



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΜΑΛΙΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Συστήματα Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων (Spatial Data Warehouses) και Χωρική Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων (Spatial OLAP)"

Spatial Data Warehouses and Spatial On-Line Analytical Processing



ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ, ΑΜ 404

ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΜ 389

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ABSTRACT	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	7
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ;	7
1.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΕΝΑ GIS;	8
1.2.1 Συσχετισμός των πληροφοριών από διαφορετικές πηγές.....	8
1.2.2 Συλλογή δεδομένων	9
1.2.3 Κατηγορίες χωρικών συστημάτων πληροφοριών	11
1.2.3.1 Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης	11
1.2.3.2 Πληροφοριακά Συστήματα Χρήσεων Γης (LIS)	12
1.2.3.3 Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS).....	12
1.2.4 Ενοποίηση δεδομένων	14
1.2.5 Προβολή και καταγραφή.....	14
1.2.6 Δομές Δεδομένων	15
1.2.7 Μοντελοποίηση Δεδομένων	19
1.3 ΤΑ ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ GIS	20
1.3.1 Ανάκτηση πληροφοριών.....	20
1.3.2 Τοπολογική διαμόρφωση	21
1.3.3 Δίκτυα.....	21
1.3.4 Επικάλυψη.....	21
1.3.5 Εξαγωγή δεδομένων	22
1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	22
1.4.1 Δημιουργία χαρτών.....	22
1.4.2 Επιλογή περιοχών.....	23
1.4.3 Μελέτη περίπτωσης 1.....	24
1.4.4 Μελέτη περίπτωσης 2.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΥΡΥΞΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	37
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	37
2.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	37
2.3 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟΘΗΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	39
2.4 ΚΥΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	40
2.5 ΤΜΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	41
2.6 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	46
2.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	53
2.8 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟΘΗΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	54
2.9 ΧΡΗΣΗ ΜΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	55
2.9.1 Πράκτορες Ιστού (Web Agents)	56
2.9.2 Ανάλυση υπερκειμένου και Μετασχηματισμός (Hypertext Analysis And Transformation).....	56
2.9.3 Οπτικοποίηση πληροφορίας (Information Visualization)	59
2.9.4 Ερωτήματα SQL (SQL Queries).....	62
2.10 ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	64
2.10.1 Το πολυδιάστατο μοντέλο δεδομένων	64
2.10.2 Ανάλυση της OLAP.....	65
2.10.3 Το πρόβλημα της καταλληλότητας των κύβων	71
2.10.4 Πράξεις στους υπέρ-κύβους	72
2.10.5 Τύποι OLAP	75

2.10.6 Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)	77
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ84

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	84
3.2 ΧΩΡΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	84
3.2.1 Μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων.....	86
3.2.2 Χωρικοί τύποι δεδομένων.....	88
3.2.3 Χωρικές Λειτουργίες.....	89
3.2.4 Προσπέλαση Χωρικών Δεδομένων	91
3.2.5 SQL για Χωρικά Δεδομένα - Spatial SQL.....	92
3.2.6 Διαδικτυακές εφαρμογές οπτικοποίησης Χωρικών Δεδομένων	94
3.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	96
3.4 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΧΩΡΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	99
3.4.1 Χρονικές Βάσεις Δεδομένων.....	99
3.4.2 Χωροχρονικές Βάσεις Δεδομένων	102
3.5 ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	105
3.6 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	110
3.7 ΑΠΟ ΤΗΝ OLAP ΣΤΗΝ SOLAP.....	111
3.7.1 Η δυναμική της OLAP για να υποστηρίξει την χωροχρονική εξερεύνηση και ανάλυση.....	111
3.7.2 Η Ανάγκη για SOLAP	112
3.7.3 Η Έννοια SOLAP	113
3.7.4 Χωρικές διαστάσεις, μέτρα και τελεστές εντός της SOLAP	115
3.7.5 Κατηγορίες SOLAP.....	120
3.7.6 Η SOLAP σαν ένα διασθητικό και αποδοτικό εργαλείο ανάλυσης	120
3.8 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ SOLAP.....	122
3.8.1 Οπτικοποίηση Δεδομένων.....	123
3.8.2 Εξερεύνηση των δεδομένων.....	127
3.8.3 Διάρθρωση των δεδομένων	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ133

4.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	133
4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	135
4.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	136
4.4 ΠΡΟΗΓΜΕΝΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	138
4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	143

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....147

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ151

Πρόλογος

Την τελευταία δεκαετία έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems - GIS), διότι είναι πολύ αποτελεσματικά στην συγκέντρωση, αποθήκευση, διαχείριση και παρουσίαση των χωρικών (spatial) δεδομένων. Ωστόσο, υστερούν στην επεξεργασία χρονικών (temporal) δεδομένων, στον συνδυασμό, στη διασταύρωση και στη συνάθροιση των δεδομένων για την επακόλουθη εφαρμογή της διαδικασίας Ανεύρεση Γνώσης (Knowledge Discovery). Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να καλύψουν το κενό μεταξύ της ανάλυσης των χωρικών δεδομένων και της ανακάλυψης γεωγραφικής γνώσης. Από την άλλη πλευρά η Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων (On-line Analytical Processing - OLAP) καθώς και η Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining) είναι κατάλληλα εργαλεία για την ανακάλυψη γνώσης, αλλά δεν είναι προσαρμοσμένα για την ανάλυση χωρικών δεδομένων. Η OLAP χειρίζεται τα χωρικά δεδομένα όπως τα υπόλοιπα δεδομένα και επομένως η χωρική και χωροχρονική ανάλυση των δεδομένων είναι περιορισμένη έως ανύπαρκτη. Παρόλα αυτά ο **συνδυασμός** των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και της Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων μπορεί να επιλύσει τα επιμέρους προβλήματα και να επιτευχθούν πολύ καλά αποτελέσματα.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται οι βασικές αρχές και έννοιες σχετικές με τα Πληροφοριακά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων και πιο συγκεκριμένα με τα Πληροφοριακά Γεωγραφικά Συστήματα, τις Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων και την Χωρική Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων. Παράλληλα, αναδεικνύονται τα οφέλη από την χρησιμοποίηση των συστημάτων αυτών κυρίως στη λήψη αποφάσεων και στην αιεφόρο ανάπτυξη των περιοχών.

Abstract

Last decade has noted great progress in Geographical Information Systems because are very effective in collection, storing, management and presentation of spatial data. However, they are not effective in processing temporal data and furthermore in combination, crossing and aggregation of data for subsequent application of the Knowledge Discovery. That means that they can not cover the gap between the analysis of the spatial data and the discovery of geographical knowledge. On the other side, Multidimensional On-Line Analytical Processing as well as Data Mining are the appropriate tools for the knowledge discovery, but they are not adjusted for the analysis of spatial data. The OLAP application manipulates the spatial data just like the rest data and therefore the spatial and the spatio-temporal analysis of data is restricted up to deficient. Nevertheless the combination of Geographical Information Systems and the Multidimensional On-Line Analytical Processing can solve the appeared problems and achieve very good results.

The first objective of this work is to present the modern issues and fundamental notions of the Decision Support Information Systems and especially with the Geographical Information Systems, the Spatial Data Warehouse and the Spatial Multidimensional On-line Analytical Processing. Furthermore, the second goal of this study is to exhibit the benefits of the utilization of these techniques in the process of making decisions and general in the sustainable region development.

Εισαγωγή

Στην εποχή της πληροφορίας, το βασικό χαρακτηριστικό είναι ο ραγδαίος ρυθμός αύξησης του είδους και του όγκου των δεδομένων που συγκεντρώνονται από οργανισμούς και εταιρείες. Η πρόκληση που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σχετιζόμενες τεχνολογίες είναι η μέγιστη αξιοποίηση της διαρκώς αυξανόμενης συσσώρευσης πληροφορίας. Ο κλάδος των βάσεων δεδομένων είναι προφανώς αυτός που επηρεάζεται και εμπλέκεται πιο άμεσα από τις νέες τάσεις και αυξημένες απαιτήσεις για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων. Η κλασική αντίληψη ενός συστήματος βάσεως δεδομένων στην οποία ένας τελικός χρήστης δύναται να εκτελεί κάθε φορά ένα ερώτημα για να λάβει μια συγκεκριμένη απάντηση, έχει υποχρεωτικά διευρυνθεί καθώς η νέα απαίτηση είναι ο χρήστης να είναι σε θέση να αξιοποιεί το σύνολο των δεδομένων του με σκοπό την παρακολούθηση διαχρονικών τάσεων και τον εντοπισμό συσχετίσεων μεταξύ τους.

Οι εξελίξεις που προαναφέρθηκαν έχουν οδηγήσει στην συνεχή ανάπτυξη των υπάρχοντων συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων, αφενός σε επίπεδο βελτίωσης των επιδόσεων τους, όσο και επίπεδο απλούστευσης της προσβασιμότητας τους για χρήστες διαφορετικών αναγκών. Η σημερινή τάση είναι πρωτίστως η ανάπτυξη τεχνολογιών με κύριο στόχο την γρήγορη και αποδοτική επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων, παράλληλα με τη δημιουργία εφαρμογών για την προβολή των αποτελεσμάτων και την δημιουργία εκθέσεων και αναφορών που έχουν πρακτικό ενδιαφέρον για ένα ευρύτερο φάσμα τελικών χρηστών.

Η ανάγκη για αξιοποίηση δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές ώστε να είναι εφικτή η ταυτόχρονη επεξεργασία τους ικανοποιήθηκε από την σημαντική πρόοδο στην τεχνολογία των Αποθηκών Δεδομένων (Data Warehouses - DW). Παράλληλα με τις Αποθήκες Δεδομένων αναπτύχθηκαν και οι εφαρμογές σύγχρονης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων (Online

Analytical Processing - OLAP). Ο όρος OLAP χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η ανάλυση σε πολυδιάστατο επίπεδο πολύπλοκων δεδομένων που προέρχονται από Αποθήκες Δεδομένων.

Την τελευταία δεκαετία έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems - GIS), διότι είναι πολύ αποτελεσματικά στην συγκέντρωση, αποθήκευση, διαχείριση και παρουσίαση των χωρικών (spatial) δεδομένων. Ωστόσο, υστερούν στην επεξεργασία χρονικών (temporal) δεδομένων, στον συνδυασμό, τη διασταύρωση και τη συνάθροιση των δεδομένων για την Ανεύρεση Γνώσης (Knowledge Discovery). Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να καλύψουν το κενό μεταξύ της ανάλυσης των χωρικών δεδομένων και της ανακάλυψης γεωγραφικής γνώσης. Ο **συνδυασμός** των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και της Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων μπορεί να επιλύσει τα επιμέρους προβλήματα και να επιτευχθούν πολύ καλά αποτελέσματα.

Η κατασκευή προηγμένων εφαρμογών, απαιτούν νέες προσεγγίσεις στους τομείς της αποθήκευσης και διαχείρισης χωροχρονικών (spatiotemporal) δεδομένων. Με τον όρο χωροχρονικά δεδομένα εννοείται η ευρύτερη κατηγορία δεδομένων που εμπλέκουν χωρική και χρονική πληροφορία. Παρά το μεγάλο όγκο χωροχρονικών δεδομένων που συλλέγεται καθημερινά, τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων δεν υποστηρίζουν αυτού του τύπου τα δεδομένα. Πρόσφατα, μάλιστα, έχουν εμφανιστεί εμπορικές εφαρμογές Χωρικής Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων (Spatial On-line Analytical Processing - SOLAP) οι οποίες αποτελούν ολοκληρωμένες εφαρμογές GIS και OLAP.

Έτσι, λοιπόν, αναπτύχθηκαν οι χωρικές βάσεις δεδομένων (Spatial Data-Bases) όπου αποθηκεύονται χωρικά δεδομένα, όπως χάρτες, εικόνες, και άλλα χωρικά δεδομένα και οι οποίες έχουν χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Οι χωρικές βάσεις δεδομένων μπορούν να ολοκ-

ληρωθούν και να δημιουργήσουν Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων (Spatial Data Warehouses) έτσι ώστε να υποβοηθηθεί η Χωρική Πολυδιάστατη Ανάλυση Δεδομένων (Spatial On-line Analytical Processing).

Γεννιούνται, όμως, μεγάλες προκλήσεις αναφορικά με την δημιουργία και τη χρησιμοποίηση των Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων. Για παράδειγμα, δημιουργείται το ζήτημα της αποθήκευσης των χωρικών δεδομένων καθώς αυτά προέρχονται από ετερογενείς πηγές και συστήματα. Επίσης, θα πρέπει η Χωρική Πολυδιάστατη Ανάλυση Δεδομένων να πραγματοποιείται γρήγορα και να είναι αποδοτική και ευέλικτη, έτσι ώστε τα συστήματα αυτά να μπορούν να δώσουν αναλύσεις και να υποβοηθούν ουσιαστικά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Με αφορμή τα παραπάνω, στα επόμενα κεφάλαια θα αναλυθούν οι βασικές έννοιες που πραγματεύεται η πτυχιακή εργασία, σχετικά με τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (κεφάλαιο 1), τις Αποθήκες Δεδομένων, την Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία των Δεδομένων καθώς και την Εξόρυξη Δεδομένων (κεφάλαιο 2). Στο κεφάλαιο 3, θα αναφερθούμε διεξοδικά στο συνδυασμό των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων με τις Αποθήκες Δεδομένων και την Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων και θα επισημανθούν τα πλεονεκτήματα που μπορούν να αποκομίσουν οι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις από την αξιοποίηση τέτοιων συστημάτων κυρίως στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τέλος, στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η ανάλυση μιας εφαρμογής που υλοποιήθηκε έτσι ώστε να παρουσιαστεί η χρησιμότητα της Χωρικής Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων και πως τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και τα Συστήματα Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων μας βοηθούν στη λήψη αποφάσεων.

Κεφάλαιο 1: Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα

1.1 Τι είναι τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα;

Ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (ΓΠΣ) (**Geographical Information System – GIS**) είναι ένα σύστημα λογισμικού (software), υλικού (hardware), δεδομένων (data) και προσωπικού – χρηστών που έχουν σκοπό να βοηθήσουν στο χειρισμό την ανάλυση και στην παρουσίαση των πληροφοριών που είναι συγκεντρωμένα σε μια περιοχή. Στην ουσία ένα σύστημα GIS συνδυάζει κάποια «στρώματα» από πληροφορίες σχετικά με μια περιοχή για την καλύτερη κατανόηση και ανάλυση της περιοχής αυτής. Η τεχνολογία των GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επιστημονικές έρευνες στη διαχείριση πόρων και στη σχεδίαση αναπτυξιακών προγραμμάτων. Για παράδειγμα, ένα σύστημα GIS μπορεί να βοηθήσει τον άνθρωπο στο χρονικό υπολογισμό μιας φυσικής καταστροφής όπως τυφώνες, ανεμοστρόβιλους και καταιγίδες [5].

Ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα, είναι ένα υπολογιστικό σύστημα για την διαχείριση χωρικών δεδομένων. Η λέξη *γεωγραφικό* σημαίνει ότι οι τοποθετήσεις των στοιχείων δεδομένων είναι γνωστές, ή μπορούν να μετρηθούν, από την άποψη των γεωγραφικών συντεταγμένων (γεωγραφικό μήκος και πλάτος). Τα περισσότερα GIS είναι περιορισμένα στα δεδομένα σε δυο χωρικές διαστάσεις, αν και μερικά συστήματα συγκεκριμένου ενδιαφέροντος των γεωλόγων έχουν τρισδιάστατες ικανότητες και μπορούν να αναπαριστούν αντικείμενα όπως ανακλινόμενες πτυχώσεις. Η λέξη πληροφορία υπονοεί ότι τα δεδομένα σε ένα GIS είναι οργανωμένα να αποδίδουν χρήσιμες γνώσεις, συχνά ως πολύχρωμοι χάρτες και εικόνες, αλλά επίσης και ως στατιστικά γραφικά, πίνακες, και πολλές απαντήσεις στην οθόνη σε διαδραστικά ερωτήματα. Η λέξη *σύστημα* υπαινίσσεται ότι το GIS είναι κατασκευασμένο από διάφορα αλληλένδετα και συνδεδεμένα περιεχόμενα στοιχεία με διάφορες λειτουργίες. Έτσι, το GIS έχει λειτουργικές ικανότητες για να «αιχμαλωτίζει», να εισάγει, να χειρίζε-

ται, να μετατρέπει, να εικονοποιεί, να συνθέτει, να ρωτά, να αναλύει, να μοντελοποιεί και να εξάγει δεδομένα. Ένα GIS αποτελείται από ένα πακέτο υπολογιστικών προγραμμάτων με μια διεπαφή χρήστη η οποία παρέχει πρόσβαση σε συγκεκριμένες λειτουργίες. Ο χρήστης μπορεί να χειρίζεται τις λειτουργίες του GIS με μια γραφική διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface – GUI) ή με τη βοήθεια μιας γλώσσας εντολών, που αποτελείται από δηλώσεις του προγράμματος που υπαγορεύουν τη συνοχή και τον τύπο των εφαρμογών [1].

1.2 Πως λειτουργεί ένα GIS;

1.2.1 Συσχετισμός των πληροφοριών από διαφορετικές πηγές

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων είναι η δυνατότητα που έχουν να συνδυάζουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές. Αν για παράδειγμα συνδυαστούν οι τιμές θερμοκρασίας μιας γεωγραφικής περιοχής με τις αεροφωτογραφίες της περιοχής αυτής θα μπορούν να υπολογιστούν οι επιπτώσεις που θα έχει η άνοδος της θερμοκρασίας στην περιοχή αυτή. Δηλαδή, αν η περιοχή αυτή απεικονίζει μία λίμνη, θα μπορεί να υπολογιστεί πόσο θα χαμηλώσει η στάθμη του νερού της λίμνης [3].

Οι πηγές πληροφοριών δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα ανεξάρτητα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα δεδομένα που έχουν οι πηγές να καθορίζουν τη θέση του κάθε χαρακτηριστικού του οποίου περιγράφουν. Η θέση αυτή μπορεί να περιγραφεί από τις συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους, πλάτους κ.τ.λ. Με λίγα λόγια κάθε μεταβλητή που μπορεί να τοποθετηθεί γεωγραφικά αποτελεί χρήσιμη πληροφορία για τα GIS. Παραπάνω αναφέραμε ότι τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα μπορούν να αξιοποιήσουν πληροφορίες από διάφορες μορφές αρκεί να τις μετατρέψουν σε πληροφορία η οποία να μπορεί να επεξεργαστεί από αυτά. Έτσι, δεδομένα διαφορετικού είδους σε μορφή χάρτη μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα. Ένα

σύστημα σαν αυτό μπορεί επίσης να μετατρέπει τις ψηφιακές πληροφορίες που δεν είναι σε μορφή χάρτη ακόμη σε μορφές τις οποίες να μπορεί να χρησιμοποιήσει [3].

1.2.2 Συλλογή δεδομένων

Όπως αναφέραμε προηγουμένως τα GIS έχουν τη δυνατότητα να δέχονται πληροφορίες από διαφόρων μορφών πηγές. Όταν η πληροφορία που δέχεται είναι σε μορφή ψηφιακή η εισαγωγή της στο σύστημα είναι απλή. Αντιθέτως αν η πληροφορία δεν είναι σε ψηφιακή μορφή θα πρέπει οι χάρτες να ψηφιοποιηθούν έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να τους αναγνωρίσει. Αυτό γίνεται με διάφορες μεθόδους. Για την συλλογή των δεδομένων ενός χάρτη μπορεί για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί ένα ειδικά τροποποιημένο ποντίκι το οποίο εισάγει τις συντεταγμένες διαφόρων χαρακτηριστικών όπως πόλεις, λίμνες κ.τ.λ. στο σύστημα [5].

Επίσης, χάρτες ορισμένων τύπων μπορούν να ψηφιοποιηθούν από συσκευές σάρωσης (scanner). Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορεί να δώσει έμφαση στη χωρική σχέση μεταξύ των αντικειμένων τα οποία χαρτογραφούνται. Ενώ για παράδειγμα ένα απλό υπολογιστικό σύστημα χαρτογράφησης θα εμφανίσει τον δρόμο σαν μία απλή γραμμή, το GIS πιθανόν να εμφανίσει το δρόμο και ως σύνορο μεταξύ ενός υγροτόπου και μιας κατοικημένης περιοχής η σαν σύνδεσμο του δρόμου με ένα σοκάκι [5].

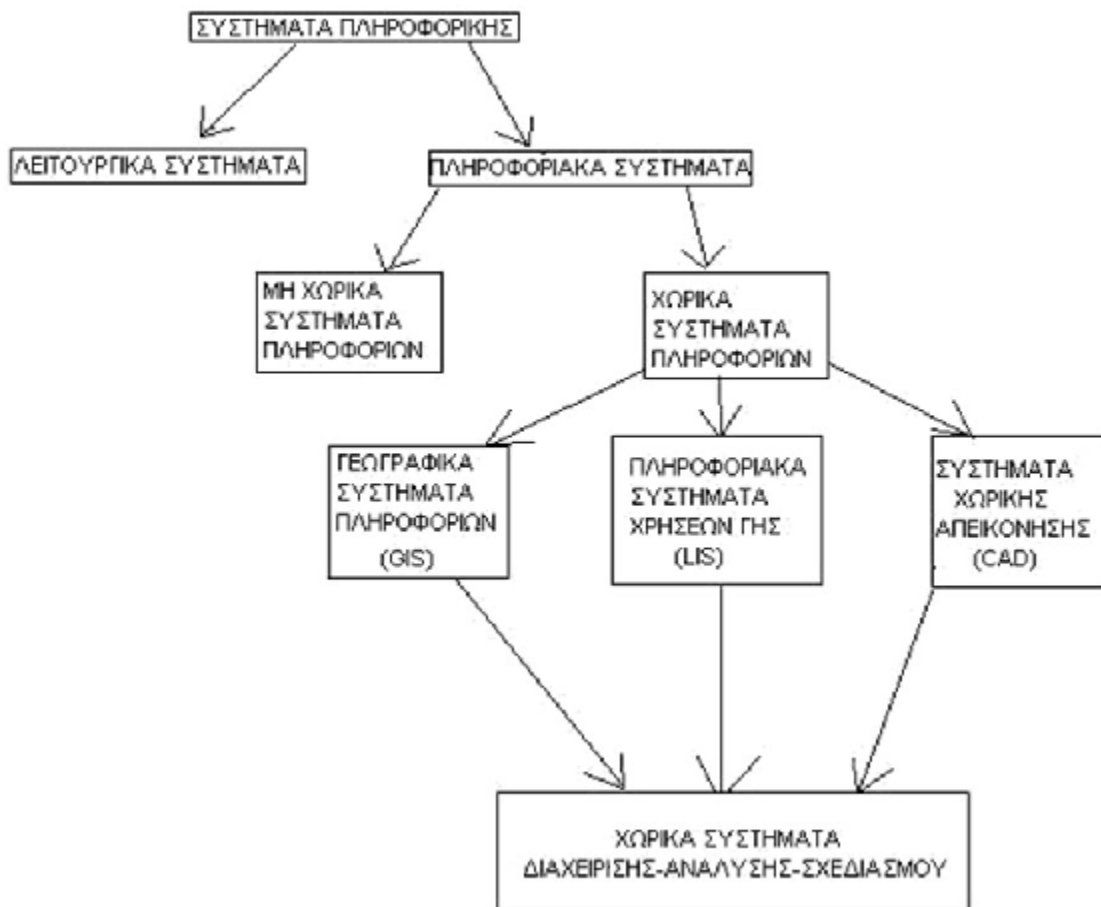
Η εισαγωγή πληροφοριών στο σύστημα, δηλαδή, η συλλογή δεδομένων είναι το πιο χρονοβόρο συστατικό των GIS. Αυτό γίνεται επειδή σ' αυτό το στάδιο θα πρέπει να προσδιοριστούν οι ταυτότητες των αντικειμένων του χάρτη καθώς και οι χωρικές τους σχέσεις. Επίσης, χρονοβόρα διαδικασία μπορεί να αποδειχθεί και η επεξεργασία των πληροφοριών που εισάγονται αυτόματα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθυστερήσει ακόμη περισσότερο τη διαδικασία

συλλογής δεδομένων. Για παράδειγμα, ένα σκουπιδάκι που μπορεί να υπάρχει στον σαρωτή (scanner) θα σαρωθεί με την ίδια λεπτομέρεια που θα σαρωθούν τα χαρακτηριστικά ενός χάρτη. Έτσι, αυτή η λανθασμένη πληροφορία μπορεί για παράδειγμα να συνδέσει δύο δρόμους οι οποίοι στην πραγματικότητα είναι άσχετοι μεταξύ τους [5].

Ένα **χωρικό σύστημα πληροφοριών** [2] είναι μια ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά κατανομημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές, ή επιφάνειες. Έτσι ένα χωρικό σύστημα πληροφοριών επεξεργάζεται στοιχεία για αυτά τα σημεία, γραμμές, ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση μη προκαθορισμένων χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση του όρου χωρικά ή του πιο συνηθισμένου Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geo-data ή Land Information System) κλπ. έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και διαφωνιών μεταξύ των ειδικών και των χρηστών των συστημάτων αυτών. Η πληθώρα των όρων και των ορισμών πρέπει να αποδοθεί στο ότι τα χωρικά συστήματα πληροφοριών είναι μια νέα επιστημονική περιοχή και επιπλέον αποτελεί αντικείμενο πολλών φυσικών και κοινωνικών επιστημών που ασχολούνται με την διεκπεραίωση χωρικών στοιχείων. Μια κατηγοριοποίηση που θα μπορούσε να γίνει αποδεκτή από το σύνολο σχεδόν όσων ασχολούνται με το θέμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και αναφέρεται σε τρεις ομάδες χωρικών συστημάτων πληροφοριών [2]:

- Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης (Computer Aided Design – CAD).
- Πληροφοριακά Συστήματα Χρήσεων Γης (Laboratory Information Systems – LIS).
- Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems – GIS).



Εικόνα 1: Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Πληροφορικής (Πηγή: [3])

1.2.3 Κατηγορίες χωρικών συστημάτων πληροφοριών

1.2.3.1 Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης

Τα Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης (Computer Aided Design - CAD) ξεκίνησαν βασικά σαν γραφικά συστήματα από σχεδιαστές (αρχιτέκτονες, σχεδιαστές τοπίου και βιομηχανικούς σχεδιαστές) για να υποστηρίξουν και να απεικονίζουν την καθαρά σχεδιαστική δουλειά τους. Τα σημερινά πακέτα CAD, όμως, έχουν εφοδιαστεί με επιπλέον δυνατότητες που επιτρέπουν ποιοτικές και ποσοτικές σχεδιαστικές αναλύσεις και κυρίως διαθέτουν βάσεις δεδομένων στις οποίες μαζί με τα στοιχεία αποθηκεύεται κι ένας εξαιρετικά μεγάλος αριθμός συμβόλων για σχεδιαστική χρήση. Σαν αποτέλεσμα, ο αυτόματος σχεδιασμός

συμπληρώνεται με μια σειρά από διαχειριστικές δυνατότητες (π.χ. αλλαγή κλίμακας, περιστροφή, zooming, editing κ.λ.π.) [2].

Στην ίδια ομάδα ανήκουν και η Αυτόματη Χαρτογράφηση (Automated Mapping - AM), δηλαδή η εφαρμογή γραφικών στον Η/Υ η οποία αργότερα επεκτάθηκε με την δυνατότητα να αποθηκεύει και να ανακαλεί χωρικά και μη χωρικά στοιχεία που συνδέονται με τα γραφικά, δημιουργώντας έτσι την υπομάδα Αυτόματης Χαρτογράφησης/ Διαχείρισης Εγκαταστάσεων (Automated Mapping/ Facilities Management-AM/FM) για χρήση κυρίως στα δίκτυα κοινής ωφέλειας [2].

1.2.3.2 Πληροφοριακά Συστήματα Χρήσεων Γης (LIS)

Τα συστήματα αυτά αποτελούν ουσιαστικά εργαλεία διαχείρισης γεωγραφικών στοιχείων για χρήσεις γης. Βασικό χαρακτηριστικό και στόχος τους έχουν τη δημιουργία μιας πολύ λεπτομερούς βάσης δεδομένων, η οποία επιτρέπει στοιχεία με πάρα πολύ μεγάλη ακρίβεια να αποθηκεύονται, διαχειρίζονται, επικαιροποιούνται και να παρουσιάζονται [2].

1.2.3.3 Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS)

Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό, χρησιμοποιούνται δηλαδή μέσα από πολλές προσεγγίσεις στην διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό μέχρι και εθνικό επίπεδο. Σαν αποτέλεσμα, τα συστήματα αυτά σαν τμήματα μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης, μολονότι απαιτούν διαχείριση της Βάσης Δεδομένων (Data Management), κυρίως διαθέτουν μια σειρά από εργαλεία για τον μετασχηματισμό των στοιχείων, αναγκαίων για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Επομένως, σε καμιά περίπτωση δεν αποτελούν Συστήματα Γεωγραφικών Πλη-

ροφοριών, όπου η μοναδική έμφαση είναι στην διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών [2].

Πιο συγκεκριμένα, τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου [4].

Σαν αποτέλεσμα, ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών έχει την δυνατότητα να φέρει σε πέρας τις εξής δραστηριότητες:

1. Πρώτον, μπορεί να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων.
2. Δεύτερον, αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης, εστιζόμενο ειδικά στην χωρική διάσταση των στοιχείων.
3. Τρίτον, αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Σε θεωρητικό επίπεδο, τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, διαφέρουν τόσο από τα συστήματα χωρικής απεικόνισης όσο και από τα πληροφοριακά συστήματα χρήσεων γης. Έτσι, ενώ τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα εστιάζονται στην ανάλυση χωρικών δεδομένων, τα συστήματα χωρικής απεικόνισης ενδιαφέρονται για την διαδικασία απεικόνισης και την χρήση των διαφόρων συμβόλων. Σαν αποτέλεσμα στα Συστήματα Χωρικής Απεικόνισης, σε αντίθεση με τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, η έμφαση είναι στην παρουσίαση. Η διαφορά ανάμεσα στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και τα Πληροφοριακά Συστήματα Χρήσεων Γης είναι ο βαθμός ακρίβειας των στοιχείων του συστήματος (υψηλότερος στα Πληροφοριακά Συστήματα Χρή-

σεων Γης) καθώς και στον τρόπο χρήσης των στοιχείων (διοικητική διαχείριση στα Πληροφοριακά Συστήματα Χρήσεων Γης). Τέλος τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα διαφέρουν και από τα συστήματα χωρικής απεικόνισης και από τα πληροφοριακά συστήματα χρήσεων γης γιατί διαθέτουν επιπλέον δυνατότητες χωρικής ανάλυσης, και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης χωρικής προσέγγισης για τον σχεδιασμό [2].

Σήμερα, όμως, οι πρόσφατες εξελίξεις οδηγούν κάθε σύστημα να εμπλουτίζεται συνέχεια με τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα των άλλων συστημάτων, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια ομογενοποίηση και μια σύγκλιση όλων των συστημάτων προς μια μορφή όπου η διαχείριση, η ανάλυση και ο σχεδιασμός αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα τους, διαφοροποιούμενα μόνο στην έμφαση που δίνει κάθε σύστημα [2].

1.2.4 Ενοποίηση δεδομένων

Το μεγαλύτερο ίσως πλεονέκτημα που έχουν τα GIS είναι η δυνατότητα να συνδέουν και να ενοποιούν μεταξύ τους τα δεδομένα από τις διάφορες πηγές. Αυτό γίνεται σε τέτοιο βαθμό που ενώ στην αρχή το σύνολο των δεδομένων δεν φαίνεται να οδηγεί σε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα, μετά την ανάλυσή τους από το σύστημα προκύπτουν νέες μεταβλητές οι οποίες δεν ήταν εμφανής από την αρχή [5].

1.2.5 Προβολή και καταγραφή

Η κλίμακα που μπορεί να έχει ένας χάρτης ιδιοκτησίας μπορεί να είναι διαφορετική από αυτή ενός εδαφολογικού χάρτη που χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση ενός GIS. Γι' αυτόν τον λόγο τα δεδομένα των χαρτών που εισάγονται θα πρέπει να επεξεργαστούν έτσι ώστε για τις ίδιες περιοχές, διαφορετι-

κές πηγές δεδομένων να δίνουν τις ίδιες πληροφορίες πριν καταχωρηθούν στο σύστημα [5].

Μια μέθοδος δημιουργίας χαρτών είναι η προβολή. Με τη μαθηματική της έννοια η προβολή έχει ως σκοπό να μεταφέρει τις τρισδιάστατες πληροφορίες της γης σε δυσδιάστατο μέσο όπως στο χαρτί ή στην οθόνη του υπολογιστή. Διαφορετικοί τύποι προβολής χρησιμοποιούνται σε κάθε χάρτη, γιατί κάθε προβολή είναι κατάλληλη για συγκεκριμένη χρήση. Παραδείγματος χάριν, μια προβολή που αντιπροσωπεύει ακριβώς τις μορφές των ηπείρων θα διαστρεβλώσει τα σχετικά μεγέθη τους [5].

Τα GIS έχοντας ως πηγές πληροφοριών έτοιμους κατασκευασμένους χάρτες με διαφορετικές προβολές, προκειμένου να είναι διαθέσιμα για επεξεργασία και ανάλυση είναι αναγκαίο να μετατραπούν όλοι σε μια κοινού τύπου προβολή. Αυτό πραγματοποιείται κυρίως από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και εν μέρει από τον άνθρωπο [5].

1.2.6 Δομές Δεδομένων

Ένα ακόμη πρόβλημα που προκύπτει είναι ο τρόπος με τον οποίο θα αποθηκευτούν οι πληροφορίες στο σύστημα με την συλλογή πληροφοριών από διαφορετικού τύπου πηγές, ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη επεξεργασία τους. Το GIS θα πρέπει να έχει δυνατότητες μετατροπής από μία δομή σε μία άλλη για να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες συμβατότητας μεταξύ των πληροφοριών του [5].

Τα δεδομένα από τις ψηφιακές φωτογραφίες των δορυφόρων που έχουν “ερμηνευτεί” (interpreted) απ’ το σύστημα σε ένα χάρτη χρήσης του εδάφους, βρίσκονται στο GIS σε μορφή raster. Τα δεδομένα raster αποτελούνται από πί-

νακες κοινών στοιχείων που περιγράφουν τις αξίες των στοιχείων τους. Για παράδειγμα, η ταξινόμηση κάλυψης του εδάφους [5].

Τα δεδομένα τύπου raster συνήθως δεν είναι αρκετά λεπτομερή όπως είναι τα διανυσματικά (vector) γραφικών αλλά είναι πολύ γρήγορα στην επεξεργασία τους από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα διανυσματικά ψηφιακά δεδομένα ορίζονται ως σημεία, γραμμές (σειρά συνταγμένων σημείων), ή περιοχές (σχήματα οριοθετημένα από γραμμές). Τα όρια ιδιοκτησίας μιας κατοικίας θα μπορούσαν να αναφερθούν σαν παράδειγμα των στοιχείων που κρατούν χαρακτηριστικά σε ένα διανυσματικό αρχείο [5].

Τα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων (vector data models) αντιμετωπίζουν φαινόμενα όπως σύνολα των πρωτογενών και σύνθετων χωρικών ενότητων. Στα δισδιάστατα (2D) μοντέλα οι βασικές οντότητες είναι σημεία, γραμμές και περιοχές, ενώ στα τρισδιάστατα (3D) μοντέλα υπάρχουν επιπλέον επιφάνειες και όγκοι. Οι βασικές οντότητες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν κάθε φορά εξαρτώνται από την κλίμακα της παρατήρησης ή το επίπεδο της γενίκευσης. Σε μια μικρής κλίμακας αντιπροσώπευση, φαινόμενα όπως οι πόλεις μπορούν να παρουσιαστούν σαν μεμονωμένα σημεία, ενώ οι δρόμοι και τα ποτάμια παρουσιάζονται ως γραμμές. Καθώς η κλίμακα της παρουσίασης αυξάνεται, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Σε μια μέση κλίμακα μία πόλη μπορεί να παρουσιαστεί ως ένα αρχέτυπο περιοχής που αναγράφει τα όρια της πόλης αυτής. Σε μεγαλύτερες κλίμακες η πόλη μπορεί να παρουσιαστεί ως ένα πολύπλοκο σύνολο από χωρικά αρχέτυπα που αναπαριστούν τα σύνορα των κτηρίων, των δρόμων, των πεζοδρομίων, των πάρκων και των άλλων φυσικών φαινομένων από τα οποία αποτελείται. Η έκφραση διανυσματικό μοντέλο προκύπτει από το γεγονός ότι οι πρωτογενείς χωρικές οντότητες χωρίζονται συνήθως με όρους συντεταγμένων. Η θέση ενός σημείου περιγράφεται από ένα απλό σύνολο συντεταγμένων σε δύο ή τρεις διαστάσεις. Μια γραμμή ορίζεται συνήθως από μια διατεταγμένη ακολουθία δύο ή περισσότερων συνόλων με

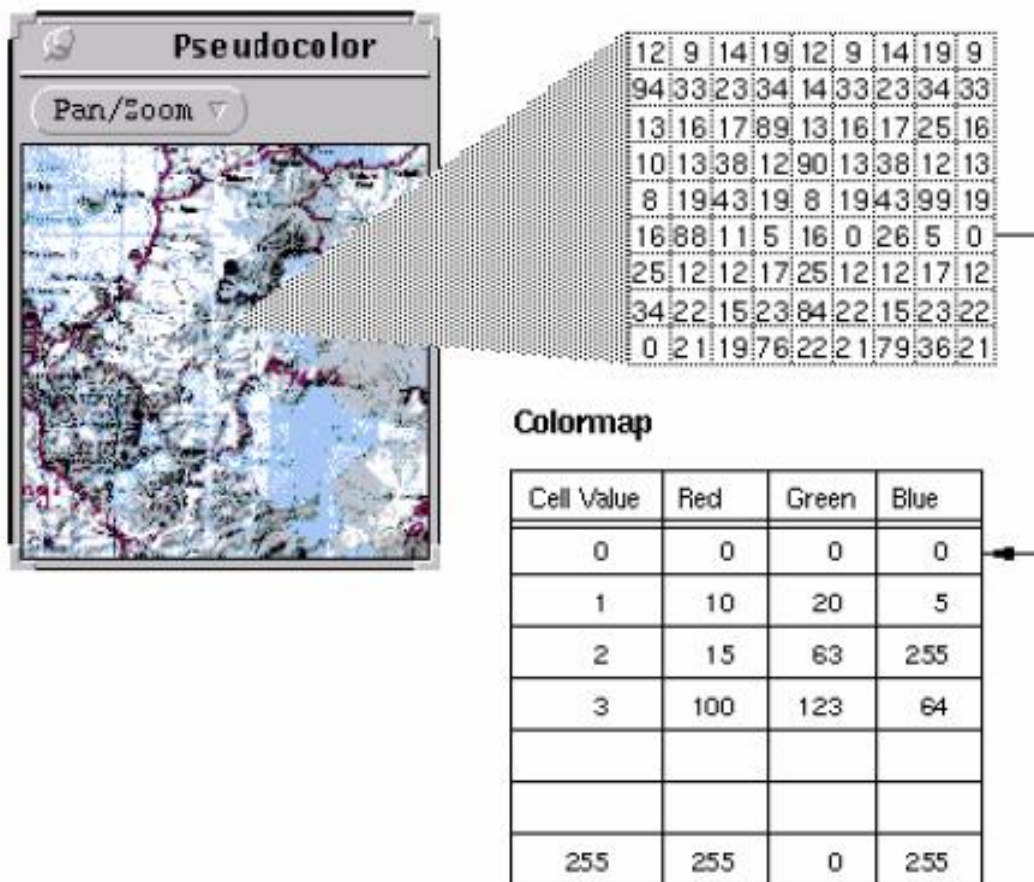
συντεταγμένες σημείων. Το μονοπάτι μίας γραμμής μεταξύ προκαθορισμένων συντεταγμένων εφαρμόζεται σαν μία γραμμική συνάρτηση ή μίας υψηλότερης τάξης μαθηματική συνάρτηση η οποία μπορεί να υπολογιστεί σαν συλλογή από ενδιάμεσα σημεία. Μια περιοχή ορίζεται τυπικά ως ένα σύνορο (όριο) που αποτελείται από μία ή περισσότερες γραμμές που εκφράζουν ένα κλειστό βρόχο. Εάν η περιοχή έχει τρύπες μέσα της τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότεροι βρόχοι για να την περιγράψουν [6].



Εικόνα 2: Διανυσματική (vector) εικόνα (πηγή: <http://e-pcmag.gr/forum/vector-magic>)

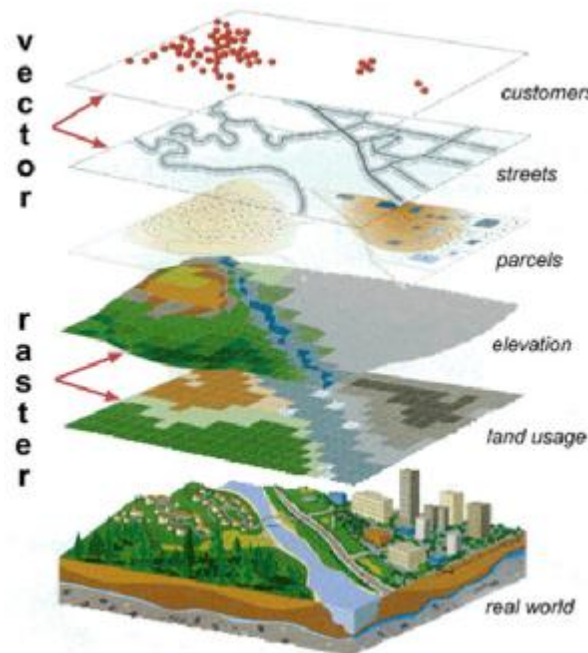
Τα ψηφιογραφικά μοντέλα δεδομένων (raster data models) απαιτούν χώρο καθώς είναι μία συλλογή από κελιά καθένα από τα οποία σχετίζεται με μία καταγραφή της ταξινόμησης ή της αναγνώρισης των φαινομένων που καταλαμβάνει. Ο όρος «pixel», που σημαίνει στοιχείο εικόνας, χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθεί σε ένα κελί και πράγματι τόσο ο όρος «pixel», όσο και ο όρος «raster» προέρχονται από το περιεχόμενο της επεξεργασίας εικόνων στην οποία

μεμονωμένες εικόνες μπορούν να δημιουργηθούν από μία διαδικασία σάρωσης του ίδιου είδους που χρησιμοποιείται για να παράγει εικόνες βίντεο σε κάμερες τηλεόρασης. Τα ψηφιογραφικά δεδομένα στο GIS συχνά προέρχονται από συσκευές σάρωσης που χρησιμοποιούνται στην τηλεανίχνευση από αεροσκάφη και δορυφόρους και από αυτούς που χρησιμοποιούν ψηφιοποιημένα έγγραφα. Τα πληροφοριακά συστήματα που χρησιμοποιούν το ψηφιογραφικό μοντέλο, εφαρμόζουν συνήθως την προσέγγιση σε επίπεδο. Σε κάθε επίπεδο τα ψηφιογραφικά κελιά καταγράφουν την παρουσία φαινομένων συγκεκριμένων κατηγοριών. Η τιμή των μεμονωμένων κελιών υποδεικνύει τις κατηγορίες των φαινομένων κελιών εντός μιας δοθείσης κατηγορίας. Για παράδειγμα σε ένα επίπεδο εδάφους η κατηγορία μπορεί να είναι ο κυρίαρχος τύπος του εδάφους εντός του κελιού [6].



Εικόνα 3: Ψηφιογραφική (raster) εικόνα (πηγή: Ν. Ανδρουλακάκης, Ψηφιδωτά Αρχαία)

Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται η σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων γραφικών που προαναφέρθηκαν.



Εικόνα 4: Σύγκριση vector και raster εικόνων (πηγή: N. Ανδρουλακάκης, Ψηφιδωτά Αρχεία)

Η διαδικασία αυτή (data restructuring) μπορεί να πραγματοποιηθεί απ' το GIS για να μετατρέψει δεδομένα σε διαφορετικά διαμερίσματα. Για παράδειγμα, ένα σύστημα GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει σε διανυσματική δομή την ψηφιακή φωτογραφία (raster) ενός δορυφόρου με την παραγωγή των γραμμών γύρω από όλα τα στοιχεία με την ίδια ταξινόμηση, καθώς και να καθορίσει τις χωρικές σχέσεις, όπως ο συνυπολογισμός ή η γειτονικότητα. Επομένως ένα GIS σύστημα χρησιμοποιείται για την ανάλυση πληροφοριών χρήσης εδάφους από κοινού με τις πληροφορίες ιδιοκτησίας [6].

1.2.7 Μοντελοποίηση Δεδομένων

Δύσκολα μπορούν να συσχετιστούν οι ποσότητες βροχοπτώσεων που καταγράφονται σε σχέση με χάρτες υγρασιμότητας σε διαφορετικά σημεία, όπως αε-

ροδρόμια, τηλεοπτικούς σταθμούς και σχολεία. Ωστόσο μπορεί να απεικονιστεί δυσδιάστατα και τρισδιάστατα από ένα GIS χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας, του υπεδάφους και της ατμόσφαιρας [5].

Για παράδειγμα, μπορεί να παραχθεί γρήγορα ένας χάρτης με τις γραμμές που δείχνουν τα ποσά βροχοπτώσεων από ένα GIS. Ένας τέτοιος χάρτης μπορεί να θεωρηθεί ως χάρτης περιγράμματος βροχοπτώσεων. Τα χαρακτηριστικά των επιφανειών από ένα περιορισμένο αριθμό σημαδεμένων μετρήσεων μπορούν να υπολογιστούν προσεγγιστικά από πολλές περίπλοκες μεθόδους. Ένας χάρτης δισδιάστατος που προκύπτει από μετρήσεις των σημείων βροχοπτώσεων μπορεί να επικαλυφθεί και να αναλυθεί με οποιοδήποτε άλλο χάρτη σε ένα GIS που καλύπτει την ίδια περιοχή [5].

1.3 Τα ειδικά χαρακτηριστικά των συστημάτων GIS

Ο τρόπος με τον οποίο οι χάρτες και τα υπόλοιπα δεδομένα αποθηκεύονται και αρχειοθετούνται ως στρώσεις (layers) πληροφοριών σε ένα γεωγραφικό σύστημα, μας δίνει τη δυνατότητα εκτέλεσης περίπλοκων αναλύσεων.

1.3.1 Ανάκτηση πληροφοριών

Με ένα σύστημα GIS μπορεί να «σημαδευτεί» σε μια τοποθεσία, αντικείμενο ή περιοχή στην οθόνη και να ανακτηθούν από μη προβαλλόμενα αρχεία καταγεγραμμένες πληροφορίες. Χρησιμοποιώντας σαρωμένες αεροφωτογραφίες σαν ένα οπτικό οδηγό, μπορεί να «ζητηθεί» από ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών η γεωλογία ή η υδρολογία μιας περιοχής. Με αυτό τον τύπο της αναλυτικής μεθόδου μπορεί να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την περιβαλλοντική ευαισθησία των ελών [2].

1.3.2 Τοπολογική διαμόρφωση

Τα προηγούμενα 35 χρόνια ήταν δύσκολο να ελεγχθεί αν μπορεί να χτιστεί μία εργοστασιακή μονάδα δίπλα σε ένα έλος αφού δεν μπορούσαν να προβλεφθούν πιθανές πλημμύρες ή άλλες φυσικές επιρροές του έλους με τη λειτουργία του εργοστασίου. Ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα μπορεί να «διαβάσει – αναγνωρίσει» και να αναλύσει τις σχέσεις μεταξύ χαρτογραφημένων φαινομένων. Οι όροι του περιεχομένου (*τί εμπεριέχεται σε τί*), της γεινιάσης (*τί είναι δίπλα σε τί*) και της εγγύτητας (*πόσο κοντά είναι κάτι σε κάτι άλλο*) μπορεί να καθοριστεί με ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα [2].

1.3.3 Δίκτυα

Αν τα εργοστάσια τα οποία βρίσκονται κοντά σε έναν υγρότοπο απελευθέρωναν την ίδια στιγμή χημικά σε έναν ποταμό, πόσο καιρό θα χρειαζόταν μια καταστροφική ποσότητα ρυπαντικών να εισέλθει στον υγρότοπο; Ένα σύστημα GIS υπολογίζει την πορεία των υλικών κατά μήκος ενός γραμμικού δικτύου. Επίσης μπορούν να εισαχθούν τιμές όπως η διεύθυνση και η ταχύτητα στην ψηφιακή ροή και «κίνηση» των περιεχόμενων διάμεσου του συστήματος ροής [2].

1.3.4 Επικάλυψη

Χρησιμοποιώντας τους χάρτες των υγροτόπων, των κλίσεων που έχουν, των ρευμάτων ή των εδαφών, το GIS μπορεί να παράγει ένα νέο στρώμα χαρτών το οποίο να κατατάσσει τους υγροτόπους ανάλογα με την ευαισθησία που έχουν σε καταστροφές, εξαιτίας εργοστασίων που μπορεί να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση [2].

1.3.5 Εξαγωγή δεδομένων

Οι πηγές μόλυνσης αναπαριστούνται ως σημεία. Οι κύκλοι οι οποίοι είναι χρωματισμένοι δείχνουν την απόσταση από τις πηγές μόλυνσης και με πράσινο φαίνονται οι υγρότοποι το οποίο καθορίζεται από τον χρήστη.

Ένα σημαντικό συστατικό ενός GIS είναι η ικανότητα που έχει να παράγει γραφικά στην οθόνη ή σε ένα χαρτί τα αποτελέσματα από μια ανάλυση, και αυτό βοηθά τους χρήστες να αποφασίζουν σχετικά με τις πηγές μόλυνσης και επίσης βοηθά τους ειδικούς στον υπολογισμό πιθανών μελλοντικών γεγονότων [5].

1.4 Εφαρμογές των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

1.4.1 Δημιουργία χαρτών

Οι ερευνητές εργάζονται για να παράγουν αυτοματοποιημένη παραγωγή χαρτών και αυτό προσπαθούν να το πετύχουν ενσωματώνοντας την τεχνολογία δημιουργίας χαρτών με παραδοσιακούς χαρτογράφους σε τεχνολογία GIS.

Χρησιμοποιώντας ψηφιακές εκδόσεις της κλίμακας 1:100.00 δημιούργησαν έναν χάρτη για την πόλη του New Jersey κλίμακας 1:500.00. Η ψηφιακή αναθεώρηση πραγματοποιήθηκε σε τρία βήματα κλιμακωτής μείωσης.:

1:100.00, 1:250.00, 1:500.00

Σε κάθε μείωση της κλίμακας του χάρτη έπρεπε να «ταυτιστούν» οι γωνίες των επιφανειών, του χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας έτσι ώστε να παραχθεί ο χάρτης μικρότερης κλίμακας.

Επίσης μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται γενίκευση «generalization», η ποσότητα των πληροφοριών είχε μειωθεί έτσι ώστε ο μικρότερης κλίμακας χάρτης να είναι πιο αναγνώσιμος [5].

1.4.2 Επιλογή περιοχών

Η υπηρεσία γεωλογίας των ΗΠΑ σε ένα πρόγραμμα με το Connecticut Department of Natural Resources, ψηφιοποίησαν περισσότερους από 40 χάρτες που καλύπτονται από τη USGS Broad Book και Ellington.

Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να συνδυαστούν και να εισαχθούν σε ένα σύστημα GIS με σκοπό να διευθύνει τη σχεδίαση σε θέματα φυσικών πηγών. Τέτοιες πληροφορίες γεωγραφικών συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν για να εντοπίσει ένα νέο πηγάδι σε μια περιοχή όπως έγινε στη Somers Water Company [5].

Για να γίνει η ανάλυση οι ψηφιακοί χάρτες υπηρεσιών ύδρευσης αποθηκεύονταν στο GIS. Μέσο μιας λειτουργίας που ονομάζεται ‘προφύλαξη’ στο GIS, σχεδιάζεται μια ζώνη ενός χιλιομέτρου γύρω από την περιοχή της εταιρίας ύδρευσης. Αυτή η ζώνη βοήθησε για να συνδυάζονται οι διάφοροι χάρτες μεταξύ τους. Ο χάρτης δείχνει αν μια περιοχή είναι ανεπτυγμένη ή μερικώς ανεπτυγμένη. Ένα GIS σύστημα χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή μίας μη ανεπτυγμένης περιοχής από το χάρτη. Οι ανεπτυγμένες περιοχές εξακριβώθηκαν από την παρακάτω μελέτη [5].

Η ποσότητα του νερού στις πηγές του Connecticut είναι στενά υπό παρακολούθηση. Κάποιες από τις πηγές στην περιοχή που γίνεται η μελέτη είναι γνωστές σαν αχρησιμοποίητες πηγές ποσίμου νερού. Για να μη γίνεται άντληση νερού από τις πηγές αυτές δημιουργήθηκαν ζώνες σε απόσταση 100 μέτρων γύρω από τις ακατάλληλες πηγές και με τη χρήση των GIS, αυτές οι ζώνες αποτυπώθηκαν πάνω στο χάρτη [5].

Από το τμήμα φυσικών πόρων του Connecticut καταγράφονται κάποια σημεία που είναι πηγές μόλυνσης. Οι εγγραφές αποτελούνται από κάποια γεωγραφική τοποθεσία και από ένα κείμενο που περιγράφει την αίτια μόλυνσης. Ο

χάρτης της εδαφικής γεωλογίας μας δείχνει τα υλικά της γης που βρίσκονται κάτω από τα πετρώματα. Η διαδικασία αυτή, της επιλογής περιοχής βοήθησε ώστε οι υπεύθυνοι να λαμβάνουν υπόψη τους κάποιους φυσικούς παράγοντες σε μια περιοχή όπως για παράδειγμα η απαγόρευση μεταφοράς απορριμμάτων σε μια περιοχή [5].

1.4.3 Μελέτη περίπτωσης 1

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί μέσω ενός παραδείγματος πως τα πληροφοριακά συστήματα με εύρος αυτό του ενός οργανισμού μπορούν να αποτύχουν σε τοπική διακυβέρνηση [7].

Το 1970 έξι μεσαίου μεγέθους πολιτείες στις ΗΠΑ χρηματοδοτήθηκαν με 20 εκ. δολάρια από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση για να αναπτύξουν ολοκληρωμένα δημοτικά πληροφοριακά συστήματα (Integrated Municipal Information Systems - IMPS) για τις υπηρεσίες τους. Η επιτροπή αστικών διωπηρεσιακών πληροφοριακών συστημάτων (Urban systems agency committee - USAC) ιδρύθηκε για να κεφαλαιοποιήσει και να οδηγήσει την προσπάθεια της εφαρμογής των εννοιών των ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση του αστικού χώρου εν αναμονή της βελτίωσης της τοπικής διακυβέρνησης και λειτουργιών με σκοπό να μεταφέρει αυτές τις εφαρμογές σε πολλές ακόμα τοπικές κυβερνήσεις των ΗΠΑ. Η βασική φιλοσοφία του προγράμματος USAC συνοψίζεται στο παρακάτω απόσπασμα:

Οι αρχιτέκτονες της επιτροπής USAC πίστευαν ότι το πιο υποσχόμενο εργαλείο για την επίτευξη αυτής της βελτίωσης ήταν η αυξανόμενη χρήση των Η/Υ και των αυτοματοποιημένων πληροφοριακών συστημάτων: τα πληροφοριακά συστήματα μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις εργασίες επεξεργασίας πληροφοριών και ως εκ τούτου να βελτιώσουν την παραγωγικότητα του πεδίου εκείνου της τοπικής κυβερνητικής διαχείρισης που εξαρτάται από τις πληροφορίες,

μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και στον επανασχεδιασμό δημοτικών στόχων και δραστηριοτήτων, μπορούν να ολοκληρώσουν τα δεδομένα και την επεξεργασία των δεδομένων δημιουργώντας έτσι μία δυναμική βάση δεδομένων για χρήση στον σχεδιασμό, διαχείριση και ολοκλήρωση τοπικών λειτουργιών. Τελικά οι σχεδιαστές της επιτροπής USAC συνειδητοποίησαν ότι η χρήση των υπολογιστών μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη νέων κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων παρέχοντας αυξημένη αποδοτικότητα τοπικής διακυβέρνησης και βελτιωμένες υπηρεσίες.

Τα τεχνικά συμπεράσματα (σχέδια) του πλάνου των IMPS αντανακλούν την υπάρχουσα κατάσταση στο σχεδιασμό πληροφοριακών συστημάτων, ορίζοντας για πρώτη φορά ένα πλήρες μοντέλο δεδομένων καθώς επίσης και απαιτήσεις ροής πληροφορίας μιας ολοκληρωμένης δημοτικής διακυβέρνησης. Τα συμπεράσματα αυτά περιλαμβάνουν:

- Ένα συνολικό πληροφοριακό σύστημα βασισμένο σε τέσσερις κύριες επιχειρηματικές περιοχές: δημόσια ασφάλεια, δημόσια χρηματοδότηση, φυσική και οικονομική ανάπτυξη και ανθρώπινο δυναμικό.
- Μία απλή βάση δεδομένων η οποία μπορεί να ολοκληρώσει λειτουργίες τόσο κάθετα μεταξύ των κυβερνητικών λειτουργιών όσο και οριζόντια γύρω από τα αντικείμενα των ανθρώπων, περιουσίας, χρημάτων και προσωπικού.
- Τα δεδομένα να βασίζονται πάνω σε αρχεία επιχειρησιακών δεδομένων ή δημοτικών υπηρεσιών επειδή η σχεδίαση και η διαχείριση δεδομένων θεωρούνται να είναι υποπροϊόντα των επιχειρησιακών δεδομένων.

- Η σχεδίαση να είναι από πάνω προς τα κάτω και να υλοποιείται αυξητικά, ξεκινώντας από τη σύλληψη, ανάλυση, σχεδίαση, ανάπτυξη, υλοποίηση και φτάνοντας μέχρι την εκτίμηση με πρωτότυπα.
- Πλήρης τεκμηρίωση και ευέλικτη σχεδίαση σε όλες τις φάσεις για να διευκολύνει την μεταφορά σε άλλους δήμους.
- Μία προσέγγιση κοινοπραξίας στη διαχείριση έργων με την πολιτεία να παρέχει ηγεσία στο έργο, μία εταιρεία συμβούλων που θα παρέχει τεχνογνωσία και εκπαίδευση και ένα πανεπιστήμιο που θα παρέχει τεχνικές συμβουλές και υπολογισμούς.

Έτσι με ένα σημαντικό ποσό χρηματοδότησης, σαφώς καθορισμένους στόχους και πληροφοριακά συστήματα σχεδιασμού που να ανταποκρίνονται στην παρούσα κατάσταση, οι έξι πολιτείες ξεκίνησαν με τον σχεδιασμό ολοκληρωμένων δημοτικών πληροφοριακών συστημάτων IMPS.

Μετά από 7 χρόνια και 26 εκατομμύρια δολάρια, το πρόγραμμα απέτυχε και η USAC επιτροπή διαλύθηκε μετά από τη διαπίστωση μίας ομάδας ειδικών, η οποία βρήκε ότι «ουσιαστικά κανένα ολοκληρωμένο σύστημα δεν είχε μεταφερθεί από τις πολιτείες της USAC σε άλλες τοπικές κυβερνήσεις». Στα απομνημονεύματά τους, ο Kraemer και ο King αναφέρουν τα ακόλουθα προβλήματα με το USAC πρόγραμμα:

1. Η επιχειρησιακή σημασία έννοια της USAC ολοκλήρωσης ήταν πιο πολύπλοκη απ' ό τι αναμενόταν, διαταράσσοντας έτσι την υφιστάμενη διαδικασία και την πρακτική, επιβάλλοντας ένα νέο τυποποιημένο σχήμα ανταλλαγής δεδομένων.
2. Η παρουσία των δεδομένων για το σχεδιασμό και την διαχείριση είναι μόνο ένα κριτήριο για την επιτυχημένη του χρήση – απαιτείται αναλυτικό προσωπικό, το οποίο θα κάνει εκτενή χρήση των δε-

δομένων και μηχανισμοί που θα παρακολουθούν τα διαθέσιμα δεδομένα, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό ότι τα δεδομένα είναι πρόσφατα, και επίσης θα επεξεργάζονται τα δεδομένα για να παράγουν πληροφορία.

3. Δεν υπάρχει ενωτική ή κατευθυνόμενη δύναμη, όπως ένας απλός πελάτης. Έτσι οι δραστηριότητες της εργασίας δεν μπορούν να επικεντρωθούν σε ένα συστηματικό και σταθερό περιβάλλον.
4. Η προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω (top-down) αποδείχτηκε ότι είναι υπερβολικά δυσκίνητη και δαπανηρή, απαγορεύοντας την ευκαιρία να υλοποιηθούν κάποιες εφαρμογές νωρίτερα προκειμένου να παρουσιάσει οφέλη.
5. Η προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω (top-down) εγκαταλείφθηκε όταν συσσωρεύτηκε μεγάλη ποσότητα λεπτομέρειας: οι σχεδιαστές άρχιζαν να αναπτύσσουν μόνο εκείνες τις εφαρμογές που πίστευαν ότι χρειάζονται όταν έφταναν οι προθεσμίες.

Συνοπτικά, το USAC πρόγραμμα κατέδειξε ότι μια στρατηγική «προσφοράς-ώθησης» που υποθέτει ότι υπάρχει μία παγκόσμια απαίτηση (ανάγκη) για ολοκληρωμένα δημοτικά πληροφοριακά συστήματα ήταν λανθασμένη. Κατέδειξε τη δυσκολία της υποστήριξης πληροφοριακών συστημάτων εύρους ενός οργανισμού παρέχοντας απλώς χρηματοδότηση της τεχνολογίας. Όπως ο Kraemer και ο King το έθεσαν: «έτσι ένα συγκεκριμένο πακέτο τεχνολογίας διαχείρισης πληροφορίας δεν είναι πιθανό να βρίσκεται σε παγκόσμια απαίτηση».

Ο Huxhold (1993) συνιστά ότι οι υποστηρικτές του GIS δε χρειάζεται να απελπιστούν από την αποτυχία της USAC, αλλά να μάθουν από αυτή. Ένας αριθμός μαθημάτων που έγιναν γνωστά από την εμπειρία μπορούν να βοηθήσουν τους υποστηρικτές του GIS να αναπτύξουν επιτυχημένα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα εύρους ενός οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα:

1. Ένας οργανισμός δεν είναι έτοιμος να υιοθετήσει την τεχνολογία του GIS εξαιτίας μόνο του δυναμικού του. Είναι έτοιμος να υιοθετήσει την τεχνολογία όταν έχει αναγνωρίσει ένα πρόβλημα στην εσωτερική του οργάνωση και βλέπει το GIS σαν λύση.
2. Ένας κοινός στόχος που αντανακλά τους ατομικούς στόχους κάθε συμμετέχοντα παρέχει μια βάση για ανάπτυξη διαμοιραζόμενου GIS. Αυτοί οι στόχοι πρέπει να ευθυγραμμιστούν με τους γενικούς στόχους μια επιχείρησης.
3. Η έκταση του GIS project πρέπει να γίνει πλήρως αντιληπτή απ' όλους τους συμμετέχοντες, συμπεριλαμβάνοντας μία κατανόηση του δυναμικού για αλλαγές στην οργανωτική δομή και στις διαδικασίες.

Η προηγούμενη μελέτη σχετίζεται με συστήματα που αναπτύχθηκαν το 1970 συμπεριλαμβάνοντας ένα σύνθετο σύνολο από ολοκληρωμένες συναρτήσεις. Τι γίνεται ιδίως με την τεχνολογία GIS; μερικοί υποστηρίζουν ότι η χωρική διάσταση της επεξεργασίας και ανάλυσης πληροφορίας, η οποία τόσο καλά έχει δημοσιευθεί στη σχετική με το GIS βιβλιογραφία, προτείνει ότι το GIS είναι εν γένει διαφορετικό από το πληροφοριακό σύστημα (Information System - IS). Ίσως αυτές οι πρώιμες εμπειρίες δεν προβλέπουν επαρκώς παρόμοια αποτελέσματα όταν η τεχνολογία GIS εφαρμόζεται στην οργάνωση με υπολογιστές. Μια ματιά σε κάποια από την παρούσα έρευνα για επιτυχημένες GIS υλοποιήσεις μπορεί να βοηθήσει στον παραλληλισμό και την αναγνώριση διαφορών που θα βοηθήσει στην κατανόηση σημαντικών θεμάτων για την GIS υλοποίηση [7].

1.4.4 Μελέτη περίπτωσης 2

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί η εφαρμογή ESRI ArcGIS, λογισμικό που χρησιμοποιεί τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα για την λειτουργία της και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί [8].

Μελέτη περίπτωσης ArcGIS

Το ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού GIS. Παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης. Το ArcGIS είναι επεκτάσιμο και μπορεί να ενσωματωθεί σε ήδη υπάρχοντα συστήματα επιχειρησιακών διαδικασιών όπως work order management, business intelligence και executive dashboards.

Το ArcGIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού μέσα σε μια επιχείρηση στο desktop και μέσω servers και φορητών συσκευών. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για να προσπελάσει online υπηρεσίες. Επίσης παρέχει εργαλεία σε προγραμματιστές, για τη δημιουργία εφαρμογών. Χρησιμοποιείται σε διάφορους οργανισμούς ώστε να βελτιώσουν τη ροή των εργασιών τους και να λύσουν τα πιο επίμονα προβλήματα τους.

ArcGIS – Desktop

Το ArcGIS Desktop περιλαμβάνει μία ομάδα από ενοποιημένες εφαρμογές στις οποίες συμπεριλαμβάνονται ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox και ModelBuilder. Η ενοποιημένη αξιοποίηση των εφαρμογών ArcGIS Desktop επιτρέπει στους χρήστες της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών να υλοποιήσουν οποιαδήποτε εργασία με επίκεντρο το χώρο, από την πιο απλή έως την πιο πολύπλοκη, όπως είναι η χαρτογραφία, η γεωγραφική ανάλυση, η επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων, η μετατροπή μεταξύ διαφορετικών μορφότυπων δεδομένων, η απεικόνιση, η διαχείριση των δεδομένων κ.α. Η δομή του ArcGIS Desktop είναι κλιμακούμενη ως προς

τις δυνατότητές της προκειμένου να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των διαφορετικών τύπων χρηστών. Έτσι, έχουν διαμορφωθεί τρία διακριτά επίπεδα δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS Desktop που έχουν ως εξής:

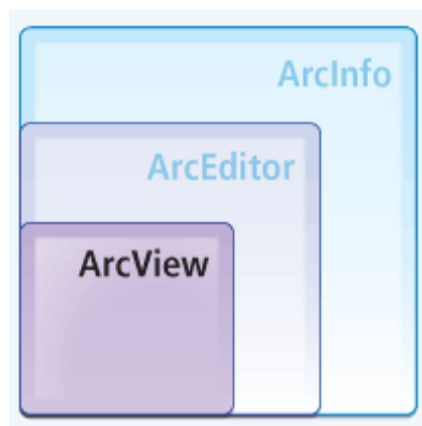
1. Λογισμικό απεικόνισης, επεξεργασίας και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων – ArcView.

2. Λογισμικό πλήρους διαχείρισης και επεξεργασίας των γεωγραφικών δεδομένων - ArcEditor.

3. Λογισμικό πλήρους διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων - ArcInfo.

ArcView

Το ArcView είναι λογισμικό που συναντάται στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, την διαχείριση, την δημιουργία και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Με τη χρήση του ArcView γίνεται κατανοητό το γεωγραφικό περιεχόμενο των δεδομένων, επιτρέποντας έτσι να δει κανείς τις σχέσεις μεταξύ των δεδομένων και να αναγνωρίσει τα πρότυπα με νέους τρόπους.

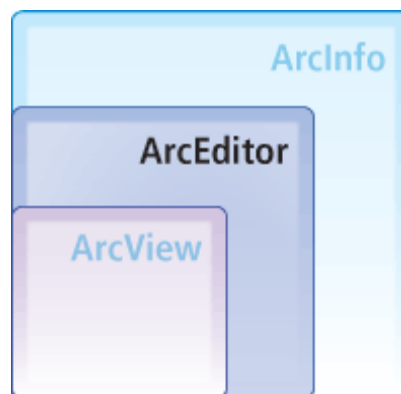


Το ArcView βοηθά:

- Στη δημιουργία χαρτών και την αλληλεπίδραση των δεδομένων, με την παραγωγή αναφορών και διαγραμμάτων, την εκτύπωση και την ενσωμάτωση των χαρτών σε άλλα έγγραφα και εφαρμογές.
- Στην εξοικονόμηση χρόνου χρησιμοποιώντας πρότυπα χαρτών για να δοθεί ένα συνεπές ύφος στους χάρτες.
- Στη δημιουργία μοντέλων διαδικασιών και διαγραμμάτων ροής για την οπτικοποίηση και ανάλυση των δεδομένων.
- Στην ανάγνωση, στην εισαγωγή και στη διαχείριση περισσότερων από 70 διαφορετικών ειδών δεδομένα και μορφότυπα, συμπεριλαμβανομένου δημογραφικών στοιχείων, εγκαταστάσεων, αρχεία CAD, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, πολυμέσα και μεταδεδομένα.

ArcEditor

Το λογισμικό ArcEditor αποτελεί μια πλήρη λύση λογισμικού GIS σε σχέση με την επεξεργασία και με τη διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων. Περιέχοντας το σύνολο των δυνατοτήτων που προσφέρει το λογισμικό ArcView, το ArcEditor έχει επιπλέον ενσωματωμένο ένα πλούσιο σύνολο εργαλείων επεξεργασίας και επικύρωσης γεωγραφικών δεδομένων.



Το λογισμικό ArcEditor υποστηρίζει τόσο τη δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων από μοναδικό χρήστη, όσο και τη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας των δεδομένων από πολλούς χρήστες.

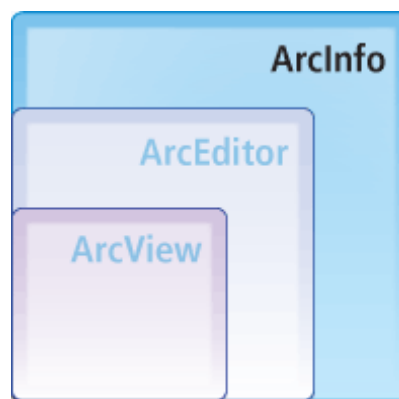
Οι πλέον αντιπροσωπευτικές εργασίες που μπορούν να υλοποιηθούν με το λογισμικό ArcEditor είναι:

- Δημιουργία και επεξεργασία δεδομένων GIS με τη χρήση εργαλείων επεξεργασίας σχεδιαστικού τύπου.
- Δημιουργία πλούσιων σε δυνατότητες γεωγραφικών βάσεων δεδομένων με αντικείμενα που έχουν ενσωματωμένη συμπεριφορά, συνοδευόμενη από κανόνες επικύρωσης.
- Μοντελοποίηση πολύπλοκων ροών εργασίας κατά την επεξεργασία των δεδομένων σε περιβάλλοντα ταυτόχρονης πρόσβασης από πολλούς χρήστες.
- Δημιουργία και συντήρηση της χωρικής ακεραιότητας των δεδομένων.
- Δημιουργία, διαχείριση και διερεύνηση γεωμετρικών δικτύων, δηλαδή του τοπολογικού μοντέλου που χρησιμοποιείται στην μοντελοποίηση δικτύων μονοδιάστατης ροής, όπως αυτών της μεταφοράς ή της διανομής του ηλεκτρικού δικτύου.
- Αύξηση της απόδοσης και της παραγωγικότητας κατά την επεξεργασία των δεδομένων.
- Αποσυνδεδεμένη επεξεργασία (disconnected editing) των δεδομένων από την κεντρική βάση κι ενημέρωσή τους στο πεδίο.
- Υποστήριξη τοπολογίας στη βάση δεδομένων συνοδευόμενη από κανόνες και συμπεριφορά. Μπορεί να πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός και η διόρθωση των σφαλμάτων κάτω από συγκεκριμένους κανόνες επικύρωσης που διασφαλίζουν τη χωρική ακεραιότητα των δεδομένων.

- Υποστήριξη κανόνων ακεραιότητας των περιγραφικών χαρακτηριστικών των δεδομένων.

ArcInfo

Το λογισμικό ArcInfo εμπεριέχει πλήρως τις λειτουργικές δυνατότητες των λογισμικών ArcEditor και ArcView, προσφέροντας επιπλέον τεχνικές προχωρημένων χωρικών αναλύσεων, διαχείρισης χωρικών δεδομένων και υψηλής χαρτογραφικής απόδοσης.



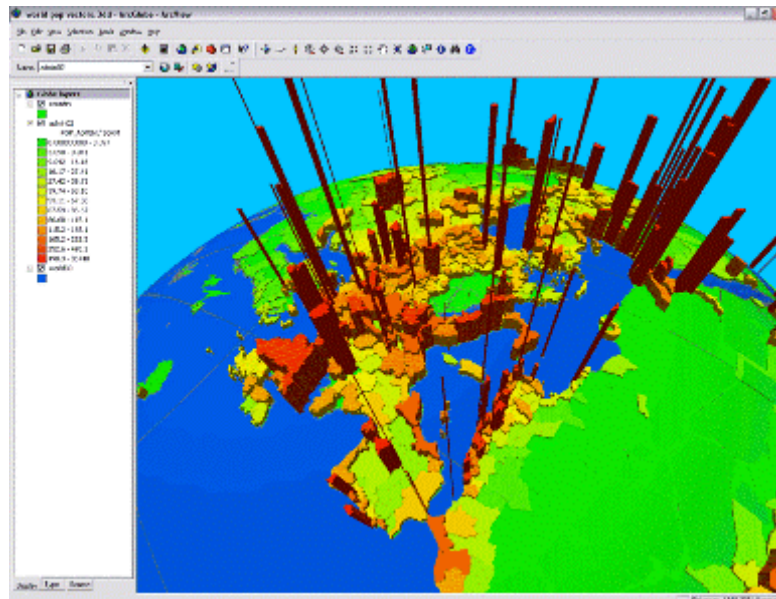
ArcGIS Extensions

Οι επεκτάσεις του περιβάλλοντος του ArcGIS, αποτελούν ξεχωριστά προϊόντα τα οποία προσθέτουν επιπλέον λειτουργικότητα στο λογισμικό πακέτο. Αυτά τα εξειδικευμένα εργαλεία επιτρέπουν στο χρήστη να ασχοληθεί με προχωρημένα θέματα, όπως τρισδιάστατη οπτικοποίηση, χωρική ανάλυση, γεωστατιστική, ανάλυση δικτύων, και πολλά ακόμα.

ArcGIS 3D Analyst

Το ArcGIS 3D Analyst είναι μια από τις βασικότερες επεκτάσεις του ArcGIS Desktop που επιτρέπει την αποτελεσματική απεικόνιση και ανάλυση δεδομένων. Η σημαντικότερη λειτουργία του, είναι η απεικόνιση της τρίτης διάστασης από ψηφιακά δεδομένα τα οποία έχουν στη βάση τους κάποια τιμή z (π.χ: ύψος, βάθος). Είναι επίσης η μόνη επέκταση που προσφέρει το δικό της εξειδικευμένο περιβάλλον εργασίας για την απεικόνιση, διαχείριση και ανάλυση των τρισδιάστατων δεδομένων, το ArcScene. Χρησιμοποιώντας το ArcGIS 3D,

παρουσιάζεται μια επιφάνεια από τις πολλές οπτικές γωνίες, τίθενται ερωτήματα σχετικά με μια επιφάνεια, με τους κατάλληλους αλγόριθμους καθορίζονται οι περιοχές που είναι ορατές από μια επιλεγμένη θέση σε μια επιφάνεια, δημιουργείται μια ρεαλιστική εικόνα προοπτικής που περιβάλλει πλεγματικά και διανυσματικά στοιχεία πάνω από μια επιφάνεια και επιπλέον εκτελείται τρισδιάστατη πλοήγηση.



Εικόνα 5: ArcGIS 3D ανάλυση (πηγή: www.marathondata.gr/pdfs/arcgis_desktop_products.pdf)

ArcGIS Network Analyst

Βοηθά στην διεξαγωγή χωρικών αναλύσεων που βασίζονται στα δίκτυα. Με το ArcGIS Network Analyst, μπορούν να δημιουργηθούν εφαρμογές που χτίζουν multimodal δρομολογήσεις, παρέχουν κατευθύνσεις πορείας, βρίσκουν τις κοντινότερες υποδομές, και μπορούν να δημιουργήσουν περιοχές εξυπηρέτησης και πίνακες κόστους αφετηρίας-προορισμού.

Το ArcGIS Network Analyst βοηθά στην δυναμική μοντελοποίηση πραγματικών συνθηκών δικτύων και στην επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων, που περιλαμβάνουν περιορισμούς κατευθύνσεων, όρια ταχύτητας και συνθήκες κυκλοφορίας σε διαφορετικές ώρες της μέρας.

ArcGIS Spatial Analyst

Παρέχει ισχυρά εργαλεία για περιεκτική χωρική μοντελοποίηση και ανάλυση βασισμένη κυρίως σε πλεγματικά (raster) δεδομένα. Επιτρέπει τη δημιουργία, ανάλυση και χαρτογραφική απόδοση πλεγματικών δεδομένων και την υλοποίηση ολοκληρωμένης πλεγματικής – διανυσματικής (raster – vector) ανάλυσης. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, όταν η απαιτούμενη μοντελοποίηση του χώρου απαιτεί καλής ποιότητας χωρική ανάλυση. Χρησιμοποιώντας το ArcGIS Spatial Analyst, μπορεί κάποιος να εξάγει νέα πληροφορία από τα υπάρχοντα δεδομένα, να αναλύσει χωρικές σχέσεις, να δημιουργήσει χωρικά μοντέλα και να εκτελέσει πολύπλοκες λειτουργίες πλεγματικών δεδομένων.

ArcGIS Tracking Analyst

Δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει χρονικές αλληλουχίες απεικονίσεων για την ανάλυση της πληροφορίας που σχετίζεται με το χρόνο και την τοποθεσία. Μέσα από μια καθορισμένη συλλογή τυχαίων δεδομένων, το ArcGIS Tracking Analyst δημιουργεί ένα ορατό μονοπάτι (ή ίχνος), που παρουσιάζει την πορεία μέσα από το χώρο και το χρόνο του φαινομένου που αναλύεται. Σε ένα ολοκληρωμένο ArcGIS σύστημα μπορεί κανείς να δει πολύπλοκες χρονικές αλληλουχίες και χωρικά μοτίβα.

ArcGIS Data Interoperability

Επιτρέπει την εύκολη χρήση και διανομή δεδομένων σε πολλά μορφότυπα. Υπάρχουν δυνατότητες εξαγωγής (extract), μετατροπής (transform) και φόρτωσης (load) χωρικών δεδομένων με τις οποίες παρακάμπτονται τα εμπόδια στο διαμοιρασμό δεδομένων και παρέχονται ακριβή χωρικά δεδομένα στους χρήστες.

ArcGIS Explorer

Είναι ένα ελεύθερο GIS λογισμικό για την προβολή χωρικών δεδομένων που παρέχει έναν εύκολο τρόπο για την προβολή, εξερεύνηση και ανάκτηση χωρικής πληροφορίας (GIS). Με τον ArcGIS Explorer αναβαθμίζεται οποιοδή-

ποτε GIS σύστημα γιατί παρέχει τη δυνατότητα της διάχυσης των έγκυρων χωρικών δεδομένων σε ένα ευρύ κοινό.

Η Marathon Data Systems και η χρήση του ArcGIS

Η Marathon Data Systems δραστηριοποιείται αποκλειστικά στο χώρο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) για περισσότερα από είκοσι πέντε χρόνια. Υπήρξε πρωτοπόρος στην εισαγωγή των GIS στον Ελλαδικό χώρο. Είναι ο επίσημος και αποκλειστικός αντιπρόσωπος των προϊόντων της εταιρίας ESRI σε Ελλάδα και Κύπρο. Οι εγκαταστάσεις του ArcGIS βρίσκονται στο Δημόσιο, στη Τοπική Αυτοδιοίκηση, στον Ιδιωτικό και Ακαδημαϊκό χώρο και καλύπτουν αντικείμενα όπως Κτηματολόγιο, Πολεοδομία, Χωροταξία, Χαρτογραφία, Χρήσεις Γης, Περιβάλλον, Γεωλογία, Πράξεις Εφαρμογής, Φωτογραμμετρία, Εδαφολογία, Τοπογραφία, Υδρολογία, Δάση, Δίκτυα (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΕΥΔΑΠ, Φυσικό Αέριο), Έρευνα Αγοράς κ.τ.λ. [8].

Κεφάλαιο 2: Αποθήκες Δεδομένων, Συστήματα Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων και Εξόρυξη Δεδομένων.

2.1 Εισαγωγή

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια οι ανάγκες κυρίως στον επιχειρηματικό τομέα περιορίζονταν στην οργάνωση και επεξεργασία της πληροφορίας με απλές δομές και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την συσσώρευση μεγάλου όγκου πληροφορίας, ο οποίος αυξήθηκε με το πέρασμα του χρόνου. Όσο περνούν τα χρόνια οι οργανισμοί δίνουν περισσότερη έμφαση σε εφαρμογές όπου τα τρέχοντα και τα παλιότερα δεδομένα εξετάζονται και αναλύονται πολύ προσεκτικά με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων που βοηθούν στην λήψη αποφάσεων. Αιτήματα υποστήριξης αποφάσεων τα οποία βρίσκουν δεδομένα σε πολλές τοποθεσίες γίνονται όλο και περισσότερο σημαντικά. Ένας τέτοιος τρόπος υποστήριξης τέτοιων αιτημάτων είναι να δημιουργηθεί ένα αντίγραφο από όλα τα δεδομένα σε κάποια τοποθεσία και να είναι δυνατή η χρήση του αντιγράφου αυτού αντί για τη χρήση κάθε πηγής ξεχωριστά. Μια συλλογή αντιγραμμένων δεδομένων ονομάζεται Αποθήκη Δεδομένων (Data Warehouse - DW). Ο μεγάλος αυτός όγκος πληροφοριών περιέχει μέσα γνώση η οποία είναι ανεξερεύνητη. Συσχετίσεις μεταξύ δεδομένων, αλληλουχίες δεδομένων, προβλέψεις στόχων και άλλα είναι κρυμμένα μέσα στα δεδομένα και πρέπει να αναδυθούν [9].

2.2 Τι είναι οι Αποθήκες Δεδομένων

Με τον όρο **Αποθήκες Δεδομένων (Data Warehouses)** χαρακτηρίζουμε ένα σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπει στους αναλυτές ενός οργανισμού την αποτελεσματική σχεδίαση της πολιτικής του, έχοντας άμεση πρόσβαση στα δεδομένα του οργανισμού. Μία Αποθήκη Δεδομένων διατηρεί δεδομένα που αντλεί από τις βάσεις δεδομένων των πληροφοριακών συστημάτων του οργανισμού.

μού και από άλλες πηγές δεδομένων, όπως αρχεία του οργανισμού ή δεδομένα που προέρχονται από εξωτερικές πηγές. Αυτά τα δεδομένα οργανώνονται στην Αποθήκη Δεδομένων σε δομές κατάλληλες να απαντήσουν τις απαιτήσεις των αναλυτών - χρηστών των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων. Οι Αποθήκες Δεδομένων παρέχουν τη δυνατότητα για Συνεχή Αναλυτική Επεξεργασία (On-Line Analytical Processing - OLAP) των δεδομένων και περιέχουν συνήθως ιστορικά και συγκεντρωτικά δεδομένα που συνήθως αποδεικνύονται χρήσιμα για υποστήριξη αποφάσεων. Επίσης, παρέχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα του σχήματος των δεδομένων του οργανισμού. Η σχεδίαση των Αποθηκών Δεδομένων έχει σαν στόχο την αποδοτική απάντηση των πολύπλοκων ερωτήσεων που θέτονται κατά την αναλυτική επεξεργασία δεδομένων από τις εφαρμογές στρατηγικού σχεδιασμού. Η δημιουργία και η συντήρηση μίας Αποθήκης Δεδομένων είναι μία πολύπλοκη διαδικασία καθώς πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις είναι εφικτές. Αρκετοί οργανισμοί επιδιώκουν να δημιουργήσουν μία Αποθήκη Δεδομένων που θα περιέχει αναλυτικά δεδομένα από όλες τις δραστηριότητες του οργανισμού. Μία άλλη λύση είναι η δημιουργία Επιμέρους Συλλογών Δεδομένων (Data Marts) με κριτήριο το αντικείμενο των εφαρμογών από τις οποίες προέρχονται ή το τμήμα του οργανισμού που τις χρησιμοποιεί. Πρόκειται για πιο ευέλικτα συστήματα στη δημιουργία τους, τα οποία όμως δεν παρέχουν ενιαία λύση, δημιουργώντας προβλήματα σε περίπτωση μακρόχρονης χρήσης τους [10].

Ένας εναλλακτικός ορισμός της Αποθήκης Δεδομένων είναι ο εξής: *“Μία Αποθήκη Δεδομένων είναι μια μεγάλη Βάση Δεδομένων με κάποιες προκαθορισμένες λειτουργίες, στην οποία ο χρήστης έχει πρόσβαση μόνο για ανάγνωση (read-only access). Τα δεδομένα μιας αποθήκης δεδομένων αντλούνται από διάφορα συστήματα και αποθηκεύονται σε ένα και μόνο τελικό κεφάλαιο (chapter) στο οποίο ο χρήστης μπορεί να υποβάλλει ερωτήματα”* [9].

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη και λειτουργία Αποθηκών Δεδομένων κρίνεται κρίσιμη για την λειτουργία των οργανισμών. Τεράστια ποσά επενδύονται σε αυτή τη δραστηριότητα ενώ τα οφέλη από τη λειτουργία τέτοιων συστημάτων κρίνονται ως ιδιαίτερα σημαντικά. Όπως είναι φυσικό, όλες οι μεγάλες εταιρείες του χώρου των Βάσεων Δεδομένων και των πληροφοριακών συστημάτων αναπτύσσουν και προτείνουν προϊόντα στο χώρο των Αποθηκών Δεδομένων [10].

Μια άλλη προσέγγιση των Αποθηκών Δεδομένων είναι η εξής: Αποθήκες Δεδομένων ονομάζονται οι βάσεις δεδομένων που σχεδιάστηκαν για ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων. Τα δεδομένα αποσπώνται από διαφορετικά επιχειρησιακά συστήματα σε ένα ολοκληρωμένο κεφάλαιο πληροφοριών. Η Αποθήκη Δεδομένων (Data Warehouse) είναι μία αποθήκη η οποία αποτελείται από ολοκληρωμένες πληροφορίες, οι οποίες είναι διαθέσιμες για ανάλυση (analysis) και δημιουργία ερωτημάτων (querying). Καθώς οι πληροφορίες γίνονται διαθέσιμες ή τροποποιούνται, η πληροφορία εξάγεται από την πηγή και μετατρέπεται σε κάποιο γνωστό μοντέλο π.χ. σχεσιακό, και ολοκληρώνεται με την ενσωμάτωση των ήδη υπαρχόντων δεδομένων στην αποθήκη [10].

2.3 Διαφορές Αποθηκών Δεδομένων – Βάσεων Δεδομένων

Οι Αποθήκες Δεδομένων περιέχουν συγκεντρωτικά δεδομένα από διαφορετικές πηγές, τα οποία καλύπτουν μεγάλες χρονικές περιόδους. Όπως προαναφέραμε, οι Αποθήκες Δεδομένων είναι και αυτές βάσεις δεδομένων. Τα μεγέθη τους κυμαίνονται από μερικά Gigabyte έως και Terabyte. Οι λειτουργίες που εκτελούνται στις Αποθήκες Δεδομένων περιλαμβάνουν σύνθετα ερωτήματα, ενώ σημαντικοί είναι οι άμεσοι χρόνοι απόκρισης. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που κάνουν την διαφορά μεταξύ των Αποθηκών Δεδομένων και των βάσεων δεδομένων και βοηθούν στη λήψη αποφάσεων σε μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό [12].

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι διαφορές μεταξύ των Βάσεων και των Αποθηκών Δεδομένων:

Χαρακτηριστικό	Σχεσιακό ΣΔΒΔ	Αποθήκη Δεδομένων
Σκοπός	«τρέξιμο» καθημερινών διεργασιών	Υποστήριξη αποφάσεων
Λειτουργία	Διεκπεραίωση συναλλαγών	Εξαγωγή πληροφορίας
Χρήστες	Κατώτεροι εργαζόμενοι, DBAs	Υψηλόβαθμα στελέχη, αναλυτές
Αριθμός Χρηστών	(μέχρι) χιλιάδες	(μέχρι) εκατοντάδες
Δεδομένα	Τρέχοντα, απομονωμένα	Ιστορικά, ολοκληρωμένα
Ενδεικτικό Μέγεθος	<100GB	10s – 100s TB
Σχεδιασμός	ΟΣ – κανονικοποίηση	Μοντελοποίηση διαστάσεων, αποκανονικοποίηση
Χρήση	Επαναληπτική	Ad – hoc
Προσπέλαση	Ανάγνωση/εγγραφή	(κυρίως) ανάγνωση
Ενημέρωση	Συνεχής	Περιοδική
Μονάδα Εργασίας	Σύντομες, απλές συναλλαγές	Περίπλοκα ερωτήματα
Χρόνοι Διεκπεραίωσης	<sec	Mins – hours
#προσπέλ. Εγγραφές	10s	1000000s
Μονάδα Απόδοσης	Συναλλαγές/sec	Χρόνος απόκρισης
ACID	Ναι	Όχι
Κατάλογοι	B-δέντρα	Κατάλογοι bitmap

Πίνακας 1: Διαφορές Βάσης Δεδομένων και Αποθήκης Δεδομένων

2.4 Κύριες λειτουργίες των Αποθηκών Δεδομένων

Οι κύριες λειτουργίες μιας Αποθήκης Δεδομένων είναι [13]:

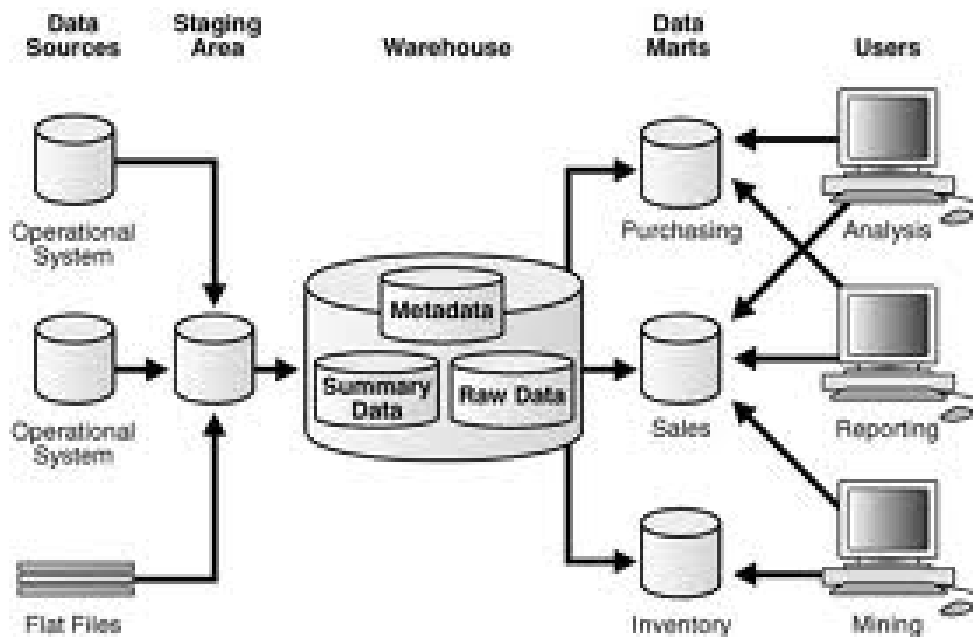
1. Χρησιμοποιείται συχνά ως βάση σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.

2. Χρησιμοποιείται για συλλογή πληροφοριών. Από μια Αποθήκη Δεδομένων δεν διαγράφουμε ποτέ τίποτα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγάλου όγκου πληροφοριών που αποτελούν ιστορικά στοιχεία του οργανισμού – επιχείρησης στην οποία ανήκει η Αποθήκη Δεδομένων.
3. Συνδυάζει, ελέγχει και οργανώνει πληροφορίες.
4. Συμπληρώνεται ενίοτε και από εξειδικευμένα θεματικά υποσύνολα (Data Marts) για περαιτέρω απόδοση των OLAP εφαρμογών.

Η αξία μιας Αποθήκης Δεδομένων είναι τελικά η δυνατότητα ανάλυσης που παρέχει. Τα δεδομένα σε μια Αποθήκη Δεδομένων προσπελούνται και αναλύονται χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία όπως οι αλγόριθμοι εξόρυξης δεδομένων και εργαλεία οπτικοποίησης πληροφορίας [13].

2.5 Τμήματα μιας Αποθήκης Δεδομένων

Μια Αποθήκη Δεδομένων αποτελείται από τα εξής τμήματα:



Εικόνα 6: Ολοκληρωμένο σύστημα αποθηκών δεδομένων (πηγή: <http://docs.oracle.com/>)

Πιο συγκεκριμένα ξεκινώντας από τις πηγές δεδομένων (Data Sources) όπως είναι τα λειτουργικά συστήματα (Operational Systems) ή κάποια τυποποιημένα αρχεία (Flat Files) δημιουργείται η περιοχή ανασυγκρότησης (Staging Area), η οποία βοηθά στη δημιουργία της Αποθήκης Δεδομένων (Data Warehouse), η οποία είναι ένα αντίγραφο των επιχειρηματικών δεδομένων ειδικά δομημένο για ερωτήματα (queries) και ανάλυση. Μία Αποθήκη Δεδομένων περιέχει μεταδεδομένα¹, ακατέργαστα δεδομένα (Raw Data) και συνοπτικά δεδομένα (Summary Data). Στη συνέχεια παράγονται τα επίπεδα πρόσβασης των Αποθηκών Δεδομένων όπως οι πωλήσεις (Sales), οι απογραφές (Inventory) και οι αγορές (Purchasing) στα οποία έχουν πρόσβαση οι χρήστες για να αναλύσουν τα στοιχεία που τους ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να αναλύσει (Analysis) αγορές και πωλήσεις, κάποιος άλλος να δημιουργήσει αναφορά (Reporting) και κάποιος τρίτος θα εξορύξει (Mining) τις πωλήσεις και τις απογραφές όπως φαίνεται στην προηγούμενη εικόνα.

Με άλλα λόγια οι Αποθήκες Δεδομένων είναι κεντρικές βάσεις δεδομένων οι οποίες συγκεντρώνουν πληροφορίες από πολλές πηγές δεδομένων και τις ενοποιούν ώστε να μπορούν να απαντούν σε ερωτήσεις στήριξης αποφάσεων, ενώ τα Data Marts είναι εξειδικευμένα υποσύνολα (π.χ. Αγορές, Πωλήσεις, Απογραφές κ.λ.π.) μιας Αποθήκης Δεδομένων μέσα από το οποίο γίνονται οι ερωτήσεις από τους απλούς χρήστες.

1) Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων: Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται από το σύστημα μιας αποθήκης δεδομένων για να επεξεργαστούν και να ταξινομήσουν τις εισερχόμενες πληροφορίες. Οι Αποθήκες Δεδομένων διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες πληροφοριών και για το λόγο αυτό οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων πρέπει να βοηθούν ώστε να γίνεται γρήγορα η εισαγωγή, η κατάταξη και η αναζήτηση δεδομένων.

¹ Καθώς η πληροφορία έχει γίνει πλήρως ψηφιακή τα μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ψηφιακά δεδομένα με τη χρήση προτύπων ειδικών για ένα συγκεκριμένο επιστημονικό κλάδο.

2) Τμήμα (Χώρος) προετοιμασίας δεδομένων: στοιχεία που πρέπει να χρησιμοποιούνται στην Αποθήκη Δεδομένων πρέπει να εξαχθούν από τις πηγές των δεδομένων και στη συνέχεια να καθαριστούν, να μορφοποιηθούν και να μετασχηματιστούν σε μια μορφή κατάλληλη για την Αποθήκη Δεδομένων. Ο χώρος προετοιμασίας των δεδομένων, που συχνά ονομάζεται η περιοχή ανασυγκρότησης των δεδομένων (Staging Area), είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων στην οποία τα δεδομένα εξάγονται από τις πηγές δεδομένων, μετασχηματίζονται σε κοινές μορφές, και τέλος ελέγχονται για συνέπεια και ακεραιότητα αναφορών, και ετοιμάζονται για φόρτωση στη βάση δεδομένων των Αποθήκη Δεδομένων. Ο χώρος προετοιμασίας των δεδομένων και η βάση δεδομένων της Αποθήκης Δεδομένων μπορούν να συνδυαστούν σε ορισμένες εφαρμογές Αποθήκης Δεδομένων για όσο διάστημα οι εργασίες καθαρισμού και μετατροπής δεν επηρεάζουν την απόδοση ή τη λειτουργία του στην υπηρεσία των τελικών χρηστών. Η πραγματοποίηση των λειτουργιών προετοιμασίας στις αρχικές βάσεις δεδομένων είναι μία σπάνια επιλογή, εξαιτίας της ποικιλίας των πηγών δεδομένων και του όγκου επεξεργασίας των δεδομένων.

Η χρήση ενός χώρου προετοιμασίας δεδομένων που διαχωρίζεται από τις πηγές δεδομένων και τις Αποθήκες Δεδομένων προωθεί την αποτελεσματική διαχείριση της Αποθήκης Δεδομένων. Η προσπάθεια για τη μετατροπή των δεδομένων στα συστήματα των πηγαίων δεδομένων, μπορεί να επηρεάσει την απόδοση επεξεργασίας ηλεκτρονικών συναλλαγών (On Line Transaction Processing), καθώς πολλά συστήματα δεν διαθέτουν αποτελεσματικές ικανότητες μετασχηματισμού. Δεν μπορεί να επιτευχθεί δραστική μείωση των ασυνεπειών των προερχόμενων από διαφορετικές πηγές δεδομένων, μέχρι ότου να συγκεντρωθούν τα δεδομένα σε μια κοινή βάση δεδομένων, στην οποία μπορούν με ευκολία να εντοπιστούν και να διορθωθούν τυχόν σφάλματα ακεραιότητας.

Ο χώρος προετοιμασίας των δεδομένων θα πρέπει να απομονώσει τα ανεπεξέργαστα δεδομένα από τα δεδομένα της Αποθήκης Δεδομένων για να δια-

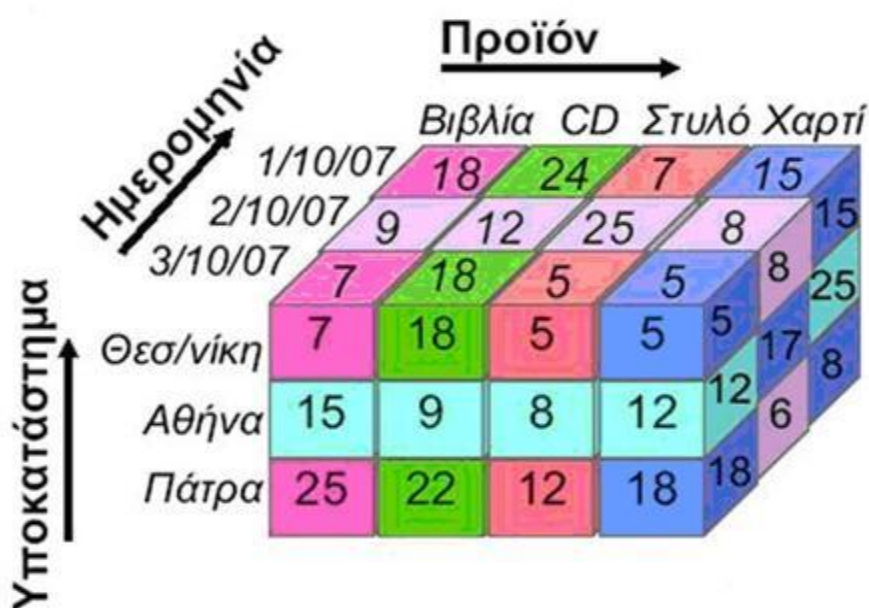
φυλαχθεί η ακεραιότητα των Αποθηκών Δεδομένων, επιτρέποντας έτσι την εκτέλεση της κύριας λειτουργίας του που είναι αυτή της προετοιμασίας των πληροφοριών για την παρουσίαση και την υποστήριξη πρόσβασης των πελατών. Αν η βάση της Αποθήκης Δεδομένων χρησιμοποιείται για προετοιμασία δεδομένων, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να μην εισαχθούν λάθη στα δεδομένα της Αποθήκης Δεδομένων και να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις της επεξεργασίας δεδομένων πάνω στην απόδοση της Αποθήκης Δεδομένων. Πολλές λειτουργίες στη βάση των Αποθηκών Δεδομένων απαιτούν πολύπλοκα ερωτήματα και την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων, με αποτέλεσμα η εκκαθάριση των δεδομένων να μπορεί να επηρεάσει αυτές τις λειτουργίες.

3) Data Marts: επίπεδα πρόσβασης (ή αλλιώς εξειδικευμένα υποσύνολα) των Αποθηκών Δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την λήψη δεδομένων από τους χρήστες. Ένα Data Mart ονομάζεται αλλιώς *πηγή πληροφοριών* και είναι ένα μικρότερο και πιο στοχευόμενο Data Warehouse. Αποτυπώνει τους επιχειρηματικούς κανόνες μιας συγκεκριμένης επιχειρηματικής μονάδας μιας επιχείρησης. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα Αποθηκών Δεδομένων.

4) Υπηρεσίες παρουσίασης δεδομένων: Μια Αποθήκη Δεδομένων θα ήταν αναποτελεσματική σε μια επιχείρηση αν δεν υπήρχαν τα κατάλληλα βοηθητικά εργαλεία για το χρήστη κατά τη διαδικασία της ανάλυσης και της αξιολόγησης των δεδομένων. Κάποια από αυτά τα εργαλεία είναι:

- Αναφορές.
- Εξειδικευμένες εφαρμογές εξόρυξης δεδομένων. Με τον όρο εξόρυξη δεδομένων (Data Mining) ονομάζουμε την εξεύρεση πληροφοριών ή επαναλαμβανόμενων προτύπων (patterns) μέσα σε μεγάλες βάσεις δεδομένων.

- Διαχείριση πολυδιάστατων δεδομένων όπως: (**O**nline **A**nalytical **P**rocessing - OLAP), (**M**ultidimensional **O**nline **A**nalytical **P**rocessing - MOLAP), (**R**elational **O**nline **A**nalytical **P**rocessing - ROLAP).
- Κύβοι που περιέχουν πολυδιάστατους πίνακες. Οι πίνακες αυτοί συνδυάζουν από διαφορετικούς πίνακες δεδομένα, με σκοπό την αποτελεσματικότερη ανάλυση κάποιων δεδομένων. Για παράδειγμα, το τμήμα πωλήσεων μιας αυτοκινητοβιομηχανίας παρατηρεί πως υπήρξε αύξηση των πωλήσεων τον μήνα Νοέμβριο. Ψάχνοντας στα δεδομένα του κύβου γι' αυτό το μήνα ανακαλύπτει ότι εφαρμόστηκε το μέτρο της απόσυρσης. Παρακάτω φαίνεται η εικόνα ενός κύβου δεδομένων.



Εικόνα 7: Κύβος Δεδομένων (πηγή: [12])

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναλύονται διεξοδικά οι έννοιες της εξόρυξης δεδομένων, της OLAP, της MOLAP, της ROLAP κ.λ.π.

5) Εφαρμογές ανάλυσης για τους τελικούς χρήστες: Εδώ ανήκουν ειδικά προγράμματα που βοηθούν τους τελικούς χρήστες (end users) να αναλύσουν

γρήγορα και αποτελεσματικά τον μεγάλο όγκο δεδομένων που περιέχονται μέσα στις Αποθήκες Δεδομένων (Data Warehouses) και να εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα.

2.6 Σχεδίαση μιας Αποθήκης Δεδομένων

Ο σχεδιασμός μιας Αποθήκης Δεδομένων δεν είναι μια απλή διαδικασία. Πριν γίνει ο σχεδιασμός και η υλοποίησή της θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής [10]:

- Τα δεδομένα θα πρέπει να οργανωθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να παρέχουν άμεση πρόσβαση στην πληροφορία που θέλει ο χρήστης να αναλύσει.
- Τα δεδομένα θα πρέπει να έχουν καθαριστεί και επαληθευτεί πριν την εισαγωγή τους μέσα στην Αποθήκη Δεδομένων, για την αποφυγή δημιουργίας πινάκων επαλήθευσης (verification tables).
- Πρέπει να δημιουργηθούν πίνακες γεγονότων (fact tables) και πίνακες διαστάσεων (dimension tables) και να τεθούν ευρετήρια σε όλα τα πεδία που αποτελούν κλειδιά αυτών των πινάκων. Ένας πίνακας γεγονότων αποτελεί μια συλλογή από αντικείμενα που σχετίζονται μεταξύ τους και περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα που θα αναλυθούν με την χρήση της OLAP. Στο πολυδιάστατο μοντέλο, ο πίνακας γεγονότων αποτελεί τον κεντρικό πίνακα που περιέχει όλες τις αριθμητικές μετρήσεις και σαν πρωτεύον κλειδί του ορίζεται η σύνθεση όλων των κλειδιών των υπόλοιπων πινάκων. Οι εγγραφές του πίνακα ούτε ανανεώνονται ούτε διαγράφονται. Ο πίνακας διαστάσεων είναι πολύ μικρότερος από τον πίνακα γεγονότων και περιέχει τα δεδομένα κάθε διάστασης. Οι πίνακες διαστάσεων λειτουργούν σαν διάσταση του πίνακα γεγονότων. Κάθε πίνακας δι-

άστασης περιγράφεται από κάποια χαρακτηριστικά και περιλαμβάνει μια εννοιολογική ιεραρχία.

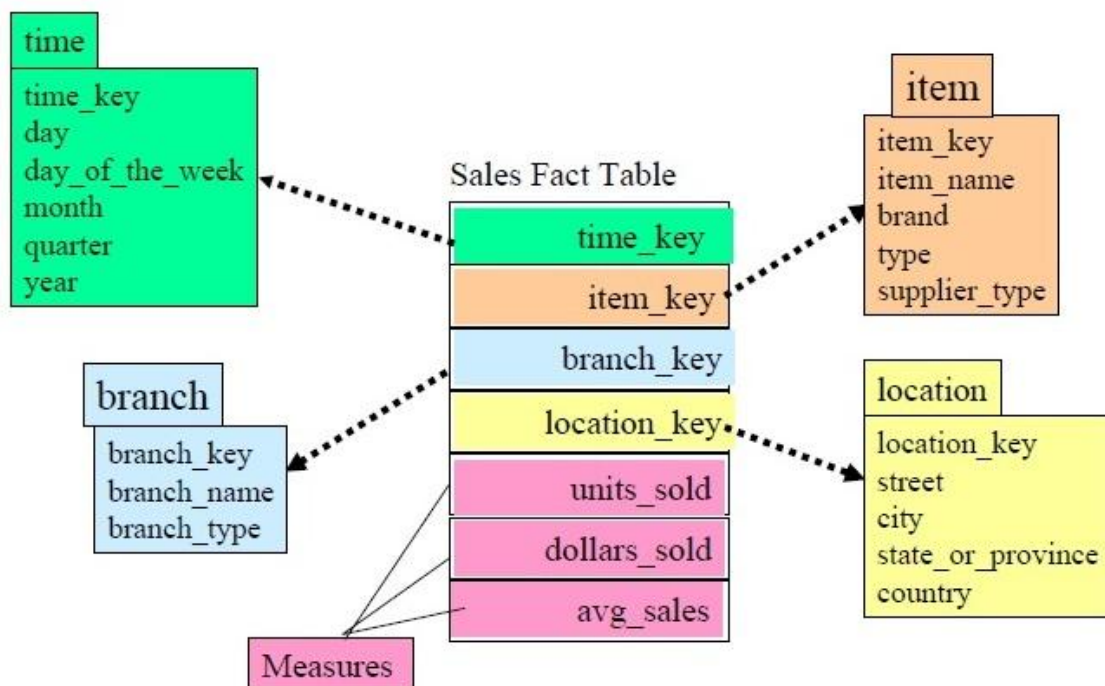
Καθώς οι Αποθήκες Δεδομένων χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την απάντηση των ερωτήσεων των εφαρμογών ανάλυσης, η σχεδίαση και η οργάνωση των δεδομένων είναι διαφορετική από τις κλασικές βάσεις δεδομένων. Τα διαγράμματα Οντοτήτων – Συσχετίσεων και οι τεχνικές κανονικοποίησης είναι οι κλασικές μέθοδοι για τη σχεδίαση των βάσεων δεδομένων των συστημάτων επεξεργασίας συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο (OLTP). Αυτές οι μέθοδοι αποδεικνύονται συχνά ακατάλληλες για τη σχεδίαση των Αποθηκών Δεδομένων, καθώς ο στόχος τους είναι να αντιμετωπίσουν προβλήματα, όπως ο πλεονασμός (redundancy) ή η ανανέωση των δεδομένων. Επιπλέον, αυτές οι μέθοδοι οδηγούν στη δημιουργία πολλών πινάκων με μικρό αριθμό πεδίων, σχήμα που έχει σαν αποτέλεσμα την εκτέλεση μεγάλου αριθμού από πράξεις φυσικής ένωσης (JOIN), στην περίπτωση που θέλουμε να αντλήσουμε μεγάλο όγκο αναλυτικών πληροφοριών [10].

Οι πιο κατάλληλες τεχνικές για τη σχεδίαση - δημιουργία των βάσεων των Αποθηκών Δεδομένων είναι τα αστεροειδή σχήματα (star schemata) και τα σχήματα χιονονιφάδας (snowflake schemata) που περιγράφονται διεξοδικά παρακάτω.

Πιο συγκεκριμένα το αστεροειδές σχήμα είναι πιο κοντά στο πολυδιάστατο χαρακτήρα των δεδομένων. Σε μία αστεροειδή βάση, υπάρχει ένας βασικός πίνακας που χαρακτηρίζεται πίνακας συμβάντων (fact table). Υπάρχει επίσης ένας πίνακας για κάθε μία διάσταση (dimension table) . Κάθε εγγραφή του πίνακα συμβάντων αποτελείται από ένα δείκτη (ξένο κλειδί) σε μία εγγραφή κάθε ενός από τους πίνακες διαστάσεων. Κάθε πίνακας διάστασης (dimension table) περιλαμβάνει εγγραφές που αντιστοιχούν σε τιμές των διαστάσεων [10].

Για να δημιουργήσουμε μία Αποθήκη Δεδομένων θα πρέπει πρώτα να δημιουργήσουμε το σχεσιακό της μοντέλο. Δύο είναι τα πιο δημοφιλή σχεσιακά μοντέλα που χρησιμοποιούνται [10]:

Σχήμα Αστέρα (Star schema): Αποτελείται από έναν πίνακα γεγονότων και πολλούς πίνακες διαστάσεων. Ένα σχήμα αστέρα είναι η τυπική υλοποίηση ενός πολυδιάστατου μοντέλου πάνω σε σχεσιακές πλατφόρμες, είναι απλά ένα αποκανονικοποιημένο σχεσιακό σχήμα που ορίζει απλά ένα σύνολο σχέσεων καθώς και περιορισμούς ακεραιότητας για τις σχέσεις αυτές. Για κάθε διάσταση του μοντέλου εισάγουμε και ένα πίνακα (π.χ. time, branch, item, location), ο οποίος περιέχει όλα τα επίπεδα συνάθροισης (levels of aggregation) καθώς και τις σχετικές τους ιδιότητες [14].



Εικόνα 8: Star schema (πηγή: <http://www.executionmih.com/data-warehouse/star-snowflake-schema.php/>)

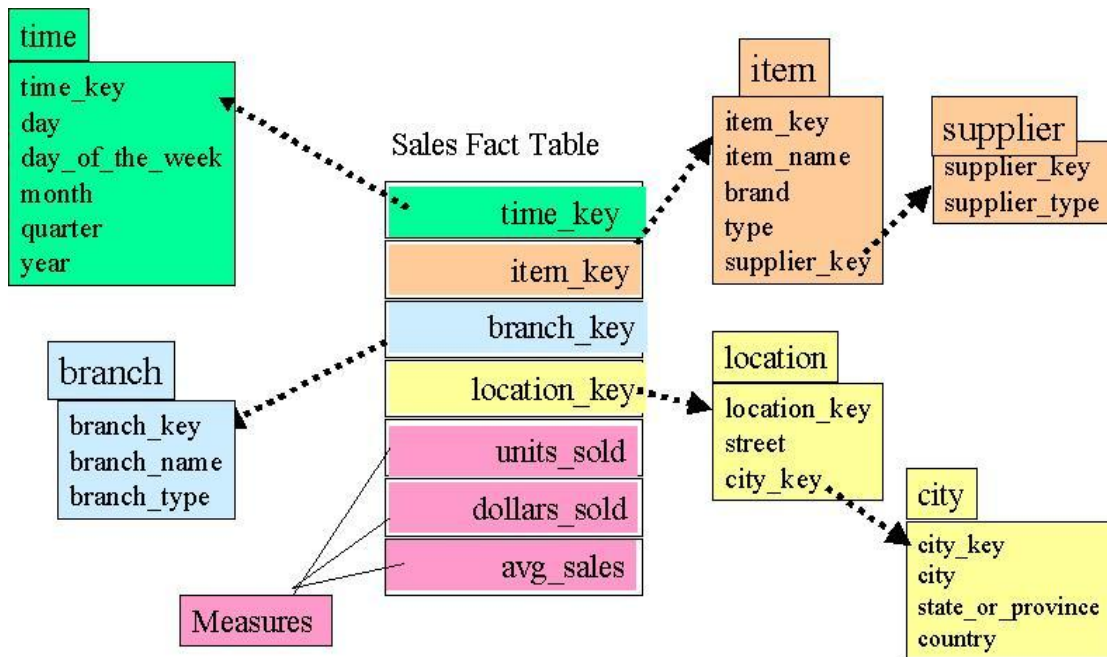
Η χρήση αυτού του σχήματος για εννοιολογική μοντελοποίηση μοιάζει με το να ξεκινά κάποιος να κατασκευάσει ένα πολύπλοκο λογισμικό γράφοντας τον κώδικα χωρίς όμως να έχει την υποστήριξη ενός δυναμικού μοντέλου, κάτι που συνήθως οδηγεί σε φτωχά αποτελέσματα από την άποψη των απαιτήσεων

των χρηστών, τις συντήρησης, και τις επαναχρησιμοποίησης. Για όλους αυτούς τους λόγους τα τελευταία χρόνια η βιβλιογραφία έχει προτείνει αρκετές πρωτότυπες προσεγγίσεις για την μοντελοποίηση μιας Αποθήκης Δεδομένων, μερικές από τις οποίες στηρίζονται σε επεκτάσεις του E/R² και άλλες σε επεκτάσεις της UML³. Το σχήμα αστέρα χρησιμοποιείται σε εφαρμογές OLAP αλλά απαγορεύεται να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα OLTP, διότι τα τελευταία είναι σχεδιασμένα για επεξεργασία στοιχειωδών συναλλαγών (όπως π.χ. εισαγωγή, διαγραφή, ενημέρωση μικρού αριθμού εγγραφών) και το γεγονός ότι το σχήμα αστέρα επαναλαμβάνει την ίδια πληροφορία, δημιουργεί υπερφόρτωση και μεγάλους χρόνους απόκρισης συστημάτων, κάτι που το καθιστά απαγορευτικό στα συγκεκριμένα συστήματα [14].

Σχήμα χιονονιφάδας (Snowflake schema): Χρησιμοποιείται σε πιο πολύπλοκες Αποθήκες Δεδομένων και αποτελεί τη βελτίωση του αστεροειδούς σχήματος. Πιο συγκεκριμένα είναι η κανονικοποιημένη εκδοχή του σχήματος αστέρα, όπου για κάθε επίπεδο της ιεραρχίας των διαστάσεων εισάγουμε ένα ξεχωριστό πίνακα. Το σχήμα αυτό είναι πιο τυπικό και εγγυάται την ακεραιότητα των δεδομένων, πετυχαίνει μείωση του χώρου αποθήκευσης, αλλά αυξάνει το χρόνο επεξεργασίας, διότι είναι πιο αργό στις απαντήσεις των ερωτήσεων.

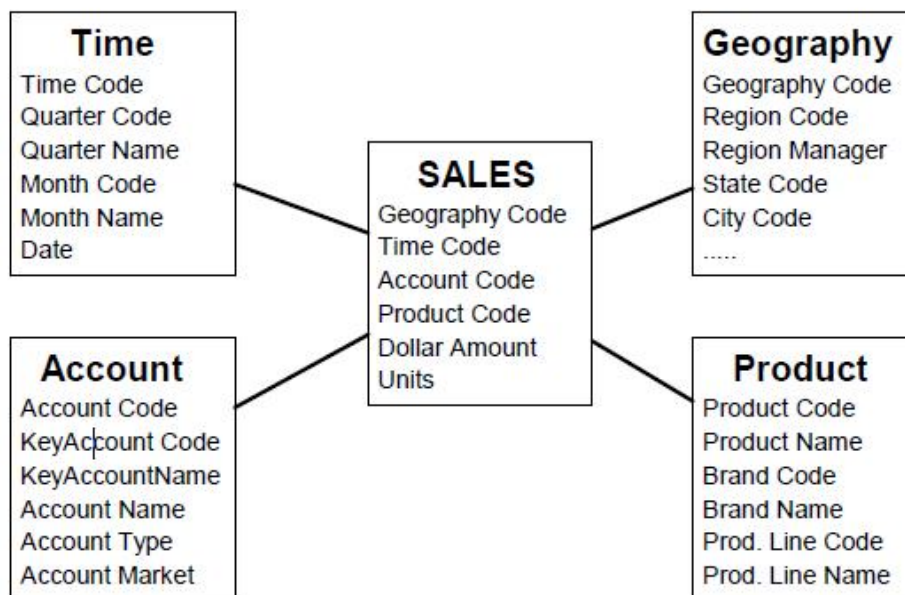
² Το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων (Entity Relationship Model - ER Model) είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για να καταγράψει τις απαιτήσεις των χρηστών ενός νέου πληροφοριακού συστήματος με γραφικό τρόπο (άρα, πιο τυπικά από μια αναπαράστασή τους σε φυσική γλώσσα).

³ Η UML (Unified Modeling Language) είναι μία γλώσσα για κατάρτιση προδιαγραφών λογισμικού και τεκμηρίωση τμημάτων λογισμικού, αναπαράσταση με οπτικό τρόπο (visualization) τμημάτων λογισμικού και μοντελοποίηση εταιρικών και άλλων συστημάτων που δεν αφορούν λογισμικό.



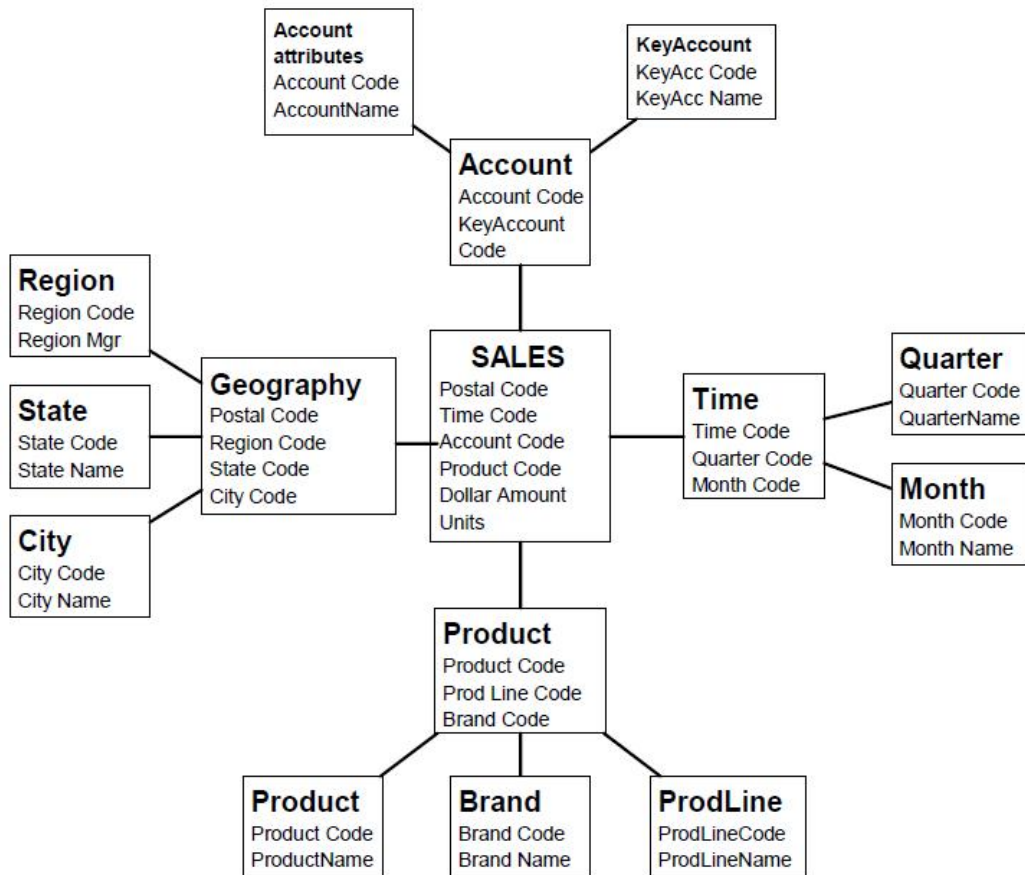
Εικόνα 9: Snowflake schema (πηγή: <http://www.executionmih.com/data-warehouse/star-snowflake-schema.php>)

Σύγκριση σχήματος αστέρα – χιονονιφάδας: Στην εικόνα 10 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αστεροειδούς σχήματος για την Αποθήκη Δεδομένων μιας εταιρείας πωλήσεων.



Εικόνα 10: Παράδειγμα Data Warehouse με μορφή αστέρα (πηγή: [10])

Είναι ένα σχήμα Αποθήκης Δεδομένων που περιλαμβάνει δεδομένα σχετικά με τις πωλήσεις προϊόντων σε διάφορες πόλεις. Ο πίνακας των πωλήσεων (SALES) είναι στην προκειμένη περίπτωση ο πίνακας γεγονότων. Παρατηρούμε ότι μπορεί να εκτελεστεί οποιαδήποτε ερώτηση που συσχετίζει πωλήσεις με λογαριασμούς (Account) προϊόντων και με γεωγραφικές περιοχές που αυτά πωλούνται (Geography), εκτελώντας μόνο δύο πράξεις JOIN. Η κύρια αδυναμία των αστεροειδών σχημάτων εντοπίζεται στον τρόπο με τον οποίο εκφράζουν τις ιεραρχίες των διαστάσεων. Για παράδειγμα, στη διάσταση χρόνος υπάρχει μία προφανής ιεραρχία μεταξύ ημερών, μηνών ετών κλπ. Μια εναλλακτική μοντελοποίηση των ιεραρχιών γίνεται με το σχήμα χιονονιφάδας που ακολουθεί [9]:



Εικόνα 11: Παράδειγμα Data Warehouse με μορφή χιονονιφάδας (πηγή: [10])

Στην εικόνα 11 η Αποθήκη Δεδομένων της ίδιας εταιρείας είναι οργανωμένη σύμφωνα με το σχήμα χιονονιφάδας. Πρόκειται για μία βελτίωση του ασ-

τεροειδούς σχήματος, όπου η ιεραρχία των διαστάσεων αναπαριστάται κανονικοποιώντας τους πίνακες των διαστάσεων. Σε περιπτώσεις σχεδίασης Αποθηκών Δεδομένων με πολύπλοκα δεδομένα είναι πιθανό, περισσότεροι του ενός πίνακες γεγονότων να έχουν κοινούς πίνακες διαστάσεων, όπως π.χ. οι παραγγελίες και οι πωλήσεις έχουν κοινές τις περισσότερες διαστάσεις. Εκτός από τους πίνακες γεγονότων και διαστάσεων, είναι πιθανόν να υπάρχουν και επιπρόσθετοι πίνακες με συγκεντρωτικά, προϋπολογισμένα δεδομένα στην Αποθήκη Δεδομένων. Στην πιο απλή περίπτωση, τα συγκεντρωτικά δεδομένα αντιστοιχούν στην ομαδοποίηση των εγγραφών των πινάκων γεγονότων στη βάση συνδυασμού διαστάσεων. Στη βάση του παραδείγματος των εικόνων 10 και 11 μπορεί να προστεθούν πίνακες οι οποίοι να περιέχουν τις συνολικές πωλήσεις προϊόντων ανά γεωγραφική περιοχή και μονάδα χρόνου. Στην πραγματικότητα, δηλαδή, πρόκειται για πίνακες που περιέχουν πληροφορία που προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα γεγονότων. Η σκοπιμότητα ύπαρξης αυτών των πινάκων κρίνεται από την άφιξη σχετικών ερωτήσεων στη βάση από τις εφαρμογές ανάλυσης. Εναλλακτική της δημιουργίας τέτοιων πινάκων, είναι η εισαγωγή στους πίνακες γεγονότων εγγραφών που θα περιέχουν συγκεντρωτικές πληροφορίες για μερικές από τις διαστάσεις. Στην περίπτωση που θέλουμε να εισάγουμε στον πίνακα των πωλήσεων (SALES) συγκεντρωτικές τιμές ανά περιοχή και μονάδα χρόνου, θα εισάγουμε εγγραφές που [10]

- τα πεδία που αντιστοιχούν στις διαστάσεις θα έχουν τις αντίστοιχες τιμές,
- τα πεδία που αντιστοιχούν στη τιμή που μετρά κάθε εγγραφή (units) θα υπάρχει η συγκεντρωτική τιμή, και
- στα πεδία των διαστάσεων που αθροίζονται (που δεν μας ενδιαφέρουν πλέον, δηλαδή) θα υπάρχουν τιμές NULL.

Η παρακάτω εγγραφή αντιστοιχεί στις συνολικές πωλήσεις του Ιουνίου στην περιοχή με κωδικό 16232 που παρέχει η Αποθήκη Δεδομένων της εικόνας 10 και 11 [10].

Postal Code	Time code	Account Code	Product Code	Dollar Amount	Units
16232	Ιούλιος 1997	null	null	1654000	6520

2.7 Εισαγωγή δεδομένων στην Αποθήκη Δεδομένων

Τα δεδομένα εξάγονται από τις λειτουργικές βάσεις δεδομένων και τις εξωτερικές πηγές, «καθαρίζονται» έτσι ώστε να μειωθούν τα σφάλματα και να συμπληρωθεί η πληροφορία που λείπει όπου αυτό είναι εφικτό και μετασχηματίζονται έτσι ώστε να τροποποιηθούν οι σημασιολογικές ασυνέπειες. Για να γίνει ο μετασχηματισμός των δεδομένων πρέπει να οριστεί μια σχεσιακή όψη που να βασίζεται σε πίνακες των πηγών των δεδομένων. Η φόρτωση των δεδομένων περιλαμβάνει την υλοποίηση τέτοιου είδους όψεων καθώς και την αποθήκευσή τους στην Αποθήκη Δεδομένων. Η φόρτωση είναι αργή και αυτό οφείλεται στο μεγάλο όγκο δεδομένων. Αφού τα δεδομένα έχουν εισαχθεί πρέπει πρώτα να γίνει η επαλήθευσή τους ανάμεσα στους πίνακες διαστάσεων και στους πίνακες γεγονότων. Δηλαδή, όλες οι εγγραφές θα πρέπει να σχετίζονται με τις κατάλληλες εγγραφές στους κατάλληλους πίνακες. Επίσης, θα πρέπει να επαληθευτεί πως κάθε εγγραφή των πινάκων γεγονότων σχετίζεται με μια εγγραφή από τον πίνακα διαστάσεων που περιλαμβάνει ο κύβος.

2.8 Συντήρηση Αποθηκών Δεδομένων

Οι Αποθήκες Δεδομένων συλλέγουν και οργανώνουν ιστορικά εργασιακά δεδομένα, τα οποία στη συνέχεια αναλύονται για να βοηθήσουν στη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, μία Αποθήκη Δεδομένων δημιουργείται και φορτώνεται αρχικά με τα υπάρχοντα ιστορικά εργασιακά δεδομένα. Στη συνέχεια ενημερώνεται περιοδικά με νέα δεδομένα από επιχειρηματικά συστήματα δεδομένων. Ένα μεγάλο μέρος της προσπάθειας συντήρησης μιας Αποθήκης Δεδομένων ασχολείται με την ενημέρωση των δεδομένων στην Αποθήκη Δεδομένων, την προσαρμογή εφαρμογών παρουσίασης δεδομένων προκειμένου να ενσωματώνουν τα νέα δεδομένα και στην ενημέρωση πηγών πληροφοριών (Data Marts). Τα βασικά στοιχεία της συντήρησης (maintenance) μιας Αποθήκης Δεδομένων είναι: η ανανέωση των δεδομένων, η παρακολούθηση των δεδομένων και τα αντίγραφα ασφαλείας (Back-up). Πιο συγκεκριμένα:

- *Ανανέωση Δεδομένων:* Μετά τη φόρτωση των αρχικών επιχειρησιακών δεδομένων, θα πρέπει σε τακτά χρονικά διαστήματα να γίνεται ενημέρωση και ανανέωση των δεδομένων, έτσι ώστε να καταγράφονται και να παρακολουθούνται οι όποιες μεταβολές που συμβαίνουν στις πηγές των δεδομένων και συγχρόνως να απομακρύνονται από την αποθήκη τα παλαιότερα δεδομένα.
- *Παρακολούθηση δεδομένων:* Μία Αποθήκη Δεδομένων πρέπει να παρέχει γρήγορη αξιολόγηση των ερωτημάτων που αναλύει και να συνοψίζει τεράστιους αριθμούς από σειρές δεδομένων από πολλαπλούς πίνακες που συνδέονται μεταξύ τους. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση των δεδομένων σε μια Αποθήκη Δεδομένων. Η καταγραφή στοιχείων πραγματοποιείται αποθηκεύοντας πληροφορία για τα δεδομένα της Αποθήκης Δεδομένων στους καταλόγους του συστήματος.

- *Αντίγραφα ασφαλείας:* Τα συστήματα επεξεργασίας συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο (On Line Transaction Processing - OLTP) συλλέγουν τα εισερχόμενα δεδομένα και ενημερώνουν μια βάση δεδομένων. Για να αποφευχθεί η απώλεια των δεδομένων το σύστημα καταγράφει τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται και οι διαχειριστές αναπτύσσουν στρατηγικές αντιγράφων ασφαλείας που περιλαμβάνουν πλήρη και επιμέρους αντίγραφα της βάσης δεδομένων. Αυτές οι στρατηγικές σχεδιάζονται για να αποφύγουν την απώλεια δεδομένων, για να ελαχιστοποιήσουν τις παρεμβολές της διαδικασίας επεξεργασίας συναλλαγών και για να παρέχουν ταχεία επαναφορά του συστήματος μετά από κάποια δυσλειτουργία. Οι χρονικοί περιορισμοί για την επαναφορά του συστήματος είναι συχνά πιο ευέλικτοι και λιγότερο περιοριστικοί για τις δυσλειτουργίες των Αποθηκών Δεδομένων σε σχέση με τις δυσλειτουργίες των συστημάτων επεξεργασίας συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο (OLTP). Θα πρέπει όμως να αποφεύγονται επαναλαμβανόμενα αντίγραφα ασφαλείας δεδομένων που δεν έχουν αλλάξει. Για την επαναφορά μετά από μια πλήρη αποτυχία της βάσης δεδομένων μιας Αποθήκης Δεδομένων απαιτείται η φόρτωση πολλαπλών αντιγράφων ασφαλείας, ένα για κάθε έτος που προηγείται του τρέχοντος έτους.

2.9 Χρήση μιας Αποθήκη Δεδομένων

Η χρήση των Αποθηκών Δεδομένων είναι καθημερινό φαινόμενο σε όλες τις επιχειρήσεις ανά τον κόσμο. Μερικοί από τους τρόπους χρήσης και ανάλυσης των δεδομένων μιας Αποθήκης Δεδομένων είναι οι εξής:

- Πράκτορες Ιστού (Web Agents).
- Ανάλυση υπερκειμένου και Μετασχηματισμός (Hypertext Analysis and Transformation)
- Οπτικοποίηση πληροφορίας (Information Visualization).
- Ερωτήματα SQL (SQL Queries)

- OLAP και Εξόρυξη Δεδομένων (OLAP and Data Mining).
- Data Marts

Στις παραγράφους που ακολουθούν, περιγράφονται διεξοδικά οι τρόποι χρήσης εκτός από τον τρόπο Data Marts που αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

2.9.1 Πράκτορες Ιστού (Web Agents)

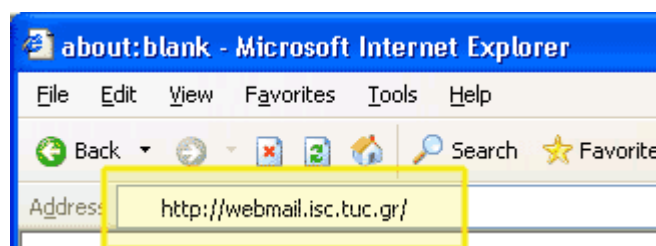
Η μεγάλη εξάπλωση του Διαδικτύου και ο μεγάλος όγκος των πηγών πληροφόρησης έχει κάνει αναγκαία την χρήση βοηθητικών εργαλείων για τη γρήγορη πλοήγηση. Μεταξύ άλλων χρησιμοποιείται ειδικό λογισμικό που ονομάζεται πράκτορας ιστού (web agent), το οποίο βοηθά την προσπέλαση των διαφόρων πηγών του Διαδικτύου. Οι πράκτορες Web μπορούν για παράδειγμα να εντοπίσουν τις τελευταίες ειδήσεις και να τις κατεβάσουν στον υπολογιστή μας, να αναλάβουν καθήκοντα συντήρησης του Web, να παρακολουθούν αυτόματα την κίνηση του Διαδικτύου κ.τ.λ. Από την άλλη πλευρά οι πράκτορες Web μπορούν να προκαλέσουν και προβλήματα, όπως π.χ. να υπερφορτώσουν τους Web servers με αποτέλεσμα οι χρήστες που προσπαθούν να συνδεθούν με αυτούς να μην μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση ή να έχουν εξαιρετικά αργή πρόσβαση. Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι οι πράκτορες Web είναι σύνθετα συστήματα λογισμικού που λειτουργούν στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web) ή σε τοπικά δίκτυα (Intranets) και είναι σχεδιασμένα για να εκτελούν μια ποικιλία καθηκόντων που ξεκινούν από την προσωρινή αποθήκευση και δρομολόγηση της έρευνας, μέχρι την κατηγοριοποίηση και το φιλτράρισμα.

2.9.2 Ανάλυση υπερκειμένου και Μετασχηματισμός (Hypertext Analysis And Transformation)

Ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) αποτελεί τη σημαντικότερη υπηρεσία του Διαδικτύου και αποτελείται με τη σειρά του από πληθώρα διασ-

κορπισμένων εγγράφων, τα οποία ονομάζονται ιστοσελίδες (Web pages) ή απλά σελίδες (pages). Οι σελίδες αυτές μπορεί να περιέχουν δεσμούς προς άλλες σελίδες, οι οποίοι ονομάζονται δεσμοί υπερκειμένου (hyperlinks). Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οι σελίδες αποτελούνται από υπερκείμενο (hypertext). Για την εμφάνιση των περιεχομένων μίας ιστοσελίδας χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα που ονομάζεται φυλλομετρητής ιστού (Web browser). Η βασική λειτουργία του είναι να ζητά από έναν εξυπηρετητή Ιστού (Web server) τα περιεχόμενα της ιστοσελίδας, κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου HTTP (HyperText Transfer Protocol) και στη συνέχεια να τα εμφανίζει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή του χρήστη. Το υπερκείμενο πλοήγησης είναι από τα πρώτα πεδία υπερκειμένου που εφαρμόστηκε στα συστήματα υπερκειμένου, όπου η δυνατότητα για συσχέτιση είχε οριστεί ρητά [15]. Για την καλύτερη υποστήριξη του υπερκειμένου πλοήγησης, οι επιστήμονες έχουν ορίσει τις βασικές αφαιρέσεις του κόμβου, άγκυρας, συνδέσμου και περιεχομένου [16].

Η διαδικασία ανάπτυξης μιας εφαρμογής υπερμέσων περιλαμβάνει τη φάση σχεδιασμού, όπου ζητήματα όπως η αρχιτεκτονική της εφαρμογής, η εμβέλεια του περιεχομένου, η δομή, το βάθος, το επίπεδο αφαίρεσης, το επίπεδο παρουσίασης, οι οπτικές γωνίες παρουσίασης και οι μηχανισμοί πρόσβασης καθορίζονται με ακρίβεια [17]. Αυτό που παραμένει κοινό σε όλες αυτές τις εφαρμογές υπερμέσων, τις διαδικασίες ανάπτυξης και τα μοντέλα σχεδιασμού είναι η έμμεση υποστήριξη του πεδίου πλοήγησης (γραμμή διευθύνσεων φυλλομετρητή ιστού), καταλήγοντας έτσι στη χρησιμοποίηση στοιχείων τα οποία - όπως προαναφέραμε - είναι ο κόμβος, η άγκυρα και ο σύνδεσμος.



Εικόνα 12: Πεδίο πλοήγησης (πηγή: <http://www.google.gr/>)

Εφόσον ο δομικός υπολογισμός αντιλαμβάνεται το πεδίο πλοήγησης ως άλλο ένα στιγμιότυπο ενός ανοιχτού συνόλου από υπηρεσίες δομής, οι εφαρμογές υπερμέσων πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν δομικές αφαιρέσεις ανάλογα με τις ανάγκες. Έτσι διάφορες αλλαγές αναμένονται κατά τη φάση ανάπτυξης των παραπάνω εφαρμογών.

Εστιάζοντας στις βασικές αφαιρέσεις, αναφέρουμε ότι ο κόμβος παρέχει ένα περίβλημα για ένα οποιοδήποτε πόρο και μπορεί να έχει πολλές άγκυρες που σχετίζονται με αυτό, ενώ μια άγκυρα μπορεί να συνδέεται με πολλούς συνδέσμους. Ο σύνδεσμος στο υπερκείμενο πλοήγησης ορίζεται ως μια συσχέτιση μεταξύ άγκυρών με την κατεύθυνσή του σαφώς ορισμένη [18]. Οι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται για τη συσχέτιση κόμβων, επιτρέποντας έτσι στο συγγραφέα του υπερκειμένου να εκφράζει σημασιολογικές συσχετίσεις. Το σύστημα παρόλα αυτά δεν έχει γνώση της σημασιολογίας των συνδέσμων που υπάρχουν. Ένα σύνολο συνδέσμων ορίζουν ένα έγγραφο. Οι χρήστες (αναγνώστες) είναι σε θέση να πλοηγούνται στο διασυνδεδεμένο υλικό διασχίζοντας τους συνδέσμους του πεδίου πλοήγησης [19].

Επειδή οι Αποθήκες Δεδομένων συνδέονται με το Διαδίκτυο ή και τοπικά δίκτυα υπολογιστών (Intranets), είναι απαραίτητο να γίνεται ανάλυση των πληροφοριών του υπερκειμένου και μετασχηματισμός των δεδομένων που μεταφέρονται από/προς ένα δίκτυο, με σκοπό την αποδοτικότερη επεξεργασία τους. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να επιλυθεί το πρόβλημα πλοήγησης που περιλαμβάνει τρία τμήματα: ανάλυση της διεπαφής χρήστη (interface analysis), ανάλυση κειμένων (textual analysis) και δομική ανάλυση (structural analysis). Με τον όρο διεπαφή χρήστη εννοούμε το περιβάλλον της εφαρμογής μέσω της οποίας ένας χρήστης επικοινωνεί με το Διαδίκτυο. Όσο φιλικότερο προς τον χρήστη είναι το περιβάλλον της διεπαφής, τόσο ευκολότερα επιλύεται το πρόβλημα της πλοήγησης. Με τον όρο ανάλυση κειμένων εννοούμε την εύρεση όρων κλειδιών (index terms) που θα χρησιμοποιηθούν για την κωδικοποίηση των

κειμένων με σκοπό το γρηγορότερο εντοπισμό συγκεκριμένων κειμένων. Με τον όρο δομική ανάλυση εννοούμε την ανάλυση του πεδίου πλοήγησης και τον εντοπισμό των αφαιρετικών στοιχείων της.

2.9.3 Οπτικοποίηση πληροφορίας (Information Visualization)

Ο όρος οπτικοποίηση δεδομένων αναφέρεται στην αναπαράσταση των δεδομένων με χρήση γραφικών, κίνησης, τρισδιάστατων απεικονίσεων και άλλων πολυμεσικών εργαλείων (hypermedia tools). Τα οπτικοποιημένα δεδομένα χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές όπως π.χ. καλλιτεχνικές, εκπαιδευτικές, επιχειρηματικές, επιστημονικές κ.λ.π. Πιο συγκεκριμένα απλές εφαρμογές οπτικοποίησης χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια από τους επιστήμονες για την παρουσίαση των δεδομένων των εργασιών τους (bar charts, scatter graphs, pies). Με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών συνδυάζονται οι αρχές της οπτικοποίησης με δυναμικές εφαρμογές και μεγάλες ποσότητες δεδομένων (data sets) για να δημιουργήσουν σύνθετες εικόνες και κίνηση. Τα δεδομένα εμφανίζονται με διαφορετικό τρόπο, κάτι που επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων που διαφορετικά δεν θα γίνονταν αντιληπτά. Η οπτικοποίηση αναπαριστά όλα τα είδη των δεδομένων χωρίς κανένα περιορισμό στο ποια πληροφορία θα μετατραπεί σε εικόνα. Ο σχεδιαστής είναι εκείνος που καθορίζει ποιο οπτικό στοιχείο (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, κίνηση κλπ.) θα χρησιμοποιήσει για την αναπαράσταση των δεδομένων. Οι εικόνες μπορεί να είναι δύο (2D) ή τριών διαστάσεων (3D), στατικές ή δυναμικές και να επιτρέπουν αλληλεπίδραση με το χρήστη. Ανάλογα με το περιεχόμενο για το οποίο δημιουργήθηκαν, οι οπτικοποιήσεις μπορεί να αναδεικνύουν σχέσεις μεταξύ των δεδομένων (κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση των Αποθηκών Δεδομένων), να συγκρίνουν αξίες και μεγέθη, να ανιχνεύουν την άνοδο ή την πτώση μέσα σε χρονικές περιόδους, να ανιχνεύουν τα μέρη ενός συνόλου και να αναλύουν τις λέξεις ενός κειμένου. Η οπτικοποίηση δεδομένων εμφανίζεται σε πολλές εφαρμογές. Σε μια από αυτές

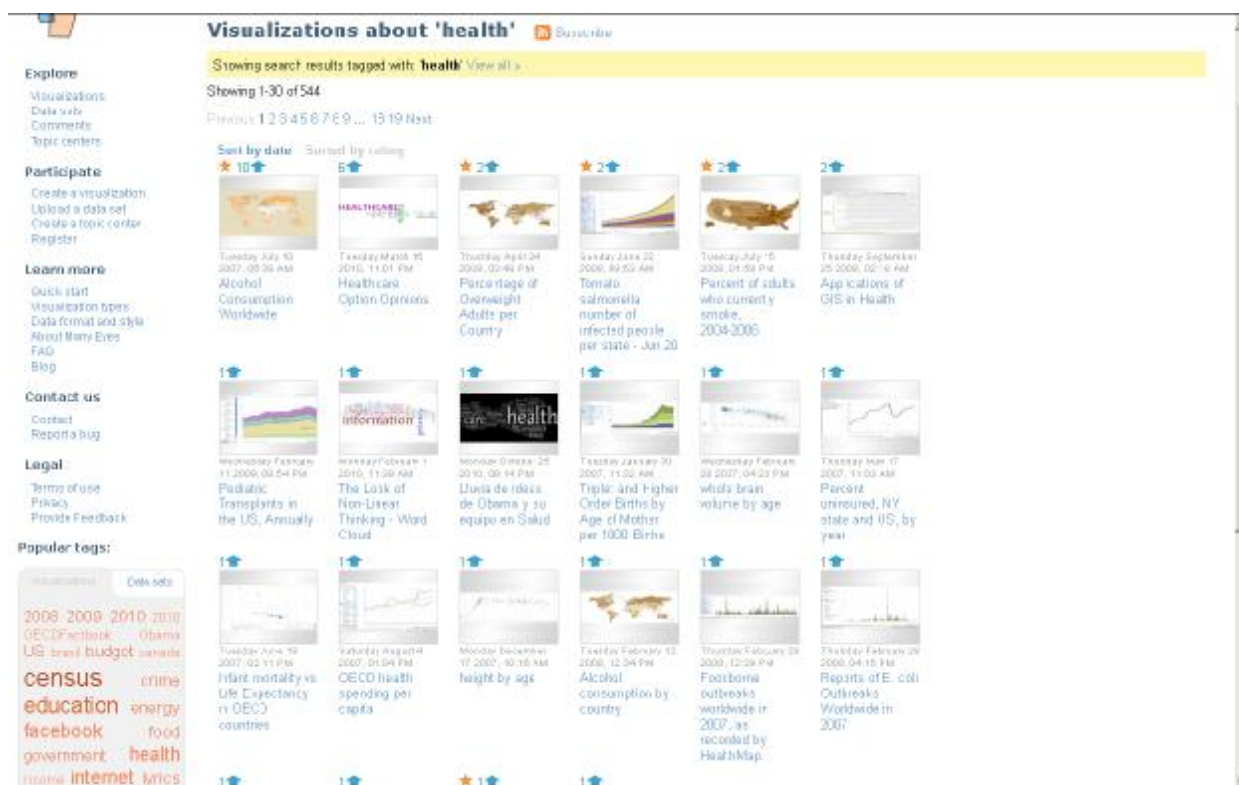
που ονομάζεται GAPMINDER, οι χώρες του κόσμου εμφανίζονται ως σημεία όπου ο πληθυσμός τους είναι ανάλογος του μεγέθους των σημείων.



Εικόνα 13: Η εφαρμογή GAPMINDER (πηγή: <http://www.gapminder.org/>)

Υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των αξόνων X και Y για τη σύνδεση του προσδόκιμου της ζωής με το κατά κεφαλήν εισόδημα. Στην εικόνα 13 φαίνεται η εξέλιξη του προσδόκιμου της ζωής σε σχέση με το εισόδημα στην Ελλάδα από το 1800 έως το 2009. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα σύνδεσης του υψηλού εισοδήματος με το μεγαλύτερο δείκτη προσδόκιμου.

Σε μια άλλη εφαρμογή το Manyeyes, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μέσω ετικετών (tags) διαφορετικών θεμάτων στο αριστερό μέρος της οθόνης, όπως για παράδειγμα η ετικέτα «health» για την κατανάλωση αλκοόλ ανά χώρα, η ετικέτα «lyrics» για την εμφάνιση πολυσύχναστων λέξεων στα τραγούδια των καλλιτεχνών, η ετικέτα «food» για την κατανάλωση διαφορετικών ειδών τροφών στις Η.Π.Α. κ.λ.π. Η συγκεκριμένη ιστοσελίδα φαίνεται στην εικόνα 15 που ακολουθεί παρακάτω:



Εικόνα 14: Η εφαρμογή MANY EYES (πηγή: <http://www-958.ibm.com/software/data/cognos/manyeyes/>)

Η οπτικοποίηση χρησιμοποιείται επίσης στον ακαδημαϊκό χώρο με σκοπό την αποσαφήνιση εννοιών που παρουσιάζουν δυσκολίες κατανόησης και στο χώρο των επιχειρήσεων. Μια τηλεφωνική εταιρεία για παράδειγμα μπορεί να δίνει στους συνδρομητές της αντί για έναν αριθμητικό πίνακα με τον αναλυτικό λογαριασμό χρήσης, μια γραφική αναπαράσταση των δεδομένων αυτών που θα αποκαλύπτει στοιχεία σχετικά με τις τηλεφωνικές τους συνήθειες, συνεισφέροντας έτσι στην ορθολογική χρήση της σύνδεσής τους. Γενικότερα οι εταιρείες μπορούν να ανακαλύψουν νέες τάσεις στη συμπεριφορά των καταναλωτών, προσαρμόζοντας έτσι προϊόντα και υπηρεσίες. Στο χώρο της τέχνης οι εφαρμογές είναι επίσης απεριόριστες. Καλλιτέχνες που έχουν παρουσιάσει τη δουλειά τους σε μεγάλα μουσεία σύγχρονης τέχνης στον κόσμο χρησιμοποιούν τις τεχνικές της οπτικοποίησης δεδομένων για να προσδώσουν μια άλλη διάσταση στα έργα τους.

Η οπτικοποίηση δεδομένων πέρα από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζτηκαν, παρουσιάζει και μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα αν τα στοιχεία στα

οποία βασίζεται η οπτικοποίηση δεν είναι αξιόπιστα τότε αντίστοιχα και η πληροφορία που εξάγεται από αυτά είναι προβληματική. Ακόμη όμως και αν τα δεδομένα είναι αξιόπιστα, μια φτωχή οπτικοποίηση μπορεί να μην εστιάσει σε κάποια σημαντικά σημεία ή να υπερβάλλει στη σπουδαιότητα κάποιων τάσεων οδηγώντας έτσι σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Οι περισσότεροι άνθρωποι δεν είναι ακόμη πλήρως εξοικειωμένοι με τις οπτικές αναπαραστάσεις για να μπορέσουν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητές τους. Στην περίπτωση των Αποθηκών Δεδομένων αποτελούν εργαλεία που χρησιμεύουν στον εντοπισμό συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων και στην εκ' νέου οργάνωσή τους, αν αυτό απαιτείται.

2.9.4 Ερωτήματα SQL (SQL Queries)

Η SQL που συχνά αναφέρεται και ως Δομημένη Γλώσσα Ερωτημάτων (Structured Query Language) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που σχεδιάστηκε για τη διαχείριση των δεδομένων σε σχεσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (Relational DataBase Management Systems - RDBMS). Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να εκτελέσει ερωτήματα (queries), να ανακτήσει δεδομένα, να εισάγει, να διαγράψει, να ενημερώσει εγγραφές από μια βάση δεδομένων. Οι βάσεις δεδομένων περιέχουν αντικείμενα που ονομάζονται πίνακες (tables) που αναγνωρίζονται με ονόματα, όπως Persons, Orders, Suppliers κ.λ.π. Οι εγγραφές (records) των δεδομένων αποθηκεύονται σ' αυτούς τους πίνακες, οι οποίοι αποτελούνται από στήλες (columns) και γραμμές (rows). Οι γραμμές περιέχουν εγγραφές (ή πλειάδες όπως αλλιώς ονομάζονται στη σχεσιακή άλγεβρα) και οι στήλες (ή γνωρίσματα όπως αλλιώς ονομάζονται στη σχεσιακή άλγεβρα) περιέχουν δεδομένα όπως το επώνυμο, το όνομα, η ηλικία, η διεύθυνση ενός ατόμου κ.λ.π. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ένας πίνακας με τις πλειάδες και τα γνωρίσματά του [20].

Σχεσιακό Μοντέλο



Απλός τρόπος αναπαράστασης δεδομένων:
ένας διδιάστατος πίνακας που λέγεται σχέση

Σχέση : Υπάλληλος Γνωρίσματα Πλειάδα

ΑΦΜ	Όνομα	Διεύθυνση	Μισθός
21919192	Νίκος Παπαδόπουλος	Πεντέλης 76	1400
12345422	Μαρία Χρισταπούλου	Δημοκρατίας 44	1900
13243424	Γιώργος Παπός	Τρικάλων 55	1800

Cardinality: Αριθμός Γραμμών Πίνακα Arity: Αριθμός στηλών Πίνακα

Εικόνα 15: Η μορφή ενός πίνακα στο σχεσιακό μοντέλο (πηγή: [21])

Η γλώσσα SQL χρησιμοποιείται τόσο για τη σύνταξη και εκτέλεση ερωτημάτων (queries), όσο και για την εισαγωγή, ενημέρωση και διαγραφή εγγραφών σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Τα βασικά συστατικά της είναι η γλώσσα ορισμού δεδομένων (Data Definition Language - DDL) και η γλώσσα χειρισμού δεδομένων (Data Manipulation Language - DML). Οι σημαντικότερες εντολές της γλώσσας DDL είναι οι εξής [20]:

- CREATE TABLE - δημιουργία νέου πίνακα σε μια βάση δεδομένων.
- ALTER TABLE - τροποποίηση ενός πίνακα σε μια βάση δεδομένων.
- DROP TABLE - διαγραφή ενός πίνακα από μια βάση δεδομένων.
- CREATE INDEX - δημιουργία ενός δείκτη (search key).
- DROP INDEX - διαγραφή ενός δείκτη.

Οι σημαντικότερες εντολές της γλώσσας DML είναι οι εξής:

- SELECT - εξαγωγή δεδομένων από μια βάση δεδομένων.
- UPDATE - ενημέρωση δεδομένων σε μια βάση δεδομένων.
- INSERT - εισαγωγή νέων δεδομένων σε μια βάση δεδομένων.
- DELETE - διαγραφή δεδομένων από μια βάση δεδομένων.

2.10 Πολυδιάστατη αναλυτική επεξεργασία δεδομένων

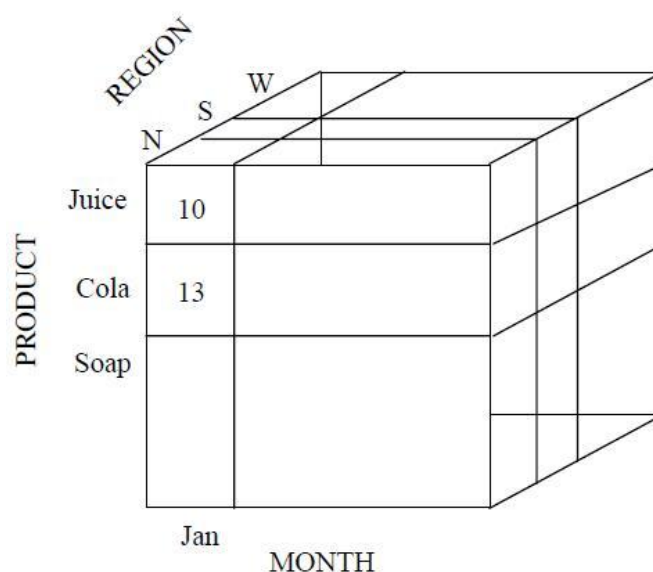
2.10.1 Το πολυδιάστατο μοντέλο δεδομένων

Η Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων (On-Line Analytical Processing - **OLAP**) επιτρέπει την αποτελεσματική προσπέλαση των δεδομένων από τους αναλυτές. Στόχος της είναι να παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να «βλέπει» τα λειτουργικά δεδομένα της επιχείρησης:

- συνολικά, ανεξάρτητα από το που έχουν καταγραφεί
- σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης (από το πιο αναλυτικό στο πιο συγκεντρωτικό)
- από διαφορετικές οπτικές γωνίες
- με μια ανθρωποκεντρική μεθοδολογία απαλλαγμένη από τεχνικά θέματα

Για τη διευκόλυνση της ανάλυσης και της οπτικοποίησης, τα δεδομένα σε μία Αποθήκη Δεδομένων οργανώνονται τυπικά σε ένα πολυδιάστατο μοντέλο. Τα OLAP εργαλεία απεικονίζουν τα δεδομένα σαν να βρίσκονται αποθηκευμένα σε έναν ή περισσότερους πολυδιάστατους πίνακες, γνωστούς και ως κύβους (**cubes**). Συνήθως οι κύβοι αποτελούνται από περισσότερες από 3 διαστάσεις και έτσι καλούνται υπερκύβοι (**hypercubes**) [11].

Παράδειγμα



Εικόνα 16: Παράδειγμα υπερκύβου (πηγή: [10])

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται το μοντέλο δεδομένων ενός υπέρ-κύβου που παρέχει δεδομένα για τις πωλήσεις των προϊόντων. Σύμφωνα με το παράδειγμα αυτό οι πωλήσεις του προϊόντος “cola” το μήνα Ιανουάριο στην βόρεια περιοχή ήταν 13. Οι τιμές “cola”, “Jan”, και “N” στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι οι τιμές των διαστάσεων “PRODUCT”, “MONTH” και “REGION” αντίστοιχα ενώ το 13 αποτελεί τιμή των δεδομένων του κύβου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο αριθμός 13 αφορά τις πωλήσεις όλων των ημερών του μήνα σε όλες τις πόλεις της βόρειας περιοχής. Ίσως αυτός ο αριθμός έχει προκύψει από αναλυτικότερα δεδομένα που μπορεί να υπάρχουν σε άλλο υπέρ-κύβο. Αν εκτελέσουμε μια αναζήτηση στα δεδομένα του κύβου με βάση μόνο συγκεκριμένες τιμές για δύο διαστάσεις (PRODUCT = “cola” και MONTH = “Jan”) τότε θα πάρουμε το άθροισμα των πωλήσεων του προϊόντος “cola” το μήνα Ιανουάριο σε όλες τις περιοχές. Αν κάνουμε αναζήτηση στα δεδομένα του κύβου για την τιμή PRODUCT = “cola” θα εμφανιστούν οι συνολικές πωλήσεις του συγκεκριμένου προϊόντος. Επίσης μπορούμε να κάνουμε αναζητήσεις χωρίς να δίνουμε συγκεκριμένες τιμές στις διαστάσεις ή να δίνουμε περιοχή τιμών. Για παράδειγμα μπορούμε να δούμε τις συγκεντρωτικές πωλήσεις όλων των προϊόντων ανά προϊόν και μήνα για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο [10].

2.10.2 Ανάλυση της OLAP

Η έννοια της OLAP ορίστηκε για πρώτη φορά από τον *Codd (1993)* ως: *“...το όνομα δόθηκε στις απαιτούμενες δυναμικές αναλύσεις των επιχειρήσεων για τη δημιουργία, το χειρισμό, την κίνηση και τη σύνθεση πληροφοριών από ερμηνευτικές, στοχαστικές και στερεότυπες αναλύσεις μοντέλων δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει την ικανότητα να διακριθούν νέες ή απρόβλεπτες σχέσεις μεταξύ μεταβλητών, η ικανότητα των μεταβλητών να αναγνωρίσουν τις απαραίτητες παραμέτρους προκειμένου να χειριστούν μεγάλο όγκο δεδομένων, για να δημιουργήσουν έναν απεριόριστο αριθμό διαστάσεων, και να καθορίσουν διατομεακές συνθήκες και εκφράσεις”* [22]. Άλλος ένας ορισμός OLAP που έχει ήδη προταθεί, εί-

να: “μία κατηγορία λογισμικού που προορίζεται για μια σύντομη εξερεύνηση και ανάλυση των δεδομένων βασισμένη σε μία πολυδιάστατη προσέγγιση με αρκετά αθροιζόμενα επίπεδα” [23].

Η άμεση (σε πραγματικό χρόνο) αναλυτική επεξεργασία δεδομένων (On-Line Analytical Processing - OLAP) είναι μία τεχνολογία που χρησιμοποιείται από τις σύγχρονες επιχειρήσεις και περιγράφει μία ομάδα εργαλείων που διαχειρίζονται πολυδιάστατα δεδομένα σε Αποθήκες Δεδομένων. Αποτελεί μία συλλογή από τεχνολογίες στήριξης αποφάσεων και είναι η κινητήρια δύναμη της επιχειρησιακής νοημοσύνης, η οποία αποτελεί ένα σύνολο ιδεών και μεθόδων για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων στην επιχείρηση. Οι Αποθήκες Δεδομένων διαχειρίζονται ένα πολυδιάστατο μοντέλο δεδομένων που τους δίνει την δυνατότητα να [24]:

- Παρουσιάζουν πληροφορίες και όχι μόνο απλά δεδομένα
- Λειτουργούν με αθροιστικά δεδομένα
- Κάνουν γρήγορη ανάκτηση δεδομένων με τη χρησιμοποίηση υψηλού επιπέδου πολυδιάστατου κύβου

Η αναλυτική επεξεργασία δεδομένων είναι τμήμα των εφαρμογών λήψης αποφάσεων και των στρατηγικών πληροφοριακών συστημάτων. Η λειτουργία της αναλυτικής επεξεργασίας δεδομένων αποτελείται από πολυδιάστατη ανάλυση των δεδομένων του οργανισμού. Οι εφαρμογές που εκτελούνται με OLAP, χαρακτηρίζονται από ερωτήματα που εκτελούνται πάνω στα δεδομένα του οργανισμού. Η δομή των ερωτήσεων είναι συγκεκριμένη και πολύπλοκη, ενώ η πληροφορία που αντλούν έχει πολυδιάστατο χαρακτήρα. Για παράδειγμα, έχουμε μια εφαρμογή που εκτελείται με αναλυτική επεξεργασία (OLAP) στα δεδομένα των πωλήσεων ενός οργανισμού και εκτελεί συνεχώς ερωτήματα για τη συλλογή συγκεντρωτικών δεδομένων των πωλήσεων ανά προϊόν, ανά μήνα και ανά περιοχή. Τα αποτελέσματα των πωλήσεων που θα παρουσιαστούν, μπορούν

να προκαλέσουν το χρήστη να εκτελέσει ένα πιο συγκεντρωτικό ερώτημα έτσι ώστε να πάρει δεδομένα των ετήσιων πωλήσεων ανά προϊόν και περιοχή ή να εκτελέσει ένα πιο λεπτομερές ερώτημα, παίρνοντας τις μηνιαίες πωλήσεις κάθε προϊόντος ανά συγκεκριμένο πελάτη [24].

Τα πλεονεκτήματα της OLAP σε σχέση με άλλα συστήματα βάσεων δεδομένων είναι τα εξής:

- Υπάρχει αυξητική τάση αποθήκευσης όλο και περισσότερο δεδομένων.
- Ταυτόχρονη χρήση μιας εφαρμογής για ανάκτηση – ανάλυση δεδομένων.
- Μειώνονται οι χρονικές καθυστερήσεις για την απάντηση πολύπλοκων ερωτημάτων και αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση πόρων του συστήματος.

Παρακάτω φαίνεται ένας παραδοσιακός πίνακας μιας βάσης δεδομένων, ο λεγόμενος πίνακας γεγονότων (fact table). Οι σειρές του πίνακα αντιπροσωπεύουν -ως γνωστό- τις εγγραφές, ενώ οι στήλες καθορίζουν τα πεδία (ιδιότητες).

Προϊόντα	Καταστήματα	Πλήθος
A	Νεάπολη	40
A	Γύθειο	50
A	Σπάρτη	30
B	Νεάπολη	100
B	Γύθειο	20
B	Σπάρτη	70
Γ	Νεάπολη	50
Γ	Γύθειο	30
Γ	Σπάρτη	50

Εικόνα 17: Πίνακας γεγονότων (πηγή: <http://www.slideshare.net/marynasta/olap-6877390>)

Από τον παραπάνω πίνακα γεγονότων, προκύπτει ο κύβος OLAP που ακολουθεί, όπου οι άξονες του κύβου είναι ουσιαστικά τα πεδία του αντίστοιχου πίνακα μιας απλής βάσης δεδομένων. Ο κάθε άξονας σε ένα κύβο καλείται διάσ-

ταση και ένα κελί του κύβου αντιπροσωπεύει μια εγγραφή και ορίζεται από την τομή των δύο διαστάσεων [24].

		Διάσταση Προϊόντων		
		Α	Β	Γ
Διάσταση Καταστημάτων	ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ			
	Γύθειο	40	100	50
	Νεάπολη	50	20	30
	Σπάρτη	30	70	50

Εικόνα 18: Κύβος OLAP (πηγή: <http://www.slideshare.net/marvnasta/olap-6877390>)

Τα δεδομένα του κύβου OLAP μπορούν να αποθηκευτούν με δύο τρόπους μέσα σε ένα πίνακα. Ο πρώτος τρόπος χαρακτηρίζεται από πολλές ιδιότητες και λιγότερες εγγραφές και ο δεύτερος τρόπος χαρακτηρίζεται από λίγες ιδιότητες. Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνονται οι δύο τρόποι. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στον δεύτερο πίνακα έχουν ενοποιηθεί κάτω απ' την ιδιότητα με τίτλο "Μετρήσεις" οι ιδιότητες "Έσοδα", "Κόστος", "Πλήθος" του πρώτου πίνακα.

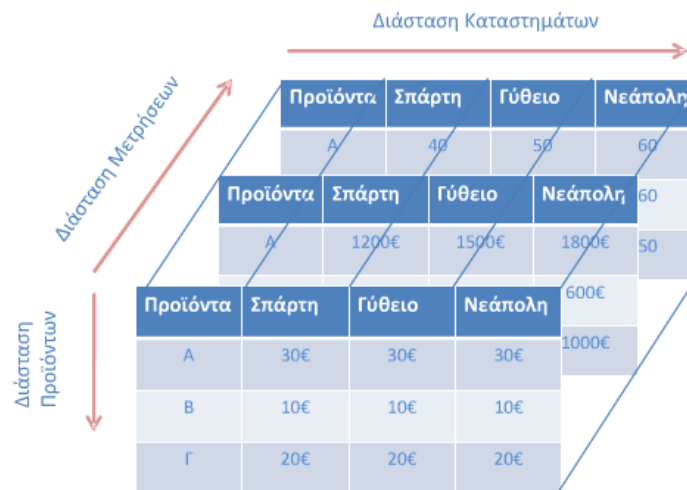
Προϊόντα	Κατάστημα	Έσοδα	Κόστος	Πλήθος
A	Σπάρτη	250 €	110 €	40
A	Γύθειο	320 €	140 €	50
A	Νεάπολη	220 €	150 €	30
B	Σπάρτη	410 €	250 €	100
B	Γύθειο	88 €	55 €	20
B	Νεάπολη	310 €	180 €	70
Γ	Σπάρτη	160 €	90 €	50
Γ	Γύθειο	150 €	80 €	30

Προϊόντα	Κατάστημα	Μετρήσεις	Τιμή
A	Σπάρτη	Έσοδα	250 €
A	Σπάρτη	Κόστος	110 €
A	Σπάρτη	Πλήθος	40
A	Γύθειο	Έσοδα	320 €
A	Γύθειο	Κόστος	140 €
A	Γύθειο	Πλήθος	50
A	Νεάπολη	Έσοδα	220 €
A	Νεάπολη	Κόστος	150 €

Εικόνα 19: Δύο τρόποι αποθήκευσης δεδομένων σε πίνακα (πηγή: <http://www.slideshare.net/marvnasta/olap-6877390>)

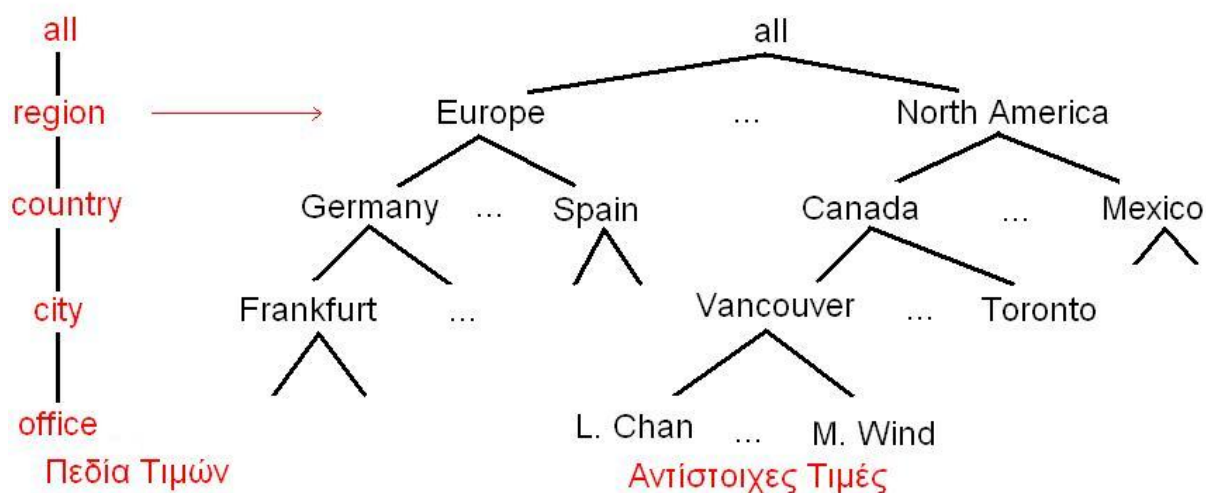
Στη συνέχεια προκύπτει το λογικό μοντέλο OLAP, δηλαδή ο τρισδιάστατος κύβος OLAP που αποτελεί την πολυδιάστατη περιγραφή (μοντελοποίηση) δεδομένων μιας Αποθήκης Δεδομένων. Στον κύβο αυτόν τα αντικείμενα ανάλυσης αποτελούν ένα σύνολο τιμών από **μετρήσιμες τιμές (μέτρα ή γεγονότα)**

όπως είναι οι πωλήσεις. Τα γεγονότα (facts) εξαρτώνται από τις διαστάσεις του κύβου, οι οποίες τις χαρακτηρίζουν μοναδικά και τις τοποθετούν σε μία περιοχή του πολυδιάστατου χώρου. Το κελί ενός κύβου αποτελεί ένα μέτρο και είναι δυνατόν να υπάρχουν περισσότερα από ένα μέτρα. Ο πιο απλός τρόπος για την αναπαράσταση του προηγούμενου παραδείγματος σε OLAP, είναι η δημιουργία τριών διαφορετικών δυσδιάστατων κύβων, έναν για κάθε είδος δεδομένων, δηλαδή έναν για τα Έσοδα, έναν για το Κόστος και έναν για το Πλήθος, όπως φαίνεται παρακάτω. Αν και ο κύβος OLAP μπορεί να έχει τέσσερις ή και περισσότερες διαστάσεις, οι περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούν μόνο δύο διαστάσεις, ελαχιστοποιώντας τις υπόλοιπες [24].



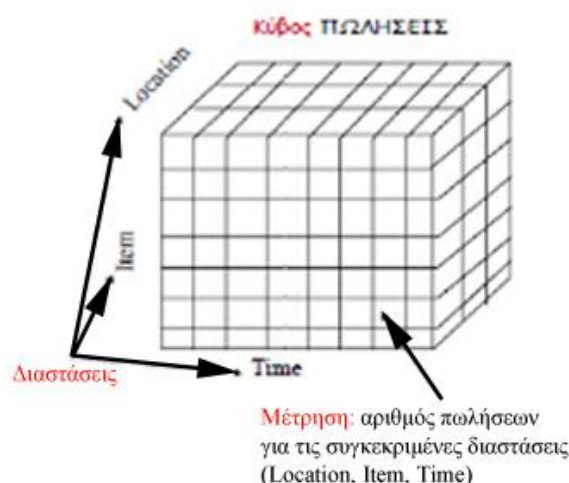
Εικόνα 20: Τρισδιάστατος κύβος OLAP (πηγή: <http://www.slideshare.net/marynasta/olap-6877390>)

Μια άλλη δυνατότητα ενός τρισδιάστατου κύβου OLAP αφορά τις ιεραρχίες και την ομαδοποίησή τους. Οι διαστάσεις οργανώνονται σε διάφορες ομάδες επιπέδων δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μία ιεραρχία (ή αλλιώς ένα μονοπάτι συνάθροισης). Το πιο λεπτομερές επίπεδο βρίσκεται στο κάτω μέρος της ιεραρχίας, και αντίστοιχα το επίπεδο με τη μικρότερη λεπτομέρεια βρίσκεται στο πάνω μέρος. Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται μια ιεραρχία που ξεκινά από κάτι πολύ γενικό όπως είναι ο όρος *all* που αφορά όλα τα γραφεία μιας πολυεθνικής εταιρείας και καταλήγει σε κάτι πολύ ειδικό και λεπτομερές που είναι τα ονόματα των γραφείων σε συγκεκριμένες πόλεις του κόσμου.



Εικόνα 21: Ιεραρχία και ομαδοποίηση (πηγή: <http://sqlblogcasts.com>)

Από την ιεραρχία αυτή καταλήγουμε στον τρισδιάστατο κύβο OLAP της επόμενης εικόνας.



Εικόνα 22: Κύβος OLAP τριών διαστάσεων (πηγή: [http:// http://sqlblogcasts.com](http://http://sqlblogcasts.com))

Σε περιβάλλον δικτύου, ο κύβος OLAP υλοποιείται με βάση το μοντέλο πελάτη/εξυπηρετητή (client/server) και προσφέρει απαντήσεις σε ερωτήματα ανεξάρτητα από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα της βάσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του OLAP εξυπηρετητή (server), ο οποίος αποτελεί μια μηχανή χειρισμού δεδομένων σχεδιασμένη για να υποστηρίζει πολυδιάστατες δομές δεδομένων. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική client/server, οι υπολογιστές στο δίκτυο λειτουργούν είτε σαν εξυπηρετητές (server) που διαχειρίζονται αρχεία και δια-

δικτυακές υπηρεσίες, είτε ως πελάτες (clients), όπου οι χρήστες τρέχουν εφαρμογές και μέσω των εφαρμογών αυτών αποκτούν πρόσβαση στους εξυπηρετητές [24].

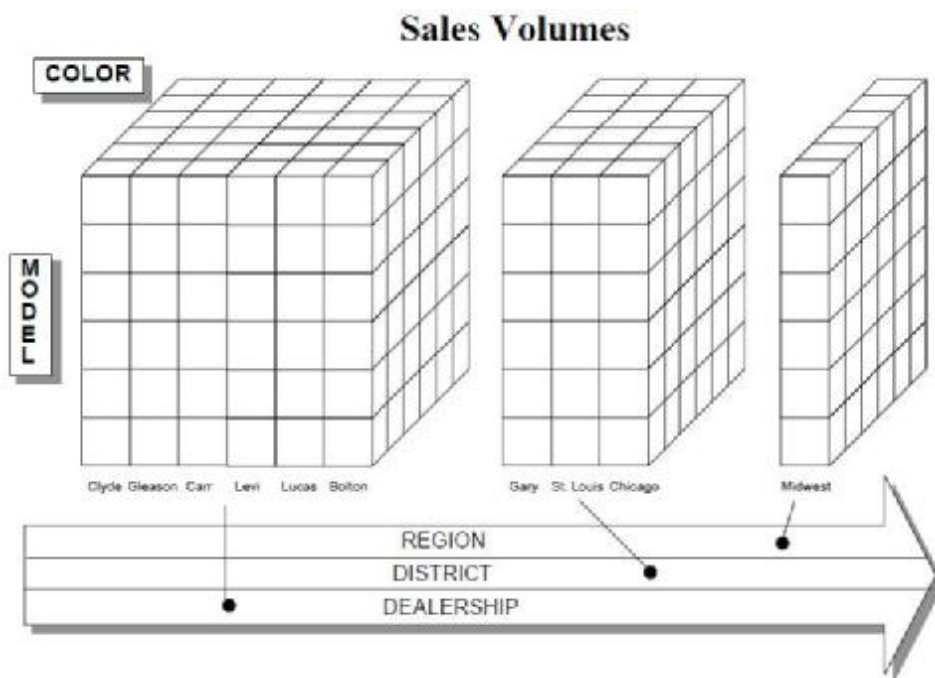
2.10.3 Το πρόβλημα της καταλληλότητας των κύβων

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου υπάρχει η ανάγκη να αποφασιστεί αν μια όψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί μια άλλη όψη. Δύο γνωστά παραδείγματα είναι τα εξής: (α) οι χρήστες OLAP εργαλείων κάνουν αλληλεπιδραστικές πλοηγήσεις στα δεδομένα, με αλλαγές στη λεπτομέρεια της παρουσίασής τους και (β) ο σχεδιαστής της συγκεντρωτικής Αποθήκης Δεδομένων έχει να επιλέξει, ανάμεσα σε πολλές υποψήφιες όψεις, ποιες θα υλοποιήσει. Στην πρώτη περίπτωση, ο χρήστης επιλέγει κάποια δεδομένα και κάνει κάποια πράξη πάνω τους. Το αποτέλεσμα της νέας λειτουργίας μπορεί φυσικά να υπολογιστεί από τα λεπτομερή δεδομένα, αλλά είναι δυνατόν και να υπολογισθεί από κύβους προϋπολογισμένους ή προσωρινώς αποθηκευμένους στη λανθάνουσα μνήμη (cache memory). Στη δεύτερη περίπτωση, ο σχεδιαστής της συγκεντρωτικής Αποθήκης Δεδομένων χρειάζεται κάποιους αλγόριθμους για να αποφασίσει αν θα αποθηκεύσει επιπλέον όψεις (πιθανά επικαλυπτόμενες), ώστε οι ερωτήσεις των χρηστών να απαντώνται πιο γρήγορα. Ορισμένες φορές, ο πλεονασμός όψεων μπορεί να επιταχύνει και τη διαδικασία ανανέωσης [24, 25, 26]. Τμήμα του αλγορίθμου σχεδίασης είναι και μια μέθοδος που αποφασίζει αν μια όψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί μια άλλη όψη (ή εν γένει μια ερώτηση). Γενικεύοντας τα παραπάνω, μπορεί κανείς να πει ότι το πρόβλημα έγκειται στην απόκριση του κατά πόσον μπορεί ένας κύβος να υπολογιστεί από ένα ενδιάμεσο επίπεδο συνάθροισης αντί από το λεπτομερές σύνολο δεδομένων.

2.10.4 Πράξεις στους υπέρ-κύβους

Οι υπέρ-κύβοι δίνουν τη δυνατότητα πλοήγησης στις ιεραρχίες των διαστάσεων τους. Η πλοήγηση μπορεί να γίνει από τις πράξεις που παρέχονται. Οι πράξεις οι οποίες γίνονται στους υπέρ-κύβους είναι οι παρακάτω [11]:

Roll-up (σύνοψη): Πρόκειται για την πράξη με την οποία εκτελείται ένα βήμα ανόδου στην ιεραρχία μιας διάστασης. Στο παρακάτω παράδειγμα ο κύβος αποτελείται από τρεις διαστάσεις: χρώμα (color), μοντέλο (model) και γεωγραφία (geography). Η διάσταση γεωγραφία έχει τρία επίπεδα: κατάστημα (dealership), περιοχή (district) και περιφέρεια (region). Η πράξη roll-up στη διάσταση γεωγραφία θα έδινε ένα νέο κύβο που θα είχε τις αθροιστικές πωλήσεις προϊόντων ανά περιοχή, χρώμα και μοντέλο. Ο κύβος που προκύπτει έχει πιο ομαδοποιημένα δεδομένα με βάση την διάσταση στην οποία έγινε η ομαδοποίηση [11].



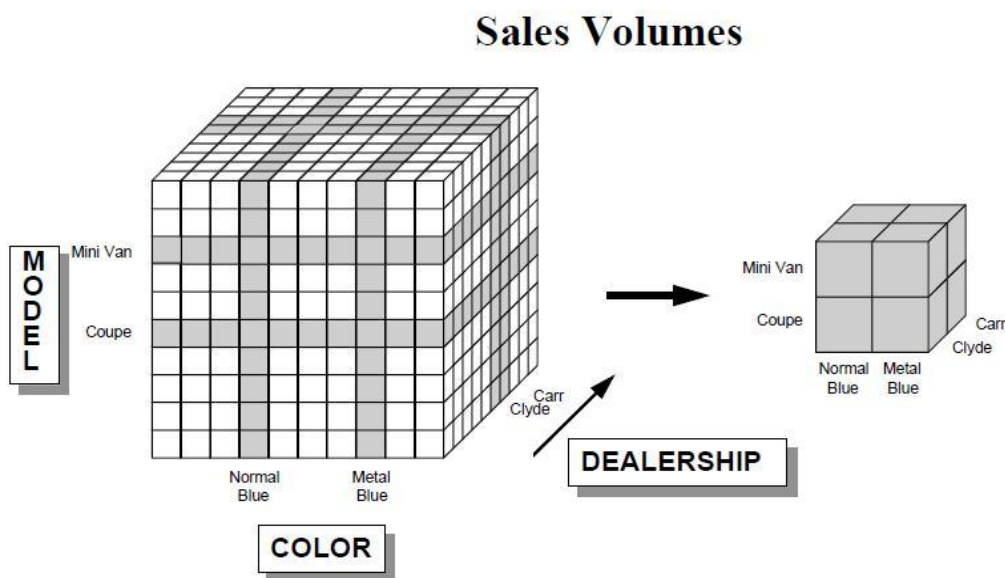
Εικόνα 23: Πλοήγηση σε μια ιεραρχία διαστάσεων (πηγή: [10, 11, 25])

Drill-down (ανάπτυξη): είναι η αντίστροφη πράξη της roll-up, όπου γίνεται η μετάβαση από ένα υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας μιας διάστασης σε κάποιο χαμηλότερο. Στον πίνακα της εικόνας 23, η πράξη drill-down στη διάστα-

ση γεωγραφία, από το επίπεδο περιφέρειας στον τελευταίο κύβο, στο επίπεδο καταστήματος θα έδινε τον αρχικό κύβο [11].

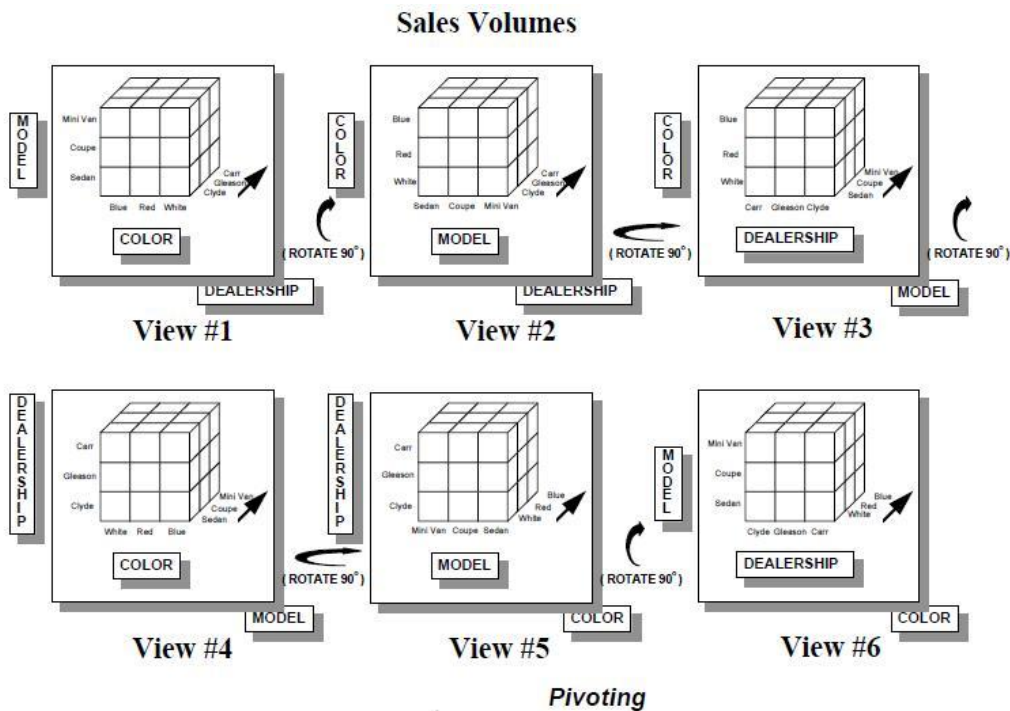
Slice and dice (Τεμαχισμός σε κύβους): πρόκειται για την πράξη επιλογής δεδομένων σε μια συγκεκριμένη διάσταση. Ένα επίπεδο slice είναι ένα υποσύνολο ενός υπέρ-κύβου σύμφωνα με μια περιοχή τιμών ή μια συγκεκριμένη τιμή ενός επιπέδου διάστασης. Στο παράδειγμα του παρακάτω σχήματος κάνουμε τις εξής επιλογές [11]:

- Στη διάσταση μοντέλου κρατάμε μόνο τις τιμές *Sports Coupe* και *Mini Van*.
- Στη διάσταση γεωγραφίας κρατάμε μόνο τα καταστήματα *Carr* και *Clyde*.
- Στη διάσταση χρώματος κρατάμε μόνο τις τιμές *Metal Blue* και *Normal Blue*.



Εικόνα 24: Slice and dice (ή slicing) (πηγή: [10, 11, 27])

Pivot (περιστροφή): πρόκειται για πράξη αλλαγής της διάταξης των διαστάσεων ώστε να διευκολυνθεί η ανάλυση. Με αυτή την πράξη δε μεταβάλλονται ούτε μειώνονται τα δεδομένα του υπέρ-κύβου, απλά αλλάζει ο τρόπος παρουσίασης τους στην εφαρμογή ανάλυσης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι διαφορετικοί τρόποι παρουσίασης ενός κύβου [11].



Εικόνα 25: Pivoting (πηγή: [10, 11, 26])

Εκτός από τις λεπτομερείς πληροφορίες των πινάκων γεγονότων (fact tables), είναι δυνατές και οι συναθροίσεις των δεδομένων για καλύτερους χρόνους απόκρισης. Για παράδειγμα, αν ένας πίνακας γεγονότων (fact table) είναι ο:

Sales (GeographyCode, ProductCode, TimeCode, AccountCode, Amount, Unit)

μπορούμε να υπολογίσουμε επίσης τα εξής:

AVG (Sales) ανά Region, Product, Quarter

MAX (Sales) ανά Brand, Month, με Region = Europe

SUM (Sales) ανά City

Η συνάθροιση των δεδομένων είναι η ενσωμάτωση των αθροιστικών εγγραφών στον βασικό πίνακα γεγονότος (fact table) και μια επιπλέον στήλη που να εξηγεί το επίπεδο συνάθροισης [13]. Αυτό διευκρινίζεται στο σχήμα που ακολουθεί:

Συναθροίσεις Δεδομένων

- Χωριστός πίνακας/όψη αθροισμάτων

Sales table

RID	City	...	Amount
1	Athens	...	\$100
2	N.Y.	...	\$300
3	Rome	...	\$120
4	Athens	...	\$250
5	Rome	...	\$180
6	Rome	...	\$65
7	N.Y.	...	\$450

City-dimension

sum table

City	Amount
Athens	\$350
N.Y.	\$750
Rome	\$365



- Επέκταση του υπάρχοντος βασικού πίνακα

Extended Sales table

RID	City	...	Amount	Level
1	Athens	...	\$100	NULL
2	N.Y.	...	\$300	NULL
3	Rome	...	\$120	NULL
4	Athens	...	\$250	NULL
5	Rome	...	\$180	NULL
6	Rome	...	\$65	NULL
7	N.Y.	...	\$450	NULL
8	Athens	...	\$350	City
9	N.Y.	...	\$750	City
10	Rome	...	\$365	City

Εικόνα 26: Συνάθροιση δεδομένων (πηγή: [13])

2.10.5 Τύποι OLAP

Υπάρχουν 4 κύριοι τύποι OLAP εξυπηρετητών [11]:

- Ο ιεραρχικός OLAP (*ROLAP*)
- Ο πολυδιάστατος OLAP (*MOLAP*)
- Ο υβριδικός OLAP (*HOLAP*)
- Ο χωρικός OLAP (*SOLAP*)

Η κύρια διαφορά μεταξύ των τεσσάρων τύπων εντοπίζεται στον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα τους καθώς και των συναθροίσεων τους. Υπάρχουν δύο πόλοι γύρω από τους οποίους συγκεντρώνονται τα εργαλεία OLAP και οι οποίοι έχουν να κάνουν με τη φυσική αποθήκευση των δεδομένων. Από τη μία πλευρά υπάρχει η αρχιτεκτονική ROLAP (Relational On-Line Analytical Processing), και από την άλλη υπάρχει η αρχιτεκτονική MOLAP (Multi-dimensional On-Line Analytical Processing). Το πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής MOLAP είναι ότι παρέχει μια άμεση πολυδιάστατη όψη των δεδομένων, ενώ το πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής ROLAP είναι απλά μια πολυδιάστατη διαπροσωπεία σε σχεσιακά συστήματα βάσεων δεδομένων [11].

Η αρχιτεκτονική ROLAP έχει δύο πλεονεκτήματα: (α) μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα σε υπάρχοντα σχεσιακά συστήματα, και (β) τα σχεσιακά δεδομένα μπορούν να αποθηκευθούν πιο αποδοτικά από τα πολυδιάστατα δεδομένα. Σε μια αρχιτεκτονική ROLAP, τα δεδομένα οργανώνονται σε σχήμα αστέρα ή νιφάδας (star ή snowflake schema) [28].

Στο σχεσιακό OLAP εξυπηρετητή (Relational OLAP - ROLAP) τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Κάθε κελί στον σχεσιακό πίνακα αναπαριστάται από μια πλειάδα (tuple). Η πλειάδα αυτή περιλαμβάνει κάποια χαρακτηριστικά που καθορίζουν την θέση του κελιού στον πολυδιάστατο χώρο και κάποια άλλα χαρακτηριστικά που περιέχουν την τιμή που αντιστοιχεί το συγκεκριμένο κελί. Όταν τίθεται ένα ερώτημα σε SQL, τα δεδομένα λαμβάνονται από τη σχεσιακή βάση. Οι συναθροίσεις είναι και αυτές αποθηκευμένες στην σχεσιακή βάση και αναπαριστώνται σαν σύνολο από πίνακες [13].

Στον πολυδιάστατο OLAP εξυπηρετητή (Multidimensional OLAP - MOLAP) τα πολυδιάστατα δεδομένα αποθηκεύονται σε ειδικές δομές δεδομένων άμεσα και υλοποιούν τις λειτουργίες της OLAP πάνω σ' αυτές τις δομές. Οι συναθροίσεις αποθηκεύονται στην ειδική πολυδιάστατη δομή [13].

Ο υβριδικός OLAP εξυπηρετητής (Hybrid OLAP - HOLAP) αποτελεί το συνδυασμό των πολυδιάστατων και σχεσιακών δομών για την αποθήκευση πολυδιάστατων δεδομένων. Χειρίζεται τα δεδομένα όπως ο ROLAP και τις συναθροίσεις όπως ο MOLAP [13].

Ο χωρικός OLAP εξυπηρετητής (Spatial OLAP - SOLAP) χρησιμοποιείται για την περιγραφή εκείνης της τεχνολογίας που είναι απαραίτητη για την ταυτόχρονη αξιοποίηση των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) και των πολυδιάστατων βάσεων δεδομένων. Πιο αναλυτικά, ένα μεγάλο ποσοστό των δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις

και οργανισμούς μπορούν να συσχετιστούν με μία χωρική-γεωγραφική διάσταση (λόγου χάρη ταχυδρομική διεύθυνση, τοπωνύμιο, γεωγραφικές συντεταγμένες). Η δυνατότητα παρουσίασης δεδομένων πάνω σε χάρτες, αλλά και η σύγκριση χαρτών διαφορετικών φαινομένων και χρονικών περιόδων, προσδίδει μία νέα διάσταση στη χρησιμότητα των χωρικών δεδομένων [9].

2.10.6 Εξόρυξη Δεδομένων (Data Mining)

Η εξόρυξη γνώσης προέκυψε από την ανάγκη επεξεργασίας των μεγάλων Αποθηκών Δεδομένων και αποτελεί ένα από τα βασικότερα ερευνητικά αντικείμενα των βάσεων δεδομένων. Οι προγενέστερες τεχνικές επεξεργασίας δεδομένων ήταν ελλιπείς, εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων, με αποτέλεσμα την ανάγκη χρήσης νέων τεχνικών. Πολλές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα ως τεχνικές εξόρυξης δεδομένων προϋπήρχαν, παρόλα αυτά μόλις τα τελευταία χρόνια εφαρμόστηκαν σε μεγάλες βάσεις δεδομένων [29]. Μεγάλες εταιρείες, οργανισμοί, δημόσιες υπηρεσίες, νοσοκομεία και πανεπιστήμια συλλέγουν σήμερα πληροφορίες διαφορετικών ειδών και τις συντηρούν με πολύ μικρό κόστος. Οι μεγάλες ποσότητες των συλλεγόμενων δεδομένων προκάλεσαν όμως δύο προβλήματα: α) αχρησιμοποίητα δεδομένα και β) πολύπλοκα δεδομένα. Όσον αφορά το πρώτο, μπορούν να αγνοηθούν τέτοιου είδους δεδομένα χωρίς όμως να καταργηθούν και όσον αφορά το δεύτερο είναι εφικτή η χρήση νέων εργαλείων/τεχνικών για *ευφυή* ανάλυση βάσεων δεδομένων, κάτι που οδηγεί σε *εξαγωγή χρήσιμης γνώσης* [30].

Ο συγκερασμός διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, όπως βάσεις δεδομένων, τεχνητή νοημοσύνη, στατιστική οδήγησε στη δημιουργία ενός νέου ερευνητικού τομέα, αυτού της *εξόρυξης δεδομένων και γνώσης*. Η εξόρυξη γνώσης λειτουργεί σε δύο βήματα: προεπεξεργασία δεδομένων και αναγνώριση προτύπων. Στο πρώτο βήμα αναγνωρίζονται τα χαρακτηριστικά του προβλήμα-

τος και στο δεύτερο γίνεται αναγνώριση προτύπων βάσει των χαρακτηριστικών του πρώτου βήματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί συγγραφείς έχουν αναγνωρίσει το στάδιο της προεπεξεργασίας δεδομένων ως το πιο σημαντικό και κρίσιμο για την ανεύρεση γνώσης από δεδομένα [30].

Με τον όρο *Εξόρυξη Δεδομένων* (data mining) εννοούμε τη διαδικασία εξαγωγής χρήσιμης πληροφορίας που είναι κρυμμένη μέσα στα δεδομένα μιας συλλογής δεδομένων, όπως είναι οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Η δημιουργία μιας συλλογής δεδομένων αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προ-επεξεργασίας δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια θα δοθούν ως είσοδος στη διαδικασία εξόρυξης γνώσης από δεδομένα.

Η διαδικασία ανακάλυψης γνώσης από μεγάλες συλλογές δεδομένων αναφέρεται στην διεθνή βιβλιογραφία με τον όρο *Ανακάλυψη Γνώσης από Βάσεις Δεδομένων* (Knowledge Discovery in Databases - KDD). Σύμφωνα με τον Fayaad [31], *η Ανακάλυψη Γνώσης από Βάσεις Δεδομένων* είναι μια διαδικασία αναγνώρισης έγκυρων, καινοτόμων, χρήσιμων και κατανοητών προτύπων από δεδομένα. Με άλλα λόγια είναι μια επαναλαμβανόμενη ακολουθία βημάτων που περιλαμβάνει τη συλλογή, την εξέταση και τη μοντελοποίηση μεγάλου όγκου δεδομένων με σκοπό την αποκάλυψη άγνωστων –έως τώρα- προτύπων. Η εξόρυξη δεδομένων (Data Mining) αποτελεί υποσύνολο της διαδικασίας *ανακάλυψη γνώσης από βάσεις δεδομένων* (KDD). Η διαδικασία ανακάλυψης γνώσης (δηλαδή έγκυρων και κατανοητών προτύπων) από δεδομένα είναι –όπως προαναφέρθηκε- μια επαναληπτική διαδικασία που περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα [31]:

- *Επιλογή του συνόλου των δεδομένων*: από μια Αποθήκη Δεδομένων επιλέγονται εκείνα τα δεδομένα που θα χρειαστούν στη διαδικασία εξόρυξης δεδομένων.

- *Καθαρισμός και προεπεξεργασία δεδομένων*: γίνεται η συμπλήρωση των ελλιπών πεδίων δεδομένων με βάση τις γνωστές στρατηγικές διαχείρισης δεδομένων, η αφαίρεση θορύβου⁴ και ακραίων δεδομένων (outliers) και η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για τον εντοπισμό του θορύβου.

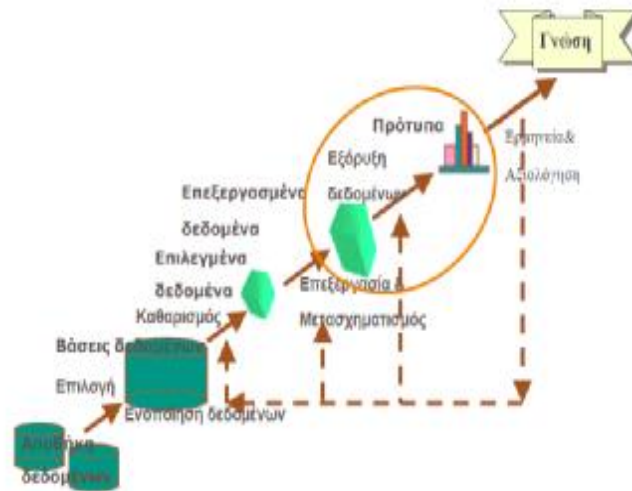
- *Μετασχηματισμός δεδομένων*: τα δεδομένα μετασχηματίζονται κατάλληλα για να γίνει η εξόρυξη. Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για να μειωθούν οι διαστάσεις και οι μεταβλητές. Γίνεται κωδικοποίηση των δεδομένων για την αποφυγή μεταβλητών.

- *Επιλογή αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων*: επιλογή των μεθόδων βάσει των επιδιωκόμενων στόχων. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή προτύπων που συμβάλουν στην αποκόμιση νέων πληροφοριών και γνώσης.

- *Αξιολόγηση των προτύπων*: αξιολογούνται τα πρότυπα του προηγούμενου βήματος και αγνοούνται αυτά τα οποία δεν προσφέρουν νέα γνώση.

- *Παρουσίαση της γνώσης*: απεικονίζεται η νέα γνώση στο χρήστη. Η διαδικασία KDD είναι επαναληπτική και επιτρέπει τη μετάβαση σε οποιοδήποτε προγενέστερο βήμα. Τα βήματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα [32]:

⁴ Λανθασμένη πληροφορία μέσα στα δεδομένα. Ο θόρυβος αυτός μπορεί να προκληθεί από το μέσο ή τη γραμμή μετάδοσης δεδομένων.



Εικόνα 27: Τα βήματα της διαδικασίας KDD (πηγή: [33])

Οι αλγόριθμοι εξόρυξης δεδομένων πρέπει να προσαρμοστούν στα μεγάλα σύνολα δεδομένων για να έχουν καλή απόδοση. Θα πρέπει να δοκιμαστούν διαφορετικοί αλγόριθμοι και να γίνει καταμέτρηση του χρόνου εκτέλεσής τους, προκειμένου να επιλεγεί η πλέον αποδοτική μέθοδος. Τα αποτελέσματα της εξόρυξης πρέπει να είναι ακριβή και η ακρίβεια αυτή να διαπιστώνεται με χρήση άλλων εργαλείων εξόρυξης δεδομένων ή αλγορίθμων. Η παρουσίαση τους πρέπει να γίνεται με τρόπο γραφικό, για να είναι έτσι εφικτή η κατανόησή και η χρήση τους ακόμη και από απλούς χρήστες. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι τα δεδομένα μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων, κάτι που οδηγεί στη χρήση των Αποθηκών Δεδομένων καθώς και παράλληλων και κατανεμημένων αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων. Η εξόρυξη δεδομένων περιλαμβάνει διάφορες λειτουργίες με πιο γνωστές την ομαδοποίηση (clustering), την ταξινόμηση (classification) και τη συσχέτιση (association). Παρακάτω περιγράφονται περιληπτικά οι λειτουργίες αυτές [32].

Ομαδοποίηση - Συσταδοποίηση

Η **Ομαδοποίηση (clustering)** είναι μια περιγραφική διαδικασία που αποσκοπεί στην αναγνώριση ενός πεπερασμένου συνόλου κατηγοριών που πε-

ριγράφουν τα δεδομένα. Βασικός της στόχος είναι ο καταμερισμός ενός συνόλου δεδομένων σε k ομογενείς ομάδες σύμφωνα με κάποιο καθορισμένο μέτρο ομοιότητας (για παράδειγμα, Ευκλείδεια απόσταση) και ο προσδιορισμός κατανομών και προτύπων σε αυτά τα δεδομένα. Ειδικότερα, ορίζεται ως **ομάδα (cluster)** ένα σύνολο δεδομένων που τείνουν να είναι όμοια με τα δεδομένα που ανήκουν μέσα στην ίδια ομάδα και ανόμοια με τα δεδομένα άλλων ομάδων. Η διαδικασία της ομαδοποίησης εντάσσεται στην *μη εποπτευόμενη μάθηση* (unsupervised learning), στην οποία δεν υπάρχουν προ-ταξινομημένα δεδομένα ούτε γίνεται διάκριση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων ομαδοποίησης διακρίνονται σε *διαμεριστικές* (με πιο αντιπροσωπευτικούς αλγόριθμους τους "k-Means", "Partitioning Around Medoid" και "Clustering Large Applications") και *ιεραρχικές* (με πιο αντιπροσωπευτικούς αλγόριθμους τους "Birch", "Cure", "Chameleon"). Τα βήματα που ακολουθούνται κατά τη διαδικασία της ομαδοποίησης είναι [12]:

- 1) Επιλογή των χαρακτηριστικών ομαδοποίησης.
- 2) Επιλογή αλγορίθμου ομαδοποίησης, σύμφωνα α) με το μέτρο εγγύτητας (proximity measure) που ποσοτικοποιεί την ομοιότητα/ανομοιότητα μεταξύ δύο χαρακτηριστικών διανυσμάτων και β) με κριτήριο ομαδοποίησης που εκφράζεται συνήθως μέσω κάποιας συνάρτησης κόστους.
- 3) Έλεγχος Αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Η ορθότητα των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου ομαδοποίησης επαληθεύεται με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και εκτιμάται κατά πόσο οι κλάσεις που δημιουργήθηκαν από την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου αλγορίθμου δεν δημιουργήθηκαν με τυχαίο τρόπο.
- 4) Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ταξινόμηση - Κατηγοριοποίηση

Η **ταξινόμηση (classification)** είναι μια από τις δημοφιλέστερες τεχνικές εξόρυξης από δεδομένα που ανήκει στην εποπτευόμενη μάθηση (supervised learning). Η διαδικασία της ταξινόμησης απαιτεί ένα καλά προσδιορισμένο σύνολο από **κλάσεις (classes)** και ένα σύνολο από προταξινομημένα δείγματα που θα χρησιμοποιηθούν για την εκπαίδευση του μοντέλου. Συγκεκριμένα, αν ένα σύνολο από δεδομένα δοθούν ως είσοδος σε ένα αλγόριθμο ταξινόμησης, ο αλγόριθμος «μαθαίνει» από τον τρόπο ταξινόμησης αυτών των δεδομένων. Το «μαθαίνει» αντιστοιχεί στην δημιουργία ενός συνόλου από κανόνες. Στην συνέχεια, βασιζόμενος σε αυτούς τους κανόνες, ο αλγόριθμος μπορεί να ταξινομήσει νέα δεδομένα στις προκαθορισμένες κλάσεις [12].

Τα βήματα εφαρμογής ενός αλγορίθμου ταξινόμησης είναι απλά. Έστω ένα σύνολο από εγγραφές όπου κάθε εγγραφή έχει ήδη ταξινομηθεί σε συγκεκριμένη κλάση με βάση κάποια ιστορικά στοιχεία ή υπάρχουσα γνώση. Έτσι υπάρχει ένα πεδίο στην βάση δεδομένων που περιέχει τις τιμές της κλάσης. Το σύνολο αυτό αποτελεί το σύνολο εκπαίδευσης (training set) με το οποίο θα εκπαιδευτεί ο ταξινομητής (classifier). Εν συνεχεία, νέα δεδομένα των οποίων η κλάση είναι άγνωστη εμφανίζονται στον ταξινομητή προκειμένου να ταξινομηθούν. Η ακρίβεια του ταξινομητή ελέγχεται από ένα δεύτερο προταξινομημένο σύνολο που καλείται σύνολο ελέγχου (test set). Οι πιο διαδεδομένοι αλγόριθμοι ταξινόμησης είναι αυτοί που κατασκευάζουν δένδρα απόφασης όπως οι ID3, CART, CN2, C45. Στα δένδρα απόφασης κάθε διαδρομή από τη ρίζα σε ένα τερματικό κόμβο αποτελεί ένα κανόνα ταξινόμησης. Άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται από τα πεδία της αναγνώρισης προτύπων (Pattern Recognition) και μηχανικής μάθησης (Machine Learning) είναι τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks), ο απλός ταξινομητής Bayes (naive Bayes), ο k-κοντινότερος γείτονας (k-nearest neighbor), οι γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms) κ.α. [12].

Κανόνες συσχέτισης

Ως **Συσχέτιση (Association)** ορίζεται η ανακάλυψη συχνά εμφανιζόμενων προτύπων, αλληλεξαρτήσεων, συσχετισμών ή αιτιολογικών δομών μεταξύ των πεδίων μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων ή άλλων Αποθηκών Δεδομένων. Δοθείσης μιας συλλογής αντικειμένων (π.χ. προϊόντα) και ενός συνόλου εγγραφών των αντικειμένων (π.χ. ιδιότητες προϊόντων), η συνάρτηση συσχέτισης είναι μια διαδικασία που έχει σαν αποτέλεσμα την εύρεση σχέσεων ή προτύπων που υπάρχουν μεταξύ αυτών των αντικειμένων. Τα πρότυπα αυτά εκφράζονται με τη μορφή κανόνων (rules) “ $A \rightarrow B$ ”, όπως για παράδειγμα «το 72% όλων των εγγραφών που περιέχουν τα αντικείμενα A και B να περιέχουν επίσης και τα αντικείμενα D, E». Η εξόρυξη συσχετίσεων σε μια βάση δεδομένων εξάγει κανόνες της μορφής:

If <condition> then <result> support (%) confidence (%)

Στόχος της ανάλυσης συσχέτισης είναι η εύρεση όλων εκείνων των κανόνων συσχέτισης που η αξιοπιστία και η επιβεβαίωση τους υπερβαίνουν κάποια προκαθορισμένα κατώφλια ελάχιστης αξιοπιστίας (minconf) και ελάχιστης επιβεβαίωσης (minsup). Ως αξιοπιστία (confidence) ορίζεται το ποσοστό των εγγραφών που όταν ικανοποιούν το αριστερό μέρος του κανόνα ικανοποιούν και το δεξί μέρος του (υπό συνθήκη δεσμευμένη πιθανότητα), ενώ ως εμπιστοσύνη (support) ορίζεται το ποσοστό των εγγραφών σε όλη την βάση που ικανοποιούν το αριστερό μέρος του κανόνα. Το ποσοστό 72% στο παραπάνω παράδειγμα αποτελεί τον παράγοντα αξιοπιστίας (confidence factor) του κανόνα. Ο πιο διαδεδομένος αλγόριθμος κανόνων συσχέτισης είναι ο A-Priori στον οποίο βασίζονται και άλλοι αλγόριθμοι [12].

Κεφάλαιο 3: Συνδυασμός Συστημάτων Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων Και Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

3.1 Εισαγωγή

Εκτιμάται ότι ένα μεγάλο ποσοστό των δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις και άλλους οργανισμούς μπορούν να συσχετιστούν και με μία χωρική-γεωγραφική διάσταση (λόγου χάρη ταχυδρομική διεύθυνση, τοπωνύμιο, γεωγραφικές συντεταγμένες). Η δυνατότητα παρουσίασης δεδομένων πάνω σε χάρτες και σύγκρισης χαρτών διαφορετικών φαινομένων και χρονικών περιόδων σε σχέση με πίνακες και στατιστικά γραφήματα, προσδίδουν μία νέα διάσταση στη χρησιμότητα των χωρικών δεδομένων. Επιπροσθέτως η απαίτηση για γρήγορη χωρική και χρονική ανάλυση δεδομένων, αντλώντας τα πλέον σημαντικά και από χάρτες και όχι μόνο από πίνακες, αξιοποιείται από ολοένα και μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Η απαίτηση αυτή μπορεί να ικανοποιηθεί με την συνεκμετάλλευση των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) και των πολυδιάστατων βάσεων δεδομένων. Για την περιγραφή της παραπάνω τεχνολογίας χρησιμοποιείται ο όρος Χωρική Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων (Spatial Online Analytical Processing - SOLAP) [9].

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα Χωρικά Συστήματα Αποθήκης Δεδομένων (Spatial Data Warehouse) και η Χωρική Πολυδιάστατη Αναλυτική Επεξεργασία Δεδομένων (Spatial On-line Analytical Processing) και θα αναλυθεί ο ρόλος και η συμβολή των συστημάτων αυτών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, στον στρατηγικό και επιχειρησιακό σχεδιασμό περιοχών καθώς και στην γενικότερη αειφορική ανάπτυξη περιοχών [9].

3.2 Χωρικές βάσεις δεδομένων

Βάση δεδομένων είναι μια συλλογή από σχετιζόμενα δεδομένα. Μια βάση δεδομένων, πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες [34, 35]:

- 1) Να είναι λογικά μια συλλογή συσχετιζόμενων δεδομένων. Επομένως μια τυχαία συλλογή δεδομένων (για παράδειγμα, οι λέξεις σε κείμενο) δε μπορεί να θεωρηθεί σαν βάση δεδομένων.
- 2) Να σχεδιάζεται, χτίζεται και αποκτά δεδομένα για ένα συγκεκριμένο σκοπό που θα χρησιμοποιηθεί από ένα συγκεκριμένο σύνολο ανθρώπων.
- 3) Να αναπαριστά κάποιο μικρόκοσμο, δηλαδή ένα υποσύνολο διαδικασιών και φαινομένων του πραγματικού κόσμου.

Οι χωρικές βάσεις δεδομένων αποτελούν σημείο αιχμής της έρευνας στον τομέα των βάσεων δεδομένων. Με αυτές είναι δυνατή η υλοποίηση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στη χαρτογράφηση τόσο των περιοχών όσο και διαφόρων δικτύων, όπως οδικών, τηλεφωνικών, υπολογιστικών κ.α. [34, 35].

Μια χωρική βάση δεδομένων παρέχει όσα παρέχονται και από τις “απλές” βάσεις δεδομένων, όμως προσφέρει επιπλέον τη δυνατότητα να αναπαρασταθούν και να αποθηκευτούν χωρικοί τύποι δεδομένων όπως π.χ. ένα σημείο στο χώρο, μια ευθεία ή και ένα πολύπλοκο γεωμετρικό σχήμα ενός κ-διάστατου χώρου. Δεν αρκεί βέβαια η αναπαράσταση των παραπάνω τύπων. Χρειάζεται και υποστήριξη των σχέσεων μεταξύ τους (όπως εάν ένα ευθύγραμμο τμήμα τέμνεται ή όχι με άλλο), των ιδιοτήτων τους (όπως εάν ένα τετράγωνο έχει εμβαδό μεγαλύτερο από κάποια τιμή), καθώς και διαφόρων πράξεων με αυτά (όπως το να βρεθεί η τομή δύο παραλληλογράμμων). Τέλος, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας αποδοτικός τρόπος αναζήτησης και προσπέλασης των χωρικών τύπων δεδομένων όπως ακριβώς και στις “απλές” βάσεις δεδομένων [34, 35].

Σύμφωνα με τον Güting (1994) ένα σύστημα χωρικών βάσεων δεδομένων έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [36, 37]:

- Είναι σύστημα βάσεων δεδομένων. Τα χωρικά δεδομένα είναι αλληλένδετα (σχεδόν) πάντα με αλφαριθμητικά δεδομένα. Επίσης, υποδεικνύει τη διαθεσιμότητα των χαρακτηριστικών ενός συστή-

ματος βάσεων δεδομένων έτσι ώστε να παρέχει επιπρόσθετες λειτουργίες σε χωρικά δεδομένα.

- Παρέχοντας χωρική δεικτοδότηση (spatial indexing) και αλγορίθμους για χωρική σύνδεση (spatial join), θεμελιώνει χωρικούς τύπους δεδομένων κατά τη δημιουργία του. Τα χωρικά δεδομένα αναφέρονται στο n -διάστατο χώρο.
- Παρέχει γλώσσα επερωτήσεων καθώς και χωρικούς τύπους δεδομένων (Spatial Data Types - SDT's) στο μοντέλο δεδομένων. Χωρίς τους χωρικούς τύπους δεδομένων δεν μπορούν να εκτελεστούν οι λειτουργίες σε ένα σύστημα χωρικών βάσεων δεδομένων. Για τη μοντελοποίηση της γεωμετρίας, των συσχετίσεων, των ιδιοτήτων των γεωγραφικών οντοτήτων είναι απαραίτητοι οι χωρικοί τύποι δεδομένων.

Την τελευταία δεκαετία οι γενικότερες τάσεις που επικράτησαν στο χώρο των βάσεων δεδομένων, αντικατοπτρίζονται από τις βασικές λειτουργίες και δυνατότητες που παρέχουν τα συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων.

Έτσι, ενσωματώνονται οι χωρικοί τύποι δεδομένων στο μοντέλο δεδομένων του συστήματος χωρικών βάσεων δεδομένων από το σύστημα χωρικών βάσεων δεδομένων, χρησιμοποιείται γλώσσα επερωτήσεων που περιλαμβάνει χωρικούς τελεστές και διατίθενται μηχανισμοί δεικτοδότησης χωρικών δεδομένων. Επιπλέον, το χωρικό σύστημα βάσεων δεδομένων παρέχει μηχανισμούς ελέγχου δοσοληψιών (transactions) και επιδόσεων (performance), δημιουργίας αντιγράφων και εισαγωγής δεδομένων [37].

3.2.1 Μοντελοποίηση χωρικών δεδομένων

Η ταυτότητα, η θεματική διάσταση, η χρονική διάσταση, η ποιοτική διάσταση, η χωρική διάσταση και η διάσταση πολυμέσων αποτελούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα που περιγράφουν τις γεωγραφικές οντότητες (γεωγραφικά φαινόμενα, φυσικά αντικείμενα, παραγόμενες πληροφορίες, διοικητικές μονάδες) [37, 38]. Η χωρική διάσταση μιας γεωγραφικής οντότητας περικλείει τα γνω-

ρίσματα που περιγράφουν τα γραφικά της χαρακτηριστικά, τη γεωμετρία της, τη γεωγραφική της θέση, και τις χωρικές της σχέσεις με άλλες οντότητες.

Το μοντέλο πεδίων (field-based), το μοντέλο αντικειμένων (object-based) και το μοντέλο κατά Tomlin, χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των γεωγραφικών οντοτήτων.

Κατά το **μοντέλο πεδίων** η επιφάνεια της Γης θεωρείται ως ένα χωρικό συνεχές και ομογενές μέσο. Οι τιμές των χαρακτηριστικών που περιγράφουν το πεδίο θεωρούνται ως συναρτήσεις οι οποίες παίρνουν μια τιμή σε κάθε θέση του δισδιάστατου χώρου. Για να προβληθεί ένα πεδίο σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων, πρέπει να υποδιαιρεθεί το πεδίο, είτε σε σημεία είτε σε στοιχεία – κελιά [37, 39]. Οι λειτουργίες μέσα στα πεδία κατηγοριοποιούνται σε λειτουργίες ζώνης (zonal), τοπικές (local) και εστιακές (focal).

Κατά το **μοντέλο αντικειμένων** ο γεωγραφικός χώρος αποτελείται από διακριτές, αναγνωρίσιμες οντότητες με σχήμα, θέση και περιγραφικά χαρακτηριστικά. Την απόσταση και το όριο περιλαμβάνουν οι λειτουργίες στα αντικείμενα. Η θεματική πληροφορία συνδέεται με βάση έναν κωδικό με τη γεωμετρική πληροφορία ενός αντικειμένου.

Κατά το **μοντέλο Tomlin** δημιουργείται μια ιεραρχία από γεωγραφικά δεδομένα. Στην κορυφή είναι ο χάρτης όπου στην ουσία είναι μια βάση αποτελούμενη από θεματικά επίπεδα, που είναι καρφίτσωμένα σε ένα σύστημα από συντεταγμένες. Κάθε επίπεδο διαμοιράζεται σε ζώνες όπου η κάθε ζώνη αποτελείται από ένα σύνολο θέσεων με κοινή τιμή στο θεματικό γνώρισμα.

Τα μοντέλα δεδομένων χρησιμεύουν στη δόμηση και στη διαχείριση των στοιχείων σε μια βάση δεδομένων. Για να αναπαρασταθεί η χωρική διάσταση της γεωγραφικής πληροφορίας μια αποθήκη πληροφοριών παρέχει για το πεδίο εφαρμογών των GIS δύο εναλλακτικές όψεις: τα χωρικά αντικείμενα και τον ίδιο τον χώρο που αποτελείται από συλλογές χωρικών αντικειμένων [37, 40]. Τα χωρικά αντικείμενα παρουσιάζονται σαν ένα σύνολο από θέσεις μαζί με ένα σύνολο χαρακτηριστικών που περιγράφονται στις θέσεις αυτές. Υπάρχουν τρεις

βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των αντικειμένων στο χώρο και αυτοί 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 οι εξής: κατατμήσεις, δίκτυα, φωλιασμένες κατατμήσεις και ψηφιακά μοντέλα εδάφους [37, 40].

Ένα χωρικό μοντέλο δεδομένων είναι μία ιεραρχική δομή η οποία αποτελείται από τα στοιχειώδη χωρικά αντικείμενα μέχρι και τα ολοκληρωμένα σύνολα χωρικών αντικειμένων [37, 41].

3.2.2 Χωρικοί τύποι δεδομένων

Τα Συστήματα Βάσεων Δεδομένων δημιουργούνται με σκοπό τη διαχείριση αλφαριθμητικών δεδομένων τα οποία αλφαριθμητικά δεδομένα απεικονίζονται με διάφορους τρόπους όπως: ημερομηνίες, αριθμητικές τιμές, χαρακτήρες, κ.λπ. Με σκοπό να περιγράφονται οι σύνθετες δομές τα αντικειμενοσχεσιακά και αντικειμενοστραφή συστήματα βάσεων δεδομένων επιτρέπουν τη δημιουργία σύνθετων δεδομένων. Χρησιμοποιώντας αυτή τη δυνατότητα, οι δημιουργοί λογισμικού βάσεων δεδομένων συμπεριέλαβαν στο μοντέλο δεδομένων χωρικούς τύπους δεδομένων όπως διανύσματα και ψηφιδωτά με σκοπό την επεξεργασία χωρικών στοιχείων και πληροφοριών.

Για τη μοντελοποίηση και αναπαράσταση της χωρικής διάστασης των γεωγραφικών οντοτήτων, των συσχετίσεων και των λειτουργιών τους σε ένα ΣΔΒΔ είναι απαραίτητοι οι χωρικοί τύποι δεδομένων. Για να αναπτυχθεί ένα σύστημα χωρικών βάσεων δεδομένων είναι απαραίτητος ο ορισμός και η υλοποίηση τέτοιων τύπων δεδομένων [37, 42, 43].

Από την έλλειψη κοινού προτύπου αναπαράστασης των γεωγραφικών οντοτήτων δημιουργήθηκαν εξαρτήσεις από την υλοποίηση χωρικών τύπων δεδομένων σε συγκεκριμένα λογισμικά και επίσης δημιουργήθηκαν προβλήματα διαλειτουργικότητας.

3.2.3 Χωρικές Λειτουργίες

Με τους χωρικούς τελεστές (spatial operators), πραγματοποιούνται οι λειτουργίες στα χωρικά δεδομένα. Οι χωρικοί τελεστές χρειάζονται για να γίνει χωρική ανάλυση και ο προσδιορισμός των γεωμετρικών ιδιοτήτων και σχέσεων μεταξύ των γεωγραφικών οντοτήτων. Υπάρχουν κατηγοριοποιήσεις χωρικών τελεστών, ανάμεσά τους και αυτή των *Clementini* και *Di Felice* [44]. Οι χωρικοί τελεστές διακρίνονται σε:

- Ø *Τοπολογικούς (topological)*: Με την τοπολογία δημιουργούνται τοπολογικές σχέσεις και ιδιότητες των αντικειμένων, όπως για παράδειγμα η τομή δύο αντικειμένων.
- Ø *Προβολικούς (projective)*: Χρησιμοποιούνται για την δημιουργία κατηγορημάτων κυρτότητας/κοιλότητας των αντικειμένων.
- Ø *Μετρικούς (metrics)*: Χρησιμοποιούνται για την δημιουργία σχέσεων απόστασης και κατεύθυνσης καθώς και για την δημιουργία κατηγορημάτων σχετικά με την ύπαρξη συμμετρίας στη γεωμετρία ενός αντικειμένου.

Σύμφωνα με το Open Geospatial Consortium - OGC⁵ (1999) οι τελεστές διακρίνονται σε βασικούς (basic), τοπολογικούς (topological) και σε τελεστές χωρικής ανάλυσης (spatial analysis). Όλοι οι τελεστές μπορούν να εφαρμοστούν σε όλους τους χωρικούς τύπους δεδομένων [37].

⁵ Το Open Geospatial Consortium (OGC), είναι ένας διεθνής εθελοντικός οργανισμός ο οποίος ξεκίνησε το 1994. Στο OGC, πάνω από 400 εμπορικές, κυβερνητικές, μη κερδοσκοπικές και ερευνητικοί οργανισμοί σε όλο τον κόσμο συνεργάζονται σε μια διαδικασία συναίνεσης της ανάπτυξης και της εφαρμογής των ανοικτών προτύπων για γεωχωρικό περιεχόμενο και υπηρεσιών, GIS επεξεργασίας δεδομένων και την ανταλλαγή δεδομένων.

Κατηγορία	Τελεστής	Λειτουργία
Βασικοί Τελεστές	Spatial Regerence	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
Τοπολογικοί Τελεστές	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 υφίστανται η συγκεκριμένη τοπολογική σχέση του πίνακα των 9-τομών
Τελεστές Χωρικής Ανάλυσης	Distance	Επιστρέφει τη μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε 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: Χωρικές λειτουργίες στην πρόταση του OGC (1999)

Οι λειτουργίες διακρίνονται σε μετρικές και λειτουργίες τοπολογίας σε διανυσματικούς τύπους δεδομένων [37]. Κατά το μοντέλο *Tomlin* μία κατηγοριοποίηση των χωρικών λειτουργιών είναι [39]:

- *Τοπικές*: λειτουργίες που υπολογίζουν μία νέα τιμή για κάθε θέση ενός θεματικού επιπέδου σε σχέση με τα δεδομένα που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη θέση σε υπάρχοντα επίπεδα (ταξινόμηση, γενίκευση, επίθεση).
- *Εστιακές*: λειτουργίες που υπολογίζουν τιμές για κάθε θέση ως συνάρτηση της γειτονιάς (παρεμβολή, σύνδεση, λειτουργίες γειτονιάς).
- *Λειτουργίες ζώνης*: λειτουργίες που υπολογίζουν νέες τιμές για κάθε θέση ενός επιπέδου ως συνάρτηση των είδη υπαρχόν τιμών που σχετίζονται με μία ζώνη που περιλαμβάνει αυτή τη θέση (αναζήτηση, λειτουργίες μέτρησης).

3.2.4 Προσπέλαση Χωρικών Δεδομένων

Ο μεγάλος όγκος των χωρικών δεδομένων και η σύνθετη δομή τους, απαιτούν μεθόδους αναζήτησής τους. Τέτοιοι τύποι αναζητήσεων είναι η αναζήτηση σημείου και η αναζήτηση περιοχής. Το αποτέλεσμα έχει να κάνει με την εξοικονόμηση πόρων των υπολογιστικών συστημάτων και τον ταχύτερο χρόνο απόκρισης στην εκτέλεση ερωτημάτων. Η διατήρηση δεδομένων στην κύρια μνήμη αποδείχθηκε ανεπαρκής. Για αυτόν το λόγο, αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι προσπέλασης χωρικών δεδομένων οι οποίες διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες [37, 40]:

- § Οι μέθοδοι προσπέλασης σημείων (*point access methods*), όπου επιτρέπουν την οργάνωση πολυδιάστατων σημείων στη δευτερεύουσα μνήμη [45].

§ Οι μέθοδοι προσπέλασης περιοχών (region access methods), οι οποίες επιτρέπουν την οργάνωση δεδομένων με έκταση, πολυγώνων, πολυδιάστατων σημείων και γραμμικών στοιχείων.

3.2.5 SQL για Χωρικά Δεδομένα - Spatial SQL

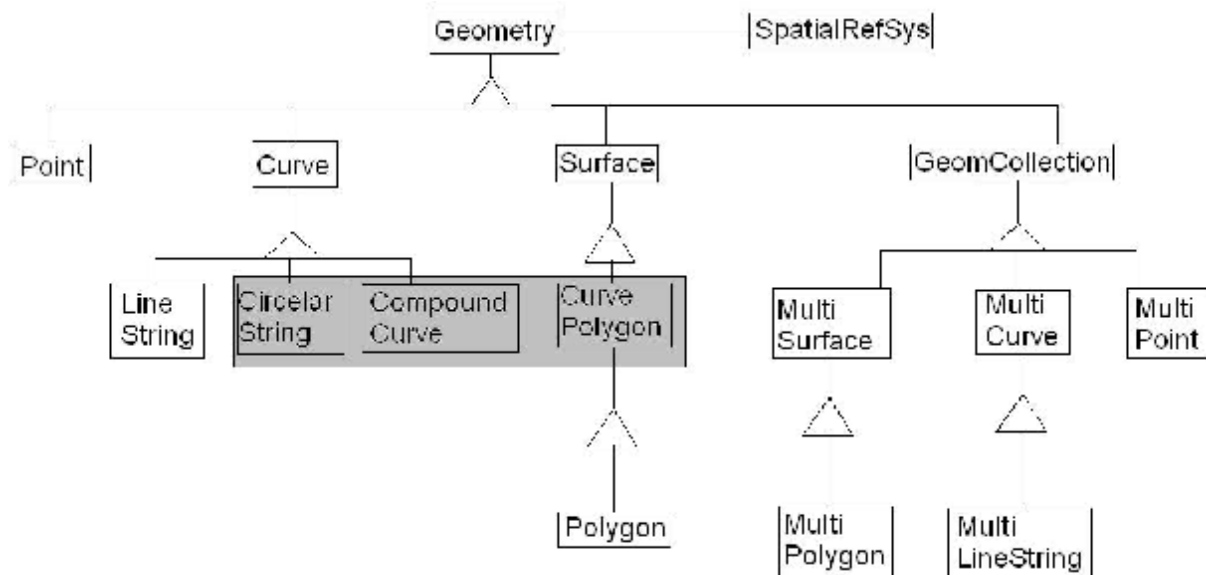
Η τυπική SQL έχει εδραιωθεί και προτυποποιηθεί ως γλώσσα των παραδοσιακών συστημάτων βάσεων δεδομένων. Επομένως, ήταν λογικό οι προσπάθειες δημιουργίας γλώσσας επερωτήσεων για χωρικά δεδομένα να εστιασθούν στην επέκταση της SQL, αντί να δημιουργηθεί κάποια νέα από μηδενική βάση [46].

Χωρικοί τύποι δεδομένων και χωρικές λειτουργίες έχουν προστεθεί στην SQL σύμφωνα με τους κανόνες προτυποποίησης του OGC. Η SQL για χωρικά δεδομένα εμπεριέχει όλες τις απαραίτητες χωρικές πράξεις που σε μια αντικειμενοσχεσιακή χωρική βάση ορίζουν την νέα μορφή των χωρικών ερωτημάτων. Αυτά έχουν διάφορες μορφές και βασίζονται σε τοπολογικούς ευκλείδειας απόστασης, κατευθυντικούς, και μετρικούς υπολογισμούς στον χώρο.

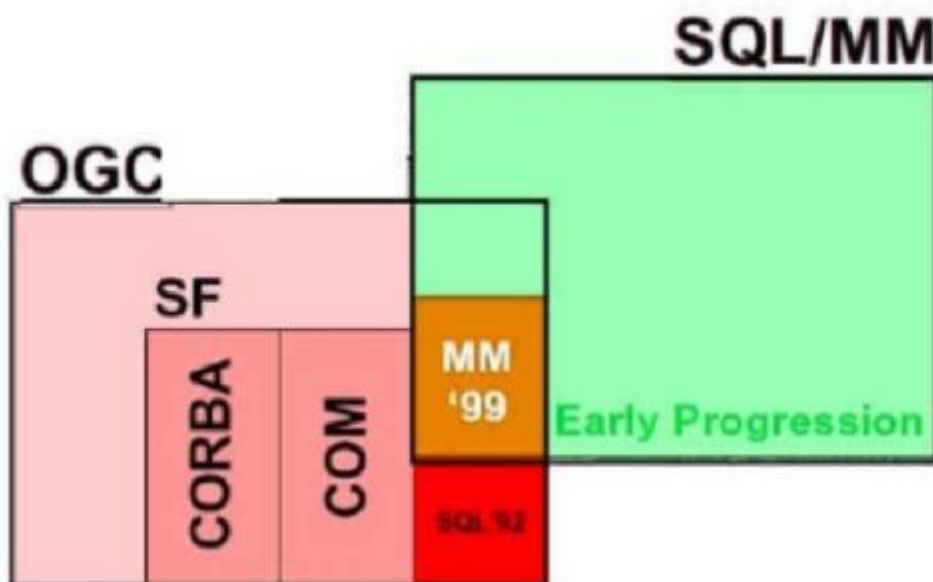
Η δημιουργία νέων τύπων δεδομένων υποστηρίζεται στην SQL.

```
CREATE TYPE LINE As  
(Vertices point ARRAY [10])  
METHOD length ()
```

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η αρχιτεκτονική υλοποίησης των προτύπων και η ομογενοποίησή τους.



Εικόνα 28: SQL Geometry Model (πηγή: [46])



Εικόνα 29: Η ενοποίηση διαφορετικών προτύπων (πηγή: [42, 47])

Η αναπαράσταση του δυσδιάστατου χώρου κατά OGC αναφέρεται σε μια βασική κλάση γεωμετρίας (base-class Geometry) και 4 υποκλάσεις γεωμετρίας (sub-class Geometries) τις: Σημείο (Point), Καμπύλη (Curve), Επιφάνεια (Surface) και συλλογή γεωμετρίας (Geometry Collection).

Η καταγραφή της γεωμετρίας μπορεί να γίνει με δυο βασικούς τρόπους:

A. Well-known text. Μορφή καταγραφής με παρατάξεις συντεταγμένων

B. Well-known binary. Μορφή καταγραφής με παράταξη δυαδικών μεταφράσεων της γεωμετρίας.

Οι λειτουργίες που μπορούν να αποδοθούν στα δεδομένα μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 κατηγορίες:

A. Γενικές: SpatialReference, Envelope, Export, IsSimple, Boundary

B. Υποστήριξης τοπολογικών συσχετίσεων όπως: Equal, Disjoint, Intersect, Touch, Cross, Within, Contains...

Γ. Χωρικής ανάλυσης όπως: Distance, Buffer, Union, Intersection, ConvexHull, SymDiff

Τρεις θεμελιώδεις κατηγορίες ερωτημάτων μπορούν να αποδοθούν σε ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων [47]:

A. Ερωτήματα πάνω σε οντότητες με αποκλειστικά χωρικές ιδιότητες (όπως, ανέκτησε τα Οικοδομικά τετράγωνα τα οποία έχουν τουλάχιστον ένα κτήριο, τα κτήρια που δεν εφάπτονται στην οικοδομική γραμμή...).

B. Ερωτήματα πάνω σε οντότητες χωρίς να εμπλέκονται χωρικές ιδιότητες (ανέκτησε τον πληθυσμό του ΟΤ.52...).

Γ. Συνδυαστικά ερωτήματα πάνω σε οντότητες με και χωρίς χωρικές ιδιότητες (ανέκτησε τα γειτνιάζοντα Οικοδομικά τετράγωνα του ΟΤ.52, τα κτήρια τα οποία βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον 10μ από πεζοδρόμιο, τα Οικοδομικά τετράγωνα που έχουν πληθυσμό πάνω από 150 κατοίκους, τους πεζόδρομους μήκους άνω των 10μ, ...).

3.2.6 Διαδικτυακές εφαρμογές οπτικοποίησης Χωρικών Δεδομένων

Στη σημερινή εποχή η τεχνολογική εξέλιξη έχει επηρεάσει τον τρόπο διακίνησης και μετάδοσης της πληροφορίας. Συγκεκριμένα, αποτελεί παγκόσμια τάση 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, που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο εδώ

και αιώνες ως μέσο μετάδοσης πληροφορίας, σήμερα αποκτά μια νέα διάσταση που σχετίζεται με τη δυναμική απεικόνιση δεδομένων σε διαδραστικό περιβάλλον και σε πραγματικό χρόνο.

Αυτός ο νέος τρόπος οπτικοποίησης δεδομένων ικανοποιείται μέσα από τον Παγκόσμιο Ιστό, καθώς ο τελευταίος παρέχει τη δυνατότητα εύκολης και άμεσης πρόσβασης σε έναν διαρκώς αυξανόμενο όγκο δεδομένων γενικά, αλλά και χωρικών δεδομένων ειδικότερα. Εφαρμογές διαδικτύου κάνουν την εμφάνισή τους, παρέχοντας υπηρεσίες Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και παράγοντας δυναμικούς χάρτες. Με τις εφαρμογές αυτές πραγματοποιείται η πρόσβαση στα δεδομένα και τις υπηρεσίες ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών ή ενός συστήματος διαχείρισης χωρικών δεδομένων μέσω ενός φυλλομετρητή σελίδων. Η πρόσβαση είναι δυνατό να αναφέρεται στη χρήση του διαδικτύου ή στη χρήση ενός τοπικού δικτύου. Σε κάθε περίπτωση, μια εφαρμογή διαδικτύου στηρίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη - εξυπηρετητή.

Στα πλεονεκτήματα της χρήσης διαδικτυακών εφαρμογών για την οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων συγκαταλέγεται η δυνατότητα που έχουν οι χρήστες να προσπελάσουν, να διαχειριστούν, να αναλύσουν και να αποκτήσουν τα δεδομένα που τους ενδιαφέρουν χωρίς να είναι απαραίτητο να αποκτήσουν κάποιο πακέτο λογισμικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών ή συστήματος χωρικών βάσεων δεδομένων, αρκεί να διαθέτουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, ενώ δεν είναι απαραίτητη η γνώση της δομής ή του χώρου αποθήκευσης των δεδομένων. Επιπλέον, 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 [34, 48].

3.3 Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και Συστήματα Χωρικών Βάσεων Δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems - GIS), είναι μια ειδική μορφή πληροφοριακού συστήματος η οποία διαχειρίζεται γεωγραφικά δεδομένα.

Η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών συχνά συγχέεται με άλλα τεχνολογικά πεδία όπως είναι τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων και τα συστήματα αυτόματης σχεδίασης, (Computer Aided Design - C.A.D.). Αυτή η σύγχυση είναι απόρροια του ότι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούν αρκετά στοιχεία από τις τεχνολογίες των Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων δεδομένων όσο και της τεχνολογίας συστημάτων αυτόματης σχεδίασης [49, 50].

Τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων χρησιμοποιούνται για την διαχείριση κυρίως πινάκων στατιστικών και αλφαριθμητικών δεδομένων. Τα δεδομένα στους πίνακες αυτούς είναι οργανωμένα με κάποιο μοντέλο. Τα συνηθέστερα μοντέλα είναι το σχεσιακό (relational) και τελευταία το αντικειμενοστρεφές (object-oriented). Μέσω κατάλληλων λειτουργιών ο χρήστης μπορεί να θέσει ερωτήματα που αφορούν τα δεδομένα [49, 50].

Τα συστήματα αυτόματης σχεδίασης έχουν σαν βασικό σκοπό την δημιουργία, διαχείριση και παραγωγή ηλεκτρονικών σχεδίων.

Μπορούμε να πούμε ότι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν κατά μια έννοια τον συγκερασμό των τεχνολογιών Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων και συστημάτων αυτόματης σχεδίασης, αφού διαχειρίζονται τόσο περιγραφικές όσο και χωρικές πληροφορίες. Οι ιδιαιτερότητες των συστημάτων αυτών εντοπίζονται στα δεδομένα με γεωγραφική αναφορά και στις εξειδικευμένες αναλυτικές λειτουργίες [49, 50].

Ακόμα, πολλές φορές με τον όρο Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποδίδονται δύο διαφορετικές έννοιες. Η πρώτη αναφέρεται στην πραγματική εφαρμογή GIS, η οποία συμπεριλαμβάνει σαν δομικά στοιχεία υλικό, δεδομένα,

λογισμικό, ανθρώπινο δυναμικό και διαδικασίες. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για μια εφαρμογή GIS. Η δεύτερη εστιάζει στο λογισμικό GIS γραφείου (Desktop GIS), το οποίο μπορεί να είναι είτε ένα εμπορικό πακέτο, είτε να είναι λογισμικό ελεύθερου και ανοικτού κώδικα [49, 50].

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα συστήματα που καταγράφουν, αποθηκεύουν, αναλύουν, διαχειρίζονται και οπτικοποιούν ψηφιακά χωρικά δεδομένα. Για λόγους ταξινόμησης διακρίνουμε αυτή τη μεγάλη ομάδα λογισμικών και εργαλείων που διαχειρίζονται χωρικά δεδομένα σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Χωρικές βάσεις δεδομένων (Spatial Databases).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες την ερώτηση, αναζήτηση, ανάλυση και τροποποίηση χωρικών δεδομένων καθώς και τη δημιουργία χαρτών από αυτά. Συχνά, αν και όχι πάντα, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών περιλαμβάνουν εφαρμογές τηλεπισκόπησης, τοπογραφίας, δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφίας, μαθηματικών, γεωγραφίας, χωρικής ανάλυσης φωτογραμμετρίας κ.α. Αυτά τα εργαλεία είναι συνήθως αυτοτελείς και εύχρηστες εφαρμογές που εγκαθίστανται εύκολα, και προσφέρουν την δυνατότητα επέμβασης στα δεδομένα σε γραφικό περιβάλλον [49, 51].

Οι Χωρικές βάσεις δεδομένων είναι εργαλεία που αποτελούνται από περισσότερα του ενός επιμέρους λογισμικά, συνήθως ένα λογισμικό βάσης δεδομένων, μία επέκταση χωρικών λειτουργιών που εξειδικεύεται στην αποθήκευση γεωμετρικών πληροφοριών και εκτέλεση γεωμετρικών υπολογισμών και ερωτημάτων και ένα λογισμικό οπτικοποίησης. Οι Χωρικές βάσεις δεδομένων όπως και οι απλές βάσεις δεδομένων παρέχουν την δυνατότητα αποτελεσματικής διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων. Επιπλέον έχουν την δυνατότητα να κάνουν τα δεδομένα τους διαθέσιμα ταυτόχρονα σε περισσότερους του ενός χρήστες. Παρέχουν την δυνατότητα για εκτέλεση ευέλικτων και πολύπλοκων ερωτημάτων με χρήση της γλώσσας SQL (Structured Query Language - SQL) και συχνά

διαδικαστικών προγραμματιστικών γλωσσών με ακόμη περισσότερες δυνατότητες [49, 51].

Παρά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των Χωρικών βάσεων δεδομένων ο διαχωρισμός ανάμεσά τους, ιδιαίτερα στο επίπεδο λειτουργίας, δεν είναι εντελώς σαφής. Όλο και περισσότερο τα λογισμικά Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και οι Χωρικές βάσεις δεδομένων επεκτείνουν τις δυνατότητες συμβατότητας μεταξύ τους. Συχνά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών γραφείου παίζουν το ρόλο του προγράμματος οπτικοποίησης σε μία Χωρική Βάση Δεδομένων. Άλλες φορές τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αναπτύσσουν λειτουργίες πέραν των απλής οπτικοποίησης επιτρέποντας την επέμβαση, μετατροπή, εισαγωγή και τροποποίηση στα περιεχόμενα της Χωρικής Βάσης Δεδομένων στο δικό τους γραφικό περιβάλλον. Σε κάποιες περιπτώσεις οι Χωρικές βάσεις δεδομένων αναλαμβάνουν το ρόλο της διαχείρισης απαιτητικών δεδομένων ή δεδομένων που πρέπει να είναι προσβάσιμα σε πολλαπλούς χρήστες για λογαριασμό μιας εφαρμογής Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών γραφείου [49, 51].

	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

Εικόνα 30: Διάκριση λειτουργιών Συστημάτων Χωρικών βάσεων δεδομένων και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (πηγή: [37])

3.4 Χρονική Διάσταση στις Χωρικές Βάσεις Δεδομένων

Οι γεωγραφικές οντότητες κατέχουν βασική θέση στη χωροχρονική ύπαρξη, ενώ τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους πιθανά να ενδέχονται μεταβολή με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς, θεωρώντας έναν στατικό κόσμο απεικονιζόμενο σε μία βάση δεδομένων ανεπαρκή για την ολοκληρωμένη και αποτελεσματική διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας [37].

Με την ενσωμάτωση χρονικών εννοιών στα συστήματα βάσεων δεδομένων επιτεύχθηκε η έρευνα στη γνωστική περιοχή των χρονικών βάσεων δεδομένων συνεπεία των ανωτέρω παραγόντων. Οι εξελίξεις στον τομέα των χωρικών βάσεων δεδομένων και η ταυτόχρονη έρευνα είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η καθολική πεποίθηση ότι ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών θα μπορούσε να αποτελέσει αποτελεσματικό στήριγμα για την ανάπτυξη χρήσιμων εφαρμογών. Με τον ανωτέρω τρόπο επιτεύχθη η δημιουργία του γνωστικού πεδίου των χωροχρονικών βάσεων δεδομένων. Οι χωροχρονικές πληροφορίες αξιοποιούνται από πλήθος εφαρμογών όπως ο εντοπισμός οχημάτων, οι υπηρεσίες δρομολόγησης, οι μετεωρολογικές προβλέψεις και η διαχείριση μέσω μεταφοράς [37].

3.4.1 Χρονικές Βάσεις Δεδομένων

Τη στιγμή της συλλογής και της καταγραφής των δεδομένων στις κλασικές βάσεις δεδομένων τηρούνται πληροφορίες για την κατάσταση των οντοτήτων. Μία πιθανή αλλαγή στην κατάσταση των οντοτήτων θα διαδεχθεί την ενημέρωση της βάσης, σύμφωνα με την οποία θα απαλειφθεί η προγενέστερη κατάσταση. Η διατήρηση της ιστορικότητας της πληροφορίας είναι αντικείμενο ενδιαφέροντος σε αρκετές εφαρμογές. Οι χρονικές βάσεις δεδομένων υποστηρίζουν πληροφορίες που συνδέονται με κάποια «μορφή» χρόνου. Η απλή προσθήκη πεδίων που φιλοξενούν χρονικά γνωρίσματα σε μία τυπική βάση δεδομένων είναι πιθανό να έχει ως αποτέλεσμα τη μη αποτελεσματική απεικόνιση και εκτέλεση ερωτημάτων. Για τον προαναφερθέντα λόγο, η έρευνα στις χρονικές

βάσεις δεδομένων είχε ως κατεύθυνση την ενσωμάτωση των χρονικών εννοιών στο μοντέλο δεδομένων και στη γλώσσα επερωτήσεων των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων [37, 52].

Ορισμός [53]:

Χρονικές ονομάζονται οι Βάσεις Δεδομένων που υποστηρίζουν την διατήρηση χρονικά μεταβαλλόμενων δεδομένων και ειδικευμένων ερωτημάτων που σχετίζονται με το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον των δεδομένων αυτών.

Μοντελοποίηση Χρονικών Δεδομένων

Αν υποθέσουμε ότι ο χρόνος είναι μονοδιάστατος τότε μπορεί να θεωρηθεί διακριτός (discrete), πυκνός (dense) ή συνεχής (continuous). Το διακριτό μοντέλο είναι ισομορφικό με τους φυσικούς αριθμούς. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σημείο στο χρόνο ακολουθείται από κάποιο άλλο. Κάθε φυσικός αριθμός αφορά ένα ατομικό χρονικό διάστημα αποκαλούμενο χρόνον (chronon). Το συνεχές μοντέλο είναι ισομορφικό με τους πραγματικούς αριθμούς και κάθε πραγματικός αριθμός αφορά ένα σημείο στο χρόνο [54]. Αν και στην ανθρώπινη αντίληψη ο χρόνος είναι συνεχής το διακριτό μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά για πρακτικούς λόγους [55].

Κάποιες βασικές σημασιολογικές θεωρήσεις δημιουργήθηκαν για να καταστεί εφικτή η μοντελοποίηση και η αναπαράσταση χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών σε μια βάση δεδομένων. 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 αναφέρεται στο χρονικό διάστημα της πραγματικότητας σύμφωνα με το οποίο ένα γεγονός είναι αληθές. Υπάρχει πιθανότητα ο χρόνος

ισχύος να μην καταγράφει στη βάση λόγω έλλειψης αναγνωρισιμότητας, ή λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ο χρόνος διεκπεραίωσης αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που ένα γεγονός καταγράφεται στη βάση. Μπορεί να σχετιστεί με οποιοδήποτε αντικείμενο της βάσης εν αντιθέσει με το χρόνο ισχύος που αναφέρεται μόνο σε γεγονότα. Παραδείγματος χάριν, είναι δυνατό να σχετιστεί με αντικείμενα ή τιμές στη βάση που δεν μπορούν να χαρακτηριστούν αληθείς ή ψευδείς [56]. Ο χρόνος διεκπεραίωσης έχει προκαθορισμένη διάρκεια από την εισαγωγή έως τη διαγραφή του από τη βάση.

Δηλαδή, ο χρόνος διεκπεραίωσης σχετίζεται με την ιστορικότητα της βάσης και ο χρόνος ισχύος με την ιστορικότητα του πραγματικού κόσμου. Οι δύο αυτοί χρόνοι είναι ορθογώνιοι.

Ο σκοπός των χρονικών μοντέλων δεδομένων είναι να εξυπηρετούν ταυτόχρονα πολλούς στόχους όπως: απλότητα, ευκολία στην υλοποίηση και υψηλή εκφραστικότητα των χρονικών εννοιών. Η δημιουργία ενός πλήρους μοντέλου δεν είναι εφικτή και αυτό διαφαίνεται από τα χρονικά μοντέλα που έχουν προταθεί κατά καιρούς. Εξ αιτίας αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός διαφορετικών μοντέλων για την εννοιολογική, εσωτερική αναπαράσταση και παρουσίαση της χρονικής συμπεριφοράς των [54].

Υλοποίηση Χρονικών Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων

Για τη δημιουργία χρονικών μοντέλων δεδομένων και γλωσσών επρωτήσεων σε ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων αναγνωρίζονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη προσέγγιση μετατρέπονται τα λειτουργικά τμήματα του συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων έτσι ώστε να υποστηρίζονται χρονικά μεταβαλλόμενα δεδομένα. Σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση, χρησιμοποιείται μία δομή κατά την οποία τα χρονικά ερωτήματα τροποποιούνται σε τυπικά από λογισμικό που συνδέει το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων με τις εφαρμογές του χρήστη. Τα ερωτήματα εκτελούνται από

το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων το οποίο δεν τροποποιείται [56]. Ζητήματα όπως η επεξεργασία χρονικών ερωτημάτων, η υλοποίηση χρονικών τελεστών και η δεικτοδότηση χρονικών δεδομένων, πρέπει να τεθούν υπό επεξεργασία έτσι ώστε η διαχείριση και η επεξεργασία χρονικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών να γίνουν αποτελεσματικές ανεξαρτήτως της επέκτασης λειτουργιών των παραδοσιακών συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Το γεγονός ότι οι πίνακες είναι μεγαλύτεροι και το μέγεθός τους μπορεί να αυξάνεται διαρκώς οφείλεται στο ότι η επεξεργασία χρονικών ερωτημάτων είναι πιο απαιτητική από την επεξεργασία συμβατικών ερωτημάτων. Έτσι αν δεν βελτιστοποιηθεί η επεξεργασία και η εκτέλεση ερωτημάτων, το ίδιο ερώτημα θα χρειάζεται όλο και περισσότερο χρόνο για να ολοκληρωθεί [56].

3.4.2 Χωροχρονικές Βάσεις Δεδομένων

Οι βάσεις δεδομένων στις οποίες αποθηκεύονται πληροφορίες για τη χωρική και τη χρονική θεματική διάσταση γεωγραφικών οντοτήτων καλούνται **χωροχρονικές βάσεις δεδομένων**. Οι χωροχρονικές βάσεις δεδομένων επεξεργάζονται γεωμετρικές μεταβαλλόμενες σύμφωνα με το χρόνο [37, 57]. Δύο είναι οι βασικοί τύποι χωροχρονικών βάσεων δεδομένων με σκοπό την εκτέλεση πρόβλεψης, τα οποία αναφέρονται στο παρόν και στο μέλλον, είναι οι ακόλουθοι:

- Ιστορικές: οι βάσεις οι οποίες επεξεργάζονται την ιστορική πληροφορία
- Σύγχρονες: εκείνες οι οποίες επεξεργάζονται την τρέχουσα πληροφορία.

Ένας από τους στόχους της έρευνας γύρω από τις χωροχρονικές βάσεις δεδομένων είναι η δημιουργία μοντέλων δεδομένων και μεθόδων προσπέλασης και υλοποίησής τους σε συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων [37].

Οι χωρικές βάσεις δεδομένων περιέχουν δεδομένα που καθορίζονται – περιλαμβάνουν μια χωρική διάσταση. Τέτοιες βάσεις είναι οι γεωγραφικές βάσεις (χάρτες), καθώς και εικόνες δορυφόρων. Για παράδειγμα σε μια βάση που

έχει καταχωρημένη την κατανομή πλούτου σε σχέση με μια γεωγραφική περιοχή μπορούμε να ανακαλύψουμε τάσεις συγκεντρώσεων ή αραιώσεων πληθυσμών. Οι συγκεκριμένες βάσεις έχουν μια πληθώρα εφαρμογών όπως οικολογία, logistics, χωροταξία κ.α. [58, 59, 60].

Οι χρονικές βάσεις έχουν, όπως εύκολα μπορεί να γίνει κατανοητό, δεδομένα τα οποία περιέχουν και τη χρονική διάσταση. Η διάσταση αυτή μπορεί να είναι απλά η ημερομηνία ή ώρα πραγματοποίησης ενός γεγονότος ή η καταχώρηση πολλαπλών τιμών χρονικής καταγραφής κάποιων παραμέτρων. Σε αυτού του είδους τις βάσεις οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να βρουν μεταβολές σε σχέση με το χρόνο, ή τάσεις μεταβολής διαφόρων αντικειμένων. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι ιδιαίτερος χρήσιμες στην λήψη αποφάσεων ή στην χάραξη στρατηγικής σε επιχειρήσεις. Για παράδειγμα οι μεταβολές των τιμών μετοχών σε σχέση με το χρόνο μπορεί να μας αποκαλύψουν πότε είναι η κατάλληλη περίοδος για αγορά ή πώληση μιας μετοχής [58, 61, 62].

Τέλος στις χωροχρονικές βάσεις έχουμε συνδυασμό της χωρικής και της χρονικής διάστασης στα δεδομένα μας. Παράδειγμα σε μια βάση συναλλαγών αυτό μπορεί να σήμαινε ότι καταγράφαμε και λαμβάναμε υπόψη την ακριβή χρονική στιγμή όπου ελάμβανε χώρα μια αγορά καθώς και την ακριβή τοποθεσία του αντικειμένου στο κατάστημα μας [58, 63, 64].

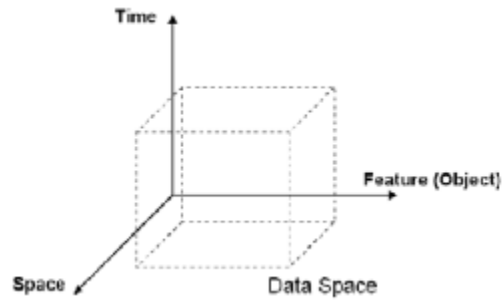
Χωροχρονικά Δεδομένα

Τα μετεωρολογικά φαινόμενα (π.χ. τυφώνες), οι μετακινήσεις ανθρώπων, μέσων μεταφοράς (αυτοκίνητα, αεροσκάφη, πλοία κ.λπ.), τα μεταβαλλόμενα σύνορα ιδιοκτησιών ή κρατών είναι μερικά παραδείγματα τα οποία αποδεικνύουν ότι τα χωροχρονικά δεδομένα προέρχονται από διάφορες πηγές. Οτιδήποτε αλλάζει θέση ή σχήμα στο χώρο με την πάροδο του χρόνου, ανήκει στην κατηγορία των χωροχρονικών δεδομένων. Για τη συλλογή χωροχρονικών δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως ασύρματα δίκτυα, τα δίκτυα

κυψελών κινητής τηλεφωνίας και το Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικού Εντοπισμού (GPS). Μέσω των συσκευών GPS η θέση ενός αντικειμένου μπορεί να προσδιοριστεί σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια μερικών μέτρων. Εκτός αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παροχή υπηρεσιών βάσει θέσης (location-based services). Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν 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. Επίσης τα ασύρματα δίκτυα παράγουν χωροχρονικά δεδομένα με τη διαφορά ότι εντός μιας προτεινόμενης έκτασης μιας προσδιορίζεται η θέση ενός κινούμενου αντικειμένου. τα δεδομένα που προέρχονται από τέτοιες εφαρμογές έχουν τεράστιο όγκο και παράλληλα σχετίζονται με τη διεθνή πολιτική περί προστασίας προσωπικών δεδομένων. Επομένως, δεν είναι δυνατή η εκτέλεση δοκιμών μέτρησης της απόδοσης συστημάτων (benchmarking) που διαχειρίζονται χωροχρονικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν εφαρμογές που παράγουν τέτοια δεδομένα όπως το (Generate SpatioTemporal Data - GSTD) Tool [65] και το City Simulator της IBM [37].

Μοντελοποίηση Χωροχρονικών Δεδομένων

Διατίθενται μηχανισμοί για την αναπαράσταση του χώρου, του χρόνου και των ιδιοτήτων από τα συστήματα χωροχρονικών βάσεων δεδομένων [66]. Ο Χώρος (Space), ο Χρόνος (Time) και η Οντότητα (Feature) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάσεις οργάνωσης για την ταξινόμηση των εννοιολογικών χωροχρονικών δεδομένων [67]. Πιο συγκεκριμένα απεικονίζονται ως άξονες που δομούν το χώρο των δεδομένων (data space) και διακρίνονται προσεγγίσεις βασισμένες στο χώρο, βασισμένες στο χρόνο και βασισμένες στα αντικείμενα ή αλλιώς οντότητες. Επίσης έχει προταθεί και μία τέταρτη κατηγορία που περιέχει προσεγγίσεις βασισμένες σε συνδυασμό των προηγούμενων (multiple bases approach) [37, 68].

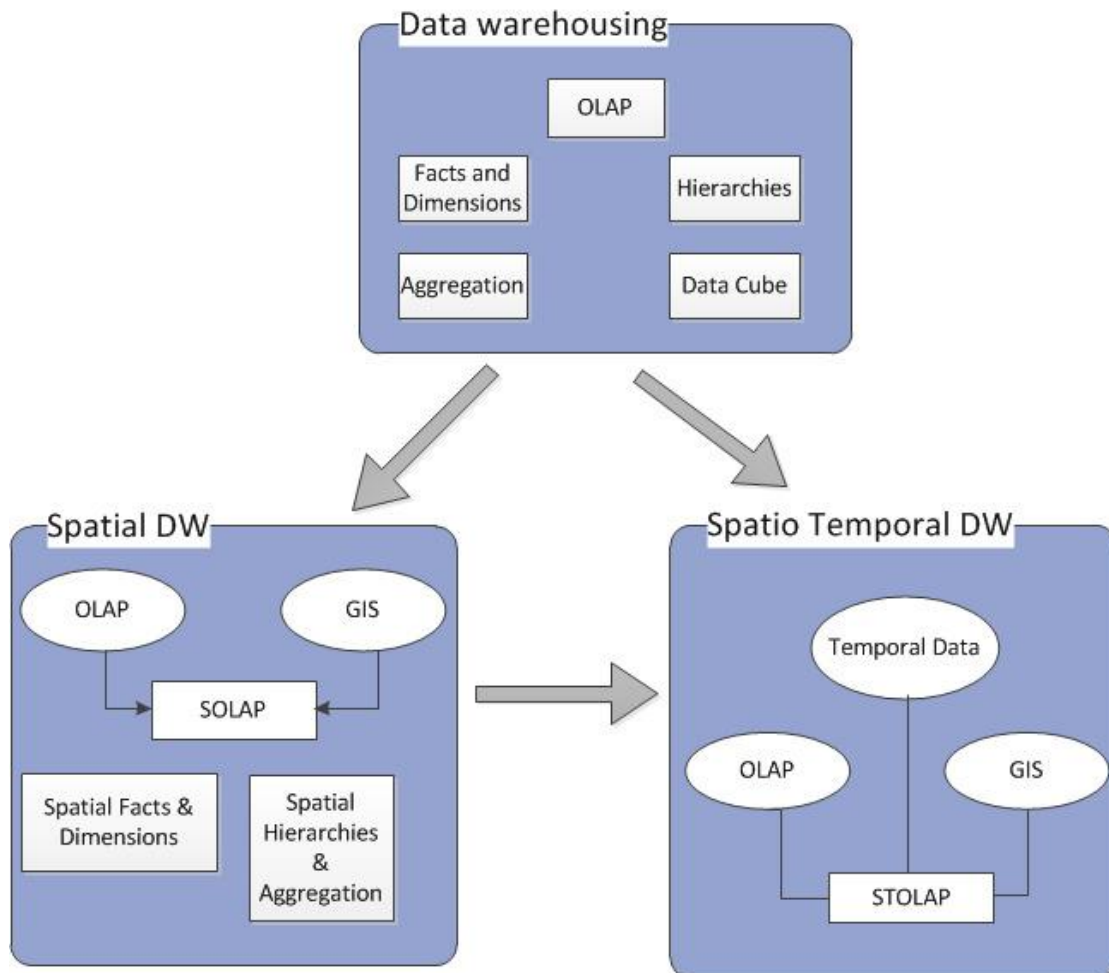


Εικόνα 31: Βάσεις οργάνωσης του χώρου των δεδομένων (πηγή: [37])

3.5 Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων

Οι Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων (Spatial Data Warehouses - SDW) στοχεύουν στα αποτελεσματικά και αποδοτικά ερωτήματα των χωρικών δεδομένων. Οι χωρικές βάσεις δεδομένων έχουν τοποθετηθεί για την απάντηση συνηθισμένων εναλλασσόμενων ερωτημάτων όπου δεν υπάρχει αρκετή από την ιστορική συνιστώσα ή συνάθροιση. Η κλάση των ερωτημάτων που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι δύσκολη πάνω στις χωρικές βάσεις δεδομένων. Αυτό έδωσε μία εξύψωση στο πεδίο των Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων το οποίο είναι ιδέα συνδυασμού των παραδοσιακών Αποθηκών Δεδομένων με τις Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων. Οι Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων βασίζονται σε έννοιες των Αποθηκών Δεδομένων και επιπροσθέτως παρέχουν υποστήριξη στην αποθήκευση, στην αναζήτηση και συνολικά στην ανάλυση των χωρικών δεδομένων [69, 70].

Μία Αποθήκη Δεδομένων αποτελείται από γεγονότα και διαστάσεις μοντελοποιημένα σε ένα αστροειδές σχήμα ή σχήμα χιονονιφάδας. Ένας κύβος δεδομένων είναι ένα κυβοειδές πλέγμα το οποίο αναπαριστά ιεραρχίες. Ο κύβος δεδομένων ίσως περιλαμβάνει κελιά τα οποία είναι υπολογισμένα για αποτελεσματική ερωτηματική διαδικασία. Οι συνηθισμένες OLAP εφαρμογές περιλαμβάνουν τις πράξεις σύνοψη (Roll up), ανάπτυξη (drill down), τεμαχισμός σε κύβους (slice and dice) και περιστροφή (pivot). Αυτές οι έννοιες επεκτείνονται στα χωρικά δεδομένα μέσα σε μια χωρική Αποθήκη Δεδομένων [70].



Εικόνα 32: Η ταξινόμηση και η σχέση των χωρικών και χωροχρονικών Αποθηκών δεδομένων (πηγή [70])

Οι Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων έχουν γίνει ένα ενεργό θέμα αναζήτησης στην προηγούμενη δεκαετία. Αυτό εξαιτίας της δημοτικότητας των χωρικών πληροφοριών όπως η δημιουργία χαρτών από τις παραλαμβανόμενες εικόνες – πληροφορίες από δορυφόρους όπου έχει αναπτυχθεί τρομερά.

Τα πακέτα δεδομένων είναι τεράστια και πρέπει να είναι αποτελεσματικά αναλυτικά για να κάνουν όσο το δυνατό καλύτερη χρήση της συλλογής πληροφοριών. Η αναζήτηση σ' αυτά τα πεδία εστιάζεται περισσότερο πάνω σε [70, 71]:

- Χωρικά πολυδιάστατα μοντέλα: εννοιολογικά μοντέλα για αποδοτική αναπαράσταση των Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων.
- Υλοποίηση χωρικών δεικτών: επέκταση χωρικών δεικτών για την αποθήκευση συγκεντρωτικών χωρικών δεδομένων

- Συγκεντρωτικοί οργανισμοί: διάφοροι συγκεντρωτικοί οργανισμοί πάνω από τις ιεραρχίες.
- SOLAP: πελατειακές εφαρμογές πάνω σε Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων

Εφαρμόζοντας τις έννοιες αποθήκευση δεδομένων και ανακάλυψη γνώσης αποδίδονται ενδιαφέρον αποτελέσματα πάνω σε χωρικά δεδομένα, ειδικά όταν η χωρική τεχνολογία συνδυάζεται με μη χωρική τεχνολογία (για παράδειγμα συνδυασμός ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος με μία Αποθήκη Δεδομένων). Επιπροσθέτως, αυτός ο τύπος λύσης συναντά βασικές ανάγκες της Γεωλογικής – Μαθηματικής κοινότητας. Όμως, παρουσιάζεται, παρά το γεγονός των ιδιαίτερα ενδιαφερόντων αποτελεσμάτων, πολυάριθμων θεμάτων όπως η αργή ανταπόκριση μερικές φορές, όπως η μη αποτελεσματική ικανότητα χαρτογραφικής πλοήγησης, συμφόρησης των δεδομένων σύντηξης, κ.τ.λ. ακόμα χρήζει επίλυσης. Στην πραγματικότητα, τα σημερινά πακέτα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων έχουν σχεδιαστεί και χρησιμοποιούνται περισσότερο για τη διαδικασία των συναλλαγών και για τη μινιμαλιστική ανάλυση. Όμως, καμία μοναδική λύση δεν είναι ιδανική, και στις περισσότερες περιπτώσεις πρέπει να βασιζόμαστε πάνω σε ένα ζευγάρι χωρικών και μη-χωρικών τεχνολογιών. Ακόμη, το αποτέλεσμα φαντάζει μικρό από μια οπτική γωνία του χρήστη με συνεκτίμηση στις δύο δυνατότητες καθώς και στο χρόνο ανταπόκρισης. Ο παρόν τομέας ξεκινά με βασικά συμβάντα και εν συνεχεία εστιάζει πάνω στην κάτοψη μερικών από τις πιο πιεστικές απαιτήσεις για αποτελεσματική χωρική αποθήκευση δεδομένων [71].

Στις Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων, σημασιολογικά και χαρτογραφικά δεδομένα συνηθίζεται να είναι τυπικά αποθηκευμένα και επεξεργασμένα από ξεχωριστά εργαλεία (για παράδειγμα, ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα). Σήμερα, με τη δημιουργία των παγκοσμίων εξυπηρετητών (Server), έχει γίνει εφικτό να αποθηκεύονται χαρτογραφικά και σημασιολογικά δεδομένα μαζί και να επιτυγχά-

νονται βασικές αναλύσεις με τον εξυπηρετητή (Server). Όταν ένας επιθυμεί να δημιουργήσει πιο εξελιγμένες αναλύσεις, απαιτούνται εξειδικευμένα μοντέλα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Τέτοιες λύσεις αποτελούν συναλλαγές με γνώμονα και δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις λήψης-υποστήριξης αποφάσεων [71].

Όταν δημιουργείται, μία Χωρική Αποθήκη Δεδομένων με το πολυδιάστατο παράδειγμα, κάποιος μπορεί να θεωρήσει, σε αντίθεση με τις συνηθισμένες σημασιολογικές και χρονικές διαστάσεις, ότι υπάρχουν τρεις τύποι χωρικών διαστάσεων (στην πολυδιάστατη και όχι στη γεωμετρική έννοια) σύμφωνα με τη θεωρία της κλιμακωτής μέτρησης [72]. Κάθε τύπος διάστασης θεωρεί εάν ταυτίζεται με μία γεωμετρική χωρική αναφορά όπως X,Y ενσωματωμένα συστήματα, με μία σημασιολογική χωρική αναφορά όπως η ονομασία χωρικών εκτάσεων, ή με ένα συνδυασμό και των δύο, όπως είναι οι διευθύνσεις οδών, (όπου είναι ένας συνδυασμός ποσότητας και ποιότητας δεδομένων όπου η ποσότητα δεδομένων μπορεί να εντοπιστεί επακριβώς ή να παρεμβληθεί κατά μήκος του γραμμικού άξονα από τα ποιοτικά δεδομένα). Ο τύπος των χωρικών αναφερόμενων συστημάτων υποστηρίζεται από την αποθήκευση / λήψη-υποστήριξη τεχνολογικών επιρροών, ο τύπος της χωρικής διάστασης που κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει, με άλλα λόγια, ο τίτλος ιεραρχίας διάστασης [71]:

- 1) **Μη-γεωμετρική χωρική διάσταση.** Είναι μία διάσταση η οποία περιέχει μόνο μη-γεωμετρικά δεδομένα. Για παράδειγμα, “διοικητικές μονάδες” οι οποίες μπορούν να κατασκευαστούν για τη χωρική Αποθήκη Δεδομένων ως μια διάσταση που περιέχει μόνο ονομαστικά δεδομένα για να εντοπιστεί ένα φαινόμενο στο χώρο. Μια τέτοια διάσταση θα μπορούσε να ξεκινήσει με τα ονόματα των δήμων, και τις γενικεύσεις τους οι οποίες θα μπορούσαν να είναι μη-γεωμετρικές, όπως οι νομοί και οι επαρχίες. Μια τέτοια λύση μπορεί να υλοποιηθεί με μη-χωρική τεχνολογία όσο οι χαρτογραφικές αναπαραστάσεις και η πλοηγησιμότητα δεν απαιτείται. Οι ικανότητες και οι περιορισμοί της χωροχρονικής ανάλυσης χρησιμοποιούν

έναν υπερκύβο κατασκευασμένο μόνο με μη-γεωμετρικές χωρικές διαστάσεις.

2) **Γεωμετρική προς μη-γεωμετρική χωρική διάσταση.** Είναι μια διάσταση της οποίας το αρχικό επίπεδο δεδομένων είναι γεωμετρικό αλλά η γενίκευσή τους, αρχίζει σε ένα ορισμένο υψηλό επίπεδο, το οποίο γίνεται μη-γεωμετρικό. Για παράδειγμα, μια επαρχία αναπαριστάται από ένα πολύγωνο στο χάρτη του Καναδά, δηλαδή, γεωμετρικό δεδομένο, το καλύτερο επίπεδο σημείων αυτής της χωρικής διάστασης. Ωστόσο, κάθε επαρχία μπορεί να γενικευθεί σε μερικές τιμές οι οποίες είναι μόνο ονομαστικές, όπως ο ειρηνικός Καναδάς, ο ατλαντικός Καναδάς, κ.τ.λ. και η περαιτέρω γενίκευση παραμένει ονομαστική, έτσι παίζει έναν παρόμοιο ρόλο σε μία μη-γεωμετρική διάσταση στα χονδροειδή σημεία της χωρικής διάστασης. Χρησιμοποιώντας τέτοια τεχνική σχεδίασης επιτρέπεται σε κάποιον να ωφεληθεί από τις δυνατότητες απλούστευσης της κλίμακας μέτρησης, δηλαδή, οι ποιοτικές μετρήσεις μεταφέρουν λιγότερες λεπτομέρειες από τις ποσοτικές μετρήσεις.

3) **Πλήρως γεωμετρικές χωρικές διαστάσεις.** Είναι μια διάσταση της οποίας το αρχικό επίπεδο και το υψηλό επίπεδο γενικεύσεων της είναι γεωμετρικό. Για παράδειγμα, πολύγωνα ίσο-υψομετρικών περιοχών είναι γεωμετρικά δεδομένα, και κάθε γενίκευση, όπως περιοχές που καλύπτουν 0-500 μέτρα, 500-1000 μέτρα κ.ο.κ. είναι επίσης γεωμετρικά.

Κάποιος θα μπορούσε να προσέξει ότι οι δύο τελευταίοι τύποι των χωρικών διαστάσεων δείχνουν ότι τα γεωμετρικά δεδομένα μπορεί να έχουν περισσότερο από ένα τρόπο γενίκευσης σε υψηλού επιπέδου έννοιες, και οι γενικευμένες έννοιες μπορούν να είναι γεωμετρικές, όπως χάρτες που αναπαριστούν μεγαλύτερες περιοχές ή μη-γεωμετρικές όπως ονομασμένες περιοχές ή γενική περιγραφή μιας περιοχής. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικοί

τρόποι για να οδηγηθεί από τα λεπτά σημεία στα πιο χοντρά σημεία, ακόμη χωρίς την ίδια χωρική διάσταση (την οποία ονομάζουμε ανάμεικτη χωρική διάσταση), όταν τα πακέτα λογισμικού επιτρέπουν εναλλακτικά μονοπάτια όπως πρωτίστως κάνουν για τα σημασιολογικά και χρονικά δεδομένα [71].

3.6 Χρονική διάσταση στις Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων

Το ερώτημα: *‘Πόσα αντικείμενα επισκέπτονται μια δοσμένη περιοχή κατά τη διάρκεια μιας δοσμένης χρονικής περιόδου;’* περιλαμβάνει και χωρικό και χρονικό περιεχόμενο. Παρόλο που οι Χωρικές Αποθήκες Δεδομένων μοιάζουν σε πολλούς τύπους και διαστάσεις δεδομένων περιλαμβανομένου του χωρικού περιεχομένου, υπάρχει η ανάγκη να συμπεριληφθούν επιπλέον και οι χρονικές πτυχές. Αυτό θα επιτρέψει στις εφαρμογές να ανακαλύψουν τις κρυμμένες σχέσεις και πρότυπα δεδομένων [70].

Πολλές εφαρμογές αναφέρονται σε κινούμενα αντικείμενα και απαιτούν χωροχρονική μοντελοποίηση για εξειδικευμένη ανάλυση. Αυτός ο τύπος κίνησης του αντικειμένου ορίζει μια συνεχή αλλαγή στο χώρο και στο χρόνο που το κάνει πολύ δύσκολο να χειριστεί τέτοια τεράστια πακέτα δεδομένων.

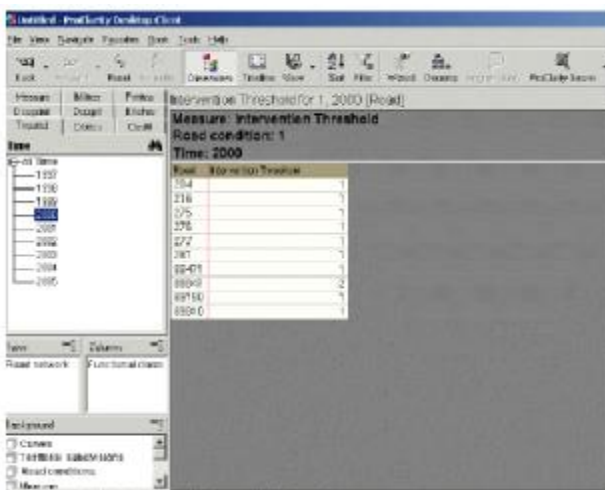
Δύο έννοιες του χρόνου συμπεριλαμβάνονται σε χρονικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών οντοτήτων – Παγκόσμιος χρόνος και χρόνος του συστήματος [70, 73]. Ο παγκόσμιος χρόνος αναφέρεται στον χρόνο που η αλλαγή μιας οντότητας λαμβάνει χώρα στην πραγματικότητα ενώ ο χρόνος του συστήματος σημαίνει το χρόνο ο οποίος καταγράφει την αλλαγή μιας οντότητας στη βάση δεδομένων. Οι χρήστες μπορεί να επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν μόνο το χρόνο του συστήματος (π.χ. GIS) ή και τους δύο (Αποθήκες Δεδομένων) που το κάνει ακόμα πιο δύσκολο στη μοντελοποίηση δύο τύπων των χρονικών διαστάσεων στις Χωροχρονικές Αποθήκες Δεδομένων [70].

3.7 Από την OLAP στην SOLAP

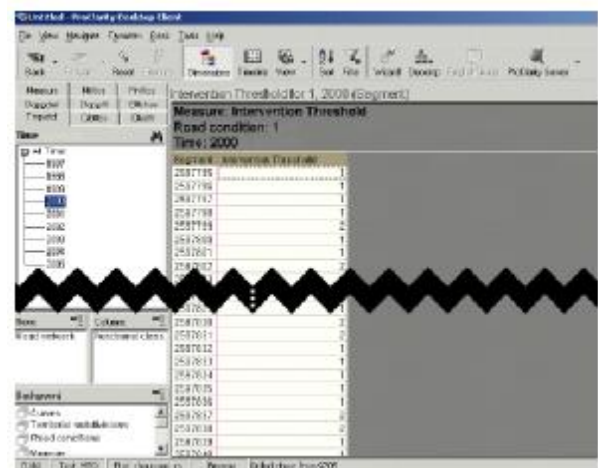
Η δυνατότητα της OLAP για χωροχρονική ανάλυση δεδομένων με τα όποια πλεονεκτήματα και περιορισμούς που περιείχε, οδήγησε στην εισαγωγή της έννοιας της SOLAP. Η συγκεκριμένη ενότητα αναλύει συνοπτικά τις βασικές έννοιες της SOLAP, τον ορισμό της και ειδικό λεξιλόγιο.

3.7.1 Η δυναμική της OLAP για να υποστηρίξει την χωροχρονική εξερεύνηση και ανάλυση

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα παράδειγμα χωροχρονικής ανάλυσης που γίνεται με μία εμπορική OLAP εφαρμογή. Το παράδειγμα είναι βασισμένο πάνω σε ένα οδικό δίκτυο δεδομένων από το Transport Quebec⁶ [74]. Ένας κύβος για την ανάλυση των συνθηκών του δρόμου μέσα σε μία συγκεκριμένη περιοχή έχει αναπτυχθεί περιλαμβάνοντας τις ακόλουθες διαστάσεις: χρόνος, οδικό δίκτυο, οδικές συνθήκες, εδαφικές υποδιαιρέσεις, περιβάλλον, λειτουργικές ταξινομήσεις, κλίσεις και καμπύλες. Η χωρική διάσταση (οδικό δίκτυο) έχει πέντε επίπεδα που κυμαίνονται από δρόμους σε τμήματα.

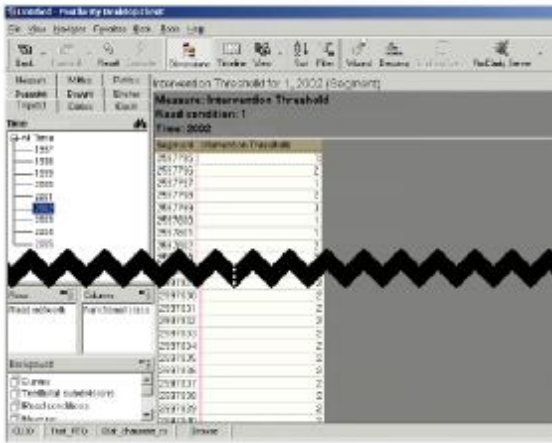


Εικόνα 33: Οπτικοποίηση των ορίων παρέμβασης για το 2000, για τους δρόμους στην επικράτεια ανάλυσης. Μπορούμε να δούμε ότι ο δρόμος 88841 έχει ένα όριο παρέμβασης του 2 (πηγή: [74])

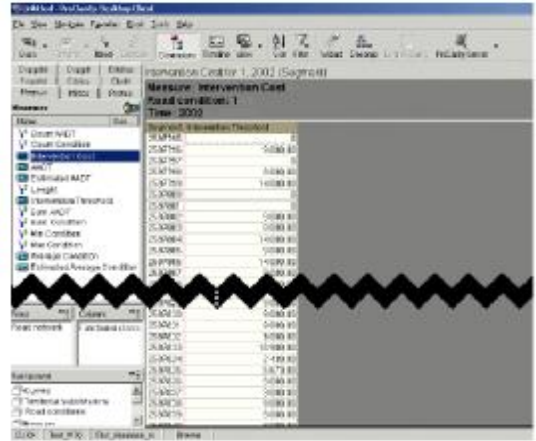


Εικόνα 34: Αποτελέσματα μιας χωρικής drill-down λειτουργίας επί της οδού 88841 σε επίπεδο τμημάτων. Η οθόνη δείχνει τώρα τα όρια παρέμβασης για το 2000, για τα τμήματα του δρόμου 88841 (πηγή: [74])

⁶ Ερευνητικό πρόγραμμα που είναι οι συγκοινωνίες Quebec του προγράμματος πολυδιάστατη ανάλυση και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών που εφαρμόζετε στο οδικό δίκτυο ανάλυσης δεδομένων.



Εικόνα 35: Τα αποτελέσματα μιας drill-across λειτουργίας της χρονιάς 2002 της διάστασης χρόνος. Η οθόνη εμφανίζει το εκτιμώμενο όριο παρέμβασης για το 2002, για τα τμήματα του δρόμου 88841, αν δεν υπάρξουν παρεμβάσεις (ανάπλαση, ανακατασκευή) που έγιναν στο οδικό δίκτυο (πηγή: [74])



Εικόνα 36: Αποτελέσματα μιας drill-across λειτουργίας με το κόστος επέμβασης του μέτρου. Η οθόνη εμφανίζει τώρα το ενδεχόμενο κόστος επέμβασης για το 2002, για τα τμήματα των δρόμων 88841 (πηγή: [74])

Αυτός ο κύβος επίσης περιέχει τα ακόλουθα μέτρα: ετήσιος μέσος όρος καθημερινής κίνησης, εκτιμώμενος ετήσιος μέσος όρος καθημερινής κίνησης, εκτιμώμενος μέσος όρος συνθηκών αξίας, όριο παρέμβασης, κόστος παρέμβασης και μήκος οδικού τμήματος. Σε αυτόν τον κύβο επιτρέπεται εύκολη και ταχεία ανάλυση όπως η εύρεση της επίδρασης του ετήσιου μέσου όρου της μεταβολής της καθημερινής κίνησης πάνω στο μέσο όρο των συνθηκών του δρόμου σύμφωνα με τις λειτουργικές κατηγορίες του δρόμου, καθορίζοντας εάν ο μέσος όρος των συνθηκών του δρόμου φτάνει τα όρια παρέμβασης σύμφωνα με τις λειτουργικές κατηγορίες του δρόμου, ή υπολογίζοντας την παρέμβαση πόσο κοστίζει σύμφωνα με τα όρια παρέμβασης, οι λειτουργικές κατηγορίες και ο τύπος του περιβάλλοντος. Σε αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή ProClarity Analytic Platform 4.0 Desktop Client software για να βοηθήσει τη διεξαγωγή της ανάλυσης.

3.7.2 Η Ανάγκη για SOLAP

Έχοντας μελετήσει το παράδειγμα του προηγούμενου σχήματος, προκύπτει ότι η παραδοσιακή OLAP προσφέρει καλή υποστήριξη για ταυτόχρονη χρήση των χρονικών και χωρικών διαστάσεων σε μία πολυδιάστατη αναλυτική δι-

εργασία. Ωστόσο, οι χωρικές διαστάσεις αντιμετωπίζονται όπως και κάθε άλλη περιγραφική διάσταση, χωρίς μελέτη για το χαρτογραφικό περιεχόμενο των δεδομένων, τα OLAP εργαλεία παρουσιάζουν σοβαρούς περιορισμούς στην υποστήριξη της χωροχρονικής ανάλυσης (μη χωρική οπτικοποίηση, πρακτικά μη χωρική ανάλυση, μη χαρτο-βασισμένη εξερεύνηση των δεδομένων, κ.τ.λ.).

Η Οπτικοποίηση δεδομένων διευκολύνει την εξαγωγή της διορατικότητας από την πολυπλοκότητα των χωροχρονικών φαινομένων και διαδικασιών οι οποίες αναλύονται, τόσο καλά ώστε να προσφέρουν μία καλύτερη αντίληψη της δομής και οι σχέσεις που περιέχονται στο σύνολο δεδομένων. Όσον αφορά την αναζήτηση πληροφοριών, οι χάρτες και τα γραφικά αποτελούν ένα σημαντικό βοήθημα [75]. Χωρίς χαρτογραφική εμφάνιση, τα εργαλεία OLAP χάνουν ένα βασικό χαρακτηριστικό το οποίο θα μπορούσε να βοηθήσει στην ολοκλήρωση της χωροχρονικής εξερεύνησης και της αναλυτικής διαδικασίας. Για την πλήρη αξιοποίηση η χωροχρονική ανάλυση έχει τη δυνατότητα ενός συμβατικού OLAP εργαλείου, το οποίο είναι απαραίτητο να προσθέσει μία χαρτογραφική απεικόνιση των γεωμετρικών χωρικών στοιχείων ενός πακέτου δεδομένων.

Εμπορικά συστήματα, συνδέουν την OLAP και τις απεικονιζόμενες χωρικές λειτουργίες, με τις πρόσφατα εμφανιζόμενες στην αγορά. Αυτά τα συστήματα, τα οποία άλλα έχουν ως κυρίαρχη επεξεργασία την OLAP και άλλα τα GIS, προσφέρουν ένα περισσότερο ή λιγότερο επεξεργασμένο υποσύνολο των επιθυμητών λειτουργιών αυτής της νέας κατηγορίας των OLAP εργαλείων, δηλαδή της SOLAP [76]. Τα σημερινά εμπορικά συστήματα παρουσιάζουν πολλούς περιορισμούς και η ιδανική SOLAP εφαρμογή πρέπει να παρουσιάσει μία ευελιξία, για να συναντήσει πολυδιάστατες χωροχρονικές αναλυτικές ανάγκες.

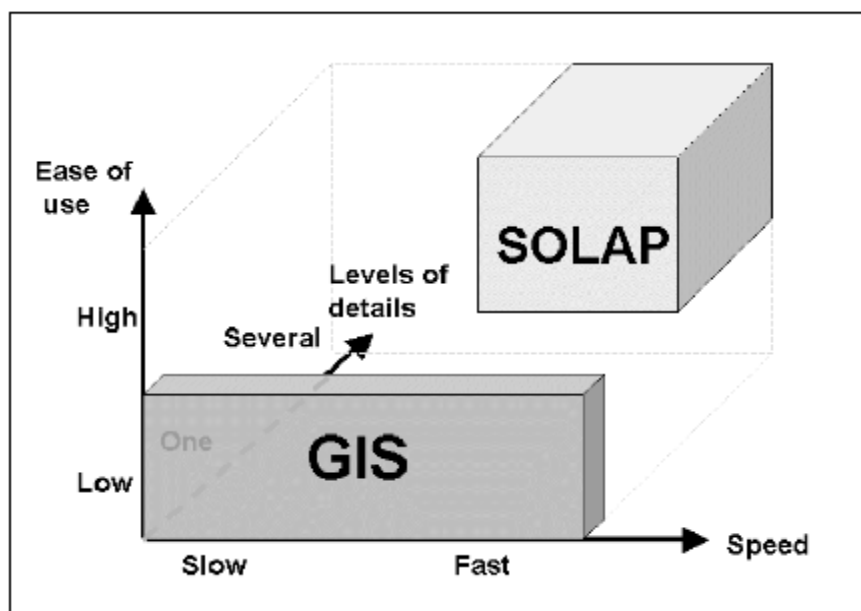
3.7.3 Η Έννοια SOLAP

Ακολουθώντας τις πρόσφατες υλοποιήσεις των Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων, έγινε εμφανής ότι τα κοινά πελατειακά εργαλεία χρησιμεύουν για την εκμετάλλευση μη-Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων όπου δεν είναι επαρκής η πλήρης ανάλυση του γεωμετρικού συστατικού των χωρικών δεδομένων, παρά

το γεγονός ότι το γεωμετρικό συστατικό είναι η καρδιά των Χωρικών Αποθηκών Δεδομένων. Μια νέα λύση αναπτύχθηκε, η οποία αποτελείται από συνδυασμό των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και των πλεονεκτημάτων της Πολυδιάστατης Αναλυτικής Επεξεργασίας Δεδομένων. Ο συνδυασμός γέννησε μία χωρική OLAP ή αλλιώς SOLAP, ένας όρος που επινοήθηκε για πρώτη φορά από την Bedard et al. (1997) [77, 78].

Η SOLAP μπορεί να οριστεί ως μια εικονική πλατφόρμα χτισμένη ειδικά για να υποστηρίζει γρήγορες και εύκολες χωροχρονικές αναλύσεις και εξερευνήσεις των δεδομένων, ακολουθώντας μία πολυδιάστατη προσέγγιση αποτελούμενη από αθροιστικά επίπεδα διαθέσιμα στις χαρτογραφικές απεικονίσεις τόσο καλά όσο στις απεικονίσεις των πινάκων και των διαγραμμάτων [78].

Η SOLAP προορίζεται να γίνει πελατειακή εφαρμογή παραμένοντας στην κορυφή μιας πολλών διαστάσεων χωρικής Αποθήκης Δεδομένων [71]. Ωστόσο, ο μη-ειδικός μπορεί επίσης να τη δει σαν ένα νέο τύπο της διεπαφής του χρήστη για πολλών διαστάσεων GIS εφαρμογές και χαρτογράφηση Web. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τον τομέα των τυπικών SOLAP εφαρμογών σε σύγκριση με τον τομέα των τυπικών GIS εφαρμογών [74].



Εικόνα 37: Θέση του GIS και της OLAP σε σχέση με τους τρεις άξονες των απαιτήσεων για την χωρική υποστήριξη αποφάσεων (πηγή: [74])

Καθώς η αρχιτεκτονική ενός OLAP συστήματος αποτελείται από μία κατασκευασμένη, πολυδιάστατη βάση δεδομένων, έναν OLAP εξυπηρετητή (server) και έναν OLAP διαχειριστή (client), η αρχιτεκτονική ενός SOLAP συστήματος αποτελείται από μία πολυδιάστατη κατασκευασμένη χωροχρονική βάση δεδομένων, έναν SOLAP εξυπηρετητή (server) και έναν SOLAP διαχειριστή (client) [79]. Η χωροχρονική βάση δεδομένων αποθηκεύει τη γεωμετρία που σχετίζεται με τις διαστάσεις των μελών και των μέτρων. Ο SOLAP εξυπηρετητής χειρίζεται τη χωροχρονική πολυδιάστατη βάση δεδομένων και τους αριθμητικούς και χωρικούς υπολογισμούς που είναι απαραίτητοι για να υπολογίσουν τις μετρικές αξίες που σχετίζονται με τους πιθανούς συνδυασμούς των διαστάσεων των μελών. Πρόσφατα, κανένας τέτοιος server δεν είναι διαθέσιμος στην αγορά. Πρέπει να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό τεχνολογιών. Ο SOLAP διαχειριστής μπορεί να οριστεί ως η κατηγορία λογισμικού που επιτρέπει την πλοήγηση (π.χ. να πηγαίνει από ένα γεγονός σε ένα άλλο) μέσω χωρικών βάσεων δεδομένων και αυτό προσφέρει πολλά επίπεδα σημείων πληροφοριών, πολλά θέματα, πολλές εποχές, και πολλούς εμφανής τρόπους, συγχρονισμένους ή όχι: χάρτες, πίνακες και διαγράμματα [77].

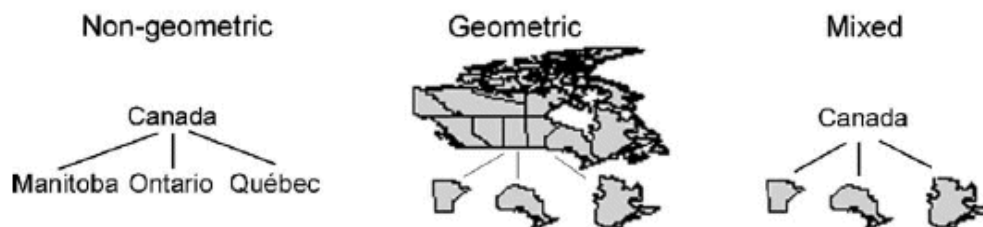
3.7.4 Χωρικές διαστάσεις, μέτρα και τελεστές εντός της SOLAP

Κατά τον σχεδιασμό μίας εφαρμογής και αρχιτεκτονικής SOLAP, κάποιος πρέπει να καθορίσει τις χωρικές διαστάσεις που χρειάζονται από το χρήστη, την επιθυμητή γεωμετρία για τις διαστάσεις, τις χωρικές μετρήσεις που θα ληφθούν υπόψη καθώς και τους χωρικούς τελεστές που πρέπει να είναι διαθέσιμοι, προκειμένου να εκτελεστεί χωρική ανάλυση [74].

Ένα SOLAP σύστημα υποστηρίζει τρεις τύπους χωρικών διαστάσεων [71]:

- οι μη-γεωμετρικές χωρικές διαστάσεις,
- οι γεωμετρικές χωρικές διαστάσεις, και
- οι ανάμικτες χωρικές διαστάσεις.

Στον πρώτο τύπο των χωρικών διαστάσεων, η χωρική αναφορά χρησιμοποιεί μόνο ονομαστικά δεδομένα (π.χ. τοπωνύμια) ως μη γεωμετρική ή χαρτογραφική αντιπροσώπευση η οποία είναι συσχετισμένη με τα μέλη των διαστάσεων. Αυτός ο τύπος χωρικών διαστάσεων είναι ο μόνος πρόσφατα χρησιμοποιημένος για συμβατικές OLAP εφαρμογές. Οι άλλοι δύο τύποι των χωρικών διαστάσεων περιλαμβάνουν γεωμετρικά σχήματα χωρικά αναφερόμενα πάνω σε ένα χάρτη για να επιτρέψει στα μέλη των διαστάσεων του να οπτικοποιηθούν και να ερωτηθούν γραφικά. Αυτές οι γεωμετρίες υπάρχουν για όλα τα επίπεδα στην περίπτωση των γεωμετρικών χωρικών διαστάσεων, και για μερικά από τα επίπεδα στην περίπτωση των ανάμικτων χωρικών διαστάσεων. Η επιλογή μεταξύ αυτών των τριών τύπων των χωρικών διαστάσεων πρέπει να φτιαχτεί σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Για παράδειγμα, ένας χρήστης ίσως να θέλει να εφαρμόσει μία χωρική διάσταση βασισμένη στην ακόλουθη ιεραρχία: Χώρες / Νομοί / Διοικητικές Περιφέρειες / Δήμοι. Ένας άλλος επιθυμεί να εφαρμόσει μία διαφορετική ιεραρχία για τις χωρικές διαστάσεις όπως: Χώρα / Ομάδα των επαρχιών / Κοινωνικό-οικονομικές περιφέρειες / Δήμοι, ενώ ένας τρίτος μπορεί να θέλει να εφαρμόσει και τις δύο από τις περιγραφόμενες διαστάσεις [74].



Εικόνα 38: Παράδειγμα των τριών τύπων χωρικών διαστάσεων (πηγή: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca/concepts.asp>)

Στο χωρικό πολυδιάστατο πλαίσιο, όχι μόνο οι διαστάσεις μπορούν να κατακτήσουν ένα γεωμετρικό σχήμα, αλλά επίσης και τα μέτρα. Έπειτα υπάρχουν δύο τύποι από τα μέτρα, ένα συμβατικό μέτρο και ένα χωρικό μέτρο. Ένα SOLAP σύστημα θα μπορούσε να είναι σε θέση να χειραγωγήσει και τα δύο: τα αριθμητικά μέτρα όπως χρησιμοποιούνται σε συμβατικά OLAP συστήματα και τα χωρικά μέτρα [71, 80].

Έχουν προταθεί τρεις τύποι των χωρικών μετρήσεων. Ο πρώτος αποτελείται από ένα γεωμετρικό σχήμα ή σύνολο σχημάτων που λαμβάνεται από συνδυασμούς πολλαπλών γεωμετρικών χωρικών διαστάσεων. Αποτελείται από ένα σύνολο συντεταγμένων, το οποίο απαιτεί μια γεωμετρική λειτουργία, όπως η χωρική συγχώνευση ή η χωρική διχοτόμηση, που υπολογίζεται. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένα γεωμετρικό μέτρο δεν είναι το ίδιο με το γεωμετρικό σχήμα που αντιστοιχεί σε έναν αριθμό διαστάσεων. Είναι ένα καινούριο σχήμα, ή μια ομάδα σχημάτων, υπολογισμένα να χρησιμοποιούν ένα λειτουργικό περιλαμβάνοντας τη γεωμετρία των μελών από πολλές διαστάσεις. Ένα παράδειγμα γεωμετρικών χωρικών μετρήσεων θα μπορούσε να είναι μια ομάδα επιλεγμένων πολυγώνων προκύπτοντας από τον συνδυασμό πολυγωνικών μελών από δύο γεμάτες γεωμετρικές χωρικές διαστάσεις όπως είναι τα πολιτικά όρια [74, 77, 80, 81].

Ένα δεύτερο είδος χωρικών μετρήσεων προκύπτει από τον υπολογισμό των χωρικών μετρικών ή τοπολογικών τελεστών. Τα αποτελέσματα αυτού του υπολογισμού είναι αποθηκευμένα σε κελιά κύβων δεδομένων. Παραδείγματα αυτού του τύπου των χωρικών μετρήσεων είναι η επιφάνεια και η απόσταση [74, 77].

Ένα τελευταίο είδος χωρικών μετρήσεων είναι το σύνολο των δεικτών (που είναι αποθηκευμένοι εντός των κελιών ενός κύβου δεδομένων) για τα γεωμετρικά σχήματα που είναι αποθηκευμένα σε μια άλλη δομή ή λογισμικό. Μόνο οι εμπορικές τεχνολογίες του σήμερα επιτρέπουν αυτό το τρίτο είδος των χωρικών μετρήσεων και η έρευνα είναι αναγκαία προκειμένου να διαπιστωθεί αν τα δύο πρώτα είδη είναι σχετικά και δυνατά. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάθε χωρικό μέτρο που παράγεται από το συνδυασμό των χωρικών διαστάσεων μπορεί να μην είναι σχετικό. Κάποιος πρέπει πάντα να επικυρώνει την καταλληλότητα των εν λόγω συνδυασμών και να διαπιστωθεί αν απαιτούνται η όχι [77].

Για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της χωρικής φύσης των δεδομένων που περιλαμβάνονται στις γεωμετρικές και στις μεικτές χωρικές διαστάσε-

ις, είναι ουσιώδης η παροχή τοπολογικών και μετρικών τελεστών στους τελικούς χρήστες. Όπως και τα συμβατικά συστήματα GIS, οι φορείς επιτρέπουν την επιλογή των υποσυνόλων βάσεων δεδομένων που βασίζονται σε τοπολογικούς η γεωμετρικούς περιορισμούς [82]. Στην βιβλιογραφία έχει προταθεί μια μέθοδος που εφαρμόζει χωροχρονική τοπολογική διάσταση στις πολυδιάστατες βάσεις δεδομένων. Η ιεραρχία αυτής της διάστασης είναι δομημένη σύμφωνα με τα πολλαπλά σπειροειδή επίπεδα των τοπολογικών σχέσεων και για τα μοντέλα συμπεριφοράς της χωρικής ανάλυσης προκειμένου να βελτιωθεί η χρησιμότητα [74, 77, 80].

Οι μετρικές αξίες είναι υπολογισμένες από τον OLAP ή SOLAP εξυπηρετητή που τις συναθροίζει και αποθηκεύει (με φυσικό τρόπο) σύμφωνα με τους πιθανούς συνδυασμούς των μελών διαστάσεων. Μερικοί εμπορικοί OLAP εξυπηρετητές υλοποιούν κάθε πιθανή συνάθροιση (η οποία ονομάζεται κυβοειδής), κάποιες άλλες υλοποιούν τη μη-συνάθροιση (όλα συναθροίζονται στον αέρα μέσα σε πραγματικούς κύβους) και μερικά υλοποιούν μόνο ένα κομμάτι των δυνατών συναθροίσεων και χρησιμοποιούν διάφορους αλγόριθμους για να επιλέξουν τις βέλτιστες συναθροίσεις για υπολογισμό. Στην περίπτωση των SOLAP εξυπηρετητών από την άλλη, είναι σχεδόν πιθανό να υλοποιούν όλες τις δυνατές γεωμετρικές συναθροίσεις των χωρικών μέτρων καθώς θα καταλήξει σε μία έκρηξη του απαραίτητου χώρου αποθήκευσης. Οι αλγόριθμοι έχουν οριστεί με την προϋπόθεση να επιλέξουν βέλτιστα τις χωρικές συναθροίσεις για να υλοποιηθούν [77, 80, 83, 84, 85].

Οι μετρικές αξίες (χωρικές και μη-χωρικές) οι οποίες προκύπτουν από τους συνδυασμούς των διαστάσεων μελών (χωρικών και μη-χωρικών) είναι οπτικοποιημένες χρησιμοποιώντας έναν SOLAP διαχειριστή. Ένας SOLAP διαχειριστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κάθε τύπου αρχιτεκτονική SOLAP: ROLAP (με ή χωρίς έναν OLAP εξυπηρετητή), HOLAP ή MOLAP. Είναι επίσης πιθανό να δεις τη SOLAP σαν ένα νέο τύπο διεπαφής χρήστη για πολλαπλής κλίμακας GIS και διαδικτυακή χαρτογράφηση προκειμένου να διευκολύνει

την πρόσβαση των δεδομένων. Ως εκ τούτου, δύο επίπεδα χρήσης είναι πιθανά: η πρόσβαση και η ανάλυση.

Σε μια διεπαφή SOLAP διαχειριστή, παραλλαγές των OLAP εφαρμογών, χρησιμοποιούνται προκειμένου να επωφεληθούν από τη χωρική πολυδιάστατη κατασκευή δεδομένων και από τα διαφορετικά επίπεδα των λεπτομερειών των δεδομένων. Οι λειτουργίες είναι οι drill down, roll up (drill up), drill across, swap (pivot) και slice and dice. Αυτές οι OLAP λειτουργίες είναι διαθέσιμες σε διαφορετικούς τύπους απεικονίσεων (χάρτες, διαγράμματα ή πίνακες) και μπορούν να ειδικευτούν σύμφωνα με τον τύπο των διαστάσεων που χειρίζονται. Η θεματική drill down, η θεματική roll up, και η θεματική drill across επιτρέπουν την πλοήγηση από το ένα θεματικό επίπεδο λεπτομερειών σε ένα άλλο μέσα σε μία θεματική (ή περιγραφική) διάσταση, ενώ κρατούν το ίδιο επίπεδο χωρικών και χρονικών σημείων. Μπορούν να εκτελεστούν αμέσως με ένα κλικ στα στοιχεία (διαστασιακά μέλη) των μη-χαρτογραφικών απεικονίσεων (διαγράμματα ή πίνακες). Όταν ορίζονται να χειριστούν τα δεδομένα που περιέχονται στις γεωμετρικές ή μεικτές χωρικές διαστάσεις, οι drill-εφαρμογές καλούνται χωρική drill down, χωρική roll up και χωρική drill across. Αυτές επιτρέπουν την πλοήγηση από ένα γεωμετρικό επίπεδο λεπτομερειών σε ένα άλλο μέσα σε μία χωρική διάσταση, ενώ διατηρούν τα ίδια θεματικά και χρονικά σημεία, και μπορούν να εκτελεστούν αμέσως με ένα κλικ στα στοιχεία (διαστασιακά μέλη) που απεικονίζονται στους χάρτες. Παρομοίως, μία χρονική drill down, χρονική roll up και χρονική drill across επιτρέπουν την πλοήγηση από ένα χρονικό επίπεδο λεπτομερειών σε ένα άλλο μέσα σε μία χρονική διάσταση, ενώ διατηρείται το ίδιο επίπεδο των χωρικών και θεματικών σημείων. Μπορούν να εκτελεστούν ευθέως κάνοντας κλικ στα στοιχεία (μέλη διαστάσεων) των μη-χαρτογραφικών απεικονίσεων (διαγράμματα ή πίνακες) ή χειρίζοντας διαδραστικά χρόνο-σχεσιακά στοιχεία του περιβάλλοντος εργασίας, όπως μία αναπτυσσόμενη αλληλεπιδραστική γραμμή χρόνου [77, 86].

3.7.5 Κατηγορίες SOLAP

Σύμφωνα με το LGS Group (2000), πολλές βασικές προσεγγίσεις στα GIS και στα εργαλεία ολοκλήρωσης OLAP μπορούν να θεωρηθούν:

- επικρατέστερα GIS,
- επικρατέστερα OLAP και
- γενική ολοκλήρωση (τεχνολογία SOLAP).

Η πρώτη προσέγγιση προσφέρει ολοκληρωμένες GIS δυνατότητες και ένα GIS γραφικό περιβάλλον χρήστη, αλλά μόνο απλοποιημένη πρόσβαση σε πηγές δεδομένων OLAP προσφέρεται και πρακτικά μη λειτουργήσιμη OLAP. Η δεύτερη προσέγγιση είναι το αντίθετο. Προσφέρει ολοκληρωμένες OLAP δυνατότητες και OLAP γραφικό περιβάλλον χρήστη, αλλά περιορισμένες GIS λειτουργίες (συνήθως μόνο δυνατότητες χαρτογραφικής απεικόνισης). Εφαρμόζοντας ένα σύστημα SOLAP, χωρίς τη χρήση SOLAP τεχνολογίας απαιτεί την κυρίαρχη ανάπτυξη για να εφαρμόσει ένα έθιμο εμπρόσθιου τέλους για κάθε εφαρμογή, και να χρησιμοποιεί την OLAP και τα GIS για "προς το τέλος" υπηρεσίες. Ο απαιτούμενος χρόνος για την εφαρμογή ενός λειτουργικού συστήματος μειώνεται από το όριο του μεγέθους χρησιμοποιώντας μία εντελώς ολοκληρωμένη SOLAP τεχνολογία [75].

3.7.6 Η SOLAP σαν ένα δαισθητικό και αποδοτικό εργαλείο ανάλυσης

Στο περιεχόμενο της διαδραστικής χωροχρονικής εξερεύνησης και ανάλυσης δεδομένων, οι χάρτες και τα γραφικά το κάνουν περισσότερο απ' ό,τι τα δεδομένα ορατά. Είναι ενεργά εργαλεία στον τρόπο σκέψης του τελικού χρήστη [76]. Χωρίς την χαρτογραφική απεικόνιση, τα εργαλεία OLAP στερούνται ένα ουσιώδες χαρακτηριστικό, το οποίο θα μπορούσε να βοηθήσει την ολοκλήρωση της χωροχρονικής εξερευνητικής και αναλυτικής διεργασίας. Αυτό το χαρακτηριστικό γεωαπεικόνισης παρουσιάζεται στις SOLAP εφαρμογές και παρέχει καλύτερη παρουσίαση και απεικόνιση των δεδομένων, βελτιωμένη διάχυση και επικοινωνία, ενισχυμένη ανάλυση και καλύτερη υποστήριξη για λήψη αποφάσε-

ων σαν σιωπηρές χωρικές σχέσεις μεταξύ φαινομένων γενόμενες ραγδαία σαφείς και εικονικά εμφανής και καινούριες σχέσεις οι οποίες μοιάζουν περισσότερο να επεκτείνονται στο μυαλό του χρήστη [87]. Γεωγραφική απεικόνιση, ή γεωαπεικόνιση, μπορεί να καθοριστεί σαν μια ιδιωτική δραστηριότητα στην οποία άγνωστα στοιχεία αποκαλύπτονται σε ένα υψηλό διαδραστικό περιβάλλον. Έτσι, η γεωαπεικόνιση δεν είναι μια παθητική διεργασία είτε βλέποντας ή διαβάζοντας χάρτες. Είναι μια ενεργή διεργασία στην οποία ένα άτομο ασχολείται με τη διαλογή, τονίζοντας, φιλτράροντας, και αλλιώς μεταφέροντας δεδομένα σε μία έρευνα για πρότυπα και σχέσεις [77, 88].

Η χαρτογραφική απεικόνιση μιας SOLAP εφαρμογής επιτρέπει σε κάποιον εύκολα να προσδιορίσει το άθροισμα, τις συσχετίσεις και άλλες χωρικές σχέσεις οι οποίες δεν είναι περιορισμένες από προκαθορισμένα εδαφικά όρια και δε μπορούν να ειπωθούν όταν χρησιμοποιείται μόνο μια ονομαστική χωρική αναφορά όπως υποστηρίζεται στις μη-χωρικές OLAP εφαρμογές.

Χρησιμοποιώντας μια SOLAP εφαρμογή, ένας χρήστης έχει την ικανότητα να διεξάγει την ανάλυση χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζει τέλεια μια γλώσσα επερωτήσεων ή να γνωρίζει και να καταλαβαίνει τη βαθύτερη κατασκευή της βάσης δεδομένων [89], η οποία μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη στην περίπτωση των χωροχρονικών βάσεων δεδομένων. Με μια SOLAP εφαρμογή, ο αναλυτής εστιάζει στα αποτελέσματα της ανάλυσης αντί για τις διαδικασίες που απαιτούνται από την εφαρμογή να υπολογίσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Επίσης, γρήγορες απαντήσεις σε πολύπλοκα ερωτήματα είναι πιθανές επειδή τα δεδομένα είναι (ολόκληρα ή κατά μέρος) προ-συγκεντρωτικά, έτσι μειώνεται ο χρόνος υπολογισμού όταν αναζητείται [89, 90]. Αυτό προσφέρει κάποια εγγύηση ότι η χρησιμότητα και η επίδοση ενός SOLAP δεν παρεμβαίνει με τη σειρά σκέψεων του χρήστη κατά τη διάρκεια εξερεύνησης και ανάλυσης δεδομένων και επιτρέπει κατασκευή της γνώσης. Η κατασκευή της γνώσης, μέσα στα γεωχωρικά πλαίσια, θεωρήθηκε μια αναπτυξιακή διεργασία, με προοδευτικό νόημα κατασκευασμένο και εξελιγμένο μέσω μιας σειράς από προ-επεξεργασμένα και ερμηνευτικά βήματα [77, 91].

Επειδή βασίζονται στην πολυδιάστατη προσέγγιση βάσης δεδομένων, οι SOLAP εφαρμογές προσφέρουν εγγενή υποστήριξη για βασικές αρχές και διεργασίες της ανθρώπινης νοημοσύνης όπως η κατηγοριοποίηση, οι ιεραρχίες και η επεξεργασία πληροφοριών [89, 92]. Γνωστικά, οι άνθρωποι μείωσαν το τεράστιο ποσό γνώσης ομαδοποιώντας αυτές σε κατηγορίες σύμφωνα με τη δική τους αποθηκευμένη γνώση [93]. Επιπλέον, οι κατηγορίες διατάσσονται σε ιεραρχίες έτσι ώστε να επιτρέψουν την κράτηση και τη χρήση του μέγιστου ποσού γνώσης με ελάχιστη προσπάθεια [94]. Η πολυδιάστατη προσέγγιση βάσης δεδομένων προσφέρει μια ευθύ υποστήριξη για κατηγοριοποίηση και ιεραρχίες μέσω των διαστάσεων και των μελών της διάστασης, ομαδοποιημένο από το επίπεδο των σημείων, το οποίο αναπαριστά θέματα ανάλυσης. Διαφορετικοί χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν διαφορετικά πολυδιάστατα μοντέλα της ίδιας πραγματικότητας σύμφωνα με τις δικές τους ερμηνείες και ειδικότερα αναλυτικές ανάγκες. Οι διαφορετικοί τύποι των διαστάσεων υποστηρίζονται από τη χωροχρονική πολυδιάστατη κατασκευή (περιγραφική, χωρική και χρονική) και μπορούν επίσης να σχετίζονται με την ιδέα ότι η ανθρώπινη γνώση αποθηκεύει «τι», «που» και «πότε» γνώση σε ξεχωριστές κατηγοριοποιημένες ιεραρχίες το οποίο συλλαμβάνει διάφορα χαρακτηριστικά για διάφορους σκοπούς [93, 95]. Μέσω της πολυδιάστατης χωροχρονικής δομής, χωροχρονικά δεδομένα ενός ορισμένου επιπέδου λεπτομέρειας συλλέγονται και ενσωματώνονται. Έπειτα, πιο γενικές πληροφορίες προέρχονται από πιο παρατηρητικά δεδομένα σύμφωνα με τα θέματα και τις ιεραρχίες ορισμένες από τις διαστάσεις [77].

3.8 Τα χαρακτηριστικά ενός SOLAP

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τα θεμελιώδη και επιθυμητά χαρακτηριστικά των SOLAP συστημάτων, όπως ορίζεται κατά τη διάρκεια του έργου GEOIDE (DEC # 2)⁷. Επιπλέον χαρακτηριστικά μπορούν να οριστούν στο μέλλον, καθώς εφαρμόζονται περισσότερα συστήματα SOLAP. Τα αποτελέσματα βασίζονται τόσο στη θεωρητική έρευνα όσο και στη λεπτομερή ανάλυση των

⁷ GEOIDE Δίκτυο Κέντρων Τελειότητας DEC#2: ερευνητικό πρόγραμμα σχεδιασμού των τεχνολογικών ιδρυμάτων των γεωχωρικών αποφάσεων φτιαγμένο με τον παγκόσμιο διαδικτυακό ιστό.

πρακτικών σχεδίων που έχουν επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια που ασχολούνται ειδικοί με τη δασοκομία, την περιβαλλοντική υγεία, το οδικό δίκτυο συντήρησης θαλάσσιων μεταφορών, και τη δημόσια ασφάλεια. Αυτά τα έργα αφορούσαν διαφόρους ειδικούς (μηχανικούς, δασολόγους, γεωγράφους μηχανικούς, επιστήμονες πληροφορικής και επιδημιολόγους) καθώς και διαφορετικές οργανώσεις (κυβερνητικές υπηρεσίες, ιδιωτικές εταιρείες) και διαφορετικές τεχνολογίες. (OLAP, GIS, σχεσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων) [74].

3.8.1 Οπτικοποίηση Δεδομένων

Χαρτογραφικές και μη Χαρτογραφικές Εμφανίσεις.

Ένας πελάτης SOLAP είναι ένας πελάτης OLAP που επιτρέπει την εκπροσώπηση της διασυννοριακών διαστάσεων ανάλυσης, γεγονός που οδηγεί στο ότι μία ή περισσότερες χωρικές διαστάσεις απεικονίζονται μέσω μιας χαρτογραφικής απεικόνισης. Αυτή η χαρτογραφική απεικόνιση επιτρέπει την κατάλληλη εκμετάλλευση των γεωμετρικών συνιστωσών του χώρου ή των χωροχρονικών δεδομένων που αναλύονται.

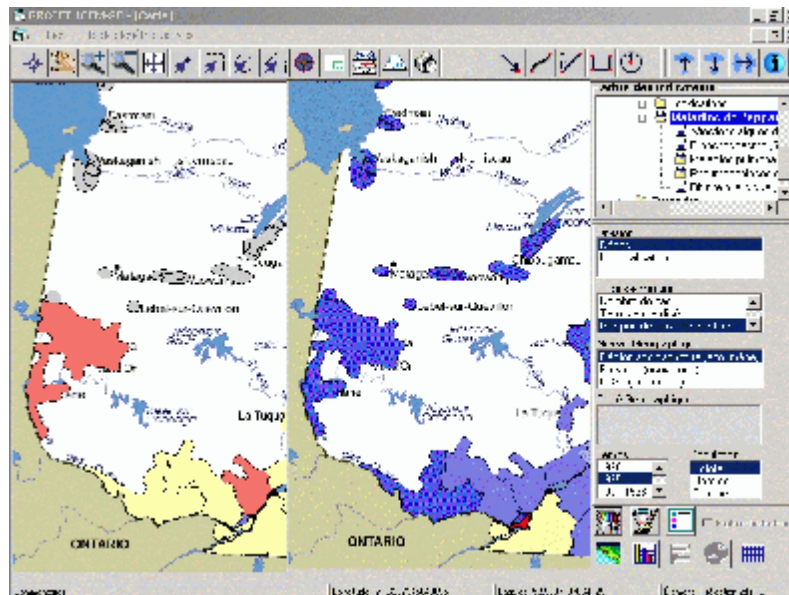
Ευέλικτη Διαχείριση Εμφάνισης

Ο πίνακας, το διάγραμμα και οι χωρικές απεικονίσεις θα πρέπει να είναι διαθέσιμες ξεχωριστά ή ταυτόχρονα. Όταν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, ο χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσει την ανάλυσή του με όλες τις εμφανίσεις χρησιμοποιώντας έναν ταυτόχρονο ή ανεξάρτητο συγχρονισμό (π.χ. χάρτης πόλεως με τον πίνακα της πόλης / χάρτης πόλεως με τον πίνακα περιοχής αντίστοιχα). Θα πρέπει επίσης να δίνονται πολλές εμφανίσεις ίδιων τύπων (π.χ. τρεις απεικονίσεις χάρτη στο ίδιο επίπεδο διακριτότητας για διαφορετικές εποχές). Επιπλέον, ένα εργαλείο SOLAP θα πρέπει να επιτρέπει στο χρήστη να καθορίζει τον τύπο εμφάνισης που προτιμά για την προβολή των δεδομένων που απεικονίζονται σε διαφορετικές οθόνες. Το είδος της αναπαράστασης καθορίζεται, για παράδειγμα, από ένα γράφημα πίτας, στο διάγραμμα που εμφανίζεται, το οποίο θα πρέπει να μπορεί να μεταβάλλεται οποιαδήποτε στιγμή κατά τη δι-

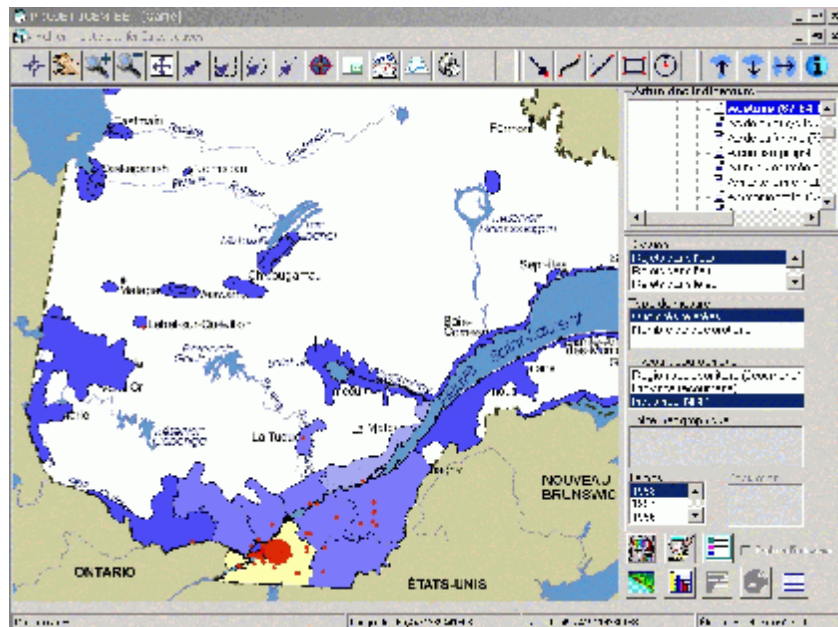
άρκεια της πολυδιάστατης ανάλυσης καθώς και οι διαφορετικοί τύποι αναπαράστασης να μπορούν να αναδείξουν διαφορετικού τύπου πληροφορίες [74].

Η εκπροσώπηση από ένα ή περισσότερα μέτρα ταυτόχρονα

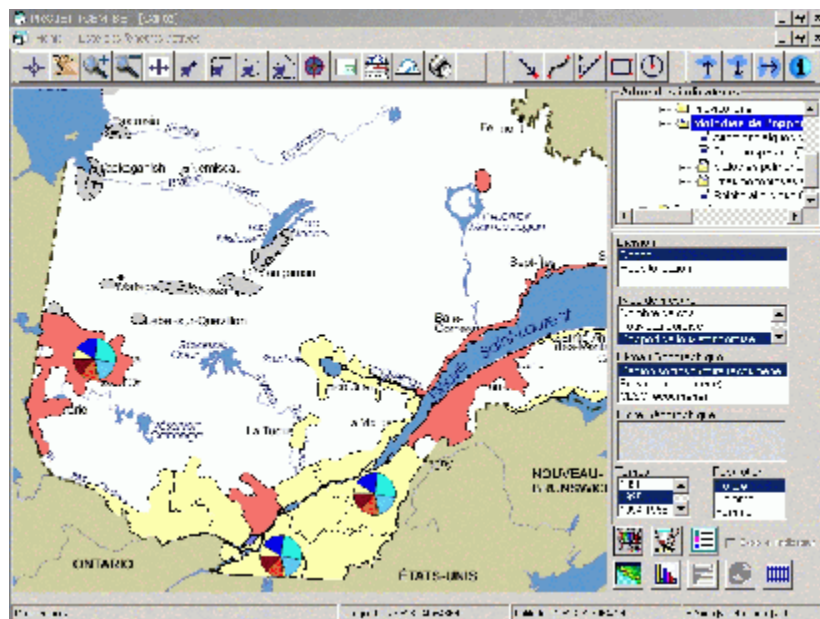
Θα έπρεπε να είναι δυνατή η εμφάνιση από ένα ή περισσότερα μέτρα ταυτόχρονα στις διάφορες απεικονίσεις. Για παράδειγμα, η εμφάνιση των διαφόρων μέτρων σε ένα διάγραμμα, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας διαφορετικό διάγραμμα για κάθε μέτρο ή μια διαφορετική οπτική μεταβλητή (χρώμα, αξία, το μέγεθος, τον προσανατολισμό, σχήμα και υφή). Με παρόμοιο τρόπο, στην χωρική απεικόνιση, η εμφάνιση των διαφόρων μέτρων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την ταυτόχρονη εμφάνιση ενός χάρτη για κάθε μέτρο, με τη χρήση μιας διαφορετικής οπτικής μεταβλητής για κάθε μέτρο με τον ίδιο χάρτη που εφαρμόζει κανόνες γραφικής σημειολογίας, ή από την υπέρθεση στατιστικών διαγραμμάτων για τα στοιχεία του χάρτη. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τους διαφορετικούς τρόπους που εκπροσωπούν τα δύο μέτρα την ίδια στιγμή στο διάγραμμα και η χωρική εμφάνιση της σύνδεσης του πελάτη SOLAP [74].



Εικόνα 39: Οπτικοποίηση των διαφόρων μετρήσεων που χρησιμοποιούν ταυτόχρονα χάρτη για κάθε μέτρο. (πηγή: GEOIDE SOC #1 project).



Εικόνα 40: Οπτικοποίηση πολλών μετρήσεων ταυτόχρονα, χρησιμοποιώντας διαφορετικές οπτικές μεταβλητές (πηγή: GEOIDE SOC #1 project).

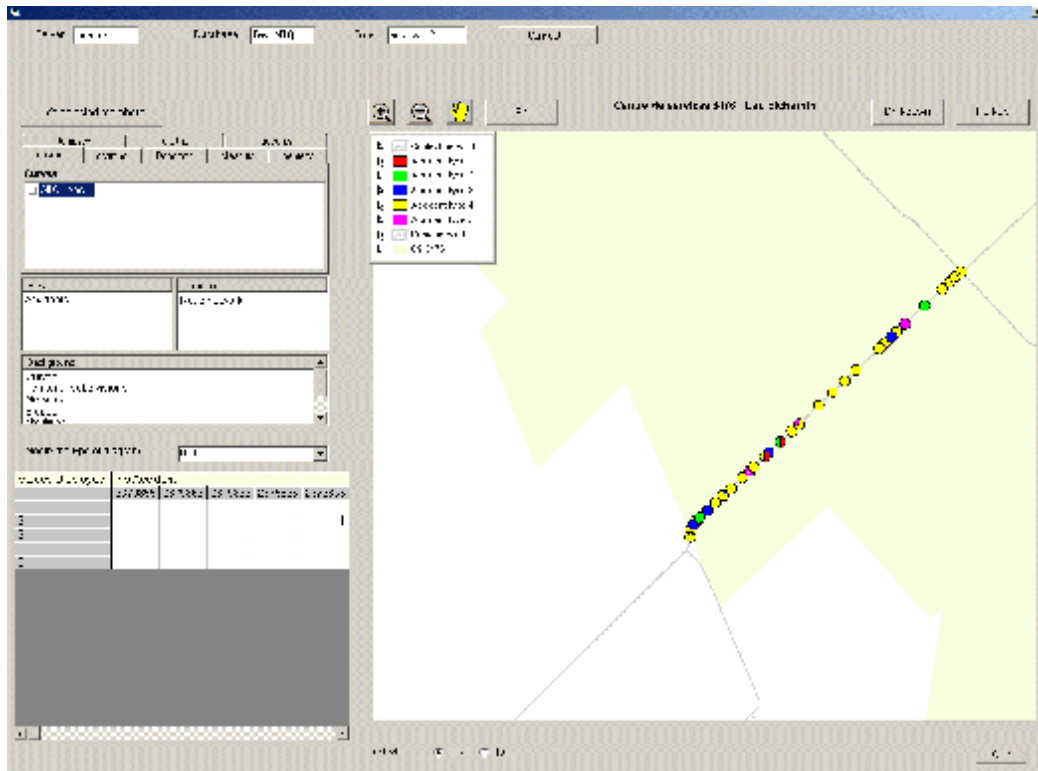


Εικόνα 41: Οπτικοποίηση διαφόρων μετρήσεων ταυτόχρονα με υπέρθεση στατιστικών διαγραμμάτων με στοιχεία του χάρτη (πηγή: GEOIDE SOC #1 project).

Απεικόνιση των δεδομένων πλαισίου

Ένα εργαλείο SOLAP θα πρέπει να καταστήσει δυνατή την εμφάνιση των χαρτών υποβάθρου (background maps), που ονομάζονται επίσης και χωρικά δεδομένα πλαισίου, βοηθώντας τον χρήστη να εντοπίσει τις πληροφορίες που εμ-

φανίζονται. Αυτό περιλαμβάνει χάρτες για τις περιοχές που συνορεύουν με την εξεταζόμενη περιοχή, οι οποίοι αναλύονται για τη διευκόλυνση της κατανόησης των φαινομένων κοντά στα σύνορα. Για παράδειγμα, η υψηλή συγκέντρωση ατυχημάτων σε τμήμα του δρόμου στα όρια του αναλυόμενου εδάφους θα μπορούσε να εξηγείται από την παρουσία μιας διασταύρωσης που βρίσκεται στην παρακείμενη περιοχή. Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει αυτό το παράδειγμα [74].



Εικόνα 42: Απεικόνιση των δεδομένων οδικού δικτύου σε μια περιοχή δίπλα στην ανάλυση εδάφους (σε ανοιχτό πράσινο) (πηγή: Quebec Transportation project).

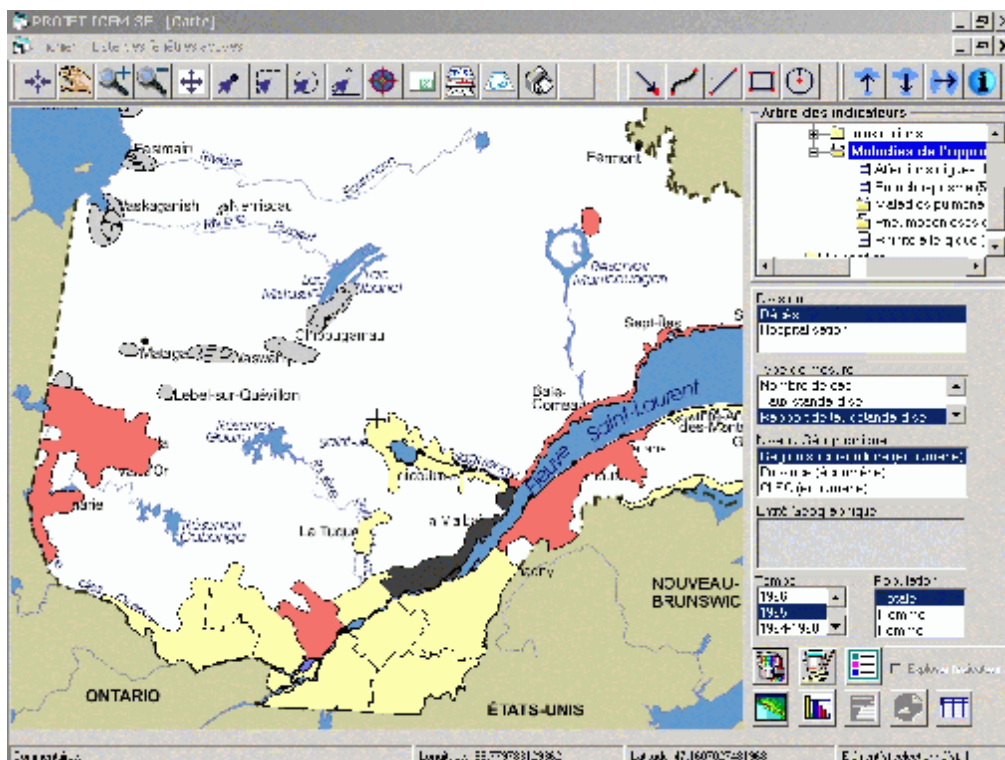
Τροποποίηση της Γραφικής Σημειολογίας

Ο χρήστης ενός εργαλείου SOLAP θα πρέπει να είναι σε θέση να τροποποιήσει τη γραφική σημειολογία ανάλογα με τις ανάγκες της, για να τονίσει τις σχετικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, ένας μηχανικός δάσους που χρησιμοποιεί πάντα τους ίδιους σημειολογικούς κανόνες για την αναπαράσταση των διαφόρων ειδών δέντρων, θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τους ίδιους κανόνες σε εργαλεία SOLAP, έτσι ώστε να εντοπίζει γρήγορα τις πληροφορίες του [74].

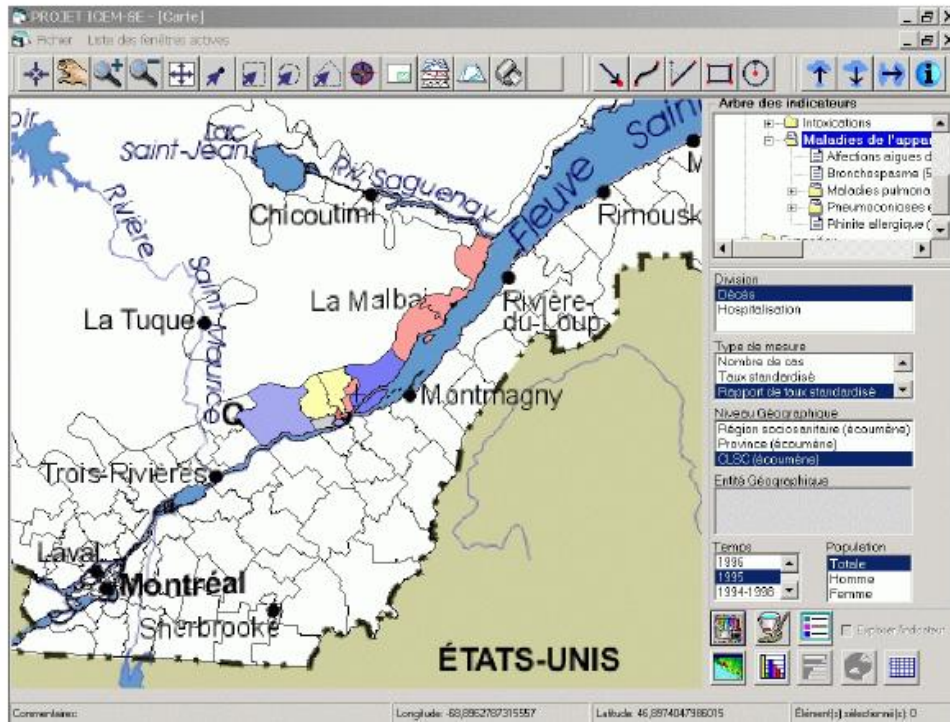
3.8.2 Εξερεύνηση των δεδομένων

Διαθεσιμότητα των ερευνητικών δεδομένων των επιχειρήσεων σε όλους τους εμφανιζόμενους τύπους

Η πράξη drill-down και η πράξη roll-up θα έπρεπε να είναι άμεσα διαθέσιμες σε όλους τους τύπους οθόνης. Οι εν λόγω πράξεις θα πρέπει να εκτελούνται, παραδείγματος χάριν, σε ένα ή περισσότερα στοιχεία που έχει επιλέξει ο χρήστης στους πίνακες, διαγράμματα ή χάρτες. Θα μπορούσαν επίσης, με την πράξη drill-across και τη swap, να είναι διαθέσιμες από τα κουμπιά ή τα στοιχεία του μενού και να ισχύουν ταυτόχρονα σε όλες τις οθόνες. Αντίθετα, η πράξη roll-up λειτουργεί για μία πόλη σαν αποτελέσματα σε ένα χάρτη που δείχνει την περιοχή της με τα συνδεδεμένα περιφερειακά δεδομένα που συγκεντρώνονται από τις πόλεις της περιοχής αυτής. Επίσης, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, θα πρέπει να είναι δυνατή η διενέργεια drill-down και roll-up για την εκτέλεση θεματικών εργασιών. Οι εικόνες 43 και 44 παρουσιάζουν ένα παράδειγμα drill-down λειτουργίας.



Εικόνα 43: Η περιοχή που επιλέχθηκε για μια drill - down λειτουργία (πηγή: GEOIDE SOC #1 project)



Εικόνα 44: Τα αποτελέσματα της λειτουργίας drill - down στο περιφερειακό πολύγωνο επιλεγμένο στην προηγούμενη εικόνα, δείχνοντας τα πολύγωνα της πόλης (πηγή: GEOIDE SOC # 1 project).

Διαθεσιμότητα Χωροχρονικών Λειτουργιών Ανάλυσης (μετρική και τοπολογική)

Οι χωρικές λειτουργίες ανάλυσης θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, την ρύθμιση, την προβολή ή την ανάλυση λειτουργιών ενός δικτύου, προκειμένου να βελτιωθεί η πολυδιάστατη χωροχρονική ανάλυση σύμφωνα με τις ιδιαίτερες ανάγκες. Οι πράξεις αυτές θα πρέπει να εφαρμόζονται στα διάφορα επίπεδα συγκέντρωσης. Για παράδειγμα, στη δασοκομία, για να αναλυθεί ο όγκος ξύλου που παράγεται σύμφωνα με τις διάφορες διαστάσεις, περιλαμβάνοντας τις διαστάσεις των διαφόρων ειδών δέντρων και μια περιορισμένη ζώνη διάστασης που χρησιμοποιούν διαδρόμους κατά μήκος των λιμνών και των ποταμών που μπορεί να είναι απαραίτητη. Για να βελτιστοποιηθεί η μετρική και η τοπολογική ανάλυση, κάποιος υπολογισμοί μέτρων πρέπει να πραγματοποιούνται εκ των προτέρων και οι τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών στοιχείων αποθηκεύονται απευθείας στο εσωτερικό της πολυδιάστατης βάσης δεδομένων [74].

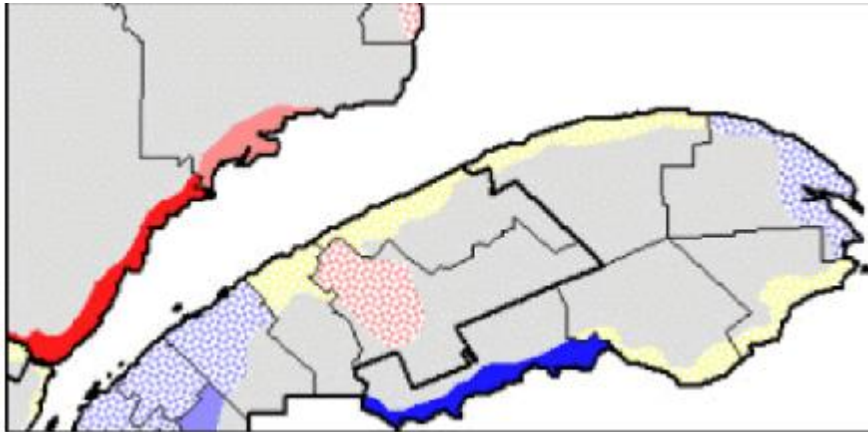
Αναπαράσταση της χρονικής διάστασης με ένα χρονοδιάγραμμα

Ένα συγκεκριμένο στοιχείο του περιβάλλοντος εργασίας και η χρονική γραμμή κύλισης θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν σε ένα εργαλείο SOLAP προκειμένου να αξιοποιηθούν εύκολα με την χρονική συνιστώσα. Αυτή η γραμμή κύλισης θα διευκόλυνε τη χρονική πλοήγηση, καθιστώντας δυνατό για τον χρήστη να πραγματοποιήσει την ανάλυση υπό το χρόνο ή την περίοδο που τον ενδιαφέρει, απλά να σύρει ένα κέρσορα στο χρονοδιάγραμμα που καλύπτει την χρονική έκταση της βάσης δεδομένων. Η χειροκίνητη ή η αυτόματη μετακίνηση του κέρσορα κατά μήκος της γραμμή κύλισης δημιουργεί "ταινίες" της εξέλιξης των απεικονιζόμενων μετρήσεων. Κατά τη σύγκριση των περιόδων, κέρσορες θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε αυτή τη χρονική γραμμή κύλισης. Κατά την ανάλυση της εξέλιξης που χρησιμοποιούν τακτικά χρονικά διαστήματα για μια δεδομένη περίοδο, ο κέρσορας θα μπορούσε να απλώνεται μακριότερα ή κοντύτερα. Ορισμένες εμπορικές εφαρμογές OLAP προσφέρουν ήδη μια χρονική γραμμή που είναι παρόμοια με την έννοια που περιγράφεται παραπάνω, αλλά στερείται τη δυνατότητα να μετακινηθεί μεταξύ των μελών μιας χρονικής διάστασης [37].

Η προσθήκη των υπολογιζόμενων μετρήσεων

Πρέπει να είναι δυνατό, σε μια εφαρμογή SOLAP, να καθορίζονται νέα μέτρα που να υπολογίζονται από τα υπάρχοντα μέτρα που είναι αποθηκευμένα στον κύβο. Αυτό θα μπορούσε να γίνεται μέσω του διαδραστικού υπομνήματος, όπου η γραφική σημειολογία συνδέεται με το νέο μέτρο το οποίο θα μπορούσε να καθοριστεί χρησιμοποιώντας διάφορες οπτικές μεταβλητές, καθιστώντας δυνατή τη βελτίωση της εμφάνισης των πληροφοριών. Για παράδειγμα, εάν ένας κύβος είχε ένα μέτρο που να έδειχνε τον αριθμό των ατυχημάτων, ένα νέο υπολογιζόμενο μέτρο θα αποτελούσαν από την ποσοστιαία αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων σε σύγκριση με την προηγούμενη περίοδο. Η χαρτογραφική απεικόνιση του πρώτου μέτρου θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το χρώμα, ενώ

αυτό του υπολογιζόμενου μέτρου θα μπορούσε να προεξέχει πάνω από την πρώτη οθόνη χρησιμοποιώντας υφή [74].



Εικόνα 45: Παράδειγμα ενός υπερθετιμένου υπολογιζόμενου μέτρου. Το μέτρο είναι ένα τυποποιημένο ποσοστό το οποίο εμφανίζεται χρησιμοποιώντας χρώμα. Το υπολογιζόμενο μέτρο είναι ένας σημαντικός δείκτης που εμφανίζεται χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο. (πηγή: [74])

Φιλτράρισμα στα μέλη διάστασης

Ένα εργαλείο SOLAP θα πρέπει να περιλαμβάνει φιλτραρισμένες λειτουργίες ώστε να επιτρέπει στον τελικό χρήστη να επιλέξει τα μέλη μιας διάστασης κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης ανάλυσης, προκειμένου να περιοριστούν τα δεδομένα που απεικονίζονται με τα στοιχεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Για παράδειγμα, σε μια διάσταση ατυχημάτων, θα μπορούσε να απεικονιστούν μόνο ορισμένα επίπεδα ατυχημάτων, όπως είναι τα ατυχήματα που οδηγούν σε σοβαρούς τραυματισμούς και θανατηφόρα ατυχήματα. Ένα φίλτρο θα μπορούσε επομένως να εφαρμοστεί για τα ατυχήματα των μελών της διάστασης.

Εμφάνιση των σημαντικών συγκεντρωτικών στοιχείων

Τα εργαλεία SOLAP θα πρέπει να επιτρέπουν την οπτικοκοποίηση μόνο των σημαντικών μακροοικονομικών μεγεθών, προκειμένου να αποφευχθεί η σύγχυση με τα στοιχεία που μπορεί να είναι άσχετα με τη συγκεκριμένη περίπτωση. Η λειτουργία αυτή θα καταστήσει δυνατή τη δυνατότητα να αποκλειστούν τα κενά κελιά του κύβου που είναι σε χρήση. Συνήθως, τα κενά αυτά αντισ-

τοιχούν σε άσχετους συνδυασμούς των μελών από τις διάφορες διαστάσεις. Για να φανεί αυτό το θέμα, ας υποθέσουμε ότι ένας κύβος πωλήσεων περιέχει, τη διάσταση κατάστημα και προϊόν. Αν ένα συγκεκριμένο είδος καταστήματος πωλάει μόνο σπορ, αντικείμενα τότε ο συνδυασμός των αντίστοιχων μελών με ένα μέλος των τροφίμων από τη διάσταση προϊόν, θα παράγουν ένα κενό κελί. Θα πρέπει να είναι δυνατόν να φιλτραριστούν τα κελιά αυτά, ώστε ο χρήστης να μπορεί να απεικονίσει μόνο τα δεδομένα που έχουν ενδιαφέρον [74].

3.8.3 Διάρθρωση των δεδομένων

Υποστήριξη για πολλές γεωμετρικές και μεικτές χωρικές διαστάσεις

Τα εργαλεία SOLAP θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να χειρίζονται διάφορες γεωμετρικές και μεικτές χωρικές διαστάσεις, που περιέχονται σε ένα ενιαίο κύβο δεδομένων. Γι' αυτό το σκοπό, η εφαρμογή SOLAP πρέπει να παρέχει λειτουργίες για τον προϋπολογισμό του γεωμετρικού χωρικού μέτρου αξιών (π.χ. συγχωνευμένα πολύγωνα). Είναι απαραίτητο να μελετηθούν χωρικές συσχετίσεις μεταξύ φαινομένων που ανήκουν σε διαφορετικές χωρικές διαστάσεις, όπως δασικών (stands).

Υποστήριξη για Αυτόματη Γενίκευση και πολλαπλές αναπαραστάσεις

Ένας διακομιστής SOLAP πρέπει να χειρίζεται και να επιτρέπει διάφορες αναπαραστάσεις των υπολογιζόμενων στοιχείων. Για παράδειγμα, διαφορετικές γεωμετρικές απόψεις θα μπορούσαν να έχουν διαφορετικά επίπεδα γενίκευσης χάρτη, σύμφωνα με κλίμακα των εμφανιζόμενων δεδομένων. Η μείωση της κλίμακας (zoom out) θα απαιτούσε την αυτόματη γενίκευση χάρτη και αυτό θα είχε αντίκτυπο στον τρόπο που εμφανίζονται οι πληροφορίες. Η έρευνα έχει δείξει ότι η αυτόματη χαρτογραφική γενίκευση, όπου αυτή είναι δυνατή, απαιτεί μεγάλη επεξεργασία όπου είναι σπάνια ικανοποιητική από την άποψη του χρόνου απόκρισης σε ένα πλαίσιο SOLAP [96]. Τα εργαλεία SOLAP ως εκ τούτου θα πρέπει να επιτρέπουν την αποθήκευση σε μια ιεραρχική δομή, αρκετών αναπαραστάσεων, ή γεωμετρικών εκδόσεων, η μεικτής χωρικής διάστασης ή ενός χω-

ρικού μέτρου. Για παράδειγμα, ένα κτίριο θα μπορούσε να παρουσιαστεί ως ένα σημείο σε μια μικρή κλίμακα του χάρτη και ως ένα πολύγωνο σε μια μεγάλη κλίμακα του χάρτη.

Υποστήριξη για την αποθήκευση των Ιστορικών γεωμετρικών δεδομένων

Ένα εργαλείο SOLAP θα πρέπει να περιλαμβάνει λειτουργίες για την αποθήκευση και τη διαχείριση των ιστορικών γεωμετρικών δεδομένων, ώστε να επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη αντιστοίχιση με τον περιγραφικό ομόλογό του. Όπως και με τις διαφορετικές κλίμακες, πολλαπλές χρονικές αναπαραστάσεις προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη διαδρομή [74].

Υποστήριξη για διαφορετικές πηγές δεδομένων

Μία εφαρμογή SOLAP θα πρέπει να είναι σε θέση να αξιοποιεί τα δεδομένα που αποθηκεύονται και διαχειρίζονται σε ένα OLAP διακομιστή. Θα πρέπει επίσης, να είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί τα δεδομένα που αποθηκεύονται και διαχειρίζονται σε ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, προσομοιώνοντας τη λειτουργία ενός OLAP διακομιστή με τη χρήση ερωτημάτων σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων που είναι δομημένη σύμφωνα με ένα σχήμα αστεριού ή νιφάδας χιονιού [74].

Κεφάλαιο 4: Μελέτη περίπτωσης

Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί η ανάλυση μιας εφαρμογής που υλοποιήθηκε από τους Παγουρτζή Έλλη και Ασημακόπουλο Βασίλειο με τίτλο *‘Προηγμένο πληροφοριακό σύστημα χωροχρονικών δεδομένων εκτίμησης πραγματικών αξιών ακινήτων με τη χρήση της τεχνολογίας των G.I.S.’* έτσι ώστε να παρουσιαστεί η χρησιμότητα της ανάλυσης SOLAP και πως τα συστήματα GIS και τα συστήματα OLAP μας βοηθούν στη λήψη αποφάσεων [97].

4.1 Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αρχιτεκτονική και υλοποίηση προηγμένου πληροφοριακού συστήματος χωροχρονικών δεδομένων εκτίμησης πραγματικών αξιών ακινήτων με τη χρήση της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των μεθόδων: της χωρικής ανάλυσης και της ασαφούς λογικής (fuzzy logic). Το σύστημα G-EState (Geographical Estimation System) αναπτύχθηκε σε MS Visual Basic 6.0. και Map Xtreme 4.5 (Graphical User Interface), το περιβάλλον επικοινωνίας με τον χρήστη αναπτύχθηκε σε πλατφόρμα GIS (MapInfo Professional 6.5.) και η βάση δεδομένων σε Microsoft Access 2000 (DBMS). Το μοντέλο εκτίμησης πάνω στο οποίο έγινε η μελέτη, real estate στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων γεωγραφικού περιεχομένου που απαρτίζεται από ιδιόκτητες ή μη κατοικίες που πωλήθηκαν σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η γεωγραφική θέση των ιδιοκτησιών βρέθηκαν με την χρήση των γεωδαιτικών συντεταγμένων και ενσωματώθηκαν στο προτεινόμενο λογισμικό.

Υπάρχουν αρκετές συνισταμένες που μπορούν να παρουσιάσουν το μοντέλο εκτίμησης κτηματικής περιουσίας (real estate). Η μεθοδολογία που προτείνεται από τους ερευνητές και χρησιμοποιείται από το σύστημα εξαρτάται από τις μεταβλητές ιδιοκτησιών οι οποίες ομαδοποιούνται ως εξής:

- Οικονομικές μεταβλητές και μεταβλητές χαρακτηριστικών ακινήτων (ποσοτικές και ποιοτικές).

- Περιβαλλοντικές μεταβλητές (γειτονιά, απόσταση ή εγγύτητα, και κοινωνικές - οικονομικές μεταβλητές),

Κάποιες από τις μεταβλητές είναι μετρήσιμες ενώ κάποιες άλλες όχι. Οι μεταβλητές μπορούν να καθοριστούν ως ποσοστά ταχύτερα και πιο αξιόπιστα μέσω των εργαλείων των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (buffering, overlay, modeling). Για να γίνει εφικτή η εφαρμογή του συστήματος ελέγχθηκε με μια εφαρμογή εκτίμησης τιμών των πωληθέντων κατοικιών. Το σύστημα που μας προτείνουν οι ερευνητές της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να εκτιμηθούν οι τιμές κατοικιών στο Δήμο Π. Φαλήρου του λεκανοπεδίου Αττικής. Η εκτίμηση, η ανάλυση αγοράς, η πρόβλεψη και η διαχείριση των τιμών ακινήτων αποτελούν σημαντικούς παράγοντες και απαραίτητα κριτήρια ώστε να αναπτυχθεί το μοντέλο εκτίμησης κτηματικής περιουσίας (real estate). Σύμφωνα με τους ερευνητές οι βασικοί στόχοι της έρευνας είναι οι ακόλουθοι [98]:

- Με σκοπό την εκτίμηση της πραγματικής αξίας της ακίνητης περιουσίας στόχος είναι η υλοποίηση και ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος χωροχρονικών δεδομένων.
- Ανάπτυξη μιας καινούριας μεθόδου εκτίμησης τιμών η οποία στηρίζεται σε γεωγραφικές παραμέτρους και οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην αξία ακινήτων.
- Συνδυασμός της εκτίμησης της πραγματικής αξίας ακινήτων και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και σε αστική περιοχή. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθοδολογίας η οποία προτείνεται από τους ερευνητές είναι η ολοκληρωμένη προσέγγιση για την επίλυση του προβλήματος εκτίμησης ακινήτων.
- Η ανάπτυξη ενός συστήματος υπολογισμού εκτίμησης αξιών ακινήτων και ενός αναβαθμισμένου Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Από τους βασικότερους στόχους εξέλιξης και προοπτικής της προτεινόμενης έρευνας είναι [98]:

- Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί εφαρμογή Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων η οποία μπορεί να ενσωματωθεί σε υφιστάμενα πληροφοριακά συστήματα όπως αυτά των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), με σκοπό την εξυπηρέτηση των πολιτών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Δηλαδή στόχος είναι η ενσωμάτωση της εφαρμογής σε ενιαίο πληροφοριακό σύστημα για την εξυπηρέτηση των πολιτών.
- Για τη συγκέντρωση και τη διασπορά πληροφοριών από και προς τους γεωγραφικά απομακρυσμένους χρήστες, χρήζει η εκμετάλλευση τεχνολογιών διαδικτύου (Internet), οι οποίες αποτελούν προηγμένες τεχνολογίες της επιστήμης της πληροφορικής.

Στοχεύοντας στη δημιουργία μιας διαδικτυακής υπηρεσίας η οποία έχει ως σκοπό την εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση αποτελεί στόχο της παρούσας προτεινόμενης έρευνας.

4.2 Εισαγωγή

Η εκτίμηση της πραγματικής αξίας ενός ακινήτου είναι μια πολυσύνθετη διαδικασία η οποία για να λάβει χώρα απαιτείται γνώση, τεχνογνωσία, εμπειρία και κατάλληλα μέσα για την ορθή και αποτελεσματική προσέγγισή της. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Υπάρχουν μεταβλητές που περιγράφουν το μοντέλο εκτίμησης τιμών ακινήτων. Τα δεδομένα χωρίζονται σε χρονικά και χωρικά. Τα χωρικά δεδομένα αρχειοθετούνται και εμφανίζονται σαν πληροφορίες ανά Δήμο, κοινότητα, περιοχή, πόλη ή χώρα. Τα χρονικά δεδομένα ταξινομούνται σε χρονικές μονάδες μέτρησης όπως ημερήσια, μηνιαία, τριμηνιαία και ετήσια δεδομένα. Δηλαδή εμφανίζονται σαν ένα σύνολο μη συνδεδεμένων παρατηρήσεων τα οποία έχουν πιο ακριβή χρονικά και χωρικά χαρακτηριστικά. Οι ραγδαίες αναπτυσσόμενες ικανότητες των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων έχοντας ακριβείς χρονικές και χωρικές αναφορές, βοηθούν στην ταξινόμηση των δεδομένων. Για παράδειγμα,

μια σαφή εικόνα στο χώρο και στον χρόνο μας δίνει η αυτοματοποίηση των δεδομένων των σημείων των αγορών από διαφορετικούς χώρους. Η ολοένα διογκωμένη συλλογή δεδομένων που περιλαμβάνουν σημαντικές χωρικές και χρονικές λεπτομέρειες μεγαλώνουν την ανάγκη για την παραγωγή προβλέψεων - εκτιμήσεων των δεδομένων αυτών. Επιπροσθέτως, τέτοια δεδομένα διογκώνουν τη δημιουργία υπολογιστικών και εννοιολογικών θεμάτων ως προς το πως θα επιτευχθεί η μοντελοποίηση της εξάρτησης (σχέση) των χωρικών και χρονικών δεδομένων. Οι τιμές των ακινήτων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου τύπου δεδομένων. Η κάθε πώληση ακινήτου καταγράφεται συναρτήσει του χρόνου. Δηλαδή, σε κάθε πώληση ακινήτου καταγράφεται η Μέρα, ο Μήνας και το Έτος που έγινε η συναλλαγή. Μπορούμε να έχουμε τις αντίστοιχες συντεταγμένες της θέσης του ακινήτου γνωρίζοντας τη διεύθυνση του ακινήτου μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Έτσι συνδυάζονται τα χρονικά με τα γεωγραφικά (χωρικά) δεδομένα.

4.3 Προτεινόμενη μεθοδολογία

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος χωροχρονικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση των τιμών των ακινήτων. Σύμφωνα με τους ερευνητές κύριος στόχος της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι η εκτίμηση τιμών ακινήτων η οποία συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών – G.I.S. για την αποτύπωση και ποσοτικοποίηση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, καθώς επίσης και των ασαφών συνόλων (Fuzzy sets). Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο δημιουργείται ένα πλέγμα αποτελούμενο από μεικτούς κανόνες οι οποίοι οδηγούν σε εκτίμηση της πραγματικής αξίας κατοικιών. Επιπροσθέτως βασικός σκοπός της έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος το οποίο ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά των ακινήτων και τη βάση των χωροχρονικών δεδομένων, το γεωγραφικό υπόβαθρο που απεικονίζει την χωρική

πληροφορία της περιοχής (δορυφορικές εικόνες – raster data, και διανυσματικά - vector επίπεδα πληροφορίας), με σκοπό την εκτίμηση των τιμών ακινήτων.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία των ερευνητών δημιουργήθηκε σε τρία στάδια [98]:

1. Σύμφωνα με τα χωρικά και χρονικά δεδομένα, δημιουργία Βάσης Δεδομένων (Data Base):

- Στα υπάρχοντα χωρικά δεδομένα προσθήκη νέων πληροφοριών.
- Στη δημιουργία υποβάθρου που περιλαμβάνει την χωρική πληροφορία της περιοχής (δορυφορικές εικόνες – raster data, αεροφωτογραφίες και διανυσματικά - vector επίπεδα πληροφορίας της περιοχής μελέτης).
- Εκτίμηση των τιμών των ακινήτων [99].

2. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι τιμές των ακινήτων δημιουργήθηκαν κριτήρια και κανόνες με την χρήση μεταβλητών.

3. Με σκοπό την εκτίμηση της πραγματικής αξίας της ακίνητης περιουσίας δημιουργία και σχεδιασμός ενός πληροφοριακού συστήματος χωροχρονικών δεδομένων.

Η μεθοδολογία που προτείνεται από τους ερευνητές περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες [98]:

1. Visualization. Εμφάνιση του γεωγραφικού υποβάθρου και των γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Απεικόνιση και δημιουργία θεματικών χαρτών ή layouts σε δυσδιάστατες διαστάσεις (2D).
2. Requirement and Definition Analysis. Συλλογή και καταχώρηση των απαραίτητων δεδομένων και πληροφοριών που χρειάζονται για την ανάλυση και εκτίμηση των τιμών των ακινήτων.
3. Variables. Καταγραφή των μεταβλητών.

4. Integrated data base. Κατασκευή μίας ενιαίας βάσης δεδομένων που συμπεριλαμβάνει και διαχειρίζεται οποιαδήποτε πληροφορία συνδεδεμένη με τον γεωγραφικό χώρο και τα χαρακτηριστικά του.
5. Evaluation. Δημιουργία κριτηρίων με την χρήση μεταβλητών που αποτελούν συνισταμένη της τιμής των ακινήτων, έχοντας ως σκοπό τον υπολογισμό της πραγματικής αξίας. Εφαρμογή της γνώσης και εμπειρίας σε κανόνες οι οποίοι εφοδιάζουν το σύστημα με τα απαραίτητα κριτήρια για τον προσδιορισμό της αξίας των ακινήτων. Η μέθοδος της ακαθόριστης γνώσης εξασφαλίζει έναν απλό τρόπο, την εξαγωγή συμπερασμάτων από αόριστη, δισήμαντη ή ασαφής πληροφορία [100].
6. Data production. Υλοποίηση του γεωγραφικού υποβάθρου (δημιουργία δεδομένων vector μέσω των raster χρησιμοποιώντας τεχνολογία GIS – ψηφιοποίηση - εργαλεία μοντελοποίησης, προσδιορισμού χωρικής θέσης, κλπ.
7. Quantification. Ποσοτικοποίηση των μεταβλητών που επηρεάζουν την πραγματική αξία των ακινήτων.
8. Topology. Κατασκευή τοπολογίας των γεωγραφικών δεδομένων για την δημιουργία θεματικών επιπέδων με σκοπό τη μοντελοποίηση του πραγματικού χώρου.
9. Implementation. Οι ανωτέρω προαναφερθέντες μέθοδοι σχετιζόμενες με την προτεινόμενη μεθοδολογία έχουν αφομοιωθεί και υλοποιηθεί στο προτεινόμενο λογισμικό το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο μαζί της.

4.4 Προηγμένο πληροφοριακό σύστημα

Το προηγμένο πληροφοριακό σύστημα εκτίμησης πραγματικής αξίας ακινήτων σε αστικό περιβάλλον αποτελεί σύμφωνα με τους ερευνητές μια εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Η θετική πορεία του συστήματος ακολούθησε τον κύκλο ζωής συστημάτων λογισμικού, έχοντας ως κύριο στόχο την εκτίμηση τιμών των ακινήτων, βασιζόμενη στα παρακάτω:

- Εμφάνιση παραμέτρων του προβλήματος στο χαρτογραφικό υπόβαθρο (σημειακά, γραμμικά, πολυγωνικά δεδομένα) εκμεταλλεύοντας προηγμένες τεχνολογίες των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.
- Σχεδιασμός και κατασκευή μοντέλου εκτίμησης προσδιορίζοντας τα ποιοτικά και ποσοτικά μεγέθη και τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη.
- Συλλογή των δεδομένων για το προτεινόμενο πληροφοριακό σύστημα και λειτουργική αποσύνθεση σε επίπεδα και συστατικά στοιχεία.
- Ολοκλήρωση της πρωτότυπης εφαρμογής και έλεγχος καλής λειτουργίας.

Με την χρήση των παραπάνω, έχει δημιουργηθεί και εφαρμοστεί η λειτουργία του συστήματος. Το σύστημα αποτελείται από κάποια χαρακτηριστικά, τα οποία προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες που δεν απαντώνται συνήθως στα υπάρχοντα σχετιζόμενα με το συγκεκριμένο πρόβλημα συστήματα. Κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Ø Το γραφικό υποσύστημα διασύνδεσης σε σχέση με τον χρήστη, με πολυεπεξεργασία μέσω κατάλληλης δόμησης σε υποσυστήματα (modularity).
- Ø Η συλλογή του υψηλού επιπέδου δυνατοτήτων που δίνουν τα εργαλεία νέας γενιάς που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή του (βάσεις δεδομένων, GIS, κλπ).
- Ø Η διασυνδεσιμότητα, διαλειτουργικότητα και επεκτασιμότητα.

Το σύστημα το οποίο μας προτείνουν οι ερευνητές αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα [101]:

1. Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System - GIS), το οποίο καταχωρεί, επεξεργάζεται, ενημερώνει, διορθώνει, μετατρέπει, ανακτά, απεικονίζει και διαχειρίζεται τα γεωγραφικά δεδομένα.

2. Το υποσύστημα επεξεργασίας των δεδομένων.
3. Το υποσύστημα στο οποίο εμπεριέχεται η προτεινόμενη μεθοδολογία εκτίμησης τιμών ακινήτων.
4. Το περιβάλλον χρήσης του συστήματος, το οποίο εξασφαλίζει την εύκολη επικοινωνία χρήστη - πληροφοριακού συστήματος ή αλλιώς το γραφικό περιβάλλον διεπαφής (Graphical User Interface - GUI).
5. Το υποσύστημα τελικής απεικόνισης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων (εκτυπώσεις χαρτών, ιστογραμμάτων, maps, layouts, reports, chats).
6. Το υποσύστημα σύνδεσης των βάσεων δεδομένων.

Το G-EState το οποίο συνδυάζει την τεχνολογία των GIS και την χωρική ανάλυση καθώς επίσης και την μεθοδολογία της ασαφούς γνώσης με την εκτίμηση των ακινήτων (real estate), είναι ένα εξελιγμένο και πρωτότυπο λογισμικό, με αυξημένες δυνατότητες αποθήκευσης, επεξεργασίας και παρουσίασης πληροφοριών.

Οι τεχνικές προδιαγραφές λειτουργίας του συστήματος πάνω στις οποίες εργάστηκαν οι ερευνητές είναι οι ακόλουθες [101]:

Λειτουργικό: Το λειτουργικό που χρησιμοποιήθηκε είναι Microsoft Windows 2000. Η επιλογή του έγινε επειδή είναι ευκολόχρηστο, γρήγορο στην εκτέλεση εντολών και στην εμφάνιση ελάχιστων λαθών (bugs) που εμφανίζονται κατά την λειτουργία του.

Πλατφόρμα G.I.S.: Η εφαρμογή υλοποιήθηκε πάνω σε πλατφόρμα GIS και συγκεκριμένα σε MapInfo Professional 6.5. Η επιλογή του συγκεκριμένου GIS στηρίχτηκε στα εξής:

- Μπορεί εύκολα να γίνει προσαρμογή του σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής (customization).

- Έχει τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών με πολλά επίπεδα πληροφοριών, οι οποίοι μπορούν εύκολα να επεξεργασθούν και να τυπωθούν από τον χρήστη.
- Λειτουργεί σε παραθυρικό περιβάλλον έτσι ώστε ο χρήστης να μη χρειάζεται να γράφει εντολές, αλλά τις ενεργοποιεί μέσα από υποκαταλόγους και εργαλεία.
- Έχει καταλόγους, εργαλεία, κομβία, τα οποία ενεργοποιούνται πολύ απλά και αυτό το κάνει πιο ευκολόχρηστο.

Γλώσσα Προγραμματισμού: Χρησιμοποιήθηκε MS Visual Basic 6.0. και το Module της MapInfo Map Xtreme 4.5.

Η επιλογή της Visual Basic έγινε επειδή μπορεί να καλύψει κάποια κενά που έχουν άλλες γλώσσες προγραμματισμού σε περιπτώσεις εξειδικευμένου customization, και γιατί είναι μία από της πιο διαδεδομένες γλώσσες για τον προγραμματισμό εφαρμογών.

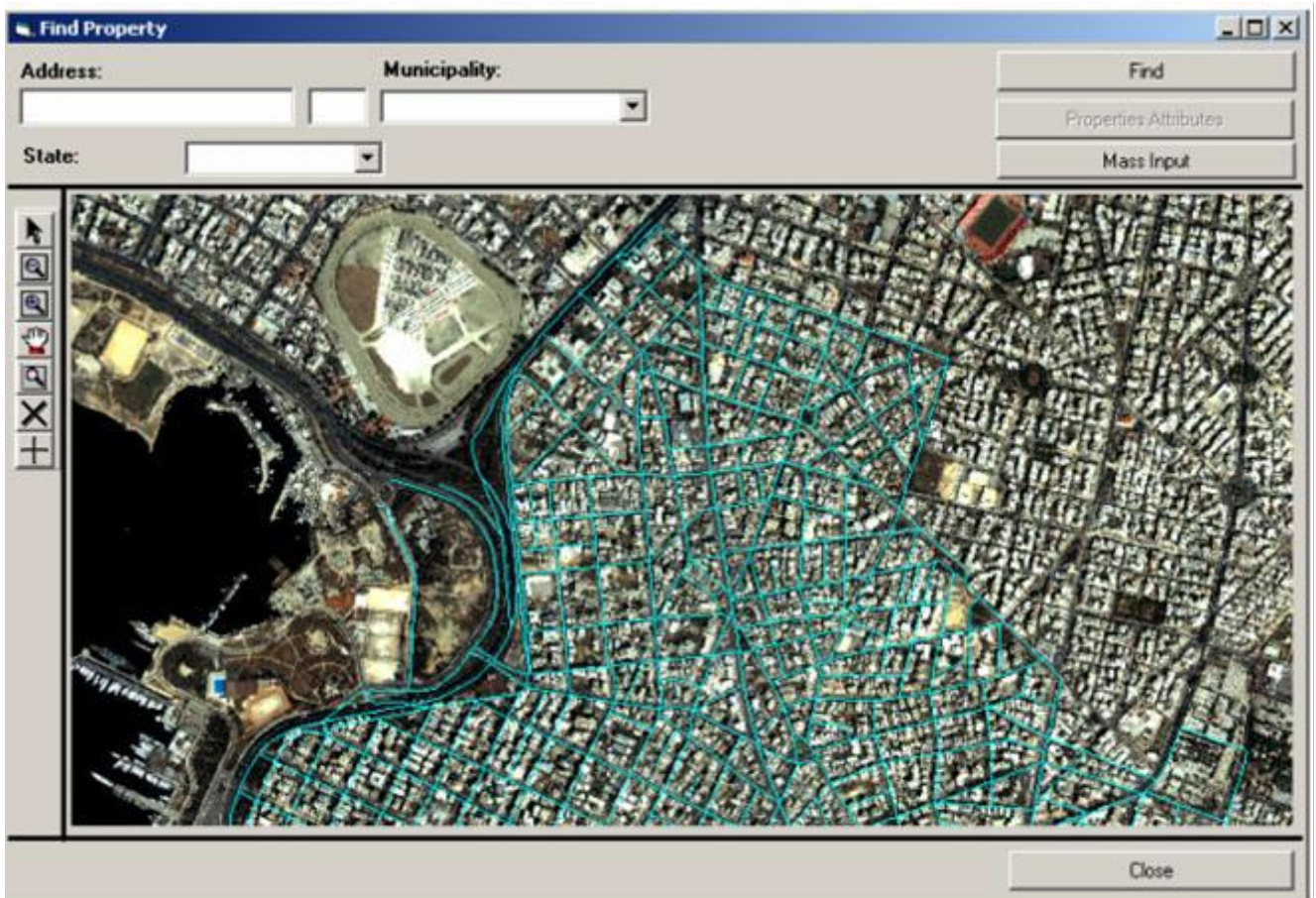
Πρόγραμμα Βάσεων Δεδομένων: Microsoft Access 2000 το οποίο είναι συμβατό με το MapInfo.

Γραφικό Περιβάλλον Επικοινωνίας: Ένας στόχος της εφαρμογής ήταν να είναι εύκολο στη χρήση και τη διαχείριση. Το γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας του G-EState διαθέτει εργαλεία τα οποία βοηθούν να γίνονται κάποιες ενέργειες, που είναι πολύπλοκες για ένα απλό χρήστη υπολογιστών, πιο γρήγορα και πιο εύκολα.

Ενδεικτικά αναφέρονται βασικές οθόνες του πληροφοριακού συστήματος όπως, οθόνη:

- εύρεσης γεωγραφικής θέσης: εισαγωγή της οδού του ακινήτου ή επιλογή του από το χάρτη,
- καταχώρησης ενός ή περισσότερων ακινήτων,
- απεικόνισης ή προσθήκης χαρακτηριστικών ακινήτου,
- εκτίμησης πραγματικής αξίας,

- εκτύπωσης και απεικόνισης αποτελεσμάτων.



Εικόνα 46: Οθόνη εύρεσης ακινήτου (πηγή: [97])

Χαρακτηριστικά Ακινήτου

Ακίνητο
 ΑΙΑΝΤΟΣ 88 Παλαιού Φαλήρου

Κατηγορία: Διαμέρισμα
 Όροφος: 8 Εμβαδόν: 35
 Έτος Κατασκευής: 1999 Τελευταία ανακαίνιση - συντήρηση: 0
 Θέση: Μεσαία
 Προσανατολισμός: βορειοανατολικός
 Χώρος στάθμευσης: υπογείο

Φωτογραφία ακινήτου: C:\P4090101.jpg

Ομαδοποιημένα χαρακτηριστικά
 Δίκτυα Κοινής Ωφελείας | Διπλάτια | Πρόσθετος Εξοπλισμός | Πρόσθετοι Χώροι | Θέα

Περιγραφή
Γραφείο
Μπαλκόνι
Πισίνα

Προσθήκη / Διαγραφή

Current status: Update existing record 26/5/2003 2:39 μμ

Εικόνα 47: Οθόνη χαρακτηριστικών ακινήτου (πηγή: [97])

4.5 Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο σύστημα G-EState είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση προβλημάτων που αφορούν το μοντέλο εκτίμησης κτηματικής περιουσίας (real estate).

Αυτό το λογισμικό αξιολογεί τα χαρακτηριστικά των ακινήτων έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να αναλύσει την περιοχή που τον ενδιαφέρει και από τα αποτελέσματα να αποσπάσει πληροφορίες. Δηλαδή, ο χρήστης μπορεί να:

- Ø Εκτιμήσει τις τιμές των ακινήτων.
- Ø Ταξινομήσει τις ιδιοκτησίες αναλόγως όπως αυτός θέλει. Είτε με την αξία τους είτε με άλλα κριτήρια.
- Ø Συγκεντρώσει πληροφορίες για τον αριθμό, τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες για κάθε ιδιοκτησία.
- Ø Εκτυπώσει διαγράμματα και χάρτες για τη περιοχή που έχει επιλέξει.

Η χρησιμότητα του συστήματος που μας πρότειναν οι ερευνητές εστιάζε-
τε στα παρακάτω:

- Επίλυση του προβλήματος εκτίμησης:
 - A. με την χρήση ελλιπών στοιχείων και πηγών δεδομένων,
 - B. με την ολοκληρωμένη προσέγγιση της μεθοδολογίας της χωρικής ανά-
λυσης, της ασαφούς γνώσης και
 - Γ. των συστημάτων βασιζόμενα στην υλοποίηση κανόνων καθώς και με
τη χρήση της τεχνολογίας των GIS.
- Ποσοτικοποίηση των μεταβλητών μέσω των εργαλείων GIS που μέχρι
τόρα ήταν πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν και να μετρηθούν.
- Ολοκλήρωση των χωροχρονικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών
ακινήτων.
- Ολοκλήρωση μεθοδολογίας και τεχνολογίας γεωγραφικών συστημάτων
πληροφοριών και εκτιμήσεων real estate.
- Ενσωμάτωση ολοκληρωμένης μεθοδολογίας εκτίμησης ακινήτων.
- Χρήσιμο εργαλείο το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλά άλλα πε-
δία εφαρμογής που αφορούν θέματα χωροχρονικής ανάλυσης.
- Πρότυπο εργαλείο εκμετάλλευσης με ευρύ πεδίων εφαρμογών όπως: ασ-
τικός σχεδιασμός (urban planning), διόρθωση ζωνών (re-zoning) προσδι-
ορισμού αντικειμενικών και πραγματικών αξιών, εφαρμογές υποστήριξης

λήψης απόφασης σε επιλογή βέλτιστης γεωγραφικής θέσης (location), θέματα διαχείρισης marketing, κλπ.

- Χρήση γεωγραφικών και γενικών χαρακτηριστικών οποιαδήποτε αστικής περιοχής για την εκτίμηση πραγματικών αξιών.
- Καινοτομικό εργαλείο διαχείρισης και απεικόνισης δεδομένων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του προτεινόμενου συστήματος είναι:

- Û Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.
- Û Διαχείριση μεγάλων βάσεων δεδομένων.
- Û Χρήση δεδομένων στο πλαίσιο εκτίμησης, πρόβλεψης και υποστήριξης της λήψης αποφάσεων.
- Û Χρήση των εργαλείων και των δυνατοτήτων GIS όπως: overlay, buffering, modeling, κλπ. τα οποία μπορούν να ποσοτικοποιήσουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν άμεσα την αξία των ακινήτων.
- Û Παραγωγή δεδομένων από τα αρχικά στοιχεία και ταξινόμηση τους με σκοπό τη σωστή χρήση τους.
- Û Ενσωμάτωση διαφόρων μεθόδων εκτίμησης - πρόβλεψης.
- Û Σύνδεση και επεξεργασία των περιγραφικών χαρακτηριστικών και της χωρικής θέσης τους.
- Û Αποθήκευση δεδομένων σε διάφορους τύπους αρχείων όπως: txt, xls, κλπ.
- Û Ανάπτυξη και αξιολόγηση των σεναρίων απόφασης εναλλακτικών λύσεων.
- Û Εκτύπωση εκθέσεων, διαγραμμάτων και χαρτών σχεδιαγράμματος.
- Û Εκτιμήσεις για οποιαδήποτε είδος δεδομένων και χρονοσειρών και χωρικών στοιχείων.

ü Η υποβοήθηση των οργανισμών και των επιχειρήσεων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Μάλιστα αναφορικά με τους ΟΤΑ και τις Περιφέρειες έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται για την μελέτη κοινωνικο-οικονομικών και περιβαλλοντικών δεικτών, αλλά και τον στρατηγικό σχεδιασμό και την λήψη αποφάσεων αειφορικής ανάπτυξης περιοχών [97].

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Ένα σύστημα GIS –που αποτελεί ένα σύστημα λογισμικού (software), υλικού (hardware), δεδομένων (data) και μεθόδων εφαρμογής- συνδυάζει και αξιολογεί πληροφορίες διαφορετικών ειδών για κάποια γεωγραφική περιοχή, οι οποίες βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση, ανάλυση και επεξεργασία της. Η τεχνολογία των GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επιστημονικές έρευνες αναφορικά με τη διαχείριση πόρων και τη σχεδίαση αναπτυξιακών προγραμμάτων.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται ως πηγές πληροφόρησης των GIS συστημάτων θα πρέπει –για να είναι αποτελεσματικά- να καθορίζουν τη γεωγραφική θέση κάθε χαρακτηριστικού που περιγράφουν. Η συλλογή τους και η επεξεργασία τους είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, διότι θα πρέπει όχι μόνο να προσδιοριστούν οι ταυτότητες των αντικειμένων του χάρτη και οι χωρικές τους σχέσεις, αλλά θα πρέπει επίσης να απαλλαγούν τα δεδομένα αυτά από ανεπιθύμητα στοιχεία όπως για παράδειγμα η σκόνη που μπορεί να υπάρχει πάνω σε ένα χάρτη κατά τη διαδικασία της σάρωσής του. Όταν η πληροφορία που δέχεται ένα GIS σύστημα είναι σε ψηφιακή μορφή, η εισαγωγή της στο σύστημα είναι απλή. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να ψηφιοποιηθούν οι χάρτες για να είναι αναγνωρίσιμοι από το σύστημα, κάτι το οποίο μπορεί να γίνει με ένα *τροποποιημένο ποντίκι* που εισάγει συντεταγμένες χαρακτηριστικών (όπως πόλεις, λίμνες) στο σύστημα ή με *συσκευές σάρωσης*.

Ένα σύστημα GIS έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει και να διαχειριστεί μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων, διότι αποτελεί ένα εργαλείο εστίασης στη χωρική διάσταση των γεωγραφικών στοιχείων αλλά και ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για επίλυση χωρικών προβλημάτων, με τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες. Τα GIS διαφέρουν από τα πληροφοριακά συστήματα χρήσεων γης αλλά και από τα συστήματα χωρικής απεικόνισης, όμως οι συνεχείς εξελίξεις της τεχνολογίας και της επιστήμης οδηγούν σε μια ομογενοποίηση και σύγκλιση όλων αυτών των συστημάτων σε μια μορφή

όπου η διαχείριση, η ανάλυση και ο σχεδιασμός να αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα τους και να διαφοροποιούνται μόνο στην έμφαση που δίνει το κάθε σύστημα. Οι εφαρμογές των GIS είναι η δημιουργία χαρτών, η επιλογή περιοχών για τον εντοπισμό συγκεκριμένων τοποθεσιών (όπως π.χ. φυσικών πηγών) κ.λ.π.

Ένα σύστημα GIS έχει το πλεονέκτημα ότι διαχειρίζεται ξεχωριστά την αποθήκευση των δεδομένων από την οπτική αναπαράσταση των χαρτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αποτυπωθούν με διαφορετικούς τρόπους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μπορούμε να μεγεθύνουμε τον ψηφιακό χάρτη ή να εμφανίσουμε συγκεκριμένα μόνο επίπεδα (layers) της ψηφιακής πληροφορίας. Ένα τέτοιο παράδειγμα συναντάται στις γνωστές εφαρμογές χαρτών της Google, όπου ο χρήστης επιλέγει είτε μόνο τον πολιτικό χάρτη, είτε το γεωφυσικό χάρτη (φωτογραφία από δορυφόρο) είτε και τους δύο μαζί και πάνω σε αυτούς μπορεί να εμφανίσει οποιαδήποτε άλλη πληροφορία τον ενδιαφέρει και είναι διαθέσιμη: δρόμοι, πόλεις, σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος κ.λπ. Επιπροσθέτως, στα πλεονεκτήματα των GIS συγκαταλέγεται το γεγονός της εκτέλεσης ποικίλων υπολογισμών με τα γεωγραφικά δεδομένα και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία μπορεί να συνδυαστεί με αυτά, όπως για παράδειγμα είναι ο υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών ή και ο χρόνος μίας διαδρομής. Επίσης, είναι εφικτή η δημιουργία πινάκων που να περιλαμβάνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά του ψηφιακού χάρτη ή η προσθήκη οποιαδήποτε επιπλέον πληροφορία πάνω στο χάρτη.

Στην εξελικτική τους πορεία οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί χρειάζονται επαρκή πληροφόρηση για την ορθή λήψη αποφάσεων. Για το σκοπό αυτό, εστιάζουν σε εφαρμογές που εξετάζουν και αναλύουν τρέχοντα αλλά και πιο παλιά δεδομένα, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων που βοηθούν στην λήψη αποφάσεων. Για να είναι κάτι τέτοιο εφικτό, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός αντίγραφου μέσα σε μια συλλογή δεδομένων η οποία ονομάζεται Αποθήκη

Δεδομένων (Data Warehouse). Με τον όρο Αποθήκες Δεδομένων (Data Warehouses) χαρακτηρίζουμε ένα σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπει στους αναλυτές ενός οργανισμού την αποτελεσματική σχεδίαση της πολιτικής του, έχοντας άμεση πρόσβαση στα δεδομένα του οργανισμού. Μία Αποθήκη Δεδομένων διατηρεί δεδομένα που αντλεί από τις βάσεις δεδομένων των πληροφοριακών συστημάτων του οργανισμού και από άλλες πηγές δεδομένων, όπως αρχεία του οργανισμού ή δεδομένα που προέρχονται από εξωτερικές πηγές. Η ανάπτυξη και λειτουργία τέτοιων Αποθηκών Δεδομένων αναδεικνύεται σε κρίσιμη και καθοριστική για την ομαλή λειτουργία των οργανισμών.

Η άμεση (σε πραγματικό χρόνο) αναλυτική επεξεργασία δεδομένων (On-Line Analytical Processing – OLAP) είναι μία τεχνολογία που χρησιμοποιείται από τις σύγχρονες επιχειρήσεις και περιγράφει μία ομάδα εργαλείων για τη διαχείριση πολυδιάστατων δεδομένων μέσα σε Αποθήκες Δεδομένων. Οι Αποθήκες Δεδομένων παρουσιάζουν πληροφορίες και όχι απλά δεδομένα, λειτουργούν με αθροιστικά δεδομένα και εκτελούν γρήγορη ανάκτηση δεδομένων με τη χρήση κύβων πολλών διαστάσεων.

Τα Συστήματα Χωρικών βάσεων δεδομένων, οι Χρονικές βάσεις δεδομένων και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών εξυπηρετούν διακριτούς, αλλά αλληλοεξαρτώμενους στόχους. Η σύγχρονη τάση είναι η ενσωμάτωση και των τριών στην υποδομή διαχείρισης χωρικών και χρονικών πληροφοριών των διάφορων οργανισμών. Η SOLAP (όρος Spatial Online Analytical Processing) αποτελεί μια τεχνολογία που εκμεταλλεύεται και συνδυάζει τα συστήματα GIS και τις πολυδιάστατες βάσεις δεδομένων, διότι ένα μεγάλο ποσοστό των χρησιμοποιούμενων δεδομένων συσχετίζονται και με μία χωρική-γεωγραφική διάσταση σε συνάρτηση με τον χρόνο και η δυνατότητα παρουσίασης δεδομένων πάνω σε χάρτες και σύγκρισης χαρτών διαφορετικών φαινομένων και χρονικών περιόδων σε σχέση με πίνακες και στατιστικά γραφήματα, προσδίδουν μία νέα διάσταση στη χρησιμότητα των χωρικών δεδομένων. Τα σημερινά εμπορικά

συστήματα παρουσιάζουν πολλούς περιορισμούς και η ιδανική SOLAP εφαρμογή πρέπει να παρουσιάζει ευελιξία, για να ικανοποιήσει πολυδιάστατες χωροχρονικές αναλυτικές ανάγκες.

Τέλος, η χρήση και ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών συμβάλει σημαντικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων καθώς υποβοηθά τα επιτελικά στελέχη των οργανισμών και επιχειρήσεων στην ορθή και έγκυρη εκτίμηση των πληροφοριών, στην ανακάλυψη κρυμμένων προτύπων και τάσεων, στην επεξήγηση γεγονότων, στην αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων και γενικότερα στην λειτουργία και ανάπτυξη των οργανισμών. Εφαρμογή τέτοιων συστημάτων συναντάται τόσο στο δημόσιο τομέα σε οργανισμούς, όπως είναι οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης – ΟΤΑ, η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού – ΓΠΥ κ.α., όσο και στον ιδιωτικό τομέα, όπως για παράδειγμα σε μια εταιρία διανομής εντύπων η οποία μπορεί να σχεδιάσει το δίκτυο εφοδιασμού και διακίνησης της διανομής των εντύπων. Σημαντικά πλεονεκτήματα αυτών των τεχνολογιών αποτελούν:

- Το γεγονός ότι οι εταιρείες λογισμικού κατάφεραν να αναπτύξουν εκδόσεις φιλικές προς τους χρήστες μέσω του γραφικού περιβάλλοντος,
- η δημιουργία και η διάθεση αξιόπιστων ψηφιακών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοιου είδους συστήματα (ψηφιακοί χάρτες),
- η παρακολούθηση των οχημάτων, δικτύων ή άλλων αντικειμένων πάνω στη γη, μέσω της τεχνολογίας των δορυφόρων και των τηλεπικοινωνιών,
- καθώς και η αυξημένη υπολογιστική ισχύ των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Graeme F. Bonham-Carter, *Geographic information systems for geoscientists-Modelling with GIS: what is GIS?*, 1994.
- [2] Κουτσόπουλος Κωστής καθηγητής Ε.Μ.Π., *Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα Και Ανάλυση Χώρου, Β έκδοση*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005.
- [3] Scholten H. J, and Stillwell J. C. H. (ed), *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*, Dordrecht: Kluger, 1990.
- [4] Burrough P.A., “*Multi-scale Sources of Spatial Variation in Soil*”, *Journal of Soil Science*, Vol.34, British Society, September 1983.
- [5] Τσαρούχης Ε., Λιώλη Ε, *Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη και γραφική απεικόνιση gis για τους δήμους Ναυπάκτου και Αγρινίου*, Καλαμάτα 2010.
- [6] Christopher B. Jones, *Geographical Information Systems and Computer Cartography*, Prentice Hall 1st edition, August 1997.
- [7] Kraemer, K., J. King, D. Dunkle, and J. Lane, *Managing Information Systems: Change and Control in Organizational Computing*, Jossey-Bass, San Fransisco 1989.
- [8] www.marathondata.gr/pdfs/arcgis_desktop_products.pdf.
- [9] Ιωσηφίδης Ελευθέριος, *Διαχείριση Πολυδιάστατων Δεδομένων: Πειραματική και Συγκριτική Αξιολόγηση της Απόδοσης Εμπορικών και Ανοικτού Κώδικα DBMS*, Φεβρουάριος 2010.
- [10] Λιγουδιστινός Σπυρίδων, *Σχεδίαση και Λειτουργικά Θέματα Συστημάτων Αποθηκών Δεδομένων*, Αθήνα 1999.
- [11] Α. Νανόπουλος και Γ. Μανωλόπουλος: *Εισαγωγή στην Εξόρυξη και τις Αποθήκες Δεδομένων*, Εκδόσεις νέων τεχνολογιών, 2008.

- [12] Γκίζα Ειρήνη, *Χρήση Της OLAP Τεχνικής Στην Οπτικοποίηση Κανόνων DATA MINING*, Πάτρα 2007.
- [13] Βασιλειάδης Πάνος, *Προχωρημένα Θέματα Τεχνολογίας και Εφαρμογών Βάσεων Δεδομένων*, Σεπτέμβρης 2003.
- [14] Λουκής Ευριπίδης, *Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- [15] Trigg, R., Suchman, L. and Halasz, F.: *Supporting Collaboration in Note-Cards*. In *CSCW 86 Proceedings*, Austin, Texas, USA, 1986, ACM.
- [16] Nuernberg, P. J., "HOSS: An Environment to Support Structural Computing", *Ph.D. dissertation, Dept. of Computer Science, Texas A&M University, College Station, TX*, 1997.
- [17] Lowe, D., Hall, W., *Hypermedia and the Web: An Engineering Approach*, Wiley, 1999.
- [18] Halasz, F. G., Schwartz, M., *The Dexter Hypertext Reference Model, in Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop (Gaithersburg, MD, USA)*, 1990.
- [19] Γιώργος Γκότσης, *Μηχανική Υπερμέσων Συστημάτων Δομικού Υπολογισμού*, 2005.
- [20] Στυλιάδης Κωνσταντίνος, *Πληροφορική και νέες τεχνολογίες - Η δομημένη Γλώσσα Ερωτημάτων SQL*, Θεσσαλονίκη 1995.
- [21] Χριστοδουλάκης - Μεγαλοοικονόμου, *Βάσεις δεδομένων 1*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008.
- [22] Codd, E. F., S. B. Codd and C. T. Salley., *Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User- Analysts: An IT Mandate. Hyperion white papers*, 1993.

- [23] Caron, P.-Y., *Étude du potentiel de OLAP pour supporter l'analyse spatio-temporelle. Mémoire de M.Sc., Département des sciences géomatiques, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, 1998.*
- [24] D.Theodoratos, S.Ligoudistianos and T.Sellis. *Designing the Global DW with SPJ Queries. In Proc. of the 11th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE), 1999.*
- [25] S.Ligoudistianos, T.Sellis, D.Theodoratos and Y.Vassiliou. *Heuristic Algorithms for Designing the Data Warehouse with SPJ Views. Proceedings of the First International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery, (DaWaK), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1676, 1999.*
- [26] H. Gupta. *Selection of Views to Materialize in a Data Warehouse. In Proceedings of the 6th International Conference on Database Theory (ICDT-97), Delfi, 1997.*
- [27] An Introduction to Multidimensional Database Technology, Kenan Technologies, 1993 – 1995.
- [28] Παπαγεωργίου Χαρά, *Αποδοτική αποτίμηση ερωτήσεων OLAP, 2009.*
- [29] I. H. Witten, and E. Frank, *Data mining: Practical machine Learning Tools and Techniques, (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems), 2nd edition. Publ: Hanser Fachbuch, San Fransisco, 2005.*
- [30] P-N Tan, *Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, Boston, 2006.*
- [31] M. Fayyad Usama, Piatesky-Shapiro, Gregory, Padhraic Smuth and Ramasamy Uthurusamy, *Advances in knowledge discovery and data mining, AAAI Press, 1996.*
- [32] Καραολής Μηνάς, *Εξόρυξη γνώσης με εξαγωγή κανόνων σε καρδιαγγειακές βάσεις δεδομένων, Πανεπιστήμιο Κύπρου 2010.*

- [33] Μ. Βαζιργιάννης και Μ. Χαλκίδη, *Εξόρυξη γνώσης από βάσεις δεδομένων*, Τυπωθήτω, 2003.
- [34] Σιαμά Ιωάννα, *Σχεδιασμός μιας χωρικής βάσης δεδομένων για τη διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Natura 2000 και διατύπωση τυπικών χωρικών ερωτημάτων σε περιβάλλον Oracle Spatial 10g*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2009.
- [35] N. R. Adam, A. Gangopadhyay, *Database Issues on Geographic Information Systems*, Kluwer Academic Press, 1997.
- [36] Güting, R.H., *An Introduction to Spatial Database Systems*, VLDB Journal, Vol. 3, No. 4, Germany, 1994.
- [37] Βακκάς Θεόδωρος, *Διαχείριση Χωρικών βάσεων δεδομένων με Δυναμική Κατάτμηση*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2008.
- [38] Στεφανάκης, Ε., *Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*, Εκδ. Παπασωτηρίου, 2003.
- [39] Κάβουρας Μ., *Αρχές Γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών*, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 1998.
- [40] Σελλής Τ., Θεοδωρίδης Γ., Στεφανάκης Ε., *Η φύση των Χωρικών Δεδομένων - Μοντέλα και Λειτουργίες*, Χωρικές Βάσεις Δεδομένων: Διδακτικές Σημειώσεις, Δ.Π.Μ.Σ. Γεωπληροφορική, Ε.Μ.Π., 2006.
- [41] Shekhar S., Ravada S., Xuan L., *Spatial Databases – Accomplishments and Research Needs*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, No 1, 1999.
- [42] Open GIS Consortium Inc., *OpenGIS Simple Features Specification For SQL*, Revision 1.1, 1999.

- [43] Schneider M., *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, 1999.
- [44] Clementini, E., Di Felice, P., *A Global Framework for Qualitative Shape Description*, *GeoInformatica*, Vol.1, No.1, 1997.
- [45] Brinkhoff, T., *Spatial Access Methods for Organizing Laserscanner Data*, In Proceedings of 20th Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 2004.
- [46] Αλεξόπουλος Ιωάννης, *Εισαγωγή στη σύγχρονη γεωπληροφορία*, 2004.
- [47] Egenhofer, M.J., *Spatial SQL: A Query and Presentation Language*, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 6, No.1, 1994.
- [48] Βολιώτη Κατερίνα, Μεταπτυχιακή εργασία: *Χρήση Ανοικτών Προτύπων Για Γεωγραφική Απεικόνιση Πράξεων Αναδάσμου*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωπληροφορική, Αθήνα 2008.
- [49] Μανωλόπουλος Ι. Κωνσταντίνος, *Ανάπτυξη Χωρικής Βάσης Δεδομένων με χρήση Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα, Εφαρμογή στην Ομάδα Παραγωγών Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Επαρχίας Λασιθίου*, ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ: Τμήμα: Γεωγραφίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου», Κατεύθυνση: Διαχείριση και Ανάλυση Γεωγραφικών Δεδομένων (Γεωπληροφορική), Αθήνα, Μάρτιος 2011.
- [50] Χαλκιάς Χ., *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών I (συμπληρωματικές σημειώσεις)*, Καλλιθέα 2007.
- [51] Κολιός Ν., *Χωρική βάση δεδομένων PostgreSQL/Postgis και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών QuantumGIS, Οδηγός χρήσης*, 2009.

- [52] Βασιλειάδης Π., Σταίκος Δ., Σισμάνης Ι., *Χρονικές Βάσεις Δεδομένων*, 1995.
- [53] Τζουραμάνης Θεόδωρος, *Γεωγραφικές και πολυμεσικές Βάσεις Δεδομένων*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, 2006 – 2007.
- [54] Ozsoyoglu G., Snodgrass T., *Temporal and Real-Time Databases: A Survey*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 7, No. 4, 1995.
- [55] Guting R.H, Schneider M., *Moving Objects Databases, Chapter 1: Introduction*, Morgan Kaufmann, 2005.
- [56] Jensen, C., Snodgrass, R., *Temporal Data Management*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, No. 1, 1999.
- [57] Erwig, M., Güting, R.H., Schneider, M., Vazirgiannis, M., *Abstract and Discrete Modeling of Spatio-Temporal Data Types*, In Proceedings of 6th ACM Symposium on Geographic Information Systems, 1998.
- [58] Κουρής Ν. Γιάννης, “*Εφαρμογή Τεχνικών Data Mining σε Συστήματα Ηλεκτρονικού Εμπορίου*”, Πανεπιστήμιο Πατρών – Πολυτεχνική Σχολή – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Και Πληροφορικής, Πάτρα 2006.
- [59] R.T. Ng, “*Spatial Data Mining: Discovering Knowledge of Clusters from Maps*,” in Proceedings of ACM SIGMOD Workshop on Research Issues on Data Mining and Knowledge Discovery, 1996.
- [60] R.T. Ng and J. Han, “*Efficient and effective clustering methods for spatial data mining*,” in Proceedings of 12 th International Conference on Very Large Data Bases, 1994.

- [61] X. Chen, I. Petrounias, and H. Heathfield, “*Discovering temporal association rules in temporal databases,*” in Proceedings of International Workshop on Issues and Applications of Database Technology (IADT), 1998.
- [62] Xinfeng Ye and John A. Keane, “*Mining association rules in temporal databases,*” in Proceedings of International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Department of Computer Science, University of Auckland, New Zealand, 1998.
- [63] I.N Kouris, C.H. Makris, and A.K. Tsakalidis, “*A Spatiotemporal View of Transactional Data for Data Mining,*” in 9th WSEAS International Conference on COMPUTERS, Special Session on Algorithmic Techniques for Handling Spatiotemporal and Environmental Data, Vouliagmeni.
- [64] S. Chakrabarti, B. Dom, D. Gibson, R. Kumar, P. Raghavan, S. Rajagopalan, and A. Tomkins, “*Spectral filtering for resource discovery,*” in Proceedings of the ACM SIGIR Workshop on Hypertext Analysis, 1998.
- [65] Theodoridis, Y., Silva, JRO, Nascimento, M.A., *Advances in Spatial Databases: On the Generation of Spatiotemporal Datasets,* In Proceedings of 6th International Symposium on Spatial Databases, 1999.
- [66] Stock, K., *Spatio-Temporal Data Management Using Object Lifecycles: A Case Study of the Australian Capital Territory Spatial Data Management System,* *Journal of Spatial Sciences,* 2006.
- [67] El-Geresy, B., Abdelmoty, A.I., Jones, C.B., *Spatio-Temporal Geographic Information Systems: A Causal Perspective,* In Proceedings of 6th East European Conference in Advances in Databases and Information 112 Systems (ADBIS), *Lecture Notes in Computer Science,* Springer, Vol. 2435, 2002.

- [68] Lee, J.S., Kim, T.J., *Critical Infrastructure, Chapter 4: Spatio- Temporal Models for Network Economic Loss Analysis Under Unscheduled Events: A Conceptual Design*, Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [69] MacEachren, A. M. and M.-J. Kraak, *Research challenges in geovisualization. Cartography and Geographic Information Science*, 2001.
- [70] Nipun Garg, Surabhi Mithal, *Spatiotemporal Aggregate Computation, Spatial Data warehouses - A Survey*, www-users.cs.umn.edu/~smithal/P9.pdf, 2005.
- [71] Bédard Y., T. Merrett and J. Han., *Fundamentals of spatial data warehousing for geographic knowledge discovery. In: Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*, 2001.
- [72] Chrisman N, *Exploring Geographic Information Systems*, John Wiley & Sons, 1997.
- [73] Wang Jizhou, LI Chengming, *Research on the framework of spatio-temporal data warehouse*, China, 1999.
- [74] Sonia Rivest, Yvan Bédard, Pierre Marchand, *Toward better support for spatial decision making: defining the characteristics of spatial on-line analytical processing (SOLAP)*, Centre for Research in Geomatics, Laval University, Québec, 2001.
- [75] MacEachren A, M. and M.-J. Kraak., *Research challenges in geovisualization. Cartography and Geographic Information Science*, 2001.
- [76] LGS Group Inc, *Analysis of Health Surveillance Business Intelligence Tools and Applications*, Final Draft, P. III , 2000.
- [77] Sonia Rivest, Yvan Bédard, Marie-Josée Proulx, Martin Nadeau, Frederic Hubert, Julien Pastor, *SOLAP technology: Merging business intelligence with*

geospatial technology for interactive spatio-temporal exploration and analysis of data, Canada 2005.

[78] Bédard, Y., S. Larrivée, M.-J. Proulx, P.-Y. Caron and F. Létourneau., *Geospatial Data Warehousing: Positionnement technologique et stratégique. Rapport pour le Centre de recherche pour la défense de Valcartier (CRDV)*, 1997.

[79] Rivest S., Bédard Y., Proulx M.J., Nadeau M., *SOLAP: a new type of user interface to support spatio-temporal multidimensional data exploration and analysis. Proceedings of the ISPRS Joint Workshop on Spatial, Temporal and Multi-Dimensional Data Modelling and Analysis, Quebec, Canada, October 2003.*

[80] Han, I., N. Stefanovic and K. Koperski., *Selective materialization: An Efficient Method for Spatial Data Cube Construction. Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1998.

[81] Stefanovic N. *Design and Implementation of On-Line Analytical Processing (OLAP) of Spatial Data. Unpublished M.Sc. Thesis, Computer Sciences Department, Simon Fraser University*, 1997.

[82] Marchand, P., Y. Bédard and G. Edwards., *A hyper cube-based method for spatio-temporal exploration and analysis. Geoinfomatica*, 2001.

[83] Papadias D., Tao Y., Kalnis P., Zhang J., *Indexing spatiotemporal data warehouses. Proceedings of the 18th International Conference on Database Engineering*, San Jose, California, 2002.

[84] Shekhar S., Lu C.T., Tan X., Chawla S., Vatsavai R., *Map cube: a visualization tool for spatial data warehouses. In: Miller, H., Han, J. (Eds.), Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*, Taylor and Francis, London, 2001.

- [85] Stefanovic N., Han J., Kopersky K., *Object-based selective materialization for efficient implementation of spatial data cubes*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2000.
- [86] Pastor J., *Conception d'une legende interactive et forable pour le SOLAP*. *Unpublished M.Sc. Thesis*, Geomatics Sciences Department, Laval University, 2004.
- [87] Bedard Y., Gosselin P., Rivest S., Proulx M.J., Nadeau M., Lebel G., Gagnon M.F., *Integrating GIS components with knowledge discovery technology for environmental health decision support*, International Journal of Medical Informatics, 2003.
- [88] MacEachren A.M., *Visualization in modern cartography: setting the agenda*. In: MacEachren A.M., Taylor D.R.F. (Eds.), *Visualization in Modern Cartography*, 1994a.
- [89] Marchand P., Brisebois A., Bedard Y., Edwards G., *Implementation and evaluation of a hypercube-based method for spatio-temporal exploration and analysis*, Journal of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 2004.
- [90] Newell A., *Unified Theories of Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, 1990.
- [91] Gahegan M., Brodaric B., *Computational and visual support for geographic knowledge construction: filling in the gaps between exploration and explanation*, Proceedings of the 10th International Symposium on Spatial Data Handling Advances in Spatial Data Handling, Ottawa, Canada, 2002.
- [92] Edwards G., *A virtual test bed in support of cognitively-aware geomatics technologies*, *Proceedings of Conference on Spatial Information Theory*

(COSIT), Lecture Notes in Computer Science, vol. 2205, Morro Bay California, September 2001.

[93] Mennis J.L., Peuquet D.J., Qian L., *A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation*, International Journal of Geographic Information Science, 2000.

[94] Rosch E., *Principles of categorization*. In: Rosch E., Lloyd B. (Eds.), *Cognition and Categorization*, 1978.

[95] Sergent J., *Judgements of relative position and distance on representations of spatial relations*. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1991.

[96] Martel, C., *Développement d'un cadre théorique pour la gestion des représentations multiples dans les bases de données spatiales*. Mémoire de M.Sc., Département des sciences géomatiques, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, 1999.

[97] Παγουρτζή Έλλη, Ασημακόπουλος Βασίλειος, *Προηγμένο πληροφοριακό σύστημα χωροχρονικών δεδομένων εκτίμησης πραγματικών αξιών ακινήτων με τη χρήση της τεχνολογίας των G.I.S*, Μονάδα Συστημάτων Προβλέψεων και Προοπτικής, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2008.

[98] Παγουρτζή Έλλη, *Μεθοδολογία και ανάπτυξη συστήματος χωροχρονικών δεδομένων για την εκτίμηση τιμών ακινήτων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 2004.

[99] Pagourtzi Elli, Assimakopoulos Vassilis, Hatzichristos Thomas and Nick French, *Real Estate Appraisal: A Review of Valuation Methods*, *Journal of Property Investment & Finance*, Vol 21 No 4, 2003b.

[100] Pagourtzi Elli, Assimakopoulos Vassilis, “*Development of real estate evaluation system with the use of G.I.S. technology*” 10TH EUROPEAN REAL ESTATE SOCIETY CONFERENCE IN HELSINKI, 2003a, 10th-13th JUNE 2003.

[101] Pagourtzi E., Nikolopoulos K., Prof. V. Assimakopoulos, “*Architecture for a real estate analysis information system using GIS techniques integrated with Fuzzy theory*”, award winning paper, Journal of Property Investment & Finance, Vol 24, No 1, 2006.