τύπος γραμμής. Καθορίζεται το πάχος, το χρώμα, η μορφή του τέλους της γραμμής, αν θα χρησιμοποιηθεί κεντρική γραμμή με παράλληλες σε αυτή κ.λπ.

					
Χρώμα	Δείκτης	Γραμμή	Επιφάνεια	Κείμενο	Προχωρημένο

Εικόνα 5.1: Στυλ στον MapViewer

- *Επιφάνεια* (Area): Χρώμα ή υφή και προαιρετικά χρώμα περιγράμματος που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση επιφανειακών οντοτήτων.
- *Κείμενο* (Text): Καθορίζεται η γραμματοσειρά και τα χαρακτηριστικά της (ύψος, απόσταση χαρακτήρων, έντονα, πλάγια κ.λπ.)
- *Προχωρημένο* (Advanced): Σύνοψη για τη δημιουργία κυρίως θεματικών χαρτών

### 5.5.3.2 Θέματα

Ένα θέμα αποτελεί την οπτική αναπαράσταση οντοτήτων που ανήκουν σε ένα θεματικό επίπεδο. Συνήθως, ένα θέμα συνδέεται με ένα μόνο θεματικό επίπεδο (με μία στήλη τύπου SDO\_GEOMETRY) ενός πίνακα ή μιας όψης (Εικόνα 5.2). Υπάρχουν δύο είδη θεμάτων. Τα *προκαθορισμένα* (predefined) θέματα που έχει στη διάθεσή του ένας χρήστης της βάσης και είναι αποθηκευμένα στην όψη USER\_SDO\_THEMES και τα *δυναμικά* (dynamic) που δημιουργούνται σε υπολογιστικό χρόνο (on-the-fly) με κάθε αίτηση χάρτη.

Για τον ορισμό ενός προκαθορισμένου θέματος απαιτείται το όνομα του βασικού πίνακα ή όψης που περιέχει τη στήλη στην οποία βρίσκεται αποθηκευμένη η γεωμετρία που θα απεικονιστεί, το όνομα της στήλης και οι κανόνες στυλ που θα εφαρμοστούν. Οι κανόνες στυλ (styling rules) αποτελούν προδιαγραφές σε μορφή XML που καθορίζουν την απεικόνιση του θέματος. Κάθε κανόνας στυλ καθορίζει δύο παραμέτρους: τις εγγραφές του βασικού πίνακα των οποίων η γεωμετρία θα αναπαρασταθεί και -προαιρετικά- το αν και βάσει ποιας στήλης (περιγραφικών χαρακτηριστικών) θα προστεθούν ετικέτες (κείμενο) στις επιλεγμένες γεωμετρίες. Οι θέσεις στις οποίες τοποθετούνται οι ετικέτες επιλέγονται αυτόματα από το MapViewer.

Για τα δυναμικά θέματα ή JDBC themes ορίζεται ένας μόνο κανόνας στυλ, ενώ οι εγγραφές του βασικού πίνακα που θα απεικονιστούν επιλέγονται ρητά από κάποιο ερώτημα SQL.

Εκτός από τα θέματα που αφορούν στην αναπαράσταση πεδίων γεωμετρίας υπάρχουν και άλλοι τύποι θεμάτων όπως:



Εικόνα 5.2: Δυναμικά θέματα πόλεων και νομών της Πελοποννήσου

- Θέματα *Εικόνων* (Image Themes): Σχετίζονται με την οπτικοποίηση γεωαναφερμένων εικόνων
- Θέματα *Georaster* (Georaster Themes): Σχετίζονται με την οπτικοποίηση δεδομένων τύπου Georaster
- Θέματα *Δικτύου* (Network Themes): Σχετίζονται με την οπτικοποίηση δικτύων στο μοντέλο δεδομένων δικτύου της Oracle Spatial
- Θέματα *Τοπολογίας* (Topology Themes): Σχετίζονται με την οπτικοποίηση τοπολογιών στο μοντέλο δεδομένων τοπολογίας της Oracle Spatial

Σημειώνεται ότι ο ορισμός των δυναμικών θεμάτων χάνεται μετά από την ολοκλήρωση μιας αίτησης χάρτη. Στο Παράρτημα Δ παρατίθενται παραδείγματα ορισμού στυλ και θεμάτων που δημιουργήθηκαν για την απεικόνιση των χωρικών δεδομένων της βάσης.

### 5.5.3.3 Βασικοί Χάρτες

Τα προκαθορισμένα θέματα μπορούν να ομαδοποιηθούν ώστε να σχηματίσουν ένα βασικό χάρτη. Το γεγονός αυτό διευκολύνει την ταυτόχρονη οπτικοποίηση πολλών θεματικών επιπέδων σε κάθε αίτηση χάρτη. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να δομηθεί το χαρτογραφικό «υπόβαθρο» της εφαρμογής το οποίο θα είναι ορατό σε κάθε αίτηση χάρτη. Οι ορισμοί των βασικών χαρτών είναι αποθηκευμένοι στην όψη USER\_SDO\_MAPS για κάθε χρήστη. Κάθε αίτηση χάρτη μπορεί να περιέχει την κλήση ενός μόνο βασικού χάρτη.

Σημαντικό πλεονέκτημα των βασικών χαρτών αποτελεί η δυνατότητα επιλεκτικής οπτικοποίησης οντοτήτων και ετικετών ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη. Ο χρήστης ορίζει προαιρετικά το εύρος της κλίμακας του χάρτη (ελάχιστη - μέγιστη κλίμακα) μέσα στο οποίο θα απεικονίζονται οι γεωμετρίες. Μέσα από αυτή τη δυνατότητα και σε συνδυασμό με εργαλεία απλοποίησης των

γεωμετριών που παρέχει η Oracle Spatial (λόγου χάρη SDO\_UTIL.SIMPLIFY) δημιουργείται ένα εργαλείο χαρτογραφικής «γενίκευσης». Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να γενικεύσει σε διάφορα επίπεδα το οδικό δίκτυο, να αποθηκεύσει τις γενικευμένες εκδοχές σε πίνακες της βάσης, να ορίσει κατάλληλες τιμές ελάχιστης και μέγιστης κλίμακας στους βασικούς χάρτες και ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη να είναι ορατή η αντίστοιχη εκδοχή του οδικού δικτύου.

#### **5.5.3.4 Πηγή δεδομένων**

Όταν εκδίδεται μία αίτηση χάρτη προς το MapViewer πρέπει να έχουν οριστεί κάποιες βάσεις δεδομένων από τις οποίες θα δημιουργηθεί ο χάρτης που θα σταλεί ως απάντηση στον πελάτη. Οι βάσεις αναφέρονται πάντα σε κάποιο σχήμα βάσης που περιέχει χωρικούς πίνακες και αποτελούν την πηγή δεδομένων.

Ο ορισμός της πηγής των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί με μόνιμο τρόπο στο αρχείο διαμόρφωσης (configuration file) του MapViewer ή δυναμικά μέσα από αίτημα διαχειριστή. Για κάθε πηγή δεδομένων η οποία ορίζεται στο αίτημα του πελάτη εγκαθίσταται μια JDBC σύνδεση. Κάθε πηγή δεδομένων συνδέεται με ένα αριθμό renderers (map makers). Ο αριθμός αυτός καθορίζει τον αριθμό των ταυτόχρονων αιτήσεων που μπορούν να επεξεργαστούν για την πηγή αυτή.

#### **5.5.3.5 Χάρτης – Διαδικασία Δημιουργίας**

Η τελευταία βασική έννοια του MapViewer είναι ο χάρτης. Αποτελεί το προϊόν της απόκρισης στο αίτημα του χρήστη και η δημιουργία του συνίσταται στο συνδυασμό στοιχείων και χαρακτηριστικών όπως ο τίτλος, το υπόμνημα, ο υπότιτλος (στον οποίο λ.χ. είναι δυνατό να αναφέρονται πνευματικά δικαιώματα), ο βασικός χάρτης, τα προκαθορισμένα και τα δυναμικά θέματα (αν υπάρχουν).

Ο χάρτης συνδέεται με κάποιο σύστημα συντεταγμένων το οποίο είναι το ίδιο στο βασικό χάρτη και στα θέματα. Το μέγεθος του χάρτη είναι το ύψος του χάρτη στις μονάδες των δεδομένων (μοίρες, μέτρα κ.λπ.) Η κλίμακα εκφράζεται ως μονάδες των δεδομένων που απεικονίζονται σε μία ίντσα στην οθόνη. Όταν η κλίμακα εκφράζεται σε μορφή  $1/K$ , η τιμή  $K$  είναι η κλίμακα για το MapViewer και όχι το αποτέλεσμα της διαίρεσης. Για παράδειγμα αν σε 1 ίντσα στην οθόνη αντιστοιχούν 20 μέτρα, κλίμακα  $1/20$ , η κλίμακα για το MapViewer δεν είναι 0.05 αλλά 20.

Κατά τη δημιουργία της εικόνας του χάρτη χρησιμοποιούνται *ως έχουν* οι συντεταγμένες ( $x, y$ ) των γεωμετριών που είναι αποθηκευμένες σε χωρικούς πίνακες στη βάση. Κατά συνέπεια, αν ο χρήστης επιθυμεί τα δεδομένα να απεικονίζονται σε κάποια συγκεκριμένη χαρτογραφική προβολή, πρέπει να μετατρέψει τις συντεταγμένες των δεδομένων σε συντεταγμένες της προβολής αυτής. Στην περίπτωση που τα δεδομένα προσδιορίζονται από γεωδαιτικές συντεταγμένες  $\phi$  και  $\lambda$  χρησιμοποιούνται οι σχέσεις  $x = \lambda$  και  $y = \phi$  για την

απεικόνισή τους. Η χρήση των σχέσεων αυτών ισοδυναμεί με χρήση της απλής κυλινδρικής προβολής (plate carrée). Για δεδομένα παγκόσμιας έκτασης και εφόσον οι συντεταγμένες των γεωμετριών είναι γεωδαιτικές, υπάρχει η επιλογή να εφαρμοστεί αυτόματα η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή κατά τη δημιουργία του χάρτη.

Τα στάδια που ακολουθούνται για τη δημιουργία ενός χάρτη από το MapViewer είναι συνοπτικά τα εξής:

- Ανάλυση και επεξεργασία της εισερχόμενης XML αίτησης χάρτη
- Προετοιμασία των δεδομένων για κάθε θέμα
- Απόδοση κάθε θέματος
- Δημιουργία των τελικών αρχείων εικόνων

Πιο αναλυτικά, ο MapViewer δημιουργεί αρχικά μία κενή εικόνα, στην οποία αποδίδονται τα θέματα με τη σειρά που βρίσκονται στον ορισμό του βασικού χάρτη. Προτεραιότητα στη διαδικασία αυτή έχουν τα θέματα εικόνας. Πριν από την απόδοση των θεμάτων σχηματίζεται ένα ερώτημα SQL βασισμένο στους κανόνες στυλ κάθε θέματος, το οποίο στη συνέχεια εκτελείται προσπελαύνοντας τα δεδομένα στη βάση. Στη συνέχεια όλα τα ρητά οριζόμενα στην αίτηση χάρτη θέματα αποδίδονται «πάνω» από τα προηγούμενα. Αν σε κάποια θέματα έχει οριστεί η τοποθέτηση ετικετών στις οντότητες, ο MapViewer εξετάζει την πιθανή επικάλυψη αυτών και αποφασίζει τη βέλτιστη θέση στην οποία θα τοποθετηθούν αυτές. Τέλος σχεδιάζονται ο τίτλος, το υπόμνημα, το υποσέλιδο.

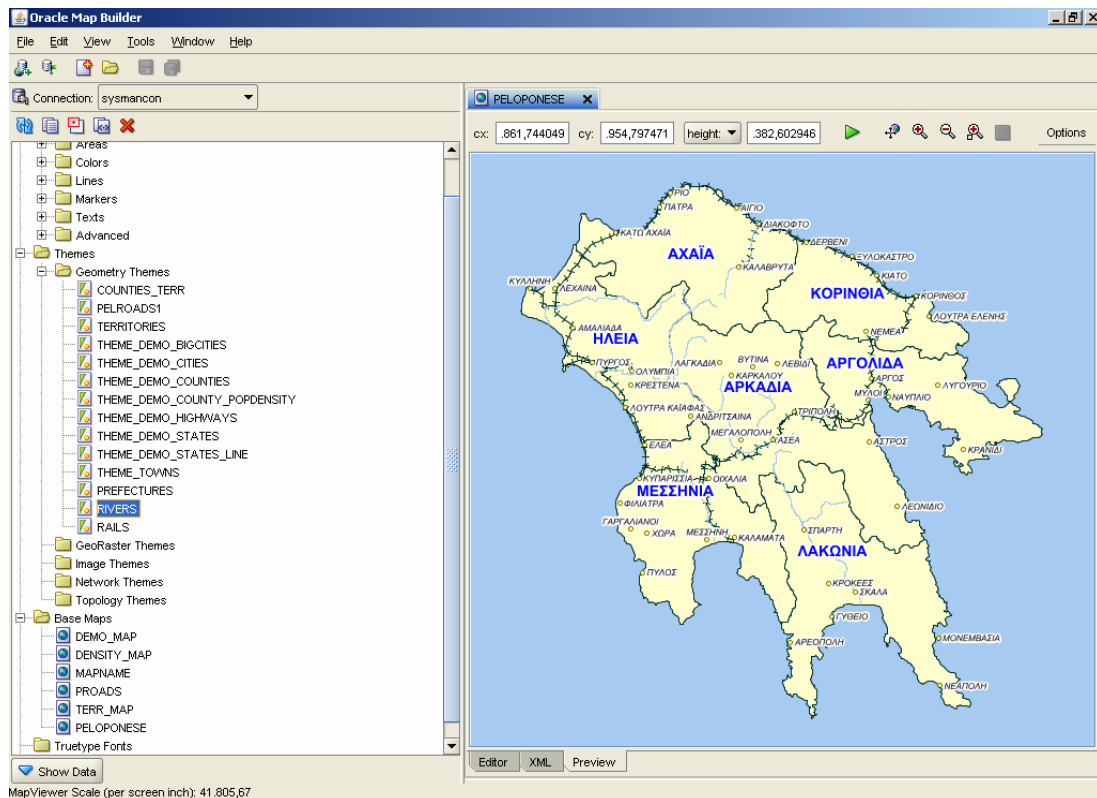
Η παραπάνω ροή ενεργειών ολοκληρώνεται με επιτυχία εφόσον πληρούνται κάποιες συνθήκες. Πρέπει η πηγή δεδομένων, ο βασικός χάρτης, τα προκαθορισμένα θέματα και τα στυλ των οποίων γίνεται κλήση στην αίτηση χάρτη να έχουν οριστεί και να υφίστανται στα αντίστοιχα στιγμιότυπα πινάκων και όψεων της βάσης.

#### **5.5.3.6 Oracle Map Builder**

Η χρήση και επεξεργασία εγγράφων XML μπορεί να αποδειχθεί φορτική και να συνοδεύεται από σφάλματα. Γι' αυτό το λόγο η Oracle προχώρησε στη δημιουργία ενός standalone γραφικού εργαλείου για τη δημιουργία, διαχείριση και επεξεργασία στυλ, θεμάτων και βασικών χαρτών, το Map Builder.

Ο έλεγχος των μεταδεδομένων και η σύνδεση με τη βάση δεδομένων γίνεται μέσω αντίστοιχων σελίδων του προγράμματος (Εικόνα 5.3). Οι ενέργειες του χρήστη μεταφράζονται από την εφαρμογή, για τη δημιουργία εγγράφων XML.

Η δημιουργία νέων χαρτογραφικών μεταδεδομένων απλοποιείται μέσα από τη χρήση οδηγών (wizards). Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα προεπισκόπησης των



**Εικόνα 5.3: Το κύριο παράθυρο του Map Builder (με προεπισκόπηση βασικού χάρτη)**

μεταδεδομένων, εισαγωγής και εξαγωγής τους σε αρχεία κειμένου. Επιπλέον, η ορθή οργάνωση των μεταδεδομένων εξασφαλίζεται μέσω ελέγχου της αναφορικής ακεραιότητας (referential integrity), σε αντίθεση με τη διαχείριση των μεταδεδομένων μέσω εκτέλεσης ερωτημάτων SQL. Δεν επιτρέπεται, για παράδειγμα, η διαγραφή κάποιου στυλ που χρησιμοποιείται από κάποιο θέμα.





# 6

## *Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εφαρμογής*

### *6.1 Εισαγωγή*

Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο, έγινε αναφορά στη δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων που σχετίζονται με ένα δίκτυο γραμμικών οντοτήτων, μέσω Δυναμικής Κατάτμησης. Επιπλέον, υπογραμμίστηκε το γεγονός ότι η αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων με γραμμική αναφορά προϋποθέτει την ενσωμάτωση χρονικών εννοιών κατά τη μοντελοποίηση. Μία τέτοιου είδους προσέγγιση, συνίσταται στη δόμηση ενός Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς και την οργάνωση των δεδομένων με γραμμική αναφορά, με τρόπο που να εξασφαλίζει τη χωροχρονική συνοχή των δεδομένων.

Για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων διεξαγωγής Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης σε Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων αναπτύχθηκε μία διαδικτυακή εφαρμογή. Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε σε επιμέρους διαδοχικά στάδια. Αρχικά, υλοποιήθηκε μία απλή χωρική βάση δεδομένων, τα περιεχόμενα της οποίας εμπλουτίστηκαν με πίνακες συμβάντων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η ανάπτυξη προγραμμάτων σε PL/SQL για τη δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς και πραγματοποιείται η σύνδεση της εφαρμογής με τα περιεχόμενα της βάσης. Ακολούθησε η σύνταξη ερωτημάτων σε SQL και συναρτήσεων σε PL/SQL μέσω των οποίων διεξάγεται Δυναμική Κατάτμηση και στο τελικό στάδιο πραγματοποιήθηκε ο προγραμματισμός της εφαρμογής σε Java/JavaScript. Στο περιβάλλον της τελικής εφαρμογής παρέχονται δυνατότητες δόμησης του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς με γραφικό τρόπο, οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων διεξαγωγής Δυναμικής Κατάτμησης και εκτέλεσης χωρικών ερωτημάτων.

## **6.2 Δημιουργία Χωρικής Βάσης Δεδομένων**

Η εφαρμογή εξειδικεύθηκε ώστε να αφορά στη διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης για δεδομένα που συλλέγονται και αφορούν σε οδικό δίκτυο. Τα δεδομένα αυτά είναι πλασματικά. Η χρήση δεδομένων γενικού σκοπού προϋποθέτει τον έλεγχο και πιθανώς την τροποποίησή τους, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε κάποια εφαρμογή ειδικού σκοπού. Από την άλλη πλευρά, ο τρόπος δόμησης των δεδομένων μπορεί να κατευθύνει εν μέρει την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Η υλοποίηση της χωρικής βάσης δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Oracle Spatial 10g DBMS. Κατά τη μοντελοποίηση, ελήφθη υπόψη η δυναμική φύση τόσο του οδικού δικτύου όσο και των συμβάντων. Για το λόγο αυτό, προστέθηκαν πεδία στους αντίστοιχους πίνακες, στα οποία καταγράφεται ο *χρόνος ισχύος* των οδικών αξόνων και των συμβάντων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι και τροποποιήσεις στα δεδομένα του οδικού δικτύου, με σκοπό η γεωμετρία και τα περιγραφικά γνωρίσματα των οδικών αξόνων να είναι συμβατά με τις απαιτήσεις ανάπτυξης Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς στην Oracle Spatial. Στη συνέχεια, παρατίθενται λεπτομέρειες σχετικά με τα περιεχόμενα της βάσης και την προετοιμασία του οδικού δικτύου, ώστε να είναι εφικτή η δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς.

### **6.2.1 Χωρικοί Πίνακες της Βάσης Δεδομένων**

Τα δεδομένα που αποτέλεσαν το γεωγραφικό υπόβαθρο της εφαρμογής αφορούν στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου. Είναι οργανωμένα σε θεματικά επίπεδα που περιλαμβάνουν:

- Το *Οδικό Δίκτυο* (πίνακας ROADS)
- Τη διοικητική υποδιαίρεση σε *Νομούς* (πίνακας PREFECTURES)
- Κύριες *Πόλεις* (πίνακας TOWNS),
- *Ποταμούς* (πίνακας RIVERS)
- Το *Σιδηροδρομικό Δίκτυο* (πίνακας RAILS).

Τα δεδομένα προέρχονται από προσαρμογές δεδομένων της ESRI κλίμακας 1/25000 - 1/200000, ανάλογα με το θεματικό επίπεδο. Ως γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς χρησιμοποιείται το WGS'84 (γεωδαιτικό μήκος  $\lambda$ , γεωδαιτικό πλάτος  $\varphi$ ) με μονάδα μέτρησης δεκαδικές μοίρες (κωδικός 8307 στην Oracle). Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των περιεχομένων του χωρικού πίνακα Οδικό Δίκτυο κατόπιν των ελέγχων και τροποποιήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Η αναλυτική περιγραφή των υπόλοιπων μπορεί να αναζητηθεί στο Παράρτημα Α.

#### **6.2.1.1 Πίνακας Οδικό Δίκτυο**

Το οδικό δίκτυο αποτελείται από κύριες και δευτερεύουσες οδικές αρτηρίες

ROADS				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
OBJECTID	Primary key	INTEGER	Μοναδικό αναγνωριστικό γεωμετρικού στοιχείου	3
LENGTH		NUMBER	Μήκος του γεωμετρικού στοιχείου (όπως υπολογίζεται από τη γεωμετρία του) σε μέτρα	5737.833
ROAD_TYPE		NUMBER	Τύπος δρόμου (1: αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας 2: αυτοκινητόδρομος 3: κύρια αρτηρία 4: δευτερεύουσα αρτηρία 5: βοηθητικός δρόμος)	2
NATLCODE		VARCHAR2(12)	Κωδικός δρόμου στο εθνικό δίκτυο	8
INTLCODE		VARCHAR2(12)	Κωδικός δρόμου στο πανευρωπαϊκό δίκτυο	E65
NAME		VARCHAR2(60)	Ονομασία (στα ελληνικά)	PIO-ANTIPPIO
TOLL		NUMBER	Διόδια (0: ΟΧΙ / 1: ΝΑΙ)	1
SHAPE		MDSYS.SDO_GEOMETRY	Γεωμετρία (δισδιάστατη πολυγραμμή πριν την ανάθεση τιμών μέτρησης)	SDO_GEOMETRY (2002, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY (1, 2, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY ( 21.794561. 38.300682. 21.794103. 38.301308. 21.793472. 38.302053. 21.7 90583. 38.305065. 21.786819. 38.308974. 21.758066. 38.343613))
ROAD_CODE		VARCHAR2(4)	Μοναδικό αναγνωριστικό του οδικού άξονα στον οποίο αναφέρεται το γραμμικό στοιχείο	E068
START_SERVICE	Not Null	DATE	Ημερομηνία έναρξης λειτουργίας οδικού άξονα	1/4/2004
END_SERVICE		DATE	Ημερομηνία παύσης λειτουργίας οδικού άξονα	Null

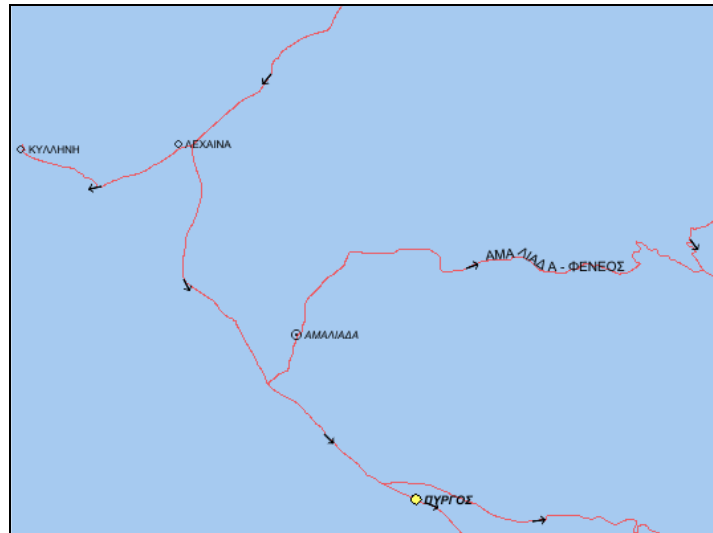
Πίνακας 6.1: Περιγραφή πίνακα Οδικό Δίκτυο

(αυτοκινητόδρομοι, εθνικές και επαρχιακές οδοί). Οι δρόμοι περιγράφονται από τον *άξονά τους*. Τα δεδομένα είναι δομημένα με τέτοιο τρόπο, ώστε τα σημεία αρχής και τέλους κάθε δρόμου να προσδιορίζονται στις διασταυρώσεις με άλλους δρόμους. Εξαιτίας της σύμβασης αυτής, η ονομαστική περιγραφή (πεδίο Name) που χρησιμοποιείται είναι ενδεικτική σε μερικές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, ο οδικός άξονας “ΣΠΑΡΤΗ-MONEMΒΑΣΙΑ” δε συνδέει τις δύο πόλεις, διότι εκκινώντας από τη Μονεμβασιά διασταυρώνεται με τον άξονα “ΣΠΑΡΤΗ-ΓΥΘΕΙΟ”. Η κοινή γεωμετρία των δύο οδικών αξόνων, από τη διασταύρωσή τους έως τη Σπάρτη έχει ανατεθεί στον άξονα “ΣΠΑΡΤΗ-ΓΥΘΕΙΟ”.

Κάθε οδικός άξονας αναπαρίσταται από επιμέρους γεωμετρικά τμήματα. Σε κάθε γεωμετρικό τμήμα ανατίθεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό που φιλοξενείται σε αντίστοιχο πεδίο (*Objectid*). Όπως αναφέρθηκε στην αντίστοιχη ενότητα, οι τιμές μέτρησης *m* καθώς και οι περισσότερες συναρτήσεις του συστήματος γραμμικής αναφοράς της Oracle Spatial αναφέρονται σε γεωμετρικά τμήματα. Όμως, η καταγραφή συμβάντων που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο καθώς και η ανάθεση χιλιομετρήσεων πραγματοποιείται σε *επίπεδο οδικού άξονα*. Για το λόγο αυτό και ελλείψει άλλου πεδίου με αυτή την ιδιότητα, προστέθηκε το πεδίο *Road\_Code*. Στο πεδίο αυτό φιλοξενείται το μοναδικό αναγνωριστικό κάθε οδικού άξονα (λ.χ. “E065”, “B010”) στον οποίο αναφέρεται κάθε γεωμετρικό τμήμα (κάθε τμήμα αναφέρεται σε ένα μόνο οδικό άξονα). Βάσει της τιμής του πεδίου αυτού επιλέγονται τα επιμέρους γεωμετρικά τμήματα ώστε να συναποτελούν μία οντότητα, κατά την ανάθεση τιμών μέτρησης.

Ως μέθοδος γραμμικής αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η *απόλυτη απόσταση από την αρχή των οδικών αξόνων με μονάδα μέτρησης το μέτρο*. Τα δεδομένα για το μήκος των οδικών αξόνων που περιέχονται στη βάση αντλήθηκαν από το Διαδίκτυο. Επίσης, θεωρείται ότι η κατεύθυνση μέτρησης υπαγορεύεται από την ονομασία κάθε δρόμου. Για την ανάθεση τιμών μέτρησης σε μία γραμμική οντότητα στην Oracle Spatial, πρέπει να προηγηθεί η συνένωση των διαδοχικών γεωμετρικών τμημάτων που την απαρτίζουν. Η κατεύθυνση του ενιαίου τμήματος που προκύπτει είναι όμοια με αυτή του αρχικού τμήματος. Για το λόγο αυτό, έγινε *έλεγχος της φοράς ψηφιοποίησης* των γεωμετρικών τμημάτων του δρόμου. Στις περιπτώσεις που τα γεωμετρικά τμήματα είχαν ψηφιοποιηθεί σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που υπαγορεύει η ονομασία των οδών, αντιστράφηκε η σειρά των κορυφών των τμημάτων (με χρήση της συνάρτησης SDO\_UTIL.REVERSE\_LINESTRING). Για τον έλεγχο της φοράς ψηφιοποίησης καθώς και των αποτελεσμάτων της αντιστροφής της σειρά των κορυφών δημιουργήθηκε ειδικό στυλ γραμμής (στυλ ROADS\_DIRECTION, βλ. Παράρτημα Δ) με το οποίο αναπαρίσταται η φορά των γεωμετρικών τμημάτων (Εικόνα 6.1).

Για την καταγραφή του *χρόνου ισχύος* των οδικών αξόνων προστέθηκαν τα πεδία *Start\_Service* και *End\_Service* στον πίνακα. Στο πεδίο *Start\_Service* φιλοξενείται η ημερομηνία έναρξης λειτουργίας των οδικών αξόνων ενώ στο πεδίο



Εικόνα 6.1: Απεικόνιση οδικού δικτύου με χρήση του στυλ ROADS\_DIRECTION για τον έλεγχο της φοράς ψηφιοποίησης των γεωμετρικών τμημάτων

End\_Service η ημερομηνία παύσης της λειτουργίας. Στην περίπτωση που ο οδικός άξονας βρίσκεται σε λειτουργία, στο πεδίο End\_Service ανατίθεται η τιμή NULL. Στην περίπτωση που τροποποιείται η χάραξη ενός οδικού άξονα, η τιμή που ανατίθεται στο πεδίο End\_Service των τμημάτων που τίθενται εκτός λειτουργίας, ανατίθεται και στο πεδίο Start\_Service των τμημάτων της νέας χάραξης. Αν η αλλαγή χάραξης ενός οδικού άξονα, δεν συνεπάγεται την παύση λειτουργίας των τμημάτων της προηγούμενης χάραξης η τιμή του πεδίου End\_Service των τμημάτων αυτών παραμένει NULL. Τα κοινά τμήματα των δύο χαράξεων επαναλαμβάνονται, δηλαδή εισάγονται με νέο αναγνωριστικό τα τμήματα της παλαιάς χάραξης που συνεχίζουν να αποτελούν κομμάτι της νέας χάραξης. Τα δεδομένα στα πεδία αυτά είναι πλασματικά. Έγινε προσπάθεια οι τιμές που εισήχθησαν να αναδεικνύουν τη δυναμική διάσταση του οδικού δικτύου και να επιτρέπουν τη διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης. Στον Πίνακα 6.1 περιγράφονται τα πεδία του πίνακα του οδικού δικτύου.

### 6.2.2 Πίνακες Συμβάντων της Βάσης Δεδομένων

Για τη διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης, επιλέχθηκαν τόσο σημειακά όσο και γραμμικά συμβάντα που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, υλοποιήθηκαν πίνακες στους οποίους περιλαμβάνονται δεδομένα σχετικά με ατυχήματα (σημειακά συμβάντα), τον κυκλοφοριακό φόρτο και την κατάσταση του οδοστρώματος (γραμμικά συμβάντα).

Οι πίνακες *Ατυχήματα* (Accidents), *Κυκλοφοριακός Φόρτος* (Traffic) και *Κατάσταση Οδοστρώματος* (Condition) περιλαμβάνουν εικονικά δεδομένα που δημιουργήθηκαν ειδικά για την εφαρμογή. Η σύνδεση των συμβάντων με τους οδικούς άξονες εξασφαλίζεται μέσω της τιμής του πεδίου Road\_Code. Η θέση των συμβάντων επί των οδικών αξόνων προσδιορίζεται με τιμές απόστασης εκφρασμένες σε μέτρα από την αφετηρία των μετρήσεων (σημείο αρχής κάθε άξονα). Στην περίπτωση που η θέση κάποιου ατυχήματος εντοπίζεται στη

διασταύρωση δρόμων σχετίζεται μόνο με έναν από τους δρόμους. Η αναζήτηση ατυχημάτων στη βάση που συνέβησαν σε διασταυρώσεις μπορεί να γίνει μέσω εκτέλεσης χωρικού ερωτήματος ή με χρήση συναρτήσεων γραμμικής αναφοράς που εντοπίζουν σημεία αρχής και τέλους μετρήσεων. Σε κάθε περίπτωση, στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση περισσότερο των δυνατοτήτων διαχείρισης παρά η καθαυτό ανάλυση δεδομένων με γραμμική αναφορά, στα πλαίσια ενός Συστήματος Χωρικών Βάσεων Δεδομένων.

Σε όλους τους πίνακες συμβάντων υπάρχουν πεδία στα οποία φιλοξενείται ο *χρόνος ισχύος* των συμβάντων. Για τα ατυχήματα χρησιμοποιείται ένα πεδίο (*Accident\_Date*) στο οποίο καταγράφεται η ημερομηνία που συνέβη κάθε ατύχημα. Στους πίνακες γραμμικών συμβάντων χρησιμοποιούνται δύο πεδία (*Start\_Service* και *End\_Service*), για την καταγραφή του χρόνου ισχύος. Στο πεδίο *End\_Service* γίνεται αποδεκτή και η τιμή NULL, για να αντιμετωπιστούν οι περιπτώσεις στις οποίες τα συμβάντα σχετίζονται με τη σύγχρονη κατάσταση του οδικού δικτύου. Η αναλυτική δομή των πινάκων φαίνεται στο Παράρτημα Α.

### **6.3 Διαδικασία Δόμησης Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς**

Η υλοποίηση της χωρικής βάσης, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα, επιτρέπει τη δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς. Το γεωμετρικό υπόβαθρο του οδικού δικτύου διαμορφώθηκε ώστε να είναι εφικτή η ανάθεση τιμών μέτρησης στην επιθυμητή κατεύθυνση, ενώ προστέθηκαν πεδία που επιτρέπουν τη σύνδεση των γεωμετρικών τμημάτων με τους οδικούς άξονες που αναφέρονται. Επιπλέον, επιχειρήθηκε να μοντελοποιηθεί η δυναμική εξέλιξη των χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου με την καταγραφή του χρόνου ισχύος.

Η δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς επιτυγχάνεται με την εκτέλεση διαδοχικών λειτουργιών. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με εναλλακτικές εκδοχές όσον αφορά στο περιεχόμενο και την πολυπλοκότητα (λ.χ. συνένωση δύο διαδικασιών σε μία) των επιμέρους διαδικασιών, μέσω των οποίων εκτελούνται οι λειτουργίες δόμησης του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς. Οι λειτουργίες αυτές είναι (Παράρτημα Β):

- Μετατροπή του δισδιάστατου θεματικού επιπέδου του οδικού δικτύου σε τρισδιάστατο με πληροφορία μέτρησης (LRS layer). Κατά τη μετατροπή ενημερώνεται η πληροφορία μεταδεδομένων, ώστε να ενσωματωθεί η διάσταση της μέτρησης m.

Για τη μετατροπή των γεωμετρικών τμημάτων (δισδιάστατες πολυγραμμές) του οδικού δικτύου σε τρισδιάστατα γεωμετρικά τμήματα με πληροφορία μέτρησης χρησιμοποιείται έτοιμη διαδικασία που παρέχει η Oracle στο SDO\_LRS Package. Η μετατροπή αυτή είναι απαραίτητη για να καταστεί εφικτή στη συνέχεια η δημιουργία χωρικού ευρετηρίου. Κατά τη μετατροπή ανατίθενται τιμές μέτρησης

ξεχωριστά σε κάθε γεωμετρικό τμήμα. Στην πρώτη κορυφή κάθε τμήματος ανατίθεται μηδενική τιμή και στην τελευταία κορυφή τιμή ίση με το συνολικό μήκος του τμήματος. Το συνολικό μήκος υπολογίζεται από τις συντεταγμένες των κορυφών. Για την ανάθεση τιμών στις ενδιάμεσες κορυφές γίνεται *γραμμική παρεμβολή*.

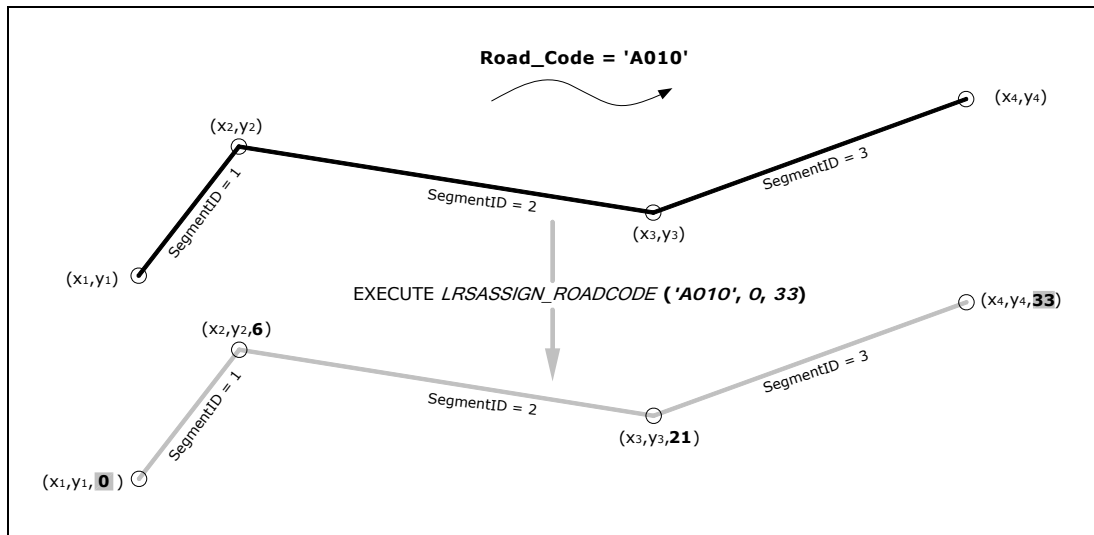
Η πληροφορία μεταδεδομένων καταχωρείται στον αντίστοιχο πίνακα του συστήματος (USER\_SDO\_GEOM\_METADATA). Στα στοιχεία που καταχωρούνται περιλαμβάνονται το όνομα του χωρικού πίνακα, το όνομα του πεδίου που περιέχει τη γεωμετρία, το σύστημα αναφοράς των γεωδαιτικών συντεταγμένων, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των δεδομένων σε κάθε διάσταση, συμπεριλαμβανομένης και της διάστασης μέτρησης καθώς και ο παράγοντας ανοχής για κάθε διάσταση που θα χρησιμοποιείται στις χωρικές λειτουργίες. Η επιλογή πολύ μικρής τιμής για την ανοχή είναι δυνατόν να επιβαρύνει το χρόνο επεξεργασίας των ερωτημάτων. Από την άλλη πλευρά, μία πολύ μεγάλη τιμή ανοχής μπορεί να οδηγήσει σε στρεβλά αποτελέσματα. Με αυτόν τον τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη την κλίμακα των πρωτογενών δεδομένων κατά την ενημέρωση των μεταδεδομένων του οδικού δικτύου στην υλοποίηση της βάσης, για το γεωγραφικό μήκος και πλάτος ως *παράγοντας ανοχής επιλέχθηκε η τιμή του ενός (1) μέτρου*. Για τη διάσταση της μέτρησης η ανοχή εισάγεται ως παράμετρος κατά την εκτέλεση της διαδικασίας μετατροπής. Ως *τιμή ανοχής* για τη διάσταση της μέτρησης επιλέχθηκε *το μισό (0.5) μέτρο*.

- Κατασκευή χωρικού ευρετηρίου.

Το χωρικό ευρετήριο κατασκευάζεται χωρίς να συμπεριληφθεί η διάσταση της μέτρησης. Αυτό συμβαίνει διότι στην περίπτωση που δεικτοδοτούνται 3 ή και περισσότερες διαστάσεις χρησιμοποιείται μόνο το πρωτεύον φίλτρο στην επεξεργασία των ερωτημάτων. Ως μέθοδος δεικτοδότησης επιλέχθηκε το *R-δένδρο*. Στην υποενότητα 2.2.4 έγινε αναφορά στο γεγονός ότι συχνές μεταβολές της γεωμετρίας μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιήθηκε επειδή δεν αναμένεται οι ενημερώσεις της γεωμετρίας του οδικού δικτύου να είναι τόσο συχνές.

- Ανάθεση τιμών μέτρησης με παραμετρικές διαδικασίες στους οδικούς άξονες.

Η λειτουργία αυτή εκτελείται στο περιβάλλον της τελικής εφαρμογής, αν και είναι δυνατό να εκτελεσθεί και σε περιβάλλον SQLPlus. Στο περιβάλλον της εφαρμογής παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει το εύρος των τιμών μέτρησης που θα ανατεθούν σε ένα οδικό άξονα ή σε τμήματα αυτού. Η επιλογή του άξονα ή τμημάτων του μπορεί να γίνει με χρήση του κωδικού ή επιλέγοντάς τα στο χάρτη αντίστοιχα (βλ. υποενότητες 6.3.1, 6.4.2). Η ανάθεση τιμών πραγματοποιείται μέσω διαδικασιών που συντάχθηκαν σε περιβάλλον PL/SQL.



Σχήμα 6.1: Διαγραμματική απεικόνιση διαδικασίας ανάθεσης τιμών μέτρησης βάσει κωδικού οδικού άξονα

### 6.3.1 Διαδικασίες σε PL/SQL

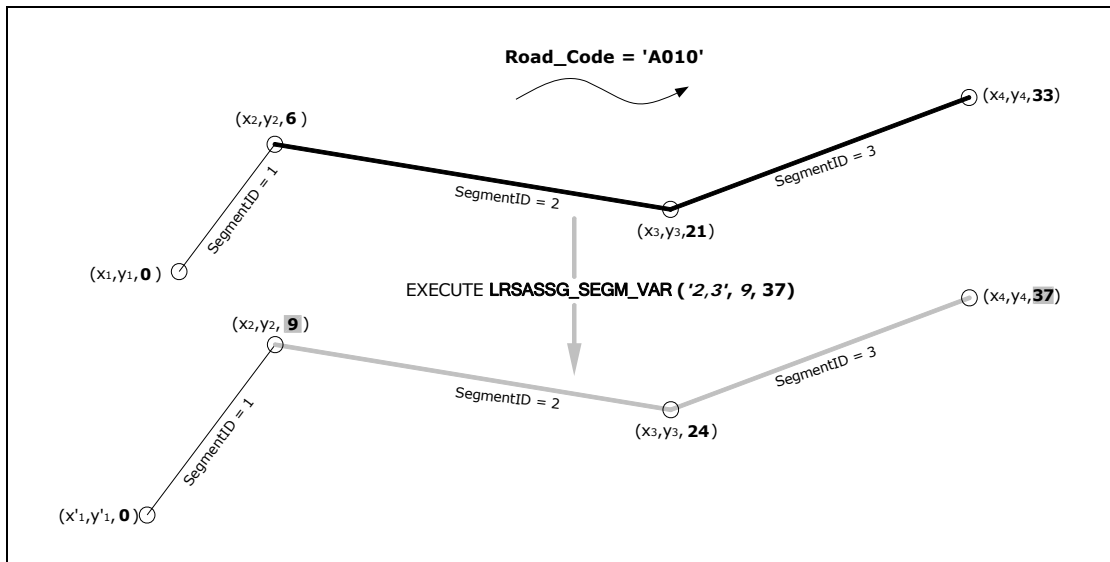
Η PL/SQL είναι διαδικαστική γλώσσα επερωτήσεων. Αποτελεί υπερσύνολο της SQL επεκτείνοντας τις δυνατότητές της με χαρακτηριστικά όπως έλεγχος ροής προγράμματος, χρήση μεταβλητών, χειρισμό σφαλμάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα της PL/SQL αποτελεί ότι επιτρέπει την απευθείας αποθήκευση τμημάτων προγραμματιστικού κώδικα στη βάση, στα οποία έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες της βάσης. Μία *διαδικασία ή συνάρτηση* γραμμένη σε PL/SQL αποτελείται από το δηλωτικό (declarative) τμήμα στο οποίο δηλώνονται τύποι και μεταβλητές, το εκτελέσιμο (executable) τμήμα και το τμήμα εξαιρέσεων (exception) στο οποίο γίνεται ο χειρισμός των σφαλμάτων.

Στις διαδικασίες που αναπτύχθηκαν για τη δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς περιλαμβάνονται:

- *Παραμετρική διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης στους οδικούς άξονες βάσει του κωδικού κάθε άξονα - LRSASSIGN\_ROADCODE*

Μέσω της διαδικασίας οι τιμές μέτρησης ανατίθενται σε ολόκληρο τον οδικό άξονα, η επιλογή του οποίου γίνεται βάσει του *κωδικού* του (τιμές του πεδίου Road\_Code στον πίνακα Roads). Εκτός από τον κωδικό, οι απαιτούμενες παράμετροι εισαγωγής είναι η *τιμή μέτρησης αρχής* (startM), δηλαδή η τιμή που θα ανατεθεί στην πρώτη κορυφή του πρώτου τμήματος του δρόμου και η *τιμή μέτρησης τέλους* (endM), δηλαδή η τιμή που θα ανατεθεί στην τελευταία κορυφή του τελευταίου τμήματος του δρόμου. Στη ροή της διαδικασίας, αρχικά τα επιμέρους τμήματα μετατρέπονται, μετά από έλεγχο των διαστάσεών τους, σε δισδιάστατα ώστε να καλυφθούν περιπτώσεις μεταγενέστερης εισαγωγής δισδιάστατων γεωμετρικών τμημάτων (προτείνεται κατά την εισαγωγή νέων τμημάτων να χρησιμοποιείται η συνάρτηση SDO\_LRS.CONVERT\_TO\_LRS\_GEOM, ώστε να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα με το





**Σχήμα 6.2: Διαγραμματική απεικόνιση διαδικασίας ανάθεσης τιμών μέτρησης σε επιμέρους γεωμετρικά τμήματα βάσει των αναγνωριστικών τους**

χωρικό ευρετήριο). Στη συνέχεια συνενώνονται, διότι η πληροφορία μέτρησης αποδίδεται σε επίπεδο γεωμετρικού τμήματος (βλ. υποενότητα 4.5.1). Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, ανατίθενται οι τιμές μέτρησης που εισήχθησαν ως παράμετροι στο ενιαίο τμήμα. Τέλος, το ενιαίο τμήμα διασπάται στα επιμέρους γεωμετρικά τμήματα που το συνέθεσαν. Με αυτόν τον τρόπο, στη γεωμετρία των τμημάτων έχει ενσωματωθεί και η πληροφορία μέτρησης (LRS segments), (Σχήμα 6.1).

➤ *Παραμετρική διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης σε επιλεγμένα γεωμετρικά τμήματα ενός οδικού άξονα - LRSASSG\_SEGM\_VAR*

Η διαδικασία αναπτύχθηκε ώστε να παρέχεται η δυνατότητα ανάθεσης τιμών μέτρησης σε τμήματα που επιλέγονται από το χρήστη στο περιβάλλον της εφαρμογής (βλ. υποενότητα 6.4.2). Οι παράμετροι εισαγωγής είναι το *μοναδικό αναγνωριστικό* των γεωμετρικών τμημάτων, η *τιμή μέτρησης αρχής* και η *τιμή μέτρησης τέλους*. Ο αριθμός των γεωμετρικών τμημάτων που επιλέγονται από το χρήστη μπορεί να ποικίλει. Για να αντιμετωπισθεί το ζήτημα αυτό, η λειτουργία επιμερίζεται σε δύο επιμέρους διαδικασίες. Η πρώτη (LRSASSG\_SEGM\_VAR) δέχεται ως παραμέτρους εισαγωγής τα αναγνωριστικά των τμημάτων που επιλέχθηκαν ως χαρακτήρες διαχωρισμένους με «,», την τιμή μέτρησης αρχής και την τιμή μέτρησης τέλους. Τα αναγνωριστικά μετατρέπονται σε τύπο *varray*. Στη ροή της διαδικασίας γίνεται κλήση της δεύτερης διαδικασίας (LRSASSIGNPART\_SPATCONCHK) η οποία δέχεται ως παραμέτρους εισαγωγής τα περιεχόμενα του *varray* μαζί με τις τιμές μέτρησης. Η διαδικασία είναι όμοια με αυτή της ανάθεσης τιμών μέσω κωδικού οδικού άξονα. Επιπρόσθετα, διενεργείται *έλεγχος της χωρικής συνεκτικότητας* των τμημάτων που επιλέχθηκαν. Σε περίπτωση που εμφανίζεται ασυνέχεια μεταξύ των επιλεγμένων τμημάτων εγείρεται σφάλμα και η εκτέλεση της διαδικασίας διακόπτεται. Ο κώδικας των διαδικασιών παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

## 6.4 Ανάπτυξη Εφαρμογής

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής είχε ως στόχο τη δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος μέσω του οποίου καθίσταται δυνατή η διαχείριση δεδομένων με Δυναμική Κατάτμηση σε διαδικτυακό περιβάλλον. Όπως προαναφέρθηκε, η ανάπτυξη της εφαρμογής βασίστηκε στον προγραμματισμό του Oracle MapViewer. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε ο προγραμματισμός του MapViewer μέσω της τροποποίησης ενός αρχείου JSP.

Το αρχείο JSP που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο παρέχει αποκλειστικά τη δυνατότητα οπτικοποίησης αποτελεσμάτων εκτέλεσης ερωτημάτων χωρικής επιλογής (SELECT) καθώς και χρήσης στοιχειωδών χαρτογραφικών εργαλείων (μετακίνηση/εστίαση). Η επέκταση των χαρτογραφικών λειτουργιών και η προσθήκη λειτουργιών διαχείρισης δεδομένων με γραμμική αναφορά πραγματοποιήθηκε με σύνταξη κατάλληλων τμημάτων κώδικα γραμμένων σε γλώσσες JavaScript, Java και HTML. Η σύνταξη του κώδικα (μπορεί να αναζητηθεί στο Παράρτημα Ε) πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του JDeveloper 10g της Oracle.

Στις *λειτουργίες* που είναι διαθέσιμες στο χρήστη, στην τελική μορφή της εφαρμογής, περιλαμβάνονται:

- Χαρτογραφικές λειτουργίες
- Λειτουργίες δόμησης του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς
- Λειτουργίες διεξαγωγής Δυναμικής Κατάτμησης και οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων

### 6.4.1 Χαρτογραφικές Λειτουργίες

Ο όρος χαρτογραφικές λειτουργίες υιοθετείται για να περιγραφούν τα εργαλεία και οι δυνατότητες διαδραστικού χαρακτήρα που προσφέρονται μέσω της διεπαφής της εφαρμογής. Στη σύνταξη του κώδικα που υλοποιεί τις λειτουργίες αυτές χρησιμοποιούνται μέθοδοι της κλάσης MapViewer. Πιο συγκεκριμένα, στις χαρτογραφικές λειτουργίες περιλαμβάνονται:

#### 6.4.1.1 Λειτουργίες γραφικής διαχείρισης του χάρτη

Η εργαλειοθήκη με τις διαδραστικές λειτουργίες γραφικής διαχείρισης του χάρτη, εμφανίζεται πάνω από το χάρτη μετά την υποβολή αίτησης χάρτη προς το MapViewer. Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται με χτύπημα του ποντικιού και είναι:

- **Re-Center (Pan):** μετακίνηση με επαναπροσδιορισμό του κέντρου του χάρτη. Το κέντρο επαναπροσδιορίζεται στο σημείο του χάρτη που υποδεικνύεται από το χτύπημα του ποντικιού.

- **Zoom In/Out:** μεγέθυνση/σμίκρυνση του χάρτη με κέντρο το σημείο στο οποίο γίνεται το χτύπημα του ποντικιού. Η μεγέθυνση/σμίκρυνση (κατά 50%) γίνεται σε σημείο και όχι σε περιοχή.
- **Zoom to Full Extent:** μεγέθυνση ή σμίκρυνση του χάρτη ώστε να εμφανίζεται στο χάρτη το σύνολο των χωρικών δεδομένων που συμπεριλήφθηκαν στην αίτηση χάρτη.

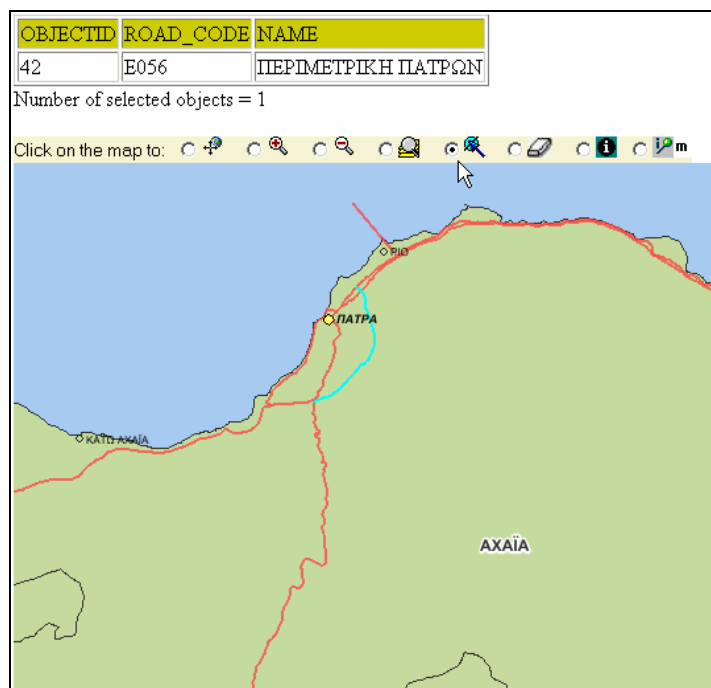
Στις λειτουργίες γραφικής διαχείρισης συμπεριλαμβάνονται και ο ορισμός των διαστάσεων του χάρτη *map width/height* (πλάτος-ύψος) σε μονάδες της συσκευής (εικονοστοιχεία-pixels) καθώς και η επιλογή *Antialiasing*.

#### 6.4.1.2 Λειτουργία επιλογής/αποεπιλογής γεωμετρικών τμημάτων των αξόνων του οδικού δικτύου

- **Select Road Segments:** επιλογή γεωμετρικών τμημάτων στο χάρτη.

Μέσω της λειτουργίας αυτής ο χρήστης είναι σε θέση να επιλέξει τα επιθυμητά γεωμετρικά τμήματα με το χτύπημα του ποντικιού σε σημεία κατά το δυνατόν πλησιέστερα στα τμήματα. Για την εκτέλεση της λειτουργίας, η οποία προστέθηκε ώστε να είναι δυνατή η ανάθεση τιμών μέτρησης σε τμήματα επιλογής του χρήστη, επιλέγεται το εργαλείο *select road segments*. Οι συντεταγμένες σε μονάδες της συσκευής (οθόνης) του σημείου όπου γίνεται το χτύπημα του ποντικιού μετατρέπονται σε συντεταγμένες του γεωδαιτικού συστήματος των δεδομένων. Σε επίπεδο υλοποίησης των λειτουργιών στη γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο *getWhereClauseForNN* προσδιορίζεται ο μοναδικός εγγύτερος γείτονας, δηλαδή το γεωμετρικό τμήμα που βρίσκεται πλησιέστερα στο σημείο χτυπήματος του ποντικιού. Η παραπάνω μέθοδος συμπεριλαμβάνεται

στη συνθήκη *WHERE* του ερωτήματος που υποβάλλεται προς τη βάση με σκοπό την ανάκτηση των χαρακτηριστικών του τμήματος. Για την υποβολή του ερωτήματος χρησιμοποιείται η μέθοδος *doQuery*. Στη σύνταξη του ερωτήματος συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος ισχύος των γεωμετρικών τμημάτων, υπό την έννοια ότι προσδιορίζεται ο εγγύτερος γείτονας βάσει της μορφής του οδικού δικτύου κατά το έτος αναφοράς που επέλεξε ο χρήστης στην υποβολή αίτησης χάρτη (βλ. εδάφιο 6.4.1.4). Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του τμήματος που ανακτώνται από τη βάση είναι το μοναδικό αναγνωριστικό του, ο κωδικός και το όνομα του δρόμου στον οποίο ανήκει. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά προβάλλονται σε πινακοποιημένη μορφή στο άνω μέρος της σελίδας και συνοδεύονται από μήνυμα επιβεβαίωσης της επιλογής ενός μόνο γεωμετρικού τμήματος (Εικόνα 6.2). Η επιλογή ενός τμήματος συνοδεύεται από την επισήμανσή του (*highlight*). Η επισήμανση των τμημάτων πραγματοποιείται με την προσθήκη δυναμικά οριζόμενου θέματος. Για τον ορισμό δυναμικά οριζόμενου θέματος χρησιμοποιείται η μέθοδος *addJDBCTheme*. Ταυτόχρονα, στην εφαρμογή καταγράφεται προσωρινά το μοναδικό αναγνωριστικό κάθε



Εικόνα 6.2: Λειτουργία επιλογής γεωμετρικών τμημάτων (Select Road Segments)

τμήματος που επιλέγεται. Η καταγραφή των αναγνωριστικών εξυπηρετεί στη διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης στα τμήματα που επιλέγονται και έχει διάρκεια μέχρι να υποβληθεί νέα αίτηση χάρτη.

- **Select Road:** επιλογή οδικού άξονα στο χάρτη.

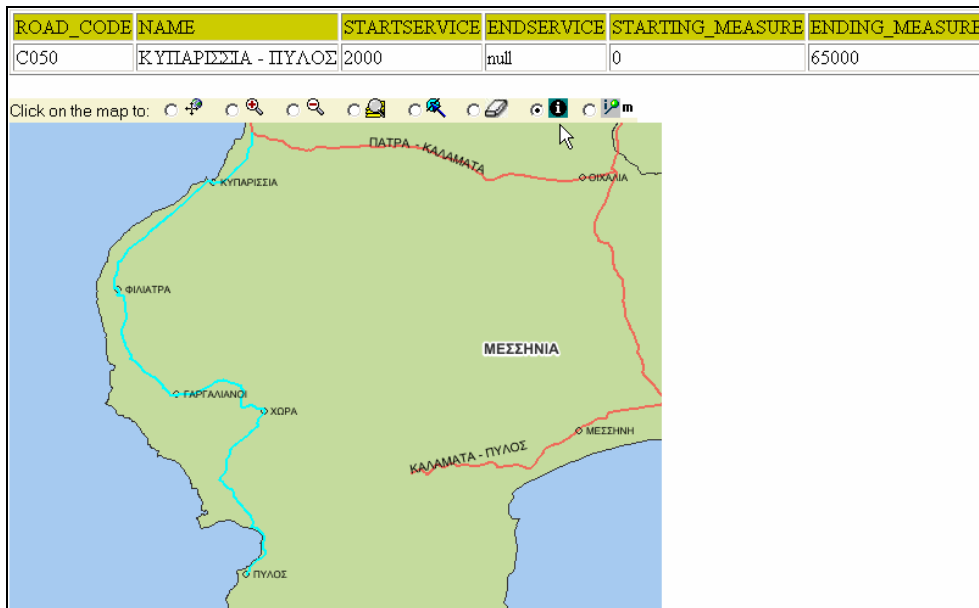
Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τον κωδικό του δρόμου στο πεδίο Road Code και έχοντας επιλεγμένο το select road segments να επιλέξει το σύνολο των τμημάτων του δρόμου. Σημειώνεται ότι με αυτόν τον τρόπο δεν καταγράφονται οι τιμές των αναγνωριστικών των τμημάτων του δρόμου και δεν είναι εφικτή η ανάθεση τιμών μέτρησης.

- **Clear Selected Road Segments:** αποεπιλογή επιλεγμένων τμημάτων.

Με τη χρήση του εργαλείου αποεπιλογής αναιρείται η επισήμανση των τμημάτων που έχουν επιλεγεί, ενώ ταυτόχρονα αφαιρούνται, από το αντίστοιχο πεδίο, οι προσωρινά αποθηκευμένες τιμές των αναγνωριστικών των επιλεγμένων τμημάτων. Επίσης, το εργαλείο αποεπιλογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απαλοιφή των θεμάτων που ορίζονται δυναμικά στις λειτουργίες αναγνώρισης χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου, οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η *setThemeEnabled* στην οποία εισάγεται η παράμετρος *false*.

#### 6.4.1.3 Λειτουργίες αναγνώρισης χαρακτηριστικών οδικών αξόνων

Κρίθηκε σκόπιμο να είναι διαθέσιμες δύο ανεξάρτητες λειτουργίες αναγνώρισης χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου. Η πρώτη αφορά στην *αναγνώριση χαρακτηριστικών των οδικών αξόνων* και η άλλη στην *αναγνώριση*



Εικόνα 6.3: Λειτουργία αναγνώρισης οδικών αξόνων (Identify Roads)

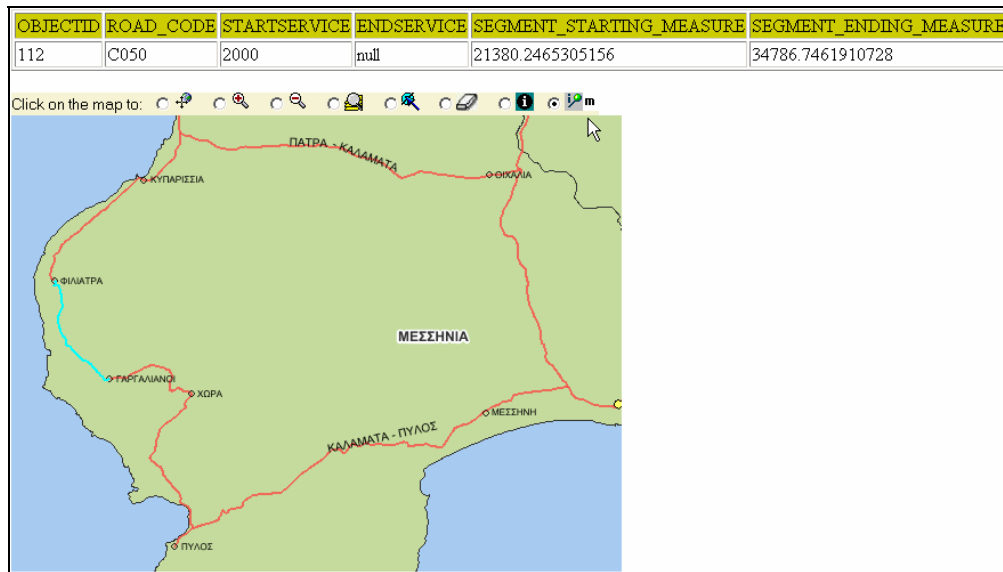
χαρακτηριστικών των επιμέρους γεωμετρικών τμημάτων. Στη σύνταξή του αντίστοιχου κώδικα χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι της κλάσης MapViewer που χρησιμοποιούνται και στη λειτουργία επιλογής γεωμετρικών τμημάτων.

- **Identify Roads:** αναγνώριση χαρακτηριστικών οδικών αξόνων.

Στη λειτουργία *identify roads* το χτύπημα του ποντικιού πλησίον κάποιου σημείου ενός οδικού άξονα έχει ως αποτέλεσμα την επισήμανση ολόκληρου του άξονα και την εμφάνιση των χαρακτηριστικών του που ανακτώνται από τη βάση. Στα χαρακτηριστικά που ανακτώνται συμπεριλαμβάνονται, εκτός από τα περιγραφικά, οι μέτρησις αρχής και τέλους του οδικού άξονα (Εικόνα 6.3). Οι τιμές μέτρησις δεν είναι ρητά αποθηκευμένες ως περιγραφικά χαρακτηριστικά των οδικών αξόνων, αλλά αποτελούν εγγενές συστατικό της γεωμετρίας των τμημάτων από τα οποία αποτελούνται. Για το λόγο αυτό, συντάχθηκε ειδικό ερώτημα σε SQL μέσω του οποίου ανακτώνται, με συναρτήσεις του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς της Oracle, οι τιμές μέτρησις αρχής και τέλους του οδικού άξονα. Στο ερώτημα εξετάζεται, όπως και στη λειτουργία επιλογής τμημάτων, ο χρόνος ισχύος και συμπεριλαμβάνεται στα στοιχεία που προβάλλονται κατά την αναγνώριση ενός οδικού άξονα. Σημειώνεται ξανά, ότι η εκτέλεση των λειτουργιών που αφορούν στο οδικό δίκτυο προϋποθέτει ότι έχει γίνει προηγουμένως επιλογή του έτους ενδιαφέροντος.

- **Identify Segment Measures:** αναγνώριση χαρακτηριστικών γεωμετρικών τμημάτων.

Μέσω της λειτουργίας αυτής μπορούν να ανακτηθούν πληροφορίες σχετικά με τιμές μέτρησις, το χρόνο ισχύος αλλά σε επίπεδο γεωμετρικού τμήματος αυτή τη φορά. Η λειτουργία προστέθηκε, ώστε να χρησιμοποιείται κυρίως σε συνδυασμό με τη λειτουργία ανάθεσης τιμών μέτρησις σε επιλεγμένα τμήματα.



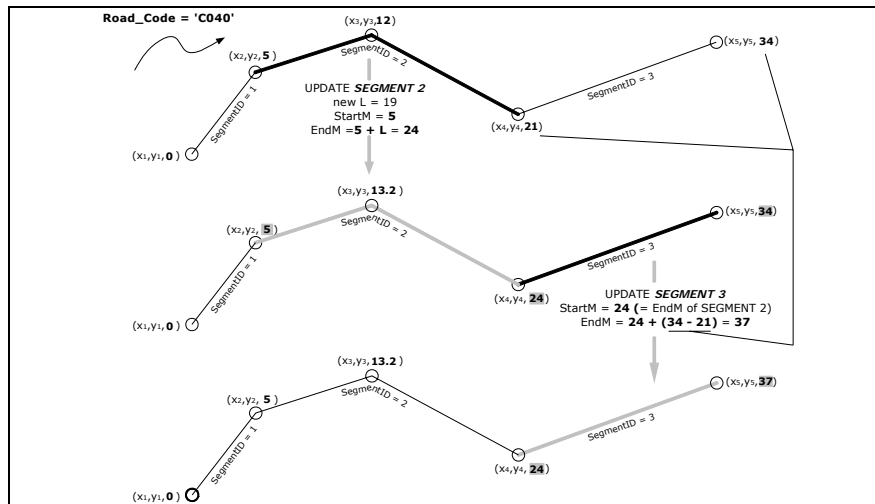
**Εικόνα 6.4: Λειτουργία αναγνώρισης γεωμετρικών τμημάτων (Identify Segment Measures)**

Πιο συγκεκριμένα, προστέθηκε για να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που απαιτείται ο επαναπροσδιορισμός των τιμών μέτρησης ενός τμήματος, όπως παραδείγματος χάρη αν γίνουν διαθέσιμα ακριβέστερα δεδομένα πεδίου με μεταγενέστερες μετρήσεις. Η εκτέλεση της λειτουργίας παρέχει στο χρήστη τα απαραίτητα στοιχεία για να επανακαθορίσει τις τιμές μέτρησης και των υπολοίπων τμημάτων του οδικού άξονα στον οποίο ανήκει το γεωμετρικό τμήμα που ενημερώνεται με νέα δεδομένα μετρήσεων. Τα στοιχεία αυτά είναι οι τιμές μέτρησης αρχής/τέλους (Segment\_Starting\_Measure/Ending\_Starting\_Measure) κάθε τμήματος σε συνδυασμό με το χρόνο ισχύος τους (Εικόνα 6.4).

Για παράδειγμα, όταν ληφθούν δεδομένα πεδίου για το μήκος L ενός τμήματος που συνδέεται εκατέρωθεν με άλλα τμήματα του οδικού άξονα στον οποίο ανήκει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τιμή μέτρησης τέλους το άθροισμα των τιμών μέτρησης αρχής (τιμή μέτρησης τέλους του προηγούμενου τμήματος) και του μήκους L. Αφού ενημερωθεί η αντίστοιχη εγγραφή στη βάση, θα πρέπει να ακολουθήσει η ενημέρωση των τιμών μέτρησης των γεωμετρικών τμημάτων που έπονται κατά τη φορά του άξονα (προφανώς, δεν είναι απαραίτητο να ενημερωθούν τα τμήματα που προηγούνται). Για κάθε τμήμα που πρόκειται να ενημερωθεί θα χρησιμοποιείται:

- ως τιμή μέτρησης αρχής: η τιμή μέτρησης τέλους του προηγούμενου τμήματος
- ως τιμή μέτρησης τέλους: το άθροισμα της παραπάνω τιμής και της διαφοράς των τιμών μέτρησης αρχής και τέλους του τμήματος πριν από την ενημέρωση (Σχήμα 6.3).

Η εμφάνιση του χρόνου ισχύος στη λειτουργία αναγνώρισης τιμών μετρήσεων εξασφαλίζει τη χωροχρονική συνοχή των τμημάτων που ενημερώνονται.



Σχήμα 6.3: Διαγραμματική απεικόνιση διαδικασίας ενημέρωσης διαδοχικών γεωμετρικών τμημάτων. Τα απαραίτητα στοιχεία (τιμές μέτρησης αρχής/τέλους των τμημάτων) προσδιορίζονται στην εφαρμογή, με χρήση της λειτουργίας Identify Segment Measures.

#### 6.4.1.4 Λειτουργίες οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων της βάσης

Η οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων μέσω υποβολής ερωτημάτων στη βάση αποτελεί δυνατότητα που διέθετε το αρχικό αρχείο JSP. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συντάξει σε κατάλληλα πεδία ερωτήματα σε SQL. Με την υποβολή αίτησης χάρτη προς το MapViewer λαμβάνει οπτικοποιημένα τα αποτελέσματα του ερωτήματος. Υφίσταται ο περιορισμός σε κάθε ερώτημα να επιλέγονται δεδομένα από ένα πεδίο ή μία έκφραση με τύπο γεωμετρίας SDO\_GEOMETRY. Αν το ερώτημα περιλαμβάνει και την επιλογή περιγραφικών χαρακτηριστικών, οι τιμές ενός από τα χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ετικέτες των γεωμετριών που απεικονίζονται στο χάρτη. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του χρώματος, από μία προκαθορισμένη παλέτα, που θα χρησιμοποιηθεί στην απεικόνιση των δεδομένων στο χάρτη. Η δυνατότητα οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων μέσω υποβολής ερωτημάτων αξιοποιείται στις λειτουργίες Δυναμικής Κατάτμησης που αναλύονται σε επόμενη ενότητα.

Η οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων μέσω σύνταξης ερωτημάτων μπορεί να αποδειχθεί φορτική, ειδικά στην περίπτωση που είναι επιθυμητό να είναι διαθέσιμο ως υπόβαθρο το σύνολο των δεδομένων κάποιων θεματικών επιπέδων (χωρικών πινάκων). Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο να παρέχονται μέσω της εφαρμογής δυνατότητες οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων με απλούστερο τρόπο. Με αυτόν τον τρόπο, προστέθηκαν στοιχεία ελέγχου (checkboxes) μέσω των οποίων γίνεται η επιλογή των θεματικών επιπέδων (*map layers*) της βάσης που θα απεικονιστούν. Ο χρήστης επιλέγει τα δεδομένα που επιθυμεί να απεικονιστούν πριν από την υποβολή αίτησης χάρτη. Η *απόκριση χάρτη* περιλαμβάνει δυναμικά οριζόμενα θέματα για το επίπεδο των νομών, των ποταμών και του σιδηροδρομικού δικτύου. Στον ορισμό των δυναμικά οριζόμενων θεμάτων χρησιμοποιούνται ερωτήματα που επιλέγουν το σύνολο των γεωμετριών

Road Code	Start Measure	End Measure	<input checked="" type="checkbox"/> Assign Measures by Road_Code
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Assign Measures by Selected_Segments
AD10 / ΠΑΤΡΑ - ΤΡΙΠΟΛΗ			Submit

**Εικόνα 6.5:** Πεδία εισαγωγής παραμέτρων ανάθεσης τιμών μέτρησης βάσει κωδικού

των αντίστοιχων χωρικών πινάκων καθώς και η ονομασία τους (πεδία name), η οποία χρησιμοποιείται ως ετικέτα. Για το επίπεδο των πόλεων δημιουργήθηκε προκαθορισμένο θέμα (THEME\_TOWNS). Ο λόγος είναι να υπάρχει διαφοροποίηση στο χαρτογραφικό σύμβολο που χρησιμοποιείται, ανάλογα με το μέγεθος της πόλης. Για την οπτικοποίηση του επιπέδου των δρόμων χρησιμοποιείται δυναμικά οριζόμενο θέμα με τη διαφορά ότι ο χρήστης οφείλει να επιλέξει πριν από την υποβολή αίτησης χάρτη το έτος για το οποίο επιθυμεί να εμφανισθεί η μορφή του οδικού δικτύου. Η επιλογή γίνεται από την πτυσσόμενη λίστα *Years*. Για λόγους απλούστευσης στη λίστα περιλαμβάνονται ενδεικτικά τα έτη από το 2000 έως και το 2007. Το έτος που επιλέγεται από το χρήστη συμπεριλαμβάνεται στον ορισμό του δυναμικού θέματος που χρησιμοποιείται στην οπτικοποίηση των δεδομένων του οδικού δικτύου καθώς και στις λειτουργίες επιλογής τμημάτων και αναγνώρισης των χαρακτηριστικών του.

#### **6.4.2 Λειτουργίες Δόμησης Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς**

Η δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς μέσα από το περιβάλλον της εφαρμογής στηρίζεται ουσιαστικά στην κλήση και εκτέλεση των διαδικασιών που συντάχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο ανάπτυξης της εφαρμογής με χρήση PL/SQL (βλ. υποενότητα 6.3.1). Σημειώνεται ότι με την παρακάτω μεθοδολογία ενημερώνονται απευθείας οι εγγραφές της βάσης και δεν απαιτείται κάποια άλλη ενέργεια.

- Ανάθεση τιμών μέτρησης με επιλογή οδικού άξονα βάσει κωδικού

Για την ανάθεση τιμών μέτρησης σε ένα οδικό άξονα βάσει κωδικού, ο χρήστης εισάγει στα πεδία *Road Code*, *Start Measure*, *End Measure* τις επιθυμητές τιμές, χρησιμοποιεί την επιλογή *Assign Measures by Road\_Code* και υποβάλλει την αίτηση χάρτη στο MapViewer (Εικόνα 6.5). Οι τιμές των κωδικών αξόνων όπως και η ονομασία των οδικών, μπορούν να αναζητηθούν σε πτυσσόμενο μενού του οποίου οι τιμές αντλούνται δυναμικά από τη βάση. Αφού εισάγει τον κωδικό του δρόμου, ο χρήστης μπορεί, προαιρετικά, να χρησιμοποιήσει το εργαλείο επιλογής για να επιβεβαιώσει την επιλογή του στο χάρτη.

Οι τιμές που εισάγονται από το χρήστη ελέγχονται για την ορθότητα και τη συμβατότητά τους με τα περιεχόμενα της βάσης, μέσω κατάλληλων συναρτήσεων (*roadCodeValidate()*, *startmValidate()*, *endmValidate()*) που συντάχθηκαν ειδικά για το σκοπό αυτό. Για παράδειγμα, με την εισαγωγή μη αριθμητικών τιμών στα πεδία *Start Measure* και *End\_Measure* εμφανίζεται μήνυμα που προειδοποιεί το χρήστη και τον προτρέπει να εισάγει κατάλληλες



τιμές. Εφόσον η εισαγωγή των τιμών είναι ορθή, ακολουθεί η χρήση τους ως παραμέτρων εισαγωγής στη διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης βάσει κωδικού οδικού άξονα. Η κλήση της διαδικασίας, η οποία είναι αποθηκευμένη στη βάση, πραγματοποιείται δημιουργώντας αντικείμενο τύπου *CallableStatement*. Για τη δημιουργία ενός στιγμιότυπου του αντικειμένου *CallableStatement* χρησιμοποιείται η μέθοδος *prepareCall*. Η διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης βάσει κωδικού οδικού άξονα περιγράφεται στο ακόλουθο απόσπασμα από τον κώδικα της εφαρμογής:

```
try {
String roadcode = request.getParameter("roadcode");
String startM = request.getParameter("startm");
String endM= request.getParameter("endm");
CallableStatement UpdateRoads = conn.prepareCall ("begin
    LRSASSIGN_ROADCODE (?, ?, ?); end;");
UpdateRoads.setString (1, roadcode);
UpdateRoads.setFloat(2, Float.parseFloat(startM));
UpdateRoads.setFloat(3, Float.parseFloat(endM));
UpdateRoads.execute ();
UpdateRoads.close ();
} catch (Exception e) {out.println (e.getMessage()); }
```

- Ανάθεση τιμών μέτρησης με διαδραστική επιλογή τμημάτων του οδικού άξονα στο χάρτη

Μέσω της λειτουργίας αυτής, ο χρήστης επιλέγει με το αντίστοιχο εργαλείο (*select road segments*) τα γεωμετρικά τμήματα κάποιου οδικού άξονα στα οποία επιθυμεί να αναθέσει τιμές μέτρησης. Η λειτουργία είναι χρήσιμη στην περίπτωση που γίνουν διαθέσιμα δεδομένα μέτρησης για συγκεκριμένα τμήματα (τμήματα αγκίστρωσης) κάποιου οδικού άξονα. Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης είναι σε θέση να ενημερώσει τη βάση χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αυτή σε συνδυασμό με τη λειτουργία αναγνώρισης τιμών μέτρησης των γεωμετρικών τμημάτων. Προφανώς, η διαδικασία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάθεση τιμών στο σύνολο των κορυφών ενός οδικού άξονα.

Με την επιλογή κάθε γεωμετρικού τμήματος αποθηκεύεται προσωρινά το μοναδικό αναγνωριστικό του σε κατάλληλο πεδίο μη ορατό από το χρήστη. Όταν ολοκληρωθεί η επιλογή των τμημάτων, εισάγονται οι τιμές μέτρησης στα πεδία *Start Measure* και *End Measure* και χρησιμοποιείται η επιλογή *Assign Measures by Selected\_Segments*. Σε πλήρη αντιστοιχία με την προηγούμενη λειτουργία ανάθεσης τιμών μέτρησης βάσει κωδικού, καλείται η κατάλληλη διαδικασία από τη βάση και εκτελείται με την υποβολή αίτησης χάρτη. Κατά την επιλογή γεωμετρικών τμημάτων είναι δυνατόν να επιλεγούν κάποια τμήματα πολλαπλές φορές. Για το λόγο αυτό, κατά την υποβολή της αίτησης χάρτη πραγματοποιείται κλήση της συνάρτησης *delduplids()* η οποία συντάχθηκε με σκοπό να εξαλείφει τις διπλότυπες τιμές μοναδικών αναγνωριστικών.

### **6.4.3 Λειτουργίες Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης και οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων**

Η διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης και οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με την εκτέλεση ερωτημάτων και συναρτήσεων στο περιβάλλον της εφαρμογής, τα οποία εισάγονται στα αντίστοιχα πεδία. Τα ερωτήματα και οι συναρτήσεις συντάχθηκαν σε SQL και PL/SQL αντίστοιχα (ο κώδικας παρατίθεται στο Παράρτημα Γ) και εκτελούνται με την υποβολή αίτησης χάρτη προς το MapViewer. Τόσο στα ερωτήματα και όσο στις συναρτήσεις επιχειρήθηκε να χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια αναζήτησης. Παραδείγματα τέτοιων κριτηρίων είναι ο προσδιορισμός θέσεων συμβάντων βάσει του χρόνου ισχύος, βάσει ενός δεδομένου εύρους μετρήσεων σε ένα οδικό άξονα. Επίσης, διατυπώθηκαν μερικά ενδεικτικά ερωτήματα ανάλυσης (Παράρτημα Γ).

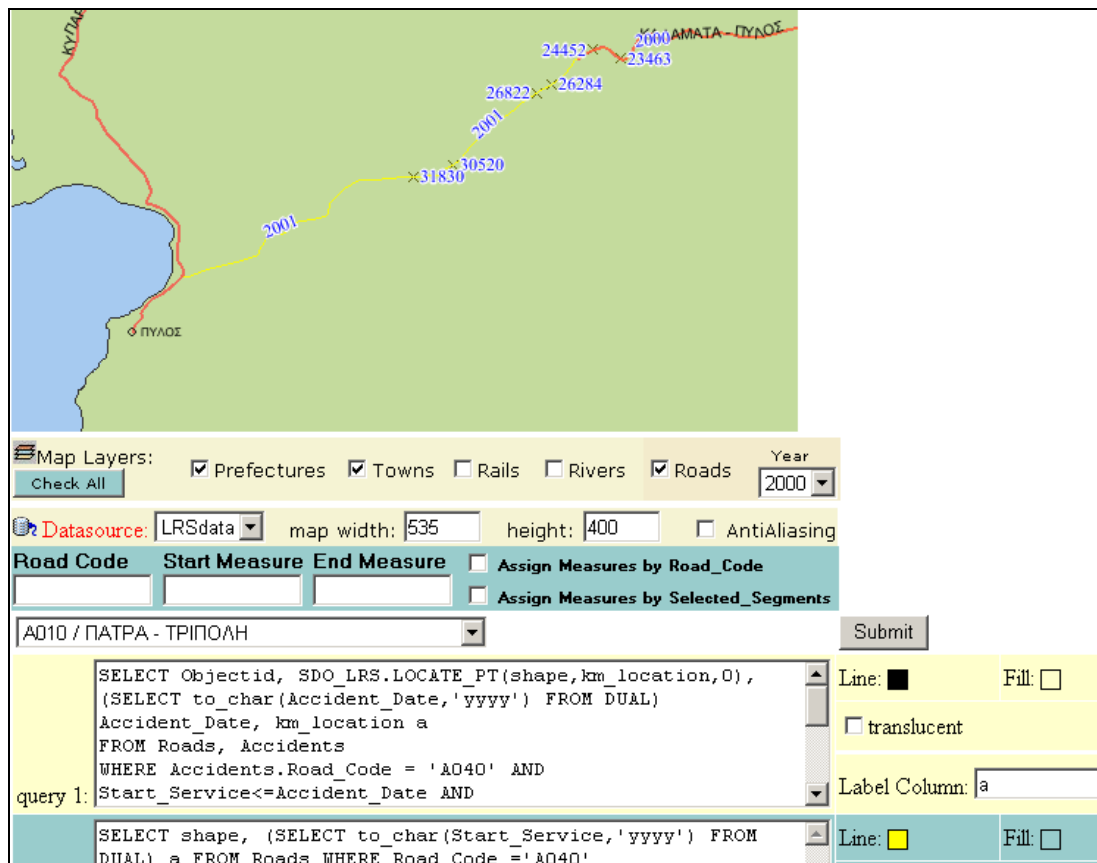
Κατά την εισαγωγή πλασματικών δεδομένων στον πίνακα του οδικού δικτύου καθώς και στους πίνακες συμβάντων, επιχειρήθηκε τα δεδομένα να ποικίλουν και να ανταποκρίνονται σε φαινόμενα της πραγματικότητας. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στο οδικό δίκτυο καταγράφονται άξονες η γεωμετρία των οποίων παραμένει αμετάβλητη στη διάρκεια του χρόνου, άξονες οι οποίοι επεκτείνονται σταδιακά και άξονες των οποίων τροποποιείται η χάραξη. Η εισαγωγή δεδομένων στους πίνακες συμβάντων έγινε με κύριο κριτήριο να καταδειχθεί αν και κατά πόσο η μοντελοποίηση που υιοθετήθηκε καλύπτει την απαίτηση διεξαγωγής Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης σε ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων.

Οι λειτουργίες Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης, που είναι δυνατόν να εκτελεστούν μέσω της εφαρμογής, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Χρονική Δυναμική Κατάτμηση **σημειακών συμβάντων** και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων

Ο προσδιορισμός της θέσης των σημειακών συμβάντων, λ.χ. Ατυχήματα κατά μήκος του οδικού δικτύου, και η απεικόνισή τους στο χάρτη πραγματοποιείται με την υποβολή ερωτημάτων που συντάχθηκαν σε SQL. Η εκτέλεση των ερωτημάτων επιστρέφει ως αποτέλεσμα σημειακές τρισδιάστατες γεωμετρίες (σημεία με πληροφορία μέτρησης - LRS Points), οι οποίες απεικονίζονται στο χάρτη.

Στη δομή των ερωτημάτων ενσωματώνεται η συνάρτηση SDO\_LRS.LOCATE\_PT της Oracle, μέσω της οποίας προσδιορίζεται η θέση σημείων επί γραμμικών στοιχείων με πληροφορία μέτρησης. Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τη στήλη του πίνακα που περιλαμβάνει τη γεωμετρία με πληροφορία μέτρησης (στήλη shape στον πίνακα Οδικό Δίκτυο) και την τιμή μέτρησης που αντιστοιχεί στο συμβάν του οποίου αναζητείται η θέση (στήλη km\_location του πίνακα



**Εικόνα 6.6: Διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης: Ατυχήματα στον οδικό άξονα “Α040” (ΚΑΛΑΜΑΤΑ - ΠΥΛΟΣ)**

Ατυχήματα). Στη συνθήκη WHERE περιλαμβάνονται τελεστές που εξασφαλίζουν τον ορθό προσδιορισμό της θέσης βάσει των τιμών μέτρησης του οδικού δικτύου και των ατυχημάτων καθώς και χρονικών κριτηρίων. Στο ερώτημα που ακολουθεί προσδιορίζονται οι θέσεις των ατυχημάτων που σημειώθηκαν στον οδικό άξονα “Α040” (“ΚΑΛΑΜΑΤΑ-ΠΥΛΟΣ”).

```
SELECT Objectid, SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date, 'yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND Objectid IN (SELECT Objectid
                 FROM Roads
                 WHERE Road_Code='A040'
                 AND
                 SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)<=km_location
                 AND
                 SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape)>=km_location)
ORDER BY 3
```

Στο προηγούμενο παράδειγμα προσδιορίζονται οι θέσεις όλων των ατυχημάτων στον οδικό άξονα με κωδικό “Α040”, ανεξαρτήτως ενδεχόμενων αλλαγών που έχουν επέλθει στη γεωμετρία του με το χρόνο. Στην εφαρμογή, υφίστανται δύο

περιορισμοί που αφορούν στην ταυτόχρονη απεικόνιση της μορφής του οδικού άξονα (εφόσον αυτή έχει αλλάξει) και των ατυχημάτων που έχουν σημειωθεί σε αυτόν. Ο πρώτος περιορισμός αφορά στη δυνατότητα επιλογής ενός μόνο τύπου γεωμετρίας στη συνθήκη SELECT των χωρικών ερωτημάτων που διατυπώνονται. Ο δεύτερος περιορισμός αφορά στη δυνατότητα απεικόνισης του οδικού δικτύου μόνο κατά το έτος αναφοράς που επιλέγει ο χρήστης. Κατά συνέπεια, υπάρχει το ενδεχόμενο η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης να καταστεί αναποτελεσματική. Παραδείγματος χάρη, αν το έτος αναφοράς που έχει επιλεγεί προηγείται/έπεται των αλλαγών στη γεωμετρία ενός οδικού άξονα, με την υποβολή του ερωτήματος θα απεικονιστούν μεν οι θέσεις όλων των συμβάντων ως σημεία στο χάρτη, αλλά χωρίς να απεικονίζεται ταυτόχρονα και ο οδικός άξονας. Για το λόγο αυτό, ο χρήστης πρέπει να υποβάλει μαζί με το ερώτημα διεξαγωγής δυναμικής κατάτμησης και *ερώτημα επιλογής της γεωμετρίας του οδικού άξονα βάσει κωδικού, το οποίο θα επιστρέψει το σύνολο της γεωμετρίας του, δίχως χρονικούς περιορισμούς.*

Στην Εικόνα 6.6 απεικονίζονται τα αποτελέσματα διεξαγωγής Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης ατυχημάτων στον οδικό άξονα "A040", σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία. Διευκρινίζεται ότι ο άξονας έχει ημερομηνίας έναρξης λειτουργίας το έτος 2000, ενώ κατά τη διάρκεια του έτους 2001 επεκτάθηκε. Ο χρήστης κατά την υποβολή αίτησης χάρτη επέλεξε ως έτος αναφοράς το 2000. Η χρήση του συμπληρωματικού ερωτήματος επιλογής του συνόλου της γεωμετρίας του δρόμου (με κίτρινο χρώμα τα τμήματα που προστέθηκαν μετά το έτος 2000) βάσει του κωδικού του εξασφαλίζει την αποτελεσματική απεικόνιση όλων των ατυχημάτων. Για τα ατυχήματα χρησιμοποιείται ως ετικέτα η χιλιομετρική θέση στην οποία σημειώθηκαν.

- Χρονική Δυναμική Κατάτμηση **γραμμικών συμβάντων** και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων:

Για τον προσδιορισμό της θέσης γραμμικών συμβάντων ακολουθήθηκε ανάλογη μεθοδολογία με αυτή που περιγράφηκε για τα σημειακά συμβάντα. Η Δυναμική Κατάτμηση γραμμικών συμβάντων πραγματοποιείται με χρήση της συνάρτησης SDO\_LRS.CLIP\_GEOM\_SEGMENT, η οποία πρακτικά επιστρέφει το αποτέλεσμα της αποκοπής του γεωμετρικού τμήματος που εισάγεται ως όρισμα. Τα υπόλοιπα ορίσματα της συνάρτησης είναι οι τιμές μέτρησης από/έως. Οι τιμές αυτές αντλούνται από τους πίνακες συμβάντων.

Τα ερωτήματα διεξαγωγής Δυναμικής Κατάτμησης γραμμικών συμβάντων που συντάχθηκαν σε SQL είναι πιο σύνθετα από τα ερωτήματα που συντάχθηκαν για τα σημειακά. Ο κύριος λόγος είναι ότι η συνάρτηση αποκοπής τμημάτων εφαρμόζεται σε επίπεδο γεωμετρικού τμήματος. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο να συνενώνονται τα επιμέρους γεωμετρικά τμήματα προκειμένου να προσδιοριστούν γραμμικά συμβάντα που αφορούν σε ένα οδικό άξονα. Παρόλο που το σύστημα της Oracle διαθέτει συναθροιστική συνάρτηση συνένωσης

γεωμετρικών τμημάτων με πληροφορία μέτρησης (SDO\_AGGR\_LRS\_CONCAT), η ορθή εφαρμογή της προϋποθέτει την ύπαρξη αναγνωριστικού ακολουθίας (sequence id) των γεωμετρικών τμημάτων. Το αναγνωριστικό ακολουθίας χρησιμοποιείται στον καθορισμό της σειράς με την οποία συνενώνονται τα τμήματα. Η χρήση της συνάρτησης χωρίς καθορισμό της σειράς συνένωσης καταλήγει συχνά σε συλλογές τρισδιάστατων πολυγραμμών. Επειδή κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό τα επιμέρους τμήματα συνενώνονται αφού μετατραπούν σε δισδιάστατα. Η αντίστοιχη συναθροιστική συνάρτηση συνένωσης δισδιάστατων τμημάτων λειτουργεί σωστά χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη αναγνωριστικού ακολουθίας. Στη συνένωση που πραγματοποιείται χρησιμοποιείται ως κριτήριο επιλογής των τμημάτων που θα συνενωθούν ο χρόνος για τον οποίο διεξάγεται δυναμική κατάτμηση. Στο ενιαίο τμήμα που προκύπτει ανατίθενται τιμές μέτρησης και στη συνέχεια προσδιορίζονται οι θέσεις των γραμμικών συμβάντων σε αυτό. Στην αποκοπή του γεωμετρικού τμήματος χρησιμοποιούνται τα διαστήματα τιμών μέτρησης από/έως των γραμμικών συμβάντων καθώς και ενδεχόμενες επικαλύψεις/διαφορές τους με το εύρος τιμών μέτρησης στο οποίο επιθυμεί ο χρήστης να κάνει αναζήτηση. Στο παράδειγμα σε SQL που ακολουθεί προσδιορίζεται η ποιότητα του οδοστρώματος την 05/08/2001 στον οδικό άξονα "A040".

```

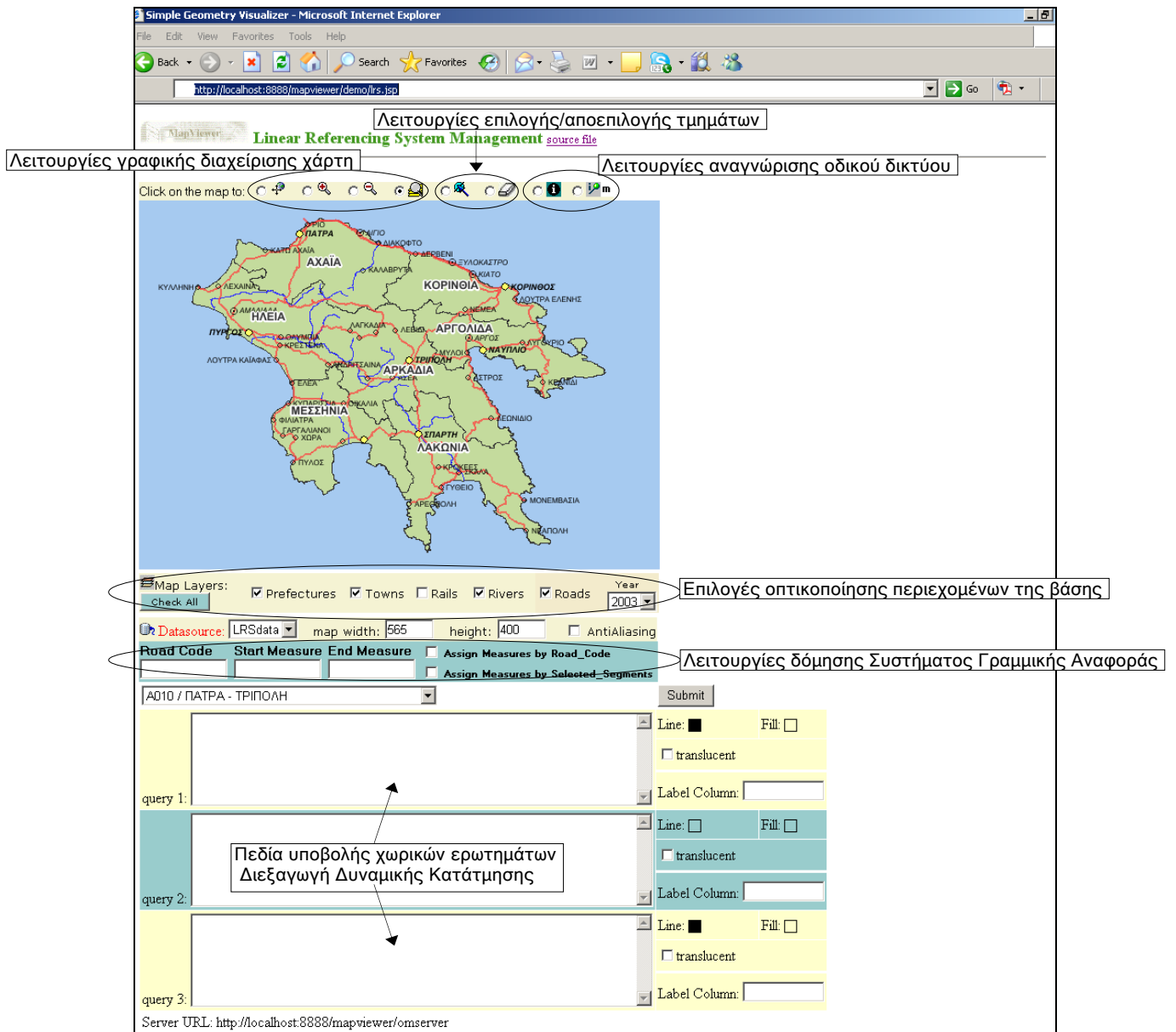
SELECT
SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,
                           From_Km_Location,
                           to_km_location) event,
quality
FROM (
SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,
                                   (SELECT
MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'
AND (Start_Service<='05/08/2001'
AND (End_Service>='05/08/2001'
OR End_Service IS NULL))),
                                   (SELECT
MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'
AND (Start_Service<='05/08/2001'
AND (End_Service>='05/08/2001'
OR End_Service IS NULL))))
unified_lrs_segment
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
FROM Roads
WHERE road_code='A040'
AND (Start_Service<='05/08/2001'
AND (End_Service>='05/08/2001' OR End_Service IS
NULL))))), Condition
WHERE Condition.Road_Code='A040' AND '05/08/2001' BETWEEN
Start_Service AND End_Service

```

Η παραπάνω διαδικασία, όπως αυτή περιγράφηκε και αποτυπώθηκε στο παράδειγμα, είναι σύνθετη. Όμως, λόγω της δόμησης των πινάκων γραμμικών συμβάντων με κοινό τρόπο η σύνταξη των ερωτημάτων είναι στην ουσία η ίδια για όλες τις κατηγορίες γραμμικών συμβάντων. Παρόλα αυτά, συντάχθηκαν και συναρτήσεις σε PL/SQL μέσω των οποίων πραγματοποιείται διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης. Οι συναρτήσεις υλοποιούν πρακτικά τα όσα αναφέρονται προηγουμένως για τα ερωτήματα. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης απαλλάσσεται από την υποχρέωση αλλαγής των παραμέτρων σε όλη την έκταση των ερωτημάτων, εισάγοντας τις παραμέτρους μόνο κατά την κλήση της συνάρτησης. Ο κώδικας που υλοποιεί τις συναρτήσεις μπορεί να αναζητηθεί στο Παράρτημα Γ.

Σημειώνεται ότι η απεικόνιση γραμμικών συμβάντων είναι δυνατό να παρουσιάσει προβλήματα στην περίπτωση που παρουσιάζουν χωρική επικάλυψη στο χρόνο. Πιο συγκεκριμένα, αν υπάρχει πληροφορία γραμμικών συμβάντων για κάποιο τμήμα του οδικού άξονα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και ζητείται η απεικόνιση των γραμμικών συμβάντων χωρίς χρονική διάκριση, η απεικόνιση δεν είναι αποτελεσματική. Η αναποτελεσματικότητα αφορά στην αδυναμία διάκρισης των συμβάντων στο χάρτη. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στη δυνατότητα επιλογής ενός μόνο τύπου γεωμετρίας στη συνθήκη SELECT των χωρικών ερωτημάτων που διατυπώνονται. Αφετέρου δε, τα γραμμικά συμβάντα που επιλέγονται σε ένα ερώτημα Δυναμικής Κατάτμησης οπτικοποιούνται με χρήση του ίδιου δυναμικού στυλ γραμμής. Η ενδεχόμενη χρήση των τιμών μέτρησης από/έως ως ετικετών επιλύει εν μέρει το πρόβλημα. Καταρχήν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία τιμή ως ετικέτα. Συνεπώς, πρέπει να υποβληθεί ταυτόχρονα δύο φορές το ίδιο ερώτημα και να χρησιμοποιηθεί ως ετικέτα στο ένα ερώτημα η τιμή μέτρησης «από» και στο δεύτερο η τιμή «έως». Επιπλέον, η επιλογή της θέσης των ετικετών γίνεται αυτόματα από το MapViewer, γεγονός που είναι δυνατόν να οδηγήσει σε λανθασμένη αντίληψη των συμβάντων στο χάρτη, ειδικά σε περιπτώσεις επικάλυψης πολλών γραμμικών συμβάντων. Θα πρέπει να αναφερθεί και το γεγονός ότι στην έκδοση του MapViewer που χρησιμοποιήθηκε υφίσταται πρόβλημα σχετικά με την εμφάνιση ετικετών γενικότερα.

Πιθανή αντιμετώπιση του προβλήματος μπορεί να αποτελέσει η τροποποίηση της εφαρμογής, ώστε με την υποβολή ερωτημάτων στα αντίστοιχα πεδία να γίνεται κλήση προκαθορισμένου αντί δυναμικού θέματος. Στο προκαθορισμένο θέμα θα ορίζονται διαφορετικά στυλ γραμμής βάσει προεπιλεγμένων χρονικών ή άλλων κατάλληλων συνθηκών, που θα καθιστούν δυνατή τη διάκριση των συμβάντων στο χάρτη. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε στον ορισμό του θέματος των πόλεων, στο οποίο οι πόλεις απεικονίζονται με χρήση διαφορετικού χαρτογραφικού συμβόλου ανάλογα με το μέγεθός τους (Παράρτημα Δ). Στη διαδικασία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα προκαθορισμένα θέματα συσχετίζονται με τα περιεχόμενα κάποιου χωρικού πίνακα ή όψης. Αντίστοιχα



**Εικόνα 6.7: Το παράθυρο της εφαρμογής**

προβλήματα, σε μικρότερο όμως βαθμό, μπορεί να προκύψουν και κατά την απεικόνιση σημειακών συμβάντων που σημειώθηκαν στο ίδιο σημείο ενός οδικού άξονα. Γενικά, με χρήση της ημερομηνίας στην οποία σημειώνονται τα ατυχήματα ως ετικέτας και χρήση του εργαλείου εστίασης είναι δυνατή η διάκριση των σημειακών συμβάντων στο χάρτη.

Η οπτικοποίηση χωρικών οντοτήτων, μέσω εκτέλεσης χωρικών ερωτημάτων ή συναρτήσεων στα αντίστοιχα πεδία της εφαρμογής (πεδία query1, query2, query3), πραγματοποιείται με χρήση δυναμικά οριζόμενων θεμάτων. Το γεγονός αυτό καθιστά ανέφικτη τη διεξαγωγή περαιτέρω ανάλυσης, όπως λ.χ. την ανάκτηση περιγραφικών χαρακτηριστικών των συμβάντων με εργαλεία αντίστοιχα της αναγνώρισης των οδικών αξόνων και των γεωμετρικών τμημάτων. Επίσης, στην αρχική μορφή του αρχείου JSP που χρησιμοποιήθηκε, ο χρήστης μπορεί να ορίσει τρεις παραμέτρους των στυλ που χρησιμοποιούνται κατά την

απεικόνιση των χωρικών δεδομένων. Οι παράμετροι αυτές είναι το χρώμα (line), το χρώμα γεμίσματος (fill) και η διαπερατότητα (translucent). Για να καταστεί αποτελεσματική η ταυτόχρονη απεικόνιση του οδικού δικτύου και των συμβάντων στο χάρτη τροποποιήθηκε το πάχος γραμμής κάθε στυλ που χρησιμοποιείται, όταν διατυπώνονται ερωτήματα στα πεδία query1, query2 και query3. Με αυτόν τον τρόπο, προτείνεται η χρήση του πεδίου query1 στην υποβολή ερωτημάτων Δυναμικής Κατάτμησης σημειακών συμβάντων, του πεδίου query2 στην υποβολή ερωτημάτων Δυναμικής Κατάτμησης γραμμικών συμβάντων και του πεδίου query3 στην υποβολή ερωτημάτων επιλογής της γεωμετρίας των οδικών αξόνων βάσει κωδικού, τα οποία χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στη διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης (βλ. περιγραφή Εικόνας 6.6).

Η εφαρμογή είναι προσβάσιμη από οποιοδήποτε φυλλομετρητή ιστού. Στην Εικόνα 6.7 παρουσιάζεται η το παράθυρο της εφαρμογής κατόπιν υποβολής αίτησης χάρτη από το χρήστη.



# 7

## Συμπεράσματα

Η αμιγώς γραμμική φύση των δικτύων μεταφορών, των δικτύων κοινής ωφελείας κ.λπ. οδήγησε στη δημιουργία και εφαρμογή των Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς στη διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με αυτά. Η χρήση ενός Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς για τον προσδιορισμό θέσεων σε μία γραμμική οντότητα έχει τα εξής *πλεονεκτήματα*:

- Καθιστά εφικτό τον προσδιορισμό θέσεων στο γεωγραφικό χώρο χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση συντεταγμένων σε κάποιο δισδιάστατο ή τρισδιάστατο χωρικό σύστημα αναφοράς.
- Για τον προσδιορισμό θέσεων στο χώρο απαιτείται η γνώση μίας μόνο παραμέτρου (της μέτρησης  $m$ ).
- Προσφέρει ανεξαρτησία από το χωρικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται. Οι μονάδες των τιμών μέτρησης  $m$  μπορούν να αναφέρονται σε διαφορετικό σύστημα και να παραμείνουν ανεπηρέαστες από τυχόν μετασχηματισμούς συντεταγμένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων αναφοράς.
- Βρίσκεται πλησιέστερα στον ανθρώπινο τρόπο αντίληψης των γραμμικών οντοτήτων και εκτίμησης αποστάσεων σε αυτές.

Από την άλλη πλευρά, ο προσδιορισμός θέσεων στο χώρο μέσω Γραμμικής Αναφοράς εμφανίζει *μειονεκτήματα* όπως:

- Ο προσδιορισμός θέσεων είναι αποκλειστικά σχετικός, καθώς πραγματοποιείται βάσει απόστασης από κάποιο σημείο αγκίστρωσης. Επομένως, το σύστημα πρέπει να παραμένει ενήμερο σε ενδεχόμενες μεταβολές των σημείων αγκίστρωσης.

- Ο προσδιορισμός θέσεων πραγματοποιείται σε αφαιρετική περιγραφή των γραμμικών οντοτήτων, τον άξονά τους. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια χρήσιμης πληροφορίας όπως λ.χ. υψόμετρο ή μετατόπιση από τον άξονα. Συνεπώς, τέτοιου είδους πληροφορία θα πρέπει να τηρείται ως περιγραφικά χαρακτηριστικά.
- Η ακρίβεια του προσδιορισμού εξαρτάται από την ακρίβεια λήψης ενημερωμένων δεδομένων πεδίου για τις τιμές μέτρησης (με το ανάλογο κόστος). Στην περίπτωση που τα δεδομένα μέτρησης αφορούν το μήκος που υπολογίζεται από συντεταγμένες σε κάποιο χωρικό σύστημα αναφοράς, εξαρτάται προφανώς από την ακρίβεια των συντεταγμένων.

Όσον αφορά στην υλοποίηση Συστημάτων Γραμμικής Αναφοράς στην Oracle Spatial σημειώνονται τα εξής:

- Η εγγενής ενσωμάτωση της πληροφορίας μέτρησης στη γεωμετρία των γραμμικών οντοτήτων, διευκολύνει τη διαχείριση και τον έλεγχο των τιμών μέτρησης.
- Οι λειτουργίες που βρίσκονται στη διάθεση του χρήστη καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις δόμησης, ελέγχου και συντήρησης του συστήματος.
- Η δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς προϋποθέτει την προετοιμασία της γεωμετρίας των γραμμικών οντοτήτων. Η προετοιμασία αφορά στον έλεγχο της κατεύθυνσης των γεωμετρικών τμημάτων (φορά ψηφιοποίησης), ώστε να είναι συμβατή με την επιθυμητή φορά ανάθεσης τιμών μέτρησης. Επιπλέον, για την ανάθεση τιμών μέτρησης σε μία γραμμική οντότητα απαιτείται η συνένωση των τμημάτων που την αποτελούν. Η συνένωση με χρήση της συναθροιστικής συνάρτησης του συστήματος γραμμικής αναφοράς της Oracle προϋποθέτει την ύπαρξη αναγνωριστικού ακολουθίας ή οι αντίστοιχες εγγραφές να έχουν εισαχθεί στη βάση σε κατάλληλη σειρά. Διαφορετικά, πρέπει τα τμήματα να μετατραπούν σε δισδιάστατα προκειμένου να συνενωθούν ορθά και να ανατεθούν τιμές μέτρησης στη συνέχεια. Παράγοντες όπως οι παραπάνω θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από τη χρήση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς σε δεδομένα μεγάλης έκτασης.
- Το σύνολο των χρησιμοποιούμενων συναρτήσεων εφαρμόζονται σε επίπεδο γεωμετρικού τμήματος και όχι γραμμικής οντότητας. Κατά συνέπεια, απαιτείται έλεγχος τόσο κατά δόμηση του Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς όσο και κατά τη διαχείριση των δεδομένων. Η δημιουργία αυτοματοποιημένων διαδικασιών ελαχιστοποιεί την απαιτούμενη προσπάθεια.
- Δεν είναι δυνατή η ταυτόχρονη χρήση διαφορετικών μεθόδων γραμμικής αναφοράς, τακτική που ακολουθείται από διάφορους οργανισμούς διαχείρισης δικτύων. Για τη χρήση διαφορετικών μεθόδων γραμμικής

αναφοράς απαιτείται η επανάληψη των χωρικών δεδομένων.

Χαρακτηριστικά και γεγονότα που σχετίζονται με γραμμικές οντότητες περιγράφονται με τον όρο συμβάντα. Η θέση των συμβάντων στο γεωγραφικό χώρο είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μέσω Δυναμικής Κατάτμησης, για τη διεξαγωγή της οποίας πρέπει να πληρούνται δύο προϋποθέσεις:

- Ύπαρξη Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς.
- Οργάνωση των περιγραφικών δεδομένων (συμβάντων) με Γραμμική Αναφορά.

Η διεξαγωγή Δυναμικής Κατάτμησης σε ένα σύστημα χωρικών πληροφοριών:

- Επιτρέπει τον προσδιορισμό της θέσης σημειακών και γραμμικών συμβάντων στο χώρο, τα οποία μετατρέπονται *δυναμικά* σε σημειακές και γραμμικές οντότητες αντίστοιχα, με χρήση περιγραφικών τους χαρακτηριστικών.
- Διευκολύνει την αναπαράστασή των συμβάντων σε χάρτη και την πραγματοποίηση χωρικής ανάλυσης με τη μετατροπή τους σε χωρικές οντότητες με συντεταγμένες.
- Απαλλάσσει από την απαίτηση αναπροσαρμογής της γεωμετρίας του δικτύου κάθε φορά που μεταβάλλεται κάποιο χαρακτηριστικό του, όπως στην περίπτωση αναπαράστασης δικτύου αποκλειστικά με ακμές και κόμβους.

Η ενσωμάτωση της διάστασης του χρόνου καθιστά πιο δύσκολη, αλλά ταυτόχρονα και πιο αποτελεσματική τη μοντελοποίηση γεωγραφικών οντοτήτων, η φύση των οποίων είναι δυναμική. Σε επίπεδο υλοποίησης χωροχρονικών εννοιών σε αντικειμενοσχεσιακά συστήματα βάσεων δεδομένων, εγείρονται δύο βασικά ζητήματα. Τα ζητήματα αυτά αφορούν στην αναπαράσταση και καταγραφή του χρόνου ισχύος και του χρόνου διεκπεραίωσης των χωρικών οντοτήτων.

Μέσω της Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης εξασφαλίζεται χωροχρονική συνοχή, υπό την έννοια ότι στη σύνδεση ενός συμβάντος με κάποια θέση στη γραμμική οντότητα με την οποία σχετίζεται, λαμβάνεται υπόψη η από κοινού ύπαρξη και εξέλιξή τους στο χρόνο. Η χωροχρονική συνοχή μπορεί να επιτευχθεί μέσω καταγραφής του χρόνου ισχύος τόσο των συμβάντων όσο και των γραμμικών οντοτήτων. Η διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης σε ένα Σύστημα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων προϋποθέτει τη σύνταξη σχετικά σύνθετων ερωτημάτων σε SQL. Ο προγραμματισμός διαδικασιών και συναρτήσεων απλοποιεί τη διαδικασία.

Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας καλύπτει τις βασικές λειτουργίες διαχείρισης δεδομένων με γραμμική αναφορά και δεν αποτελεί εφαρμογή τελικού χρήστη.

Η εφαρμογή βασίστηκε στον προγραμματισμό του Oracle Application Server MapViewer. Η δυνατότητα χρήσης γλωσσών προγραμματισμού (λ.χ. Java, JavaScript) στο περιβάλλον του MapViewer επιτρέπει τη δημιουργία εξειδικευμένων εφαρμογών και εργαλείων. Παράλληλα, απαλλάσσει από την απαίτηση χρήσης κάποιου λογισμικού Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών προκειμένου να οπτικοποιηθούν τα περιεχόμενα χωρικών βάσεων δεδομένων. Επίσης, η χρήση του MapViewer καθιστά σαφή το διαχωρισμό των δεδομένων, τα οποία διαχειρίζονται κεντρικά στο περιβάλλον της Oracle Spatial, από την αναπαράστασή τους. Επιπλέον, εξασφαλίζει την εύκολη και άμεση προσπέλαση των δεδομένων σε (δια)δικτυακό περιβάλλον, τα οποία είναι δυνατόν να βρίσκονται αποθηκευμένα σε διαφορετικές βάσεις, αποκρύπτοντας τις λεπτομέρειες της διαδικασίας.

Από την άλλη πλευρά, ο MapViewer αποτελεί εργαλείο κυρίως οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων και κατά δεύτερο λόγο περιβάλλον εκτέλεσης λειτουργιών διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων. Το πλήθος και το είδος των εξειδικευμένων λειτουργιών που είναι δυνατόν να εκτελεστούν εξαρτώνται από τις διαθέσιμες μεθόδους της κλάσης MapViewer. Επιπροσθέτως, η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων εκτέλεσης χωρικών ερωτημάτων και κλήσης συναρτήσεων στηρίζεται στην προσθήκη δυναμικά οριζόμενων θεμάτων, γεγονός που δεν επιτρέπει την εκτέλεση περαιτέρω ανάλυσης στα αποτελέσματα.

Λόγω της δυνατότητας επιλογής ενός μόνο τύπου γεωμετρίας στη συνθήκη SELECT των χωρικών ερωτημάτων που υποβάλλονται στο MapViewer και της δυνατότητας απεικόνισης τη μορφής του οδικού δικτύου σε ένα μόνο έτος, εγείρεται η απαίτηση χρήσης συμπληρωματικών ερωτημάτων κατά τη διεξαγωγή Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης. Τα συμπληρωματικά ερωτήματα χρησιμοποιούνται για να απεικονιστεί το σύνολο της γεωμετρίας του οδικού δικτύου -χωρίς χρονική διάκριση- και να καταστεί με αυτόν τον τρόπο δυνατός ο συσχετισμός των συμβάντων με τη γεωμετρία του δικτύου. Επίσης, λόγω περιορισμών όπως αυτοί που αναφέρονται προηγουμένως παρουσιάζονται προβλήματα κατά την απεικόνιση γραμμικών συμβάντων με χωρική επικάλυψη στο χρόνο.

Πέραν βασικών χαρτογραφικών λειτουργιών, μέσω της εφαρμογής είναι δυνατή η εκτέλεση δύο βασικών λειτουργιών:

- Είναι εφικτή η δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς στην Oracle Spatial με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά στην ανάθεση τιμών μέτρησης με βάση μοναδικό αναγνωριστικό των γραμμικών οντοτήτων, ενώ ο δεύτερος αφορά στην ανάθεση τιμών μέτρησης σε επιμέρους γεωμετρικά τμήματα. Τα εργαλεία αναγνώρισης περιγραφικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών των γραμμικών οντοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της ανάθεσης τιμών μέτρησης. Η ανάθεση τιμών μέτρησης στους άξονες του οδικού δικτύου που

περιέχονται στη χωρική βάση που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας, πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής με ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την απόκριση του συστήματος.

- Είναι δυνατή η εκτέλεση λειτουργιών διεξαγωγής Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης με παράλληλη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Οι λειτουργίες συνίστανται στην υποβολή ερωτημάτων και την κλήση συναρτήσεων που συντάχθηκαν για αυτό το σκοπό. Τα αποτελέσματα διεξαγωγής Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης καταδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της προσέγγισης που ακολουθήθηκε κατά τη μοντελοποίηση των δεδομένων.

Σε ενδεχόμενες επεκτάσεις των λειτουργιών που παρέχονται στην εφαρμογή μπορούν να συμπεριληφθούν ο έλεγχος και η προετοιμασία του δικτύου μέσα από το περιβάλλον της εφαρμογής, η απεικόνιση της γεωμετρίας του δικτύου σε περισσότερα από ένα έτη και η δυνατότητα διακριτής απεικόνισης στο χάρτη, γραμμικών συμβάντων με χωρική επικάλυψη στο χρόνο. Επίσης, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση δυνατοτήτων συνδυασμένης χρήσης Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς με διαδικασίες δρομολόγησης.

Ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία, θα υπογραμμιστεί η καθοριστική συμβολή των Συστημάτων Χωρικών Βάσεων Δεδομένων στις εξελίξεις, που αφορούν στη συλλογή, διαχείριση, διάθεση και χρήση των χωρικών πληροφοριών την τελευταία δεκαετία. Εξίσου καθοριστική είναι η συμβολή του Διαδικτύου, το οποίο εκτός του ότι αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη πηγή πληροφόρησης σήμερα, κατευθύνει τις εξελίξεις σε πολλούς τεχνολογικούς τομείς, συμπεριλαμβανόμενης και της τεχνολογίας χωρικών πληροφοριών. Το σύγχρονο περιβάλλον διαχείρισης χωρικών πληροφοριών είναι πολυδιάστατο, υπό την έννοια ότι απαιτείται η ενσωμάτωση και η ολοκλήρωση διάφορων τεχνολογιών. Τα Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων καλούνται να διαδραματίσουν το δικό τους διακριτό ρόλο εντός του περιβάλλοντος αυτού.



## *Βιβλιογραφικές Αναφορές*

- [1] Alani, H., Tudhope, D., Jones, C.B. (2001), Geographical Information Retrieval with Ontologies of Place, Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science-COSIT, 322-335
- [2] Alesheikh, A.A., Helali, H., Behroz, H.A. (2002), Web GIS: Technologies and Its Applications, In Proceedings of Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications
- [3] Brinkhoff, T. (2004), Spatial Access Methods for Organizing Laserscanner Data, In Proceedings of 20th Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)
- [4] Cadkin, J., Brennan, P. (2002), Dynamic Segmentation in ArcGIS, ESRI
- [5] Cadkin, J. (2002), Understanding Dynamic Segmentation, ESRI
- [6] Clementini, E., Di Felice, P. (1997), A Global Framework for Qualitative Shape Description, Geoinformatica, Vol.1, No.1, 11-27
- [7] Clementini, E., Di Felice, P. (2000), Spatial Operators, ACM SIGMOD Record, Vol.29, No.3, 31-38
- [8] Dragicevic, S. (2004), The potential of Web-based GIS, Journal of Geographical Systems, Vol. 6, No. 2, 79-81
- [9] Dueker, K, Butler, J.A. (1997), GIS-T Enterprise Data Model with Suggested Implementation Choices, Center for Urban Studies, School of Urban and Public Affairs, Portland State University
- [10] Egenhofer, M.J. (1994), Spatial SQL: A Query and Presentation Language, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 6, No.1, 86-95
- [11] El-Geresy, B., Abdelmoty, A.I., Jones, C.B. (2002), Spatio-Temporal Geographic Information Systems: A Causal Perspective, In Proceedings of 6th East European Conference in Advances in Databases and Information

Systems (ADBIS), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2435, 191-203

- [12] Elmasri, R., Navathe S.B. (2000), Fundamentals of Database Systems, (Επιμέλεια για την ελληνική γλώσσα: Χατζόπουλος Μ., Εκδ. Δίαυλος)
- [13] Erwig, M., Güting, R.H., Schneider, M., Vazirgiannis, M., (1998), Abstract and Discrete Modeling of Spatio-Temporal Data Types, In Proceedings of 6th ACM Symposium.on Geographic Information Systems, 131-136
- [14] Erwig, M., Güting, R.H., Schneider, M., Vazirgiannis, M. (1999), Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases, Geoinformatica, Vol. 3, No. 3, 265-291
- [15] ESRI, (2003), Linear Referencing in ArcGIS: Practical Considerations for the Development of an Enterprisewide GIS, Technical Paper
- [16] Goodchild, M.F. (1998), Geographic Information Systems and Disaggregate Transportation Modeling, Geographical Systems Vol.5 (1-2), 19-44
- [17] Guo, B., Kurt, C.E. (2004), Towards Temporal Dynamic Segmentation, Geoinformatica, Vol. 8, No. 3, 265-283
- [18] Goodchild, M., Sui, D., (2001), GIS as a media? International Journal of Geographical Information Science, Vol. 15, No. 5, 387-390
- [19] Guttman, A. (1984), R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching, In proceedings of Association for Computer Machinery Special Interest Group on Management Of Data (ACM SIGMOD) Conference, 47-57
- [20] Güting, R.H. (1994), An Introduction to Spatial Database Systems, VLDB Journal, Vol. 3, No. 4, 357-399
- [21] Güting, R.H., Bohlen, M.H., Erwig, M., Jensen, C.S, Lorentzos, N.A., Schneider, M., Vazirgiannis, M. (2000), A Foundation for Representing and Querying Moving Objects, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 25, No. 1, 1-42
- [22] Güting, R.H, Schneider, M. (2005), Moving Objects Databases, Chapter 1: Introduction, Morgan Kaufmann
- [23] Hallmark, S. (2001), GPS to LRM: Integration of Spatial Point Features with Linear Referencing Methods, Final Report, Midwest Transportation Consortium
- [24] IBM DB2 (2006), Spatial Extender and Geodetic Data Management Feature (v.9): User's Guide and Reference
- [25] Intergraph Mapping and Geospatial solutions (2004), Geotrans



## Transportation Data Model

- [26] Jensen, C., Snodgrass, R. (1999), Temporal Data Management, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, No. 1, 36-43
- [27] Jensen, C., Tryfona, N. (1999), Conceptual Data Modelling for Spatiotemporal Applications, Geoinformatica, 3:3, 245-268
- [28] Lee, J.S., Kim, T.J. (2007), Critical Infrastructure, Chapter 4: Spatio-Temporal Models for Network Economic Loss Analysis Under Unscheduled Events: A Conceptual Design, Springer Berlin Heidelberg
- [29] Liujian (LJ), Qian (2004), Developing Spatial Applications Using Oracle Spatial and MapViewer, An Oracle Technical White Paper
- [30] MacEachren, A., Kraak, M-J. (1997), Exploratory Cartographic Visualization: Advancing The Agenda, Computers & Geosciences Vol. 23, No. 4, 335-343
- [31] MacEachren, A., Kraak, M-J. (2001), Research Challenges in Geovisualization, Cartography and Geographic Information Science, Vol. 28, No. 1, 3-12
- [32] Mallett, D.J. (2004), Relational Database Support for Spatio-Temporal Data, Technical Report, Department of Computing Science, University of Alberta
- [33] Mokbel, M., Ghanem, T., Aref, W. (2003), Spatiotemporal Access Methods, IEEE Data Engineering Bulletin, Vol.26, No.2, 40-49
- [34] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 21 (1974), Highway Location Reference Methods
- [35] Noronha, V., Church, R. (2002), Linear Referencing and Other Forms of Location Expression for Transportation, Final Report, Department of Transportation, University of California
- [36] Open GIS Consortium Inc. (1999), OpenGIS Simple Features Specification For SQL, Revision 1.1
- [37] Oracle Corporation (2005), Oracle Application Server 10g MapViewer: Technical Overview
- [38] Oracle Corporation (2006), Oracle Spatial User's Guide and Reference, 10g Release 2 (10.2)
- [39] Ozsoyoglu, G., Snodgrass, T. (1995), Temporal and Real-Time Databases: A Survey, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 7, No. 4, 513-532

- [40] Peuquet, D.J. (1994), It's About Time: A Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information Systems, *Annals of the Association of American Geographers* Vol. 84, No.3, 441-461
- [41] Peuquet, D.J., Duan, N. (1995), An Event-Based Spatiotemporal Data Model (ESTDM) for temporal Analysis of Geographical Data, *International Journal of Geographic Information Systems*, Vol.9, No.1, 7-24
- [42] Rhyne, T.M., MacEachren, A. (2004), Visualizing Geospatial Data, Course (#30) of the Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH)
- [43] Scarponcini, P. (2002), Generalized Model for Linear Referencing in Transportation, *Geoinformatica*, Vol. 6, No. 1, 35-55
- [44] Schneider, M. (1999), Spatial Data Types: Conceptual Foundation for the Design and Implementation of Spatial Database Systems and GIS, In *Proceedings of 6th International Symposium on Spatial Databases*
- [45] Shekhar, S., Ravada, S., Xuan L. (1999), Spatial Databases - Accomplishments and Research Needs, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 11, No 1, 45-54
- [46] Shekhar, S., Chawla, A. (2003), *Spatial Databases: A Tour*, Prentice Hall
- [47] Stock, K. (2006), Spatio-Temporal Data Management Using Object Lifecycles: A Case Study of the Australian Capital Territory Spatial Data Management System, *Journal of Spatial Sciences*, 51(1), 43-58
- [48] Theodoridis, Y., Sellis, T., Papadopoulos, A., Manolopoulos, Y. (1998), Specifications for Efficient Indexing in Spatiotemporal Databases, In *Proceedings of 10th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, 123-132
- [49] Theodoridis, Y., Silva, JRO, Nascimento, M.A. (1999), Advances in Spatial Databases: On the Generation of Spatiotemporal Datasets, In *Proceedings of 6th International Symposium on Spatial Databases*
- [50] Tryfona, N., Hadzilacos, T. (1998), Logical Data Modeling of SpatioTemporal Applications: Definitions and a Model, In *Proceedings of Database Engineering and Applications Symposium, IDEAS'98 International*
- [51] Vigen Corporation (1994), *Location Referencing Systems: Analysis of Current Methods Applied to IVHS User Services*, Boston, MA
- [52] Von Holdt, C. (2004), *Dynamic Segmentation: Application to Road Management*, Department of Civil Engineering, Texas A&M University

- [53] Vonderohe, A., Travis, L., Smith, R.L., Tsai, V. (1993), Adaptation of Geographic Information Systems for Transportation, Transportation Research Board
- [54] Vonderohe, A., Hepworth, T. (1997), A Methodology for Design of a Linear Referencing System for Surface Transportation, Contractor Report, Sandia National Laboratories, Albuquerque
- [55] Vonderohe, A., Adams, T., Koncz, N. (2001), Guidelines for the Implementation of Multimodal Transportation Location Referencing Systems, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 460
- [56] Zaniolo, C., Chen, X.C. (1999), Universal Temporal Extensions for Database Languages, In Proceedings of 15th International Conference on Data Engineering, 428-437
- [57] Zlatanova, S., Stoter, J. (2006), Frontiers of Geographic Information Technology, Chapter8: The Role of DBMS in the New Generation GIS Architecture, Springer Berlin Heidelberg
- [58] Κάβουρας, Μ. (1998), Αρχές Γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [59] Κουτσόπουλος, Κ. (2002), Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Εκδ. Παπασωτηρίου
- [60] Νάκος, Β., Φιλιπακοπούλου, Β. (1993), Γενική Χαρτογραφία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [61] Ραπτοπούλου, Α. (2006), Βάσεις Δεδομένων για την Αποθήκευση και την Επεξεργασία Κινούμενων Σημείων, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- [62] Σελλής, Τ., Θεοδωρίδης Γ., Στεφανάκης Ε. (2006), Η φύση των Χωρικών Δεδομένων-Μοντέλα και Λειτουργίες, Χωρικές Βάσεις Δεδομένων: Διδακτικές Σημειώσεις, Δ.Π.Μ.Σ. Γεωπληροφορική, Ε.Μ.Π.
- [63] Στεφανάκης, Ε. (2003), Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, Εκδ. Παπασωτηρίου
- [64] Τσούλος, Λ. (1999), Ψηφιακή Χαρτογραφία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



## *Πηγές από το Διαδίκτυο*

URL's:

- [URL 1] <http://www.esbic.ie/>
- [URL 2] <http://geoanalytics.net/ica/>
- [URL 3] <http://www.gisdevelopment.net/>
- [URL 4] <http://www.iselfschooling.com/>
- [URL 5] <http://www.isprs.org/>
- [URL 6] <http://www.java.com/en/>
- [URL 7] <http://kartoweb.itc.nl/icavis/>
- [URL 8] <http://www.ncgia.ucsb.edu/>
- [URL 9] <http://www.oracle.com/>
- [URL 10] <http://portal.acm.org/>
- [URL 11] <http://www.spatialdbadvisor.com/>
- [URL 12] <http://infolab.stanford.edu/>
- [URL 13] <http://www.wayland.ma.us/surveying/>
- [URL 14] <http://www.w3schools.com/js/>



## ***Γλωσσάριο***

<b>Anchor Point</b>	Σημείο Αγκίστρωσης
<b>Anchor Sections</b>	Τμήμα Αγκίστρωσης
<b>API</b>	Προγραμματιστική Διεπαφή
<b>Dynamic Segmentation</b>	Δυναμική Κατάτμηση
<b>Identifier</b>	Μοναδικό Αναγνωριστικό
<b>Internet Map Servers</b>	Εξυπηρετητές Χαρτών
<b>JSP</b>	Java Server Page
<b>Linear Entity</b>	Γραμμική Οντότητα
<b>Linear Referencing System</b>	Σύστημα Γραμμικής Αναφοράς
<b>Linear Referencing</b>	Γραμμική Αναφορά
<b>Linear Event</b>	Γραμμικό Συμβάν
<b>Mapping Metadata</b>	Χαρτογραφικά Μεταδεδομένα
<b>Point Event</b>	Σημειακό Συμβάν
<b>Spatial Query</b>	Χωρικό Ερώτημα
<b>Spatial Indexing</b>	Χωρική Δεικτοδότηση
<b>Temporal Dynamic Segmentation</b>	Χρονική Δυναμική Κατάτμηση
<b>Transaction Time</b>	Χρόνος Διεκπεραίωσης
<b>Valid Time</b>	Χρόνος Ισχύος
<b>Visualization</b>	Οπτικοποίηση
<b>Web GIS</b>	Εφαρμογές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στον Παγκόσμιο Ιστό





## *Παράρτημα*



## A Δημιουργία Χωρικής Βάσης Δεδομένων

### A.1 Περιεχόμενα Βάσης Δεδομένων

➤ Πίνακας Νομοί

PREFECTURES				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
OBJECTID	Primary key	INTEGER	Μοναδικό αναγνωριστικό γεωμετρικού στοιχείου	1
SQKM		NUMBER	Έκταση (σε τετραγωνικά χλμ)	3261.7693
PREF_CODE		VARCHAR2(10)	Κωδικός νομού	37
PREF_NAME		VARCHAR2(60)	Όνομασία (στα ελληνικά)	ΑΧΑΪΑ
SHAPE		MDSYS.SDO_GEOMETRY	Γεωμετρία (πολύγωνο)	SDO_GEOMETRY(2003, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 1003, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY(281900.834, 4207638.3, 281859.882, 4207750.45...))

7 RECORDS

➤ Πίνακας Σιδηροδρομικό Δίκτυο

RAILS				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
OBJECTID	Primary key	INTEGER	Μοναδικό αναγνωριστικό γεωμετρικού στοιχείου	1
LENGTH		NUMBER	Μήκος (όπως υπολογίζεται από τη γεωμετρία του) σε μέτρα	21473.315
RAIL_TYPE		NUMBER	Εύρος γραμμής ( 1: κανονική / 2: μετρική / 3: οδοντωτός)	3
NAME		VARCHAR2(60)	Όνομασία (στα ελληνικά)	ΔΙΑΚΟΦΤΟ - ΚΑΛΑΒΡΥΤΑ
SHAPE		MDSYS.SDO_GEOMETRY	Γεωμετρία (πολυγραμμή)	SDO_GEOMETRY(2002, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 2, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY(22,200353, 38,19382, 22,200953, 38,19302,...))

23 RECORDS

➤ Πίνακας Πόλεις

TOWNS				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
OBJECTID	Primary key	INTEGER	Μοναδικό αναγνωριστικό γεωμετρικού στοιχείου	5
TOWN_TYPE		VARCHAR2(16)	Μέγεθος πόλης (CITY / TOWN / SMALL TOWN / VILLAGE)	SMALL TOWN
NAME		VARCHAR2(45)	Όνομασία (στα ελληνικά)	ΠΥΛΟΣ
SHAPE		MDSYS.SDO_GEOMETRY	Γεωμετρία (σημείο)	SDO_GEOMETRY(2001, 8307, SDO_POINT_TYPE( 21.700009, 36.9120322, NULL), NULL, NULL)

50 RECORDS

➤ Πίνακας Ποταμοί

RIVERS				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
OBJECTID	Primary key	INTEGER	Μοναδικό αναγνωριστικό γεωμετρικού στοιχείου	3
LENGTH		NUMBER		1564,322
NAME		VARCHAR2(30)	Όνομασία (στα ελληνικά)	ΕΡΥΜΑΝΘΟΣ
SHAPE		MDSYS.SDO_GEOMETRY	Γεωμετρία (πολυγραμμή)	SDO_GEOMETRY(2002, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY( 1, 2, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY( 21,795977, 37,589028, 21,793429, 37,596188, 21,793927, 37,602828))

39 RECORDS

➤ Πίνακας Ατυχήματα

ACCIDENTS				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
ACCIDENT_ID	Primary key	NUMBER	Μοναδικό αναγνωριστικό συμβάντος	1
ROAD_CODE	NOT NULL	VARCHAR2(4)	Μοναδικό αναγνωριστικό Οδικού Άξονα	A010
KM_LOCATION	NOT NULL	FLOAT(126)	Χιλιομετρική θέση στην οποία σημειώθηκε (σε μέτρα)	163166
ACCIDENT_CLASS		VARCHAR2(20)	Σοβαρότητα ατυχήματος	DAMAGES
ACCIDENT_DATE	NOT NULL	DATE	Ημερομηνία	19/10/2001

1082 RECORDS

➤ Πίνακας Κατάσταση Οδοστρώματος

CONDITION				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
CONDITION_ID	Primary key	NUMBER	Μοναδικό αναγνωριστικό συμβάντος	327
ROAD_CODE	NOT NULL	VARCHAR2(4)	Μοναδικό αναγνωριστικό Οδικού Άξονα	D010
FROM_KM_LOCATION	NOT NULL	FLOAT(126)	Χιλιομετρική θέση "ΑΠΟ"(σε μέτρα)	1432
TO_KM_LOCATION	NOT NULL	FLOAT(126)	Χιλιομετρική θέση "ΕΩΣ"(σε μέτρα)	1871
QUALITY		VARCHAR2(15)	Χαρακτηρισμός ποιότητας οδοστρώματος (GOOD/FAIR/POOR)	GOOD
START_SERVICE	NOT NULL	DATE	Ημερομηνία έναρξης ισχύος	15/11/2006
END_SERVICE		DATE	Ημερομηνία λήξης ισχύος	19/07/2007

569 RECORDS

➤ Πίνακας Κυκλοφοριακός Φόρτος

TRAFFIC				
Πεδίο	Null;	Τύπος	Περιγραφή	Παράδειγμα
TRAFFIC_ID	Primary key	NUMBER	Μοναδικό αναγνωριστικό συμβάντος	327
ROAD_CODE	NOT NULL	VARCHAR2(4)	Μοναδικό αναγνωριστικό Οδικού Άξονα	D010
FROM_KM_LOCATION	NOT NULL	FLOAT(126)	Χιλιομετρική θέση "ΑΠΟ"(σε μέτρα)	1432
TO_KM_LOCATION	NOT NULL	FLOAT(126)	Χιλιομετρική θέση "ΕΩΣ"(σε μέτρα)	1871
VOLUME		NUMBER(6)	Όγκος σε αριθμό οχημάτων	2522
START_SERVICE	NOT NULL	DATE	Ημερομηνία έναρξης ισχύος	15/11/2006
END_SERVICE		DATE	Ημερομηνία λήξης ισχύος	19/07/2007

550 RECORDS

## A.2 Εντολές Ορισμού/Τροποποίησης Πινάκων

➤ Πίνακας Ατυχήματα

```
CREATE TABLE Accidents
(Accident_ID NUMBER PRIMARY KEY,
Road_Code VARCHAR2(4) NOT NULL,
Km_Location FLOAT NOT NULL,
Accident_Class VARCHAR2(20),
Accident_Date DATE NOT NULL);
```

➤ Πίνακας Κατάσταση Οδοστρώματος

```
CREATE TABLE Condition
(Condition_ID NUMBER PRIMARY KEY,
Road_Code VARCHAR2(4) NOT NULL,
From_Km_Location FLOAT NOT NULL,
To_km_Location FLOAT NOT NULL,
Quality VARCHAR2(15),
Start_Service DATE NOT NULL,
End_Service DATE);
```

➤ Πίνακας Κυκλοφοριακός Φόρτος

```
CREATE TABLE Traffic
(Traffic_ID NUMBER PRIMARY KEY,
Road_Code VARCHAR2(4) NOT NULL,
From_Km_Location FLOAT NOT NULL,
To_km_Location FLOAT NOT NULL,
Volume NUMBER(6),
Start_Service DATE NOT NULL,
End_Service DATE);
```

➤ Προσθήκη πεδίων στον Πίνακα Οδικό Δίκτυο για την καταγραφή του Χρόνου Ισχύος και του Μοναδικού Αναγνωριστικού κάθε οδικού άξονα

```
ALTER TABLE ROADS ADD
(Road_Code VARCHAR2(4),
Start_Service DATE,
End_Service DATE DEFAULT NULL);
```

➤ Έλεγχος της γεωμετρίας που έχει αποθηκευτεί στους χωρικούς πίνακες

```
SELECT Objectid, Road_Code, SDO_GEOM.VALIDATE_GEOMETRY(Shape, 0.5)
From Roads;
```

```
SELECT Objectid, Pref_Name, SDO_GEOM.VALIDATE_GEOMETRY(Shape, 0.5)
From Prefectures;
```

```
SELECT Objectid, Name, SDO_GEOM.VALIDATE_GEOMETRY(Shape, 0.5)
From Towns;
```

```
SELECT Objectid, Name, SDO_GEOM.VALIDATE_GEOMETRY(Shape, 0.5)
From Rivers;
```

```
SELECT Objectid, Name, SDO_GEOM.VALIDATE_GEOMETRY(Shape, 0.5)
From Rails;
```

### ***A.3 Ορισμός/Έλεγχος Χωρικών Ευρετηρίων***

```
CREATE INDEX Prefectures_idx ON Prefectures(shape) INDEXTYPE IS
MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

```

CREATE INDEX Towns_idx ON Towns(shape) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;

CREATE INDEX Rails_idx ON Rails(shape) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;

CREATE INDEX Rivers_idx ON Rivers(shape) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;

SELECT INDEX_NAME, TABLE_OWNER, TABLE_NAME, STATUS, ITYP_OWNER, ITYP_NAME,
       DOMIDX_STATUS, DOMIDX_OPSTATUS
FROM user_indexes
WHERE ITYP_NAME is not null;

```

#### ***A.4 Καταχώρηση Πληροφορίας Μεταδεδομένων***

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA VALUES (
  'Prefectures',
  'Shape',
  SDO_DIM_ARRAY(
    SDO_DIM_ELEMENT ('λ', 21, 23.6, 1), -- 1 meter tolerance
    SDO_DIM_ELEMENT ('φ', 36.3, 38.36, 1)), -- 1 meter tolerance
  8307 -- SRID for 'Longitude / Latitude (WGS 84)' coordinate system
);

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA VALUES (
  'Towns',
  'Shape',
  SDO_DIM_ARRAY(
    SDO_DIM_ELEMENT ('λ', 21, 23.6, 1), -- 1 meter tolerance
    SDO_DIM_ELEMENT ('φ', 36.3, 38.36, 1)), -- 1 meter tolerance
  8307 -- SRID for 'Longitude / Latitude (WGS 84)' coordinate system
);

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA VALUES (
  'Rivers',
  'Shape',
  SDO_DIM_ARRAY(
    SDO_DIM_ELEMENT ('λ', 21, 23.6, 1), -- 1 meter tolerance
    SDO_DIM_ELEMENT ('φ', 36.3, 38.36, 1)), -- 1 meter tolerance
  8307 -- SRID for 'Longitude / Latitude (WGS 84)' coordinate system
);

```

```

INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA VALUES (
  'Rails',
  'Shape',
  SDO_DIM_ARRAY(
    SDO_DIM_ELEMENT ('λ', 21, 23.6, 1), -- 1 meter tolerance
    SDO_DIM_ELEMENT ('φ', 36.3, 38.36, 1)), -- 1 meter tolerance
  8307 -- SRID for 'Longitude / Latitude (WGS 84)' coordinate system
);

```

```

SELECT * FROM USER_SDO_GEOM_METADATA WHERE table_name IN ('ROADS',
  'PREFECTURES', 'TOWNS', 'RIVERS', 'RAILS');

```

***A.5 Αντιστροφή σειράς κορυφών των γεωμετρικών τμημάτων των οποίων η φορά ψηφιοποίησης είναι αντίθετη με τη φορά ανάθεσης τιμών μέτρησης***

```
UPDATE Roads  
SET SHAPE = SDO_UTIL.REVERSE_LINESTRING (shape)  
WHERE Objectid IN (60, 61, 66, 68, 72, 79, 81, 132, 47, 46, 45)
```

```
UPDATE Roads  
SET SHAPE = SDO_UTIL.REVERSE_LINESTRING (shape)  
WHERE Objectid IN (34, 33, 111, 110)
```



## ***B Δόμηση Συστήματος Γραμμικής Αναφοράς***

---

### ***B.1 Μετατροπή του δισδιάστατου θεματικού επιπέδου του οδικού δικτύου σε τρισδιάστατο με πληροφορία μέτρησης (LRS layer)***

```
BEGIN
IF (SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_LAYER ('ROADS', 'SHAPE', 'm', 3, 0, 300000, 0.5)
= 'TRUE')
THEN
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE ('Conversion from STD_LAYER to LRS_LAYER succeeded. ');
ELSE
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE ('Conversion from STD_LAYER to LRS_LAYER failed. ');
END IF;
END;
/
```

### ***B.2 Ορισμός χωρικού ευρετηρίου για τον πίνακα Οδικό Δίκτυο***

```
CREATE INDEX Roads_idx ON Roads (Shape)
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX
PARAMETERS ('SDO_INDX_DIMS=2');
```

### ***B.3 Διαδικασίες PL/SQL ανάθεσης τιμών μέτρησης***

- Παραμετρική διαδικασία ανάθεσης τιμών μέτρησης στους οδικούς άξονες βάσει του κωδικού κάθε άξονα

- LRSASSIGN\_ROADCODE

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE LRSASSIGN_ROADCODE (keyValue VARCHAR2, startM
float, endM float) IS
individual_segment SDO_GEOMETRY;
individual_to_std_segment SDO_GEOMETRY;
unified_std_segment SDO_GEOMETRY;
unified_lrs_segment_temp SDO_GEOMETRY;
lrs_segment_temp SDO_GEOMETRY;
lrs_segment_for_insert SDO_GEOMETRY;
lrs_exists NUMBER;
thrd_dim_exists NUMBER;
geomtype NUMBER;
sql_stmt VARCHAR2(200);
sql_stmt1 VARCHAR2(200);
sql_stmt2 VARCHAR2(200);
tbl_exists EXCEPTION;
PRAGMA EXCEPTION_INIT(tbl_exists, -955);

CURSOR c1 IS
SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE road_code=keyvalue;
```

```
BEGIN
```

```

EXECUTE IMMEDIATE 'CREATE TABLE tempshape (Objectid NUMBER NOT NULL, Shape
MDSYS.SDO_GEOMETRY)';
COMMIT;

sql_stmt := 'INSERT INTO TEMPSHAPE VALUES (:1, :2)';
sql_stmt1 := 'SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(shape) FROM tempshape';
sql_stmt2 := 'SELECT shape FROM tempshape WHERE tempshape.Objectid=(:1)';

FOR id IN c1
LOOP

    SELECT shape INTO individual_segment
    FROM Roads
    WHERE Roads.Objectid=id.Objectid;

    SELECT a.shape.Get_LRS_Dim() INTO lrs_exists
    FROM Roads a
    WHERE a.Objectid=id.Objectid;

    SELECT a.shape.Get_Dims() INTO thrd_dim_exists
    FROM Roads a
    WHERE a.Objectid=id.Objectid;

    IF lrs_exists<>0 OR thrd_dim_exists>2
    THEN
        individual_to_std_segment:=
SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(individual_segment);
        EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt
        USING          id.Objectid, individual_to_std_segment;
    ELSE EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt USING id.Objectid,individual_segment;
    END IF;

END LOOP;

EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt1 INTO unified_std_segment;

geomtype:=unified_std_segment.sdo_gtype;

IF geomtype=2002
THEN unified_lrs_segment_temp:=
SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,startM,endM);
ELSE raise_application_error(-20102,'Procedure failed: Selected
segments are          not spatially connected');
RETURN;
END IF;

FOR id IN c1
LOOP

EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt2 INTO lrs_segment_temp USING id.objectid;

lrs_segment_for_insert:=SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment_
temp,

(SDO_LRS.FIND_MEASURE(unified_lrs_segment_temp,SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_ST
ART_PT(          lrs_segment_temp))),

(SDO_LRS.FIND_MEASURE(unified_lrs_segment_temp,SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_EN
D_PT(
lrs_segment_temp))),

```

```

0.001);

UPDATE Roads
SET Shape = lrs_segment_for_insert
WHERE Roads.Objectid=id.objectid;

COMMIT;
END LOOP;

EXECUTE IMMEDIATE 'DROP TABLE TEMPSHAPE';
COMMIT;

EXCEPTION
WHEN tbl_exists
THEN
EXECUTE IMMEDIATE 'DROP TABLE TEMPSHAPE';

END;
/

```

- Παραμετρικές διαδικασίες ανάθεσης τιμών μέτρησης σε επιλεγμένα γεωμετρικά τμήματα ενός οδικού άξονα

- LRSASSG\_SEGM\_VAR

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE LRSASSG_SEGM_VAR (items VARCHAR2, startM FLOAT,
endM FLOAT) IS

intArray v_arr := v_arr();
i INTEGER;
pos INTEGER;
inputStr VARCHAR2(1000);

BEGIN

i:=1;
inputStr := items;

LOOP

    pos := INSTR(inputStr ,',' );
    IF (pos>0) THEN
intArray.EXTEND(1);
intArray(i) := CAST(SUBSTR(inputStr , 1, pos-1) AS INTEGER);
inputStr := SUBSTR(inputStr, pos+LENGTH(','));
    ELSE
intArray.EXTEND(1);
intArray(i) := CAST(inputStr AS INTEGER);
EXIT;
END IF;
i := i+1;

END LOOP;
COMMIT;

LRSASSIGNPART_SPATCONCHK (intArray,startM,endM);

COMMIT;

```

```
END;  
/
```

#### o LRSASSIGNPART\_SPATCONCHK

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE LRSASSIGNPART_SPATCONCHK (selectedobjectid  
v_arr, startM float, endM float) IS  
individual_segment SDO_GEOMETRY;  
individual_to_std_segment SDO_GEOMETRY;  
unified_std_segment SDO_GEOMETRY;  
unified_lrs_segment_temp SDO_GEOMETRY;  
lrs_segment_temp SDO_GEOMETRY;  
lrs_segment_for_insert SDO_GEOMETRY;  
lrs_exists NUMBER;  
thrd_dim_exists NUMBER;  
mapids v_arr;  
geomtype NUMBER;  
sql_stmt VARCHAR2(200);  
sql_stmt1 VARCHAR2(200);  
sql_stmt2 VARCHAR2(200);  
tbl_exists EXCEPTION;  
PRAGMA EXCEPTION_INIT(tbl_exists, -955);  
  
BEGIN  
  
EXECUTE IMMEDIATE 'CREATE TABLE tempshape (OBJECTID NUMBER NOT NULL, SHAPE  
MDSYS.SDO_GEOMETRY)';  
COMMIT;  
  
sql_stmt := 'INSERT INTO TEMPSHAPE VALUES (:1, :2)';  
sql_stmt1 := 'SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(shape) FROM tempshape';  
sql_stmt2 := 'SELECT shape FROM tempshape WHERE tempshape.objectid=(:1)';  
  
mapids:=selectedobjectid;  
  
FOR i IN mapids.FIRST..mapids.LAST  
LOOP  
  
    SELECT Shape INTO individual_segment  
    FROM Roads  
    WHERE Roads.Objectid = mapids(i);  
  
    SELECT a.shape.Get_LRS_Dim() INTO lrs_exists  
    FROM Roads a  
    WHERE a.objectid=mapids(i);  
  
    SELECT a.shape.Get_Dims() INTO thrd_dim_exists  
    FROM Roads a  
    WHERE a.objectid=mapids(i);  
  
    IF lrs_exists<>0 OR thrd_dim_exists>2  
    THEN individual_to_std_segment:=  
    SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(individual_segment);  
    EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt USING mapids(i),individual_to_std_segment;  
    ELSE EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt USING mapids(i),individual_segment;  
    END IF;  
  
END LOOP;  
  
EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt1 INTO unified_std_segment;
```

```

geomtype:=unified_std_segment.SDO_GTYPE;

IF geomtype=2002
THEN unified_lrs_segment_temp:=
SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment, startM, endM);
ELSE RAISE_APPLICATION_ERROR(-20101,'Procedure failed: Selected
segments are      not spatially connected');
RETURN;
END IF;

FOR i IN mapids.FIRST..mapids.LAST
LOOP

EXECUTE IMMEDIATE sql_stmt2 INTO lrs_segment_temp USING mapids(i);

lrs_segment_for_insert:=
SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment_temp,
(SDO_LRS.FIND_MEASURE(unified_lrs_segment_temp,
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_PT(lrs_segment_temp)),
(SDO_LRS.FIND_MEASURE(unified_lrs_segment_temp,
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_PT(lrs_segment_temp))),
0.001);

UPDATE Roads
SET shape = lrs_segment_for_insert
WHERE Roads.Objectid=mapids(i);
COMMIT;

END LOOP;

COMMIT;

EXECUTE IMMEDIATE 'DROP TABLE TEMPSHAPE';
COMMIT;

EXCEPTION
WHEN tbl_exists
THEN
EXECUTE IMMEDIATE 'DROP TABLE TEMPSHAPE';

END;
/

```

## ***Γ Λειτουργίες Χρονικής Δυναμικής Κατάτμησης***

---

### ***Γ.1 Χρονική Δυναμική Κατάτμηση - Σημειακά Συμβάντα***

Μέσω των ερωτημάτων που ακολουθούν διεξάγεται Χρονική Δυναμική Κατάτμηση σημειακών συμβάντων. Αν χρησιμοποιηθούν στο περιβάλλον της εφαρμογής, πρέπει να επιλεγεί και η γεωμετρία του δρόμου βάσει κωδικού, σε δεύτερο ερώτημα αν δεν είναι δεδομένο ότι δόθηκε στο σύνολό του στην κυκλοφορία κατά τη διάρκεια ενός έτους ή αν δεν είναι γνωστό αν υπήρξαν μεταβολές στη χάραξή του.

- Απεικόνιση/επιλογή των σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) που σημειώθηκαν σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, χωρίς χρονική διάκριση

```
SELECT Objectid, SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) Accident_Date,
km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND Objectid IN (SELECT Objectid
                 FROM Roads
                 WHERE Road_Code='A040'
                 AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
                 AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location)
ORDER BY 3
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION)
```

```
SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code ='A040'
(MapViewer LABEL = a)
```

- Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένη ημερομηνία, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα

```
SELECT Objectid, Accident_id, SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040' AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL) =
'14/09/2001'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
                 FROM Roads
                 WHERE Road_Code='A040'
                 AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
                 AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location)
```

(MapViewer LABEL = KM\_LOCATION OR Accident\_Date)

```
SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code ='A040'
(MapViewer LABEL = a)
```

➤ **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένη ημερομηνία, στο σύνολο του οδικού δικτύου**

```
SELECT Objectid, Roads.Road_Code, Accident_id,
SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)= '14/09/2001'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
AND Roads.Road_Code=Accidents.Road_Code)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)
```

```
SELECT shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
(MapViewer LABEL = a)
```

➤ **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένο έτος, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα**

```
SELECT Objectid, Accident_id, SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040' AND Start_Service<=Accident_Date AND
(End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) = '2002'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)
```

```
SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code ='A040'
(MapViewer LABEL = a)
```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένο έτος, στο σύνολο του οδικού δικτύου**

```

SELECT Objectid, Roads.Road_Code, Accident_id,
      SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date,      km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL)= '2001'
AND Objectid IN      (SELECT Objectid
                      FROM Roads
                      WHERE SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)
<=km_location
                      AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
                      AND Roads.Road_Code=Accidents.Road_Code)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

SELECT shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) μεταξύ των ετών A και B, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα**

```

SELECT Objectid, Roads.Road_Code, Accident_id,
      SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date,
      km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) BETWEEN '2001' AND
'2003'
AND Objectid IN      (SELECT Objectid
                      FROM Roads
                      WHERE Road_Code='A040'
                      AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
                      AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
                      AND Roads.Road_Code=Accidents.Road_Code)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

SELECT shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code = 'A040'
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) μεταξύ των ετών A και B, στο σύνολο του οδικού δικτύου**

```

SELECT Objectid, Roads.Road_Code, Accident_id,
      SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
      (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)

```



```

Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) BETWEEN '2001' AND
'2003'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)
<=km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location AND Roads.Road_Code=Accidents.Road_Code)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

SELECT shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένη ημερομηνία, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένο εύρος χιλιομετρήσεων**

```

SELECT Objectid, Accident_id,
SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL) ='15/11/2005'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <= km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >= km_location
AND km_location BETWEEN 10000 AND 20000)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads WHERE Road_Code = 'A040'
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένο έτος, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένο εύρος χιλιομετρήσεων**

```

SELECT Objectid, Accident_id,
SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) = '2005'
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'

```

```

AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
AND km_location BETWEEN 10000 AND 20000)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

```

```

SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code ='A040'
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένο εύρος ημερομηνιών, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένο εύρος χιλιομετρήσεων**

```

SELECT Objectid, Accident_id, SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND (SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
BETWEEN to_date ('01/01/2005', 'dd/mm/yyyy')
AND to_date ('20/12/2005', 'dd/mm/yyyy')
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040' AND
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
AND km_location BETWEEN 1000 AND 20000)
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)

```

```

SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a
FROM Roads
WHERE Road_Code ='A040'
(MapViewer LABEL = a)

```

- **Απεικόνιση/επιλογή σημειακών συμβάντων (ατυχημάτων) σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένο εύρος χιλιομετρήσεων, χωρίς χρονική διάκριση**

```

SELECT Objectid, Accident_id,
SDO_LRS.LOCATE_PT(shape,km_location,0),
(SELECT to_char(Accident_Date, 'dd/mm/yyyy') FROM DUAL)
Accident_Date, km_location
FROM Roads, Accidents
WHERE Accidents.Road_Code = 'A040'
AND Start_Service<=Accident_Date
AND (End_Service>=Accident_Date OR End_Service IS NULL)
AND Objectid IN (SELECT Objectid
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040' AND
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) <=
km_location
AND SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) >=
km_location
AND km_location BETWEEN 10000 AND 20000)

```

```
(MapViewer LABEL = KM_LOCATION OR Accident_Date)
```

```
SELECT Shape, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) a  
FROM Roads  
WHERE Road_Code ='A040'  
(MapViewer LABEL = a)
```

## ***Γ.2 Χρονική Δυναμική Κατάτμηση - Γραμμικά Συμβάντα***

- Απεικόνιση/επιλογή γραμμικών συμβάντων (κατάστασης οδοστρώματος/κυκλοφοριακού φόρτου) σε συγκεκριμένη ημερομηνία, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα

```
SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,  
                                From_Km_Location, To_Km_Location) event,  
       Condition.*  
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,  
                                         (SELECT  
  
                                         MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))  
                                         FROM Roads  
                                         WHERE Road_Code='A040'  
                                         AND (Start_Service<='05/08/2001'  
                                         AND (End_Service>='05/08/2001'  
                                         OR End_Service IS NULL))),  
                                         (SELECT  
  
                                         MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))  
                                         FROM Roads  
                                         WHERE Road_Code='A040'  
                                         AND (Start_Service<='05/08/2001'  
                                         AND (End_Service>='05/08/2001'  
                                         OR End_Service IS NULL)))) unified_lrs_segment  
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment  
      FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std  
            FROM Roads  
            WHERE Road_Code='A040'  
            AND (Start_Service<='05/08/2001'  
            AND (End_Service>='05/08/2001' OR End_Service IS  
NULL))))), Condition  
WHERE Condition.Road_Code='A040' AND '05/08/2001' BETWEEN Start_Service  
AND End_Service
```

- Απεικόνιση/επιλογή γραμμικών συμβάντων (κατάστασης οδοστρώματος/κυκλοφοριακού φόρτου) σε συγκεκριμένο έτος, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα

```
SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,  
                                From_Km_Location, To_Km_Location) event,  
       Condition.*  
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,  
                                         (SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))  
                                         FROM Roads  
                                         WHERE Road_Code='A040'  
                                         AND ((SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)  
<='2001'  
                                         AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM  
DUAL)>='2001'  
                                         OR End_Service IS NULL))),  
                                         (SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))  
                                         FROM Roads  
                                         WHERE Road_Code='A040'
```

```

AND ((SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
DUAL)<='2001'
AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM
DUAL)>='2001'
OR End_Service IS NULL)))) unified_lrs_segment
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'
AND ((SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
DUAL)<='2001'
AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy')
FROM DUAL)>='2001'
OR End_Service IS NULL))))),
Condition
WHERE Condition.Road_Code='A040'
AND '2001'
BETWEEN (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)
AND (SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM DUAL)

```

- Απεικόνιση/επιλογή γραμμικών συμβάντων (κατάστασης οδοστρώματος/κυκλοφοριακού φόρτου) σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, χωρίς χρονική διάκριση

```

SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,
From_Km_Location, To_Km_Location),
Condition.*
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,
(SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'),
(SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040')) unified_lrs_segment
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
FROM Roads
WHERE Road_Code='A040'))),
Condition
WHERE Condition.Road_Code='A040'

```

- Απεικόνιση/επιλογή γραμμικών συμβάντων (κατάστασης οδοστρώματος/κυκλοφοριακού φόρτου) σε συγκεκριμένη ημερομηνία, στο σύνολο του οδικού δικτύου

```

SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,
From_Km_Location, To_Km_Location) event,
Condition.*
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,

```

```

        (SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))
        FROM Roads
        WHERE Start_Service<='05/08/2001'
        AND (End_Service>='05/08/2001'
        OR End_Service IS NULL)),
        (SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))
        FROM Roads
        WHERE Start_Service<='05/08/2001'
        AND (End_Service>='05/08/2001'
        OR End_Service IS NULL))) unified_lrs_segment
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
FROM Roads
WHERE Start_Service<='05/08/2001'
AND (End_Service>='05/08/2001'
OR End_Service IS NULL))))),
Condition
WHERE '05/08/2001'
BETWEEN Start_Service AND End_Service
ORDER BY Road_Code

```

➤ **Απεικόνιση/επιλογή γραμμικών συμβάντων (κατάστασης οδοστρώματος/κυκλοφοριακού φόρτου) σε συγκεκριμένο έτος, στο σύνολο του οδικού δικτύου**

```

SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,
                                From_Km_Location, To_Km_Location) event,
        Condition.*
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment,
        (SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape))
        FROM Roads
        WHERE (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)
        <='2001'
        AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM
        DUAL)>='2001'
        OR End_Service IS NULL)),
        (SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape))
        FROM Roads
        WHERE (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
        DUAL)<='2001'
        AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM
        DUAL)>='2001'
        OR End_Service IS NULL))) unified_lrs_segment
FROM (SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
FROM Roads
WHERE (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
        DUAL)<='2001'
        AND ((SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM
        DUAL)>='2001'
        OR End_Service IS NULL))))),
Condition
WHERE '2001'
BETWEEN (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)
AND (SELECT to_char(End_Service, 'yyyy') FROM DUAL)
ORDER BY Road_Code

```

➤ Συναρτήσεις σε PL/SQL

Στη σύνταξη των συναρτήσεων, μέσω των οποίων διεξάγεται Χρονική Δυναμική Κατάτμηση γραμμικών συμβάντων, χρησιμοποιούνται τύποι αντικειμένων που ορίστηκαν με σκοπό να επιστρέφονται σαν διακριτές οι γεωμετρίες που αναπαριστούν τα γραμμικά συμβάντα. Στις συναρτήσεις που συντάχθηκαν, εκτός από τη LINEAR\_DATE\_ROAD\_DKM που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό γραμμικών συμβάντων σε εύρος χιλιομετρήσεων επιλογής του χρήστη, χρησιμοποιείται ο κώδικας των ερωτημάτων που περιγράφονται προηγουμένως. Για το λόγο αυτό, παρατίθεται ένα μόνο παράδειγμα, πέραν της LINEAR\_DATE\_ROAD\_DKM. Η εκτέλεση των συναρτήσεων πραγματοποιείται εισάγοντας στα αντίστοιχα πεδία της εφαρμογής ερωτήματα όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί:

```
SELECT *
FROM table(cast(LINEAR_DATE_ROAD_DKM ('16/02/2001', 'A040', 1000, 16500) as
           geometric))
WHERE shap IS NOT NULL
```

ο Ορισμός τύπων αντικειμένων

```
CREATE OR REPLACE TYPE lineareventtype AS OBJECT (shap SDO_GEOMETRY,
quality VARCHAR2(15));
/
```

```
CREATE TYPE geometricevent IS TABLE OF lineareventtype;
/
```

➤ Συνάρτηση επιλογής γραμμικών συμβάντων σε συγκεκριμένο εύρος χιλιομετρήσεων, σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένη ημερομηνία

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION LINEAR_DATE_ROAD_DKM (desdate IN DATE, descode
IN VARCHAR2, skm IN NUMBER, ekm IN NUMBER)
RETURN geometricevent pipelined IS
```

```
DESIRBL SDO_GEOMETRY;
eventdisplay SDO_GEOMETRY;
ids number;
s NUMBER;
e NUMBER;
qual VARCHAR2(15);
```

```
BEGIN
```

```
SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)) INTO s
FROM Roads
WHERE Road_Code=descode
AND ((Start_Service<=desdate AND End_Service >= desdate)
OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL));
```

```
SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape)) INTO e
FROM Roads
```

```

WHERE Road_Code=decode
AND ((Start_Service<=desdate AND End_Service >= desdate)
OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL));

SELECT SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment, skm, ekm) INTO
DESIRBL
FROM
  (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment, s, e)
unified_lrs_segment
  FROM(
    SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
    FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
    FROM Roads
    WHERE Road_Code=decode
    AND ((Start_Service<=desdate
    AND End_Service>=desdate)
    OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL)))));

SELECT count(Condition_ID) INTO ids FROM Condition C where
C.Road_Code=decode AND desdate BETWEEN C.Start_Service AND
C.End_Service;

FOR segs IN (SELECT From_Km_Location, To_Km_Location, Quality FROM
Condition C WHERE C.Road_Code=decode AND desdate BETWEEN C.Start_Service
AND C.End_Service)
LOOP
FOR i in 1..ids
LOOP
qual:=segs.quality;
  IF      skm <= segs.From_Km_Location AND ekm <= segs.To_Km_Location
    AND segs.From_Km_Location < ekm
    THEN eventdisplay:=
      SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(DESIRBL, segs.From_Km_Location,
ekm);
  ELSIF skm <=segs.From_Km_Location AND ekm >= segs.To_Km_Location
    AND skm <= segs.To_Km_Location
    THEN eventdisplay :=
      SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(DESIRBL,
segs.From_Km_Location,segs.To_Km_Location);
  ELSIF skm >= segs.From_Km_Location AND ekm <= segs.To_Km_Location
    AND skm <= segs.To_Km_Location
    THEN eventdisplay:= SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(DESIRBL, skm,
ekm);
  ELSIF skm >= segs.From_Km_Location AND ekm >= segs.To_Km_Location
    AND skm <= segs.To_Km_Location
    THEN eventdisplay:= SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(DESIRBL, skm,
segs.To_Km_Location);
  END IF;
END LOOP;
pipe row(lineareventtype (eventdisplay, qual));
END LOOP;
RETURN;
END;
/
sho err;

```

#### ο Εκτέλεση της συνάρτησης

```

SELECT *
FROM table(cast(LINEAR_DATE_ROAD_DKM ('16/02/2001', 'A040', 1000, 16500) as
geometricevent))

```

WHERE shap IS NOT NULL  
/

SHAP(SDO_GTYPE, SDO_SRID, SDO_POINT(X, Y, Z), SDO_ELEM_INFO, SDO_ORDINATES)	QUALITY
SDO_GEOMETRY(3302, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 2, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY(21,9416709, 37,0064284, 14334, 21,940118, 37,006829, 14485,3643, 21,93 6918, 37,008029, 14813,151, 21,935518, 37,008529, 14955,3554, 21,933718, 37,008629, 15122,7762, 21,932918, 37,008529, 15197,9039, 21,9311472, 37,00768 58, 15389))	POOR
SDO_GEOMETRY(3302, 8307, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 2, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY(21,920111, 37,0062719, 16447, 21,919918, 37,006229, 16465,5863, 21,919 5582, 37,006301, 16500))	POOR

- Συνάρτηση επιλογής γραμμικών συμβάντων σε συγκεκριμένο οδικό άξονα, σε συγκεκριμένη ημερομηνία

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION LINEAR_DATE_ROAD (desdate IN DATE, descode IN VARCHAR2)
RETURN geometricevent pipelined IS
```

```
unified_lrs_segment SDO_GEOMETRY;
eventdisplay SDO_GEOMETRY;
ids number;
s NUMBER;
e NUMBER;
qual VARCHAR2(15);
```

```
BEGIN
```

```
SELECT MIN(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)) INTO s
FROM Roads
WHERE Road_Code=descode
AND ((Start_Service<=desdate AND End_Service >= desdate)
OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL));
```

```
SELECT MAX(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape)) INTO e
FROM Roads
WHERE Road_Code=descode
AND ((Start_Service<=desdate AND End_Service >= desdate)
OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL));
```

```
SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_LRS_GEOM(unified_std_segment, s, e) INTO
unified_lrs_segment
FROM(
    SELECT SDO_AGGR_CONCAT_LINES(std) unified_std_segment
    FROM (SELECT SDO_LRS.CONVERT_TO_STD_GEOM(shape) std
    FROM Roads
    WHERE Road_Code=descode
    AND ((Start_Service<=desdate
    AND End_Service>=desdate)
    OR (Start_Service<=desdate AND End_Service IS NULL))));
```

```
FOR segs IN (SELECT From_Km_Location, To_Km_Location, quality FROM
Condition C WHERE C.Road_Code=descode AND desdate BETWEEN
```

```
C.Start_Service AND C.End_Service)
LOOP
eventdisplay:= SDO_LRS.CLIP_GEOM_SEGMENT(unified_lrs_segment,
```



```

segs.From_Km_Location, segs.To_Km_Location);
qual:=segs.quality;
pipe row(lineareventtype (eventdisplay, qual));
END LOOP;
RETURN;
END;
/
sho err;

SELECT *
FROM table(cast(LINEAR_DATE_ROAD('16/02/2001','A040') as
geometricevent))
WHERE shap IS NOT NULL
/

```

### ***Γ.3 Ενδεικτικά Ερωτήματα Ανάλυσης***

- Επιλογή οδικού άξονα στον οποίο σημειώθηκαν τα περισσότερα ατυχήματα σε συγκεκριμένο έτος

```

SELECT DISTINCT Roads.Name, Roads.Road_Code, no_rcodes.numb
Number_Of_Accidents
FROM Roads,
      (SELECT (count(Accident_id)) numb, Road_Code
FROM accidents
WHERE (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) = '2004'
GROUP BY Road_Code) no_rcodes
WHERE no_rcodes.numb = (SELECT max(count(Accident_id))
FROM accidents
WHERE (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM
DUAL) = '2004'
GROUP BY Road_Code)
AND no_rcodes.Road_Code=Roads.Road_Code

```

- Επιλογή οδικού άξονα στον οποίο σημειώθηκαν τα περισσότερα ατυχήματα συνολικά

```

SELECT distinct Roads.Name, Roads.Road_Code, no_rcodes.numb
Number_Of_Accidents
FROM Roads,
      (SELECT (count(Accident_id)) numb, Road_Code
FROM accidents
GROUP BY Road_Code) no_rcodes
WHERE no_rcodes.numb = (SELECT max(count(Accident_id))
FROM accidents
GROUP BY Road_Code)
AND no_rcodes.Road_Code=Roads.Road_Code

```

➤ Επιλογή έτους κατά το οποίο σημειώθηκαν τα περισσότερα ατυχήματα

```

SELECT DISTINCT
  (SELECT to_char(A.Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL)
  YEAR_MOST_ACCIDENTS_OCCURED, Temp1.b Number_Of_Accidents
FROM Accidents A,
  (SELECT (COUNT(Temp.Accident_id)) B, Temp.Accident_Date
  FROM
    (SELECT Accident_id,
      (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL)
      Accident_Date, Road_Code
    FROM accidents
    GROUP BY Road_Code, Accident_Date, Accident_Id
    ORDER BY Road_Code, Accident_Date, Accident_Id) Temp
  GROUP BY Accident_Date) TEMP1
WHERE TEMP1.B= (SELECT MAX(COUNT(Temp.Accident_Date))
  FROM
    (SELECT Accident_id,
      (SELECT to_char(Accident_Date,'yyyy') FROM
DUAL)
      Accident_Date, Road_Code
    FROM accidents
    GROUP BY Road_Code, Accident_Date, Accident_Id
    ORDER BY Road_Code, Accident_Date, Accident_Id)
  Temp
  GROUP BY Accident_Date)
AND (SELECT to_char(A.Accident_Date,'yyyy') FROM DUAL) =
Temp1.accident_date

```

➤ Επιλογή δρόμου με το αθροιστικά μεγαλύτερο μήκος κακής ποιότητας οδοστρώματος κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου έτους

```

SELECT DISTINCT A.Name, A.Road_Code, Length_of_Poor_Quality_in_m
FROM Roads A,
  (SELECT SUM(To_Km_Location-From_Km_Location)
  Length_of_Poor_Quality_in_m, Road_Code
  FROM Condition
  WHERE '2001'
  BETWEEN (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)
  AND (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL)
  AND Quality='POOR'
  GROUP BY Road_Code) sums
WHERE SUMS.Length_of_Poor_Quality_in_m =
  (SELECT MAX(SUM(To_Km_Location-From_Km_Location))
  FROM CONDITION
  WHERE '2001'
  BETWEEN (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL)
  AND (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL)
  AND Quality='POOR'
  GROUP BY Road_Code)
AND sums.Road_Code=A.Road_code

```

- Επιλογή οδικών αξόνων οι οποίοι δεν είναι πλέον/ή σε συγκεκριμένη ημερομηνία σε λειτουργία

```
SELECT *
FROM Roads
WHERE (SELECT to_char(End_Service, 'dd/mm/yyyy' ) FROM DUAL) < Sysdate -
οδικοί άξονες που δεν είναι τη χρονική στιγμή υποβολής του ερωτήματος σε
λειτουργία
```

```
SELECT *
FROM Roads
WHERE
(SELECT to_char(End_Service, 'dd/mm/yyyy' ) FROM DUAL) < to_date
('15/09/2005', 'dd/mm/yyyy');
```

- Επιλογή οδικών αξόνων οι οποίοι δόθηκαν στην κυκλοφορία μετά από συγκεκριμένη ημερομηνία

```
SELECT *
FROM Roads
where
(SELECT to_char(Start_Service, 'dd/mm/yyyy' ) FROM DUAL) > to_date
('15/03/2001', 'dd/mm/yyyy');
```



## Δ Ορισμός Χαρτογραφικών Μεταδεδομένων

---

### Δ.1 Ορισμός στυλ και θεμάτων

Τα χωρικά δεδομένα όλων των πινάκων της βάσης, πλην του πίνακα Πόλεις, οπτικοποιούνται με χρήση δυναμικά οριζόμενων θεμάτων. Στον ορισμό ενός δυναμικού θέματος είναι απαραίτητη η εισαγωγή παραμέτρων όπως η πηγή δεδομένων, το όνομα του θέματος, το χωρικό σύστημα συντεταγμένων, το χωρικό ερώτημα με το οποίο επιλέγεται η γεωμετρία και ενδεχομένως περιγραφικά χαρακτηριστικά, ο χωρικός πίνακας και το πεδίο του που φιλοξενεί τη γεωμετρία, το πεδίο περιγραφικών χαρακτηριστικών το οποίο θα απεικονιστεί ως ετικέτα, το στυλ που θα εφαρμοσθεί στην απεικόνιση της γεωμετρίας και το στυλ που θα εφαρμοσθεί στην απεικόνιση της ετικέτας. Στη συνέχεια παρατίθεται ένα παράδειγμα προσθήκης δυναμικού στυλ στο χάρτη και ο κώδικας σε XML που υλοποιεί τα στυλ που δημιουργήθηκαν για την οπτικοποίηση των δεδομένων των αντίστοιχων πινάκων, το στυλ της επισήμανσης καθώς και προκαθορισμένο θέμα που δημιουργήθηκε για την οπτικοποίηση των περιεχομένων του πίνακα Πόλεις.

#### ➤ Προσθήκη δυναμικά οριζόμενου θέματος

```
mv.addJDBCTheme(dataSource,"Rails","SELECT shape, name FROM Rails",
"shape","8307","L.RAILROAD","name","T.NAME",true);
```

#### ➤ Στυλ T.NAME

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="text" style="font-style:plain;font-
family:SansSerif;font-
size:10pt;text-align:center;fill:#000000"> Hello World!
  <opoint halign="center" valign="middle"/>
  <text-along-path valign="baseline"/>
  </g>
</svg>
```

#### ➤ Στυλ C.PREFECTURES

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="color" style="stroke:#333333;fill:#F1F620;fill-
opacity:102">
  <rect width="50" height="50"/>
  </g>
</svg>
```

#### ➤ Στυλ P.ROADS

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
```

```

<desc/>
<g class="line" style="fill:#FF4040;fill-opacity:186;stroke-
width:2.0;stroke-linecap:butt;stroke-linejoin:miter">
  <line class="base"/>
</g>
</svg>

```

#### ➤ Στυλ ROADS\_DIRECTION

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="line" style="fill:#FF4040;fill-opacity:204;stroke-
width:1.0;stroke-linecap:butt;marker-name:M.ARROW;marker-
position:0.5;marker-size:20">
    <line class="base"/>
  </g>
</svg>

```

#### ➤ Στυλ L.RIVERS

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="line" style="fill:#6666FA;stroke-width:1.0">
    <line class="base" style="fill:#3333FF;stroke-width:1.0"/>
  </g>
</svg>

```

#### ➤ Στυλ L.RAILROAD

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="line" style="fill:#003333;stroke-width:1.0">
    <line class="hashmark" style="fill:#003333" dash="8.5,3.0"/>
  </g>
</svg>

```

#### ➤ Στυλ L.HIGHLIGHT

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<svg width="1in" height="1in">
  <desc/>
  <g class="line" style="fill:#00FFFF;stroke-width:2.0">
    <line class="base"/>
  </g>
</svg>

```

#### ➤ Προκαθορισμένο θέμα για τον πίνακα Πόλεις (TH\_TOWNS)

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<styling_rules caching="ALL">
  <rule>
    <features style="M.TOWN"> (TOWN_TYPE = 'CITY') </features>
    <label column="NAME" style="T.CITY NAME"> 1 </label>
  </rule>
  <rule>
    <features style="M.IMAGE11_BW"> (TOWN_TYPE = 'TOWN')
  </features>
  <label column="NAME" style="T.TOWN_NAME"> 1 </label>
</rule>

```

```
<rule>
  <features style="M.CITY HALL 3">
    (TOWN_TYPE = 'SMALL TOWN' OR TOWN_TYPE =
'VILLAGE')
  </features>
  <label column="NAME" style="T.SMALLTOWN"> 1 </label>
</rule>
</styling_rules>
```





## ***E Ο Κώδικας της Εφαρμογής***

---

```
<%@ page contentType="text/html;charset=UTF-8" %>
<%@ page session="true" %>
<%@ page import="java.sql.*"%>
<%@ page import="java.sql.CallableStatement"%>
<%@ page import="java.sql.PreparedStatement"%>
<%@ page import="oracle.jdbc.driver.*"%>
<%@ page import="java.util.Enumeration" %>
<%@ page import="java.util.*" %>
<%@ page import="java.lang.Object.*" %>
<%@ page import="java.awt.geom.Point2D" %>
<%@ page import="java.awt.Dimension" %>
<%@ page import="oracle.lbs.mapclient.MapViewer" %>

<HTML>
<HEAD>

<%
DriverManager.registerDriver (new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
Connection conn = DriverManager.getConnection
("jdbc:oracle:thin:@localhost:1521:geo", "sysman", "theo_10");
%>

<script language="Javascript">

function delduplids()
{
var temp= window.document.lrsds.objlist.value;
var array2 = temp.split(",") ;
var array1= new Array;
for(var i = 0; i < array2.length; i++)
{
var xx = true;
var ArrayVal = array2[i];
for(var j = i+1; j < array2.length; j++)
{
if(array2[j] == ArrayVal)
xx = false;
}
if(xx == true)
array1.push(ArrayVal)
}
window.document.lrsds.objlist.value=array1;
window.document.lrsds.outputArea.value=array2;
}

function roadCodeValidate()
{
var roadInput = window.document.lrsds.roadcode
if (roadInput.value.length!=4)
{
alert("Provide a valid road code e.g.:A010")
roadInput.focus()
roadInput.select()
return false
}
else
{
return true
}
}
}
```

```

function startmValidate()
{
var startmInput = window.document.lrsds.startm
if (isNaN(startmInput.value)== true)
{
alert("Provide a numeric value for the Start Measure field")
startmInput.focus()
startmInput.select()
return false
}
else
{
return true
}
}

function endmValidate()
{
var endmInput = window.document.lrsds.endm
if (isNaN(endmInput.value)== true)
{
alert("Provide a numeric value for the End Measure field")
endmInput.focus()
endmInput.select()
return false
}
else
{
return true
}
}

function check()
{
if(window.document.lrsds.CheckAll.value == "Check All"){
window.document.lrsds.pref.checked = true
window.document.lrsds.towns.checked = true
window.document.lrsds.rails.checked = true
window.document.lrsds.rivers.checked = true
window.document.lrsds.roads.checked = true
window.document.lrsds.CheckAll.value="Uncheck All"}
else{
window.document.lrsds.pref.checked = false
window.document.lrsds.towns.checked = false
window.document.lrsds.rails.checked = false
window.document.lrsds.rivers.checked = false
window.document.lrsds.roads.checked = false
window.document.lrsds.CheckAll.value="Check All"
}
}


// Color Picker Script from Flooble.com
// For more information, visit
// http://www.flooble.com/scripts/colorpicker.php
// Copyright 2003 Animus Pactum Consulting inc.
// You may use and distribute this code freely, as long as
// you keep this copyright notice and the link to flooble.com
// if you chose to remove them, you must link to the page
// listed above from every web page where you use the color
// picker code.
//-----
// Code from Color Picker Script omitted
//-----
</script>
<!-- flooble Color Picker header end -->

```

```

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">

<title>
Simple Geometry Visualizer
</title>
</HEAD>

<BODY>

<span style="width:100%">
  <table cellpadding="0" cellspacing="0" border="0" width="100%" summary="">
    <tr><td>
      <table cellpadding="0" cellspacing="2" border="0" width="100%" summary="">
        <tr>
          <td valign="bottom">
<A href="/mapviewer">
</A>
<FONT color="#449922" size="+1"><b>Linear Referencing System Management</b></FONT>
<FONT size="-1"><A href="jview.jsp.txt">source file</A></FONT></td></tr>
        </table>
      </td></tr>
        <tr><td valign="top">
          <table cellpadding="0" cellspacing="0" border="0" summary="">
            <tr><td align="center">
            </td></tr>
          </table>
        </td></tr>
      </table>
    </tr>
  </table>
  <hr>
</span>

<!-------
          Process the incoming map request
----->
<%
  String dataSrc = request.getParameter("datasrc-select");
  String mvURL = request.getParameter("mvurl");

  if(mvURL==null || mvURL.length()==0)
    mvURL = "http://" + request.getServerName() + ":" + request.getServerPort() +
      request.getContextPath() + "/omserver";

  boolean newSession = false;

  // retrieve mapviewer client handle from session
  MapViewer mv = (MapViewer) session.getAttribute("gvis_mvhandle");

  if(mv==null)
  {
    // create a new mapviewer client handle
    mv = new MapViewer(mvURL);

    mv.setImageFormat(MapViewer.FORMAT_PNG_URL);
    mv.setMapTitle(" ");
    // keep client handle in session
    session.setAttribute("gvis_mvhandle", mv);
    newSession = true;
  }

  String action = request.getParameter("action");
  if(action==null) action = "recenter";

  String[] dataSrcList = null;

  String mapW_ = request.getParameter("map_width"),
              mapH_ = request.getParameter("map_height");

```

```

int mapW = 565, mapH = 400;
try{
    mapW = Integer.parseInt(mapW_);
    mapH = Integer.parseInt(mapH_);
} catch(Exception e){}

mv.setDeviceSize(new Dimension(mapW, mapH));

String aa_ = request.getParameter("map_aa");
boolean aa = false;
if(aa_!=null && "on".equalsIgnoreCase(aa_))
    aa = true;
mv.setAntiAliasing(aa);

//Array of arrays to store values from selected linear features
String[][] roadInfo = null;
//Get existing list of objects
String oids = request.getParameter("objlist");
String newID = null;
//Array of arrays to store selected data based on query using NN function
String[][] selectedoids = null;
String[][] startEndMeasures = null;
//Strings to keep checkboxes checked after submit
String pr= request.getParameter("pref");
String tow = request.getParameter("towns");
String rai = request.getParameter("rails");
String riv = request.getParameter("rivers");
String roa = request.getParameter("roads");
//String to keep Years drop down list value year after submit
String yea = request.getParameter("Years");
if (yea==null)
    yea="";

//Statement to populate drop down list with database values
Statement stmt = conn.createStatement();
ResultSet rs = stmt.executeQuery("SELECT distinct Road_Code, name FROM
                                Roads ORDER BY Road_Code");

String query1=null,stroke1="#000000", fill1=null, tr1=null, labelc1=null, asis1,
    query2=null, stroke2="#000000;stroke-width:6;", fill2=null, tr2=null,
    labelc2=null, asis2,
    query3=null, stroke3="#000000", fill3=null, tr3=null, labelc3=null, asis3;

    query1 = request.getParameter("query_1");
    stroke1 = request.getParameter("stroke_1");
    fill1 = request.getParameter("fill_1");
    if(stroke1==null && fill1==null)
        stroke1 = "#000000"; //default to black stroke
    tr1 = request.getParameter("tr_1");
    labelc1 = request.getParameter("lc_1");
    int opacity1 = (tr1!=null && tr1.equals("on"))? 128 : -1;

String style1 = "gvis_"+("NONE".equals(stroke1)?"" : stroke1) + "_" +
    ("NONE".equals(fill1)?"" : fill1) +
    ((opacity1>0)?"128" : "");
    asis1 = request.getParameter("asis_1");

    query2 = request.getParameter("query_2");
    stroke2 = request.getParameter("stroke_2");
    fill2 = request.getParameter("fill_2");
    if(stroke2==null && fill2==null)
        stroke2 = "#000000;stroke-width:6;";
    tr2 = request.getParameter("tr_2");
    labelc2 = request.getParameter("lc_2");
    int opacity2 = (tr2!=null && tr2.equals("on"))? 128 : -1;

String style2 = "gvis_"+("NONE".equals(stroke2)?"" : stroke2) + "_" +
    ("NONE".equals(fill2)?"" : fill2) +

```

```

        ((opacity2>0)?"128" : "");
asis2 = request.getParameter("asis_2");

query3 = request.getParameter("query_3");
stroke3 = request.getParameter("stroke_3");
fill3 = request.getParameter("fill_3");
if(stroke3==null && fill3==null)
stroke3 = "#000000";
tr3 = request.getParameter("tr_3");
labelc3 = request.getParameter("lc_3");
int opacity3 = (tr3!=null && tr3.equals("on"))? 128 : -1;

String style3 = "gvis_"+("NONE".equals(stroke3)?"" : stroke3) + "_"+
        ("NONE".equals(fill3)?"" : fill3) +
        ((opacity3>0)?"128" : "");
asis3 = request.getParameter("asis_3");

dataSrcList = mv.getDataSources();

// start processing the actual request

if(!newSession && request.getParameter("userClick.x")!=null) // user
clicked on map
{
    int x = Integer.parseInt(request.getParameter("userClick.x"));
    int y = Integer.parseInt(request.getParameter("userClick.y"));

    if(action.equals("recenter"))
    {
        mv.pan(x,y);
    }
    else if(action.equals("zoomin"))
    {
        mv.zoomIn(x,y, 1.5);
    }
    else if(action.equals("zoomout"))
    {
        mv.zoomOut(x,y, 1.5);
    }
    else if(action.equals("fullextent"))
    {
        mv.setFullExtent();
        mv.run();
    }

    else if(action.equals("selectsegs"))
    {
//Given a point in the user's data space, find the nearest geometry to the given
//point.
//Note the point coordinate must be in the user's original data space (NOT the
//screen or device space.)

        Point2D clicktogeographic = mv.getUserPoint(x,y);
        double xNN = clicktogeographic.getX();
        double yNN = clicktogeographic.getY();
        String whereclause = mv.getWhereClauseForNN("shape",8307, xNN, yNN);
        String reqDate = request.getParameter("Years");

String sqlQuery0 = "SELECT objectid FROM roads WHERE objectid IN (SELECT objectid
FROM roads WHERE "+ reqDate + ">= ALL (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
DUAL) AND (" +reqDate + " <= ALL (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL) OR
End_Service IS NULL)) AND ";

String sqlQuery = sqlQuery0 + whereclause;
// store the selection result in string[][]

        selectedoids = mv.doQuery(dataSrc, sqlQuery);
        String roadcode = request.getParameter("roadcode");

```

```

if (conn != null && selectedoids != null && selectedoids.length>0 &&
roadcode.length() <=3)
{
String[] columns = new String[]{"objectid","road_code", "name"};
roadInfo = mv.identify(dataSrc,"roads", columns, "shape",8307, x, y);
if (conn != null && roadInfo != null && roadInfo.length>0)
{
out.print("<LEFT> <TABLE border=\"1\">\n");
for(int i=0; i<roadInfo.length; i++)
{
if(i==0) out.print("<TR BGCOLOR=\"#CCCC\">");
else out.print("<TR>\n");
String[] row = roadInfo[i];
for (int k=0; k<row.length; k++){
out.print("<TD>" +row[k]+"</TD>");
}
out.print("</TABLE></CENTER>");
}

out.print("Number of selected objects = " + (selectedoids.length-1));
out.print("<TR>\n");
for(int i=1; i<selectedoids.length; i++)
{
String[] tempids = selectedoids[i];
for (int j=0; j<tempids.length; j++)
{
newID = tempids[j];
oids = oids + "," + newID;
if (oids.startsWith(",")) {oids = oids.replaceFirst(",","");}
String sqlQuery2="SELECT shape, objectid FROM roads where objectid in (" +oids+")";
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Highlight",sqlQuery2,"shape","8307","L.HIGHLIGHT","name",
"T.NAME",true);
mv.run();
}
}
}

else if (conn != null && selectedoids != null && selectedoids.length>0 &&
roadcode.length())>=4)
{
String sqlQuery3 = "SELECT SHAPE FROM roads WHERE road_code=" +"" +roadcode+ "";
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Highlight",sqlQuery3,"shape","8307","L.HIGHLIGHT","name",
"T.NAME",true);
mv.setFullExtent();
mv.run();
}
}

else if (action.equals("clearselection"))
{
mv.setThemeEnabled(false,"Highlight");
mv.run();
oids =null;
}

else if(action.equals("identify"))
{
Point2D clicktogeographic = mv.getUserPoint(x,y);
double xNN = clicktogeographic.getX();
double yNN = clicktogeographic.getY();
String whereclause = mv.getWhereClauseForNN("shape",8307, xNN, yNN);
String reqDate = request.getParameter("Years");
String sqlQuery2 = ") group by road_code, name, start_service, end_service";
String sqlQuery0 = "SELECT road_code, name, (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy')
FROM DUAL) StartService, (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL)

```

```

EndService, min(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)) Starting_Measure,
max(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape)) Ending_Measure FROM roads WHERE
objectid IN (SELECT objectid FROM roads WHERE (" + reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND " + reqDate + " <= ALL (SELECT
to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL)) OR (" + reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND End_Service IS NULL)) AND road_code =
(select road_code from roads where ";
    // "SELECT road_code, name, start_service, end_service,
min(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape)) Starting_Measure,
max(SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape)) Ending_Measure FROM roads WHERE
objectid IN (SELECT objectid FROM roads WHERE (" + reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND " + reqDate + " <= ALL (SELECT
to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL))OR (" + reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND End_Service IS NULL)) AND ";

String sqlQuery = sqlQuery0 + whereclause + sqlQuery2;
// store the selection result in string[][]
startEndMeasures = mv.doQuery(dataSrc, sqlQuery);

    if (conn != null && startEndMeasures != null && startEndMeasures.length>0)
    {
        out.print("<LEFT> <TABLE border=\"1\">\n");
        for(int i=0; i<startEndMeasures.length; i++)
        {
            if(i==0) out.print("<TR BGCOLOR=\"#CCCC\">");
            else out.print("<TR>\n");
            String[] tempmeasures = startEndMeasures[i];
            for (int k=0; k<tempmeasures.length; k++)
            {
                out.print("<TD>" + tempmeasures[k] + "</TD>");
            }
        }
        out.print("</TABLE></LEFT>");
    }

String sqlQuery1 = "SELECT shape FROM roads WHERE objectid IN (SELECT objectid
FROM roads WHERE " + reqDate + ">= ALL (SELECT to_char(Start_Service,'yyyy') FROM
DUAL) AND (" + reqDate + " <= ALL (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL) OR
End_Service IS NULL)) AND road_code = '" + startEndMeasures[1][0] + "'";

mv.addJDBCTheme (dataSrc, "Highlight", sqlQuery1, "shape", "8307", "L.HIGHLIGHT", "name",
    "T.NAME", true);
mv.run();

    }

    else if(action.equals("mid"))
    {
        Point2D clicktogeographic = mv.getUserPoint(x, y);
        double xNN = clicktogeographic.getX();
        double yNN = clicktogeographic.getY();
        String whereclause = mv.getWhereClauseForNN("shape", 8307, xNN, yNN);
        String reqDate = request.getParameter("Years");
String sqlQuery0 = "SELECT objectid, road_code, (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) StartService, (SELECT
to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL) EndService,
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_START_MEASURE(shape) Segment_Starting_Measure,
SDO_LRS.GEOM_SEGMENT_END_MEASURE(shape) Segment_Ending_Measure FROM roads WHERE
objectid IN (SELECT objectid FROM roads WHERE " + reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND (" + reqDate + " <= ALL (SELECT
to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL) OR End_Service IS NULL)) AND ";

        String sqlQuery = sqlQuery0 + whereclause;
        // store the selection result in string[][]
        startEndMeasures = mv.doQuery(dataSrc, sqlQuery);

```

```

if (conn != null && startEndMeasures != null && startEndMeasures.length>0)
{
    out.print("<LEFT> <TABLE border=\"1\">\n");
    for(int i=0; i<startEndMeasures.length; i++)
    {
        if(i==0) out.print("<TR BGCOLOR=\"#CCCC\">");
        else out.print("<TR>\n");
        String[] tempmeasures = startEndMeasures[i];
        for (int k=0; k<tempmeasures.length; k++)
        {
            out.print("<TD>"+tempmeasures[k]+"</TD>");
        }
    }
    out.print("</TABLE></LEFT>");
}
String sqlQuery1 = "SELECT shape FROM roads where objectid =" +
    startEndMeasures[1][0] + " ";
mv.addJDBCTheme(dataSrc, "Highlight", sqlQuery1, "shape", "8307", "L.HIGHLIGHT", "name",
    "T.NAME", true);
mv.run();
}

else if(!newSession) // user submitted new queries
{
    if(mvURL!=null && mvURL.length()>0 && !mv.getServiceURL().equals(mvURL))
    {
        mv.setServiceURL(mvURL);
    }
    if(dataSrc!=null && dataSrc.length()>0)
        mv.setDataSourceName(dataSrc);

    if(query1!=null && query1.length()>9 && !mv.styleExists(style1))
    {
        mv.addColorStyle(style1, stroke1, fill1, opacity1, opacity1);
    }
    if(query2!=null && query2.length()>9 && !mv.styleExists(style2))
    {
        mv.addColorStyle(style2, stroke2, fill2, opacity2, opacity2);
    }
    if(query3!=null && query3.length()>9 && !mv.styleExists(style3))
    {
        mv.addColorStyle(style3, stroke3, fill3, opacity3, opacity3);
    }

    //add a temporary text style for labeling
    mv.addTextStyleWithHalo("_gvis_style_text_", "PLAIN", "Serif", "12", "PLAIN",
        "#0000ff", 2.0);
    mv.deleteAllThemes();

    if(query1!=null && query1.length()>9)
    {
        String query1_ = query1;
        if(labelc1!=null && labelc1.length()>0)
        {
            int idx1 = query1.toUpperCase().indexOf("FROM");
            int idx2 = query1.toUpperCase().indexOf(labelc1.toUpperCase());
            if(idx2>0 && idx2 < idx1){} // already in the user query
            else
            {
                query1_ = query1.substring(0, idx1) + ", "+labelc1+" "+
                    query1.substring(idx1, query1.length());
            }
        }
        else labelc1 = null;
    }
    mv.addJDBCTheme(dataSrc, "theme1", query1_, null, null, style1, labelc1,
        "_gvis_style_text_", true);
}

```



```

if(query2!=null && query2.length()>9)
{
String query2_ = query2;
if(labelc2!=null && labelc2.length()>0)
{
int idx1 = query2.toUpperCase().indexOf("FROM");
int idx2 = query2.toUpperCase().indexOf(labelc2.toUpperCase());
if(idx2>0 && idx2 < idx1){} // already in the user query
else
{
query2_ = query2.substring(0, idx1) + ", "+labelc2+" "+
query2.substring(idx1, query2.length());
}
}
else labelc2 = null;
mv.addJDBCTheme(dataSrc, "theme2", query2_, null, null, style2, labelc2,
"_gvis_style_text_", true);
mv.setLabelAlwaysOn(true, "theme2");
}
if(query3!=null && query3.length()>9)
{
String query3_ = query3;
if(labelc3!=null && labelc3.length()>0)
{
int idx1 = query3.toUpperCase().indexOf("FROM");
int idx2 = query3.toUpperCase().indexOf(labelc3.toUpperCase());
if(idx2>0 && idx2 < idx1){} // already in the user query
else
{
query3_ = query3.substring(0, idx1) + ", "+labelc3+" "+
query3.substring(idx1, query3.length());
}
}
else labelc3 = null;

mv.addJDBCTheme(dataSrc, "theme3", query3_, null, null, style3, labelc3,
"_gvis_style_text_", true);
}

if(request.getParameter("pref") != null)
{
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Prefs","SELECT shape,pref_name FROM prefectures",
"shape", "8307","C.PREFECTURES", "pref_name","T.PREFECTURES_NAME",
true);
}
if(request.getParameter("rivers") != null)
{
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Rivers","SELECT shape, name FROM rivers", "shape",
"8307","L.RIVERS","name","T.NAME",true);
}
if(request.getParameter("rails") != null)
{
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Rails","SELECT shape, name FROM rails","shape",
"8307","L.RAILROAD","name","T.NAME",true);
}
if(request.getParameter("roads") != null)
{
String reqDate = request.getParameter("Years");
mv.addJDBCTheme(dataSrc,"Roads","SELECT shape,name FROM roads WHERE objectid IN
(SELECT objectid FROM roads WHERE "+ reqDate + ">= ALL (SELECT
to_char(Start_Service,'yyyy') FROM DUAL) AND (" +reqDate + " <=
ALL (SELECT to_char(End_Service,'yyyy') FROM DUAL) OR
End_Service IS NULL)", "shape", "8307", "PROADS", "name",
"T.NAME", false);
out.print("Road network references year: " +reqDate);
}
}

```

```

if(request.getParameter("towns") != null)
{
    mv.addPredefinedTheme(dataSrc,"THEME_TOWNS");
    mv.run();
    out.print(request.getParameter("list"));
}

//Call procedure stored in database to assign measure values using Road_code
if(request.getParameter("assignRoadCode") != null)
{
    String roadcode = request.getParameter("roadcode");
    String startM = request.getParameter("startm");
    String endM= request.getParameter("endm");
    CallableStatement UpdateRoads = conn.prepareStatement ("begin LRSASSIGN_ROADCODE
                                                            (?, ?, ?); end;");

    UpdateRoads.setString (1, roadcode);
    UpdateRoads.setFloat(2, Float.parseFloat(startM));
    UpdateRoads.setFloat(3, Float.parseFloat(endM));
    UpdateRoads.execute ();
    UpdateRoads.close ();
}
//Call procedure stored in database to assign measure values on Selected Segments
//if(request.getParameter("assignSelectedSegs") != null)
{
    String selectedids = request.getParameter("objlist");
    String startM = request.getParameter("startm");
    String endM= request.getParameter("endm");
    CallableStatement UpdateRoads = conn.prepareStatement ("begin LRSASSG_SEGM_VAR
                                                            (?, ?, ?); end;");

    UpdateRoads.setString (1, selectedids);
    UpdateRoads.setFloat(2, Float.parseFloat(startM));
    UpdateRoads.setFloat(3, Float.parseFloat(endM));
    UpdateRoads.execute ();
    UpdateRoads.close ();
}

if(dataSrc!=null)
{
    try{
        mv.setFullExtent();
        mv.run();
    }catch(Exception e){out.println(e.getMessage()); }
}

//user submitted queries

String url = mv.getGeneratedMapImageURL();

%>
<p><p>

<!-------
                Generate the result web page with map image and controls
        ----->
<form action="lrsds.jsp" name="lrsds" method="post" onsubmit="abt()">
<P>
<%
    if(url!=null)
    {
        int w = (int)mv.getDeviceSize().getWidth(),
        h = (int)mv.getDeviceSize().getHeight();
    %>
</P>
<TABLE cellspacing="0" cellpadding="0" border="0">
    <TR valign="middle" bgcolor="#f5f3d3">

```

```

        <TD valign="middle">
            <FONT face="Microsoft Sans Serif" size="2">Click on the map
to:</FONT>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="recenter" <%=
action.equals("recenter")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="zoomin"
<%= action.equals("zoomin")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="zoomout"
<%= action.equals("zoomout")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="fullextent"
<%= action.equals("fullextent")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="selectsegs"
<%=action.equals("selectsegs")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="clearselection"
<%=action.equals("clearselection")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="identify"
<%= action.equals("identify")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
        <TD valign="middle" align="center" width="50">
            <input type="radio" name="action" value="mid"
<%= action.equals("mid")?"checked":""%>>
<B></B>
        </TD>
    </TR>
</TABLE>

    <TABLE border="0" cellpadding=0 cellspacing=0>
        <TR>
            <TD width=<%=w%>>
                <input type="image" border="1" SRC="<%=url%>" name="userClick"
width="<%=w%>" height="<%=h%>" >
            </TD>
        </TR>
    </TABLE>

<%
}
%>

    <TABLE border="0" cellpadding=1 cellspacing=0>

```

```

<TR bgcolor="#f5f3d3" valign="middle" align="left">
  <TD align="left" width="115" valign="middle">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      Map Layers:
      <input type="button" name="CheckAll" value="Check All"
style="background-color:rgb(153,204,204); font-family:verdana; font-size:xx-small;
height:15.0pt; vertical-align:middle;" onclick="check()">
    </FONT>
  </TD>
  <TD width="105" valign="middle">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      <input type="checkbox" name="pref" value="Layer_Prefectures"
<%= (pr!=null)?"CHECKED":""%> >Prefectures
    </FONT>
  </TD>
  <TD width="70" valign="middle">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      <input type="checkbox" name="towns" value="Layer_Towns"
<%= (tow!=null)?"CHECKED":""%> >Towns
    </FONT>
  </TD>
  <TD width="60" valign="middle">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      <input type="checkbox" name="rails" value="Layer_Rails"
<%= (rai!=null)?"CHECKED":""%> >Rails
    </FONT>
  </TD>
  <TD width="70" valign="middle">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      <input type="checkbox" name="rivers" value="Layer_Rivers"
<%= (riv!=null)?"CHECKED":""%> >Rivers
    </FONT>
  </TD>
  <TD valign="middle" width="75" bgcolor="#f3ebcc">
    <FONT face="Verdana" size="2">
      <input type="checkbox" name="roads" value="Layer_Roads"
<%= (roa!=null)?"CHECKED":""%> >Roads
    </FONT>
  </TD>
  <TD width="55" valign="top" bgcolor="#f3ebcc">
    <FONT face="Verdana" size="2"> &nbsp;&nbsp;&nbsp;<FONT size="1">
Year</FONT></FONT>
      <select name="Years" size="1">
<option value="2000" <%= yea.equals("2000")?"selected":"" %>>2000</option>
<option value="2001" <%= yea.equals("2001")?"selected":"" %>>2001</option>
<option value="2002" <%= yea.equals("2002")?"selected":"" %>>2002</option>
<option value="2003" <%= yea.equals("2003")?"selected":"" %>>2003</option>
<option value="2004" <%= yea.equals("2004")?"selected":"" %>>2004</option>
<option value="2005" <%= yea.equals("2005")?"selected":"" %>>2005</option>
<option value="2006" <%= yea.equals("2006")?"selected":"" %>>2006</option>
<option value="2007" <%= yea.equals("2007")?"selected":"" %>>2007</option>>
      </select></TD>
    </TR>
  </TABLE>
<TABLE cellspacing="0" cellpadding="1" border="0">
<TR>
<TD height="5">
</TD>
</TR>
</TABLE>

<TABLE border="0" cellpadding=1 cellspacing=0>
  <TR bgcolor="#f5f3d3" valign="middle">
    <TD>
      
      <FONT COLOR="#ff0000"> Datasource: </FONT>
      <SELECT single size="1" name="datasrc-select" style="height:auto;">

```





```

<INPUT TYPE="checkbox" NAME="tr_2" <%= (tr2!=null)?"CHECKED":""%> >translucent</TD>
</TR>
<TR bgcolor="#ccffff">
</TR>
<TR bgcolor="rgb(153,204,204)">
<TD colspan="2"> Label Column: <INPUT name="lc_2" size="9"
value="<%= (labelc2!=null)?labelc2":""%>">
</TD>
</TR>
<TR bgcolor="#ffffcc">
<TD rowspan="4" valign="top" > query 3: <TEXTAREA cols=60 name=query_3
rows=6><%= (query3!=null)?query3":""%></TEXTAREA>
</TD>
<TD>Line:
<a href="javascript:pickColor('pick1097');" id="pick1097"
style="border: 1px solid #000000; font-family:Verdana; font-
size:10px;
text-decoration: none;">&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</a>
<input id="pick1097field" size="7"
type="hidden" title="color" name="stroke_3"
value="<%=stroke3%>">
<script language="javascript">relateColor('pick1097',
getObj('pick1097field').value);</script>
</TD>
<TD>Fill:
<a href="javascript:pickColor('pick1097119');" id="pick1097119"
style="border: 1px solid #000000; font-family:Verdana; font-
size:10px;
text-decoration: none;">&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</a>
<input id="pick1097119field" size="7"
type="hidden" title="color" name="fill_3" value="<%=fill3%>">
<script language="javascript">relateColor('pick1097119',
getObj('pick1097119field').value);</script>
</TD>
</TR>
<TR bgcolor="#ffffcc">
<TD colspan="2"> <INPUT TYPE="checkbox" NAME="tr_3"
<%= (tr3!=null)?"CHECKED":""%> >translucent</TD>
</TR>
<TR bgcolor="#ffffcc">
</TR>
<TR bgcolor="#ffffcc">
<TD colspan="2"> Label Column: <INPUT name="lc_3" size="9"
value="<%= (labelc3!=null)?labelc3":""%>">
</TD>
</TR>

<TR> <TD>Server URL: <%= (mvURL==null)?"":mvURL%> </TD> </TR>
<TR> <TD height="10"></TD></TR>
</TABLE>
</FORM>
<P>
<HR size="1">
<TABLE width="60%" border="0">
<TR><TD ALIGN="left">
<P>This application also makes use of code from sample scipts developed by
Oracle Cooperation and Color Picker Script from Flooble.com.</P>
<P>Developed 2007-2008 by Theodoros Vakkas <a
href="mailto:theovak@yahoo.gr">theovak@yahoo.gr</a></address></P>
</TD></TR>
</TABLE>
</BODY>
</HTML>

```