

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΘΕΤΙΚΕΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ ΣΧΕΣΙΑΚΗΣ ΑΛΓΕΒΡΑΣ ΓΙΑ

ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΚΑΤΕΡΙΝΑ Γ.ΕΥΤΑΞΙΑ

Πληροφορικός

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: Νικόλαος Λορετζος, Καθηγητής Γ.Π.Α.

**Συνεπιβλέποντες: Κων/νος Γιαλούρης, Αναπλ. Καθηγ.
Γεώργιος Λαγογιάννης, Λέκτορας**

Αθήνα 2012

**« ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ ΣΧΕΣΙΑΚΗΣ ΑΛΓΕΒΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ»**

ΚΑΤΕΡΙΝΑ Γ.ΕΥΤΑΞΙΑ

**Μεταπτυχιακή Διατριβή που κατατέθηκε στο Γενικό Τμήμα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου
Αθηνών**

Περίληψη

Ένα χαρακτηριστικό των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΠΣ) είναι η αδυναμία τους να αποθηκεύσουν σε ένα μόνο θεματικό επίπεδο σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά δεδομένα. Το αποτέλεσμα όμως μιας χωρικής πράξης ενδέχεται να αποτελείται τόσο από σημεία όσο και από γραμμές και πολύγωνα, με αποτέλεσμα κάποια δεδομένα χωρικής φύσεως να χάνονται. Για παράδειγμα, μολονότι στη γενική περίπτωση η τομή δυο πολυγώνων αποτελείται όχι μόνο από πολύγωνα αλλά και από γραμμές και σημεία, σε ένα ΓΠΣ τόσο οι γραμμές όσο και τα σημεία χάνονται και το θεματικό επίπεδο του αποτελέσματος περιέχει μόνο πολύγωνα.

Προς αποφυγή αυτού του ανεπιθύμητου αποτελέσματος, στην εργασία

N. A. Lorentzos, J. R. R. Viqueira, *Relational Formalism for the Management of Spatial Data*, Computer Journal 49(1), January 2006, 62-81,

προτείνεται μια επέκταση του Σχεσιακού Μοντέλου Δεδομένων, με την οποία αποφεύγεται η απώλεια χωρικών δεδομένων κατά την εκτέλεση μιας χωρικής πράξης. Τα χαρακτηριστικά αυτής της προσέγγισης έχουν ως εξής.

1. Τα χωρικά δεδομένα είναι πλεγματικά.
2. Δεν υπάρχει ανάγκη διάκρισης μεταξύ διαφορετικών χωρικών θεματικών δεδομένων.
3. Τα χωρικά δεδομένα βρίσκονται σε γνωρίσματα (στήλες) σχέσεων (πινάκων), και αυτές οι σχέσεις μπορούν να έχουν επίσης μη χωρικά γνωρίσματα.
4. Ορίζεται μια επέκταση της Σχεσιακής Άλγεβρας με πράξεις μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η διαχείριση σχέσεων και, ταυτόχρονα, η διαχείριση χωρικών δεδομένων.

Στην παρούσα Διπλωματική εργασία περιγράφεται μια διαδικασία με την οποία σε ένα ΓΠΣ μπορούμε να λάβουμε το ισοδύναμο αποτέλεσμα με εκείνο της παραπάνω εργασίας, με τη διαφορά ότι τώρα τα χωρικά δεδομένα είναι διανυσματικά. Επειδή όμως σε ένα ΓΠΣ τα δεδομένα καταχωρίζονται αναπόφευκτα σε διαφορετικά θεματικά επίπεδα (σημειακά, γραμμικά, πολυγωνικά), η διαδικασία έχει ως εξής.

1. Στη γενική περίπτωση, χωρικά δεδομένα ενός ΓΠΣ που αποτελούνται από σημεία, γραμμές και πολύγωνα, φυλάσσονται χωριστά, σε σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά θεματικά επίπεδα, αντίστοιχα. Σε καθένα από αυτά τα θεματικά επίπεδα αντιστοιχεί μια σχέση, η οποία περιέχει χωρικά και μη χωρικά γνωρίσματα.
2. Για κάθε χωρική πράξη που πρέπει να λάβει χώρα στο ΓΠΣ, οι σχέσεις των αντιστοίχων σημειακών, γραμμικών και πολυγωνικών θεματικών επιπέδων μεταφέρονται σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ), το οποίο υποστηρίζει χωρικές πράξεις.
3. Στο ΣΔΒΔ εκτελούνται οι απαραίτητες SQL πράξεις, από τις οποίες προκύπτει μια σχέση με το επιθυμητό χωρικό αποτέλεσμα.
4. Η σχέση με το χωρικό αποτέλεσμα που προέκυψε στο προηγούμενο βήμα, μεταφέρεται στο ΓΠΣ, όπου διασπάται αυτόματα σε τρεις σχέσεις, μια για κάθε θεματικό επίπεδο, σημειακό, γραμμικό και πολυγωνικό.

Για τους στόχους της παρούσας Διπλωματικής, επελέγησαν το Quantum GIS (QGIS) και το Postgres/PostGIS, που είναι αμφότερα Συστήματα Ελεύθερου Λογισμικού/Λογισμικού Ανοιχτού Κώδικα.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα της Διπλωματικής είναι ότι ένα ΓΠΣ θα πρέπει να υποστηρίζει όχι μόνο τα τρία τυπικά θεματικά επίπεδα, σημειακό, γραμμικό και πολυγωνικό αλλά και ακόμη ένα, γενικευμένο, οι δε χωρικές πράξεις θα πρέπει να μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν σε γενικευμένα επίπεδα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, κατά την εκτέλεση χωρικών πράξεων δεν θα παρατηρείται απώλεια χωρικών δεδομένων αλλά, ανάλογα με την εφαρμογή, θα είναι εφικτή η αξιοποίηση των αντίστοιχων χωρικών δεδομένων.

Abstract

One characteristic of Geographic Information Systems (GIS) is their inability to record in just one thematic layer point, line and polygon data. The result however of one spatial operation may consist of both point, line and polygon data and, as a result, some data of spatial type are lost. For example, although in the general case the intersection of two polygons consists not only of polygons but also of lines and points, in a GIS both the lines and the points are lost and the resulting thematic layer contains only polygons.

To avoid this undesirable effect, in the paper

N. A. Lorentzos, J. R. R. Viqueira, *Relational Formalism for the Management of Spatial Data*, Computer Journal 49(1), January 2006, 62-81,

an extension of the Relational Data Model is proposed, by which the loss of spatial data at the execution of a spatial operation can be avoided. The characteristics of this approach are as follows.

1. The spatial data is of a grid type.
2. There is no need to distinguish between distinct thematic types of spatial data.
3. The spatial data are in attributes (columns) of relations (tables), and these relations may also have non-spatial attributes.
4. An extension of relational algebra is defined, with operations by which it is possible to achieve the management of relations and, at the same time, the management of spatial data.

In the present Dissertation, a procedure is described, by which it is possible to obtain within a GIS the equivalent result with that of the afore-mentioned paper, except that now the spatial data are of a vector type. Given however that in a GIS the data are inevitably recorded in different layers (of point, line, polygon type), the procedure is as follows.

1. In the general case, spatial data of a GIS, that consist of points, lines and polygons, are stored separately in point, line and polygon layers, respectively. A relation corresponds to each of these layers, which contains spatial and non-spatial attributes.
2. For every spatial operation that has to take place in the GIS, the relations of the respective point, line and polygon thematic layers are transferred to a Database Management System (DBMS) that supports spatial operations.
3. The necessary SQL operations are executed in the DBMS and a relation is obtained, which contains the desirable spatial result.
4. The relation with the spatial result, which was obtained in the previous step, is transferred to the GIS, where it is automatically split into three relations, one for each thematic layer, point, line and polygon.

For the objectives of the present Dissertation, the QuantumGIS(QGIS) and the PostgreSQL/PostGIS were chosen, which are both Open Source Software.

The most important conclusion of this Dissertation is that a GIS should support not only the three typical layers, *point*, *line* and *polygon* but also another one, *generic*, and the spatial operations should also be possible to be applied to generic layers. In this way, no spatial data loss will be identified at the execution of spatial operations but, depending on the application, it will be possible to exploit the relevant spatial data.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Σκοπός και Δομή της Εργασίας	8
2. ΤΟ ΣΧΕΣΙΑΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	10
2.1 Εισαγωγή	10
2.2 Χωρική Κβάντα και Χωρικά Δεδομένα	14
2.3 Κατηγορήματα και Συναρτήσεις	17
2.4 Χωρικές Πράξεις	20
2.5 Σχεσιακές Δομές και Πράξεις	24
2.5.1 Σχεσιακές Δομές Δεδομένων	24
2.5.2 Συμβατικές Πράξεις	26
2.5.3 Πρόσθετες Βασικές Πράξεις	27
2.5.4 Κβαντικές Πράξεις	29
2.5.5 Πράξεις ανά Ζεύγη	30
2.5.6 Πράξεις Επικάλυψης	31
2.5.7 Πρόσθετες Μοναδιαίες Πράξεις	33
2.6 Σύνοψη	35
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ POSTGRESQL / POSTGIS	36
3.1 Εγκατάσταση των Λογισμικών PostgreSQL / PostGIS	36
3.2 Η επέκταση Γεωγραφικών Λειτουργιών PostGIS	37
3.3 PgAdmin III το Εργαλείο Αλληλεπίδρασης Χρήστη με την PostgreSQL	37
3.4 Δημιουργία ΒΔ και Σύνδεση με αυτή	38
3.5 Δημιουργία Πινάκων και Εισαγωγή Δεδομένων με Εντολές SQL	40
3.6 Διαγραφή Πινάκων	41
3.7 Εκτέλεση Χωρικών Ερωτημάτων	41
3.8 Αδυναμία Οπτικοποίησης του PostgreSQL / PostGIS	42
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ QUANTUM GIS	43
4.1 Εγκατάσταση του Λογισμικού QGIS	43
4.2 Εμφάνιση Οθόνης	45
4.2.1 Γραμμή Επιλογών και Γραμμή Εργαλείων	46
4.3 Ανοιγμα Αρχείου Τύπου shapefile (.shp) στο QGIS	48
4.4 Εισαγωγή Δεδομένων σε PostgreSQL, με το Βοηθητικό Πρόγραμμα το SPIT Plugin	50
4.6 Φόρτωση ενός Επιπέδου PostGIS	52
4.7 Πρόσθετα Εργαλεία Συναρτήσεων του Λογισμικού QGIS	52
5. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΑΞΕΩΝ ΤΟΥ ΣΧΕΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ QGIS ΚΑΙ POSTGRESQL / POSTGIS	54
5.1 Σχεσιακές Πράξεις Κβαντικές	54
5.2 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντική Ένωση	56
5.2.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	56
5.2.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας	56
5.3 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντικής Διαφοράς	59
5.3.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	59
5.3.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας	60
5.4 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντική Τομή	61
5.4.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	61
5.4.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας	62
5.5 Σχεσιακές Πράξεις ανά Ζεύγη	63

5.6 Σχεσιακή Πράξη: Ένωση Ανά Ζεύγη	66
5.7 Σχεσιακή Πράξη: Διαφορά Ανά Ζεύγη.....	68
5.8 Σχεσιακή Πράξη: Τομή Ανά Ζεύγη	69
5.9 Πράξη Συμπληρώματος	73
5.9.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	73
5.9.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας.....	73
5.10 Πράξη Χωρικού Συνόρου	75
5.10.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	75
5.10.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας.....	75
5.11 Πράξη Χωρικού Φακέλου.....	77
5.11.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	77
5.11.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας.....	78
5.12.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira	80
5.12.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας.....	80
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ– ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και Δομή της Εργασίας

Στην εποχή μας η χρήση χωρικών πληροφοριών γίνεται ολοένα και περισσότερο μέρος της δραστηριότητας μιας μεγάλης ποικιλίας επιχειρήσεων, επαγγελματιών και ιδρυμάτων. Τα χωρικά δεδομένα αποτελούν μια ξεχωριστή ερευνητική κατηγορία δεδομένων από μόνα τους και παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Τα γεωμετρικά δεδομένα περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά όπως είναι το σχήμα, η περίμετρος, το εμβαδόν και ο όγκος των χωρικών οντοτήτων. Αυτά τα δεδομένα παράγονται από τις πληροφορίες που υπάρχουν σχετικά με τις θέσεις των χωρικών οντοτήτων. Τα γεωμετρικά δεδομένα είναι εύκολο να διαχειρίζονται από συστήματα τα οποία διαχειρίζονται τα μη χωρικά δεδομένα και αυτό συμβαίνει σε αρκετές περιπτώσεις. Η χωρική ή γεωμετρική πληροφορία είναι στην πράξη πάντα συνδεδεμένη με μη χωρικά δεδομένα. Σε αντίθετη περίπτωση δεν θα υπήρχε ενδιαφέρον για ένα ειδικού σκοπού σύστημα που δεν θα μπορούσε να διαχειριστεί ένα τυπικό μοντέλο δεδομένων και διαδικασίες εκτέλεσης ερωτημάτων. Κατα την εκτέλεση των ερωτημάτων για τη διαχείριση γεωμετρικά δεδομένα είναι η διασύνδεση μιας χωρικής άλγεβρας (συμπεριλαμβανομένου των κατηγορημάτων για την έκφραση των χωρικών σχέσεων) με την γλώσσα ερωτημάτων (που χρησιμοποιεί μια Χωρική Βάση Δεδομένων (ΧΒΔ)). Ωστόσο, υπάρχουν διάφορα άλλα θέματα που ασχολούνται με το γεγονός ότι τα χωρικά δεδομένα απαιτούν γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν, όπως και με την γραφική είσοδο προς τα ερωτήματα. Έτσι, ένα σύστημα χωρικών βάσεων δεδομένων αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα βάσεων δεδομένων με επιπρόσθετες λειτουργίες που του προσδίδουν την ικανότητα να διαχειρίζεται χωρικά δεδομένα

Ο αυξανόμενος όγκος αυτών των χωρικών πληροφοριών οδήγησε στην ανάπτυξη συστημάτων που να είναι σε θέση να τις αποθηκεύσουν, διαχειριστούν και ανακτήσουν (να υποβάλουν ερωτήματα) με αποτελεσματικό τρόπο. Ανάμεσα σε αυτού του είδους τα συστήματα συγκαταλέγονται και οι Χωρικές Βάσεις Δεδομένων (ΧΒΔ). Ένα τέτοιο σύστημα είναι η χωρική βάση δεδομένων που αποτελείται από την βάση δεδομένων PostgreSQL και την επέκταση χωρικών λειτουργιών PostGIS. Τα λογισμικά αυτά τείνουν να χρησιμοποιούνται μαζί με ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών Γραφείου, συνήθως το QuantumGIS, προκειμένου να επιτρέπεται η οπτικοποίηση των δεδομένων και η επέμβαση σε αυτά σε γραφικό περιβάλλον. Συνολικά το σύστημα που αποτελείται από τα παραπάνω λογισμικά επιτρέπει μία πλήρη λειτουργία αποθήκευσης, διαχείρισης και ανάκτησης χωρικών δεδομένων.

Στην παρούσα Διπλωματική εργασία αναπτύσσεται μια μέθοδος με την οποία σε ένα ΓΠΣ επιτυγχάνεται αποτέλεσμα ισοδύναμο με εκείνο της εργασίας *N. A. Lorentzos, J. R. R. Viqueira, Relational Formalism for the Management of Spatial Data, Computer Journal 49(1), January 2006, 62-81*, με τη διαφορά ότι τα χωρικά δεδομένα είναι διανυσματικά, με τις βασικές λειτουργίες του παραπάνω συνδυασμού λογισμικών. Αυτό θα γίνεται με την βήμα προς βήμα ανάπτυξη της λειτουργίας των επιμέρους στοιχείων και την παράθεση παραδειγμάτων λειτουργίας.

Η δομή της εργασίας αναλύεται στα παρακάτω κεφάλαια. Μετά την εισαγωγή, στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται αναλυτικά το σχεσιακό πρότυπο για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων, όπως έχει οριστεί από τους των Lorentzo & Viqueira (2006). Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται το λογισμικό Quantum GIS και οι δυνατότητες που χρειαζόμαστε για να υλοποιήσουμε επιτυχώς τις χωρικές πράξεις για την διαχείριση χωρικών δεδομένων. Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται το λογισμικό PostGRESQL / PostGIS και η δυνατότητα διαχείρισης Β.Δ. της PostGRESQL και της επέκτασης αυτής για γεωγραφικές λειτουργίες το PostGIS. Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφεται η μεθοδολογία για την υλοποίηση των πράξεων του σχεσιακού πρότυπου για τη διαχείριση πράξεων χωρικών δεδομένων με τη χρήση των λογισμικών QUANTUM GIS και POSTGRESQL / POSTGIS. Στο Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία και η συζήτηση αυτών σε μικρή έκταση.

2. ΤΟ ΣΧΕΣΙΑΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφεται ένα σχεσιακό πρότυπο για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων το οποίο ορίστηκε στο Lorentzos & Viqueira (2006). Η περιγραφή του του προτυπου δίδεται διότι στόχος της παρούσας εργασίας είναι η υλοποίηση ισοδύναμων πράξεων στο διανυσματικό πρότυπο.

2.1 Εισαγωγή

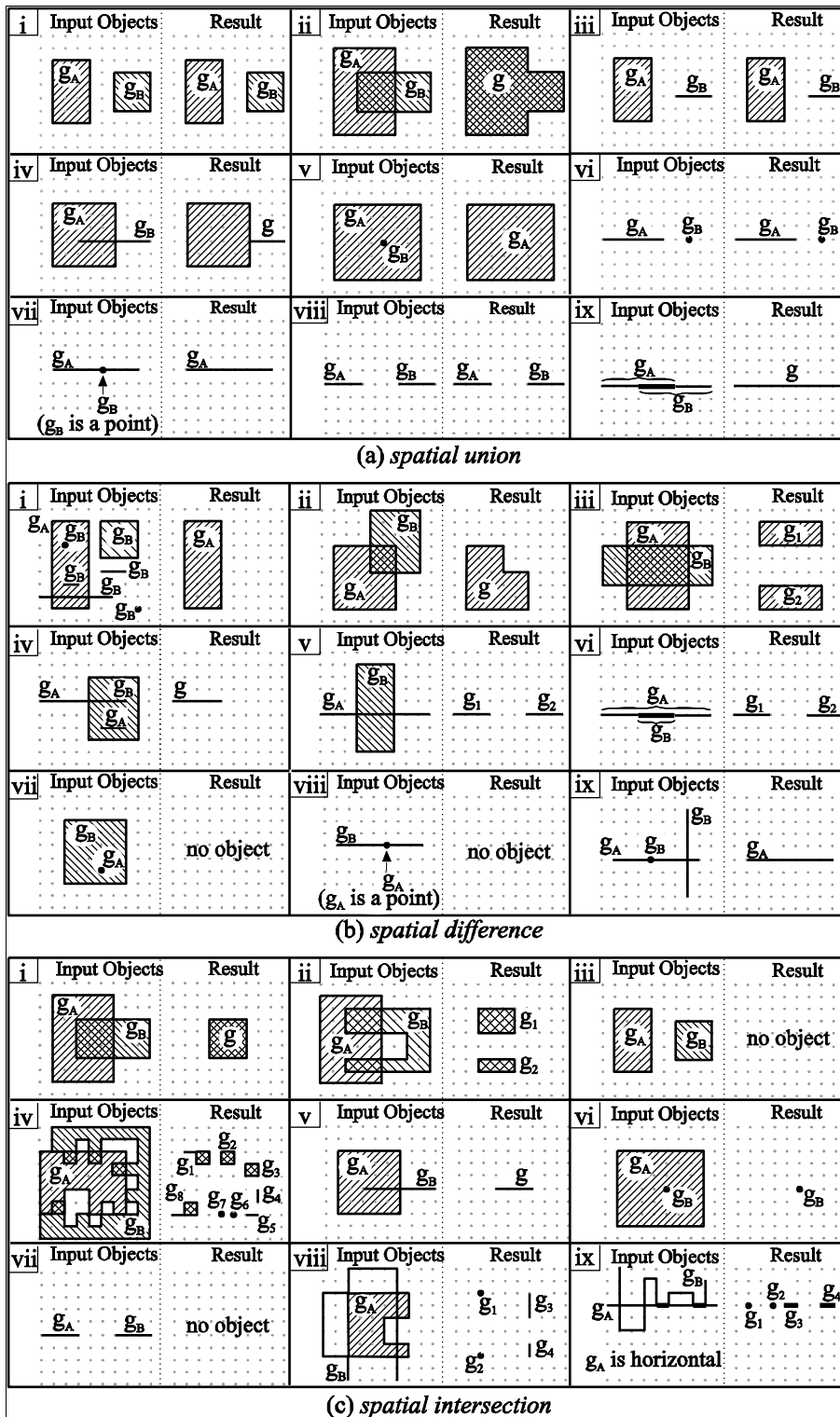
Τα τελευταία χρόνια έχει λάβει χώρα εκτεταμένη έρευνα στη διαχείριση των χωρικών δεδομένων, η οποία έχει εφαρμογή σε πολλούς τομείς τους, όπως στη χαρτογραφία, τη τοπογραφία και στα κτηματολογικά συστήματα. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), είναι πλήρως εξειδικευμένα για να επιλύσουν πλήρως τέτοιου είδους προβλήματα. Όπως όμως ήταν αναμενόμενο, οι αρχικές προσεγγίσεις εξάντλησαν τις προσπάθειές τους στην ακριβή γεωμετρική αναπαράσταση των χωρικών δεδομένων και την υλοποίηση πράξεων πάνω σε χωρικά αντικείμενα. Εκ τούτου, καταβλήθη μόνον στοιχειώδης προσπάθεια για τη συσχέτιση των χωρικών δεδομένων με τα συμβατικά δεδομένα, όπως είναι οι αριθμοί που υποδηλώνουν διάφορες μετρήσεις (ύψος βάθος, κ.τ.λ) και ονόματα (πόλεων, ποταμών, κλπ) που αποδίδουν στα χωρικά δεδομένα κάποιο πρακτικό ενδιαφέρον. Ως εκ τούτου, η διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων έπρεπε να διακριθεί σε δύο διαφορετικές τύπους επεξεργασίας, μία για τα χωρικά δεδομένα και μια για τα συμβατικά δεδομένα και τις συσχετίσεις τους με τα χωρικά. Στο επίπεδο του προγραμματισμού υπήρχε ένα έλλειμμα του ορισμού μιας επίσημης γλώσσας για την εύκολη διαμόρφωση ερωτημάτων. Τέλος, υπήρχε έλλειμμα φορμαλισμού στη επεξεργασία χωρικών δεδομένων.

Δεδομένου ότι η επεξεργασία των συμβατικών δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (ΣΔΒΔ), ακολούθησε μια νέα έρευνα στον τομέα των *χωρικών Β.Δ.*, που αφορά διάφορους τομείς όπως είναι ο ορισμός των μοντέλων των δεδομένων και τις γλωσσών ερωτημάτων, η σχεδίαση αποτελεσματικών δομών φυσικών δεδομένων και μεθόδων προσπέλασης, η διερεύνηση της επεξεργασίας ερωτημάτων και τεχνικών βελτιστοποίησης κ.τ.λ. Ως αποτέλεσμα, τα τελευταία εμπορικά και ανοικτού πηγαίου κώδικα ΣΔΒΔ περιλαμβάνουν επεκτάσεις των μοντέλων τους που επιτρέπουν την αποθήκευση και διαχείριση χωρικών δεδομένων. Παράλληλα, η τελευταία γενιά των ΓΣΠ επιτρέπει την αποθήκευση γεωγραφικών δεδομένων σε χωρικές επεκτάσεις την ΣΔΒΔ. Ωστόσο, ένα σοβαρό πρόβλημα, των προσεγγίσεων με επίκεντρο τη ΣΔΒΔ είναι ότι οι πράξεις σε χωρικά δεδομένα έχουν ιδιαιτερότητες (Σχήμα Κ1). Πράγματι, ακόμη και αν η συζήτηση περιορισθή σε δυσδιάστατα χωρικά δεδομένα, έχει παρατηρείται κατ'αρχήν πρέπει να ορισθούν οι τρεις χωρικοί τύποι δεδομένων *σημείο*, *γραμμή* και *επιφάνεια* που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή πρακτική. Όμως, η *χωρική τομή* δύο χωρικών δεδομένων του τύπου επιφάνεια

μπορεί να δώσει πολλά διαφορετικά αποτελέσματα: Μπορεί να είναι μια επιφάνεια, για παράδειγμα ένα στοιχείο (Σχήμα K1 (c), περίπτωση (i)), αλλά μπορεί επίσης να είναι ένα σύνολο επιφανειών (Σχήμα K1 (c), περίπτωση (ii)). Μπορεί ακόμα να είναι το κενό σύνολο (Σχήμα K1. (c), περίπτωση (iii)), αλλά ακόμα και αν αυτό το σύνολο θεωρηθεί ως έγκυρη επιφάνεια, παρατηρούμε ότι δεν έχει ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον. Εναλλακτικά, το αποτέλεσμα μπορεί να αποτελείται αποκλειστικά από μια ή περισσότερες γραμμές ή σημεία, γεγονός από το οποίο συνάγεται ευθέως ότι η χωρική τομή δυο επιφανειών δεν είναι κλειστή πράξη. Στην πιο γενική περίπτωση, το αποτέλεσμα είναι ένα σύνολο που συντίθεται από σημεία, γραμμές, επιφάνειες και συνδεδεμένα αντικείμενα που αποτελούνται από επιφάνειες και γραμμές (Σχήμα K1(c), περίπτωση (iv)). Παρόμοιες παρατηρήσεις μπορούν επίσης να εξαχθούν για άλλες χωρικές πράξεις, όπως η *χωρική ένωση* και η *χωρική διαφορά* (Σχήμα K1(a), 2.1(c)). Αυτά τα προβλήματα έχουν διαγνωθεί και έχουν προβληματίσει τους ερευνητές. . Για να υπερβούν αυτά τα προβλήματα και να ορίσουν κλειστές πράξεις, πολλές προσεγγίσεις έχουν απορρίψει τους παραπάνω απλούς τύπους δεδομένων και έχουν υιοθετήσει τύπους της μορφής σύνολων από χωρικών αντικείμεμων , για παράδειγμα *σύνολο σημείων*, *σύνολο γραμμών*, *σύνολο επιφανειών* ή *σύνολο διαφόρων συνδυασμών σημείων, γραμμών και επιφανειών*. Ωστόσο τέτοιες προσεγγίσεις έχουν δημιουργήσει μια σειρά από νέα προβλήματα που περιγράφονται περιληπτικά παρακάτω.

Πρώτον, οι τύποι *σημείο*, *γραμμή* και *επιφάνεια* είναι ακόμα απαραίτητοι. Πράγματι σχεδόν κάθε εφαρμογή απαιτεί τα χωρικά δεδομένα αυτού του είδους. Συνεπώς, τυχόν αποτυχία να ευθείας υποστήριξης αυτής μπορεί να προκαλέσει εσφαλμένη καταχώριση χωρικών δεδομένων, από την στιγμή που ένας τελικός χρήστης ενδέχεται να καταχωρίσει μια γραμμή αντί για μια επιφάνειας. Από την άλλη όμως πλευρά υπενθυμίζεται ότι η εγκυρότητα των δεδομένων αποτελεί σημαντικό γνώρισμα είναι μια πράξη των ΣΔΒΔ.

Δεύτερον, σύνθετες δομές δεδομένων πρέπει ενίοτε να συνθετηθούν υιοθετηθεί όπως είναι στην περίπτωση μοντέλων με επίπεδα σε σχεσιακό μοντέλο που δεν ικανοποιούν την πρώτη κανονική μορφή, σε σύνθετα αντικείμενα και σε αντικειμενοστρέφη σχεσιακά μοντέλα. Σε αυτές όμως τις δομές πρέπει να ορισθούν επίσης σύνθετες πράξεις.



Σχήμα K1: Απεικόνιση της χωρικής ένωσης, χωρικής διαφοράς και χωρικής τομής.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις μοντελοποίησης χωρικών δεδομένων οι οποίες διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με τους τύπους δεδομένων που υιοθετούν, τις δομές δεδομένων και τις πράξεις. Επιπρόσθετα προβλήματα των ιδιοτήτων χωρικών δεδομένων είναι τα ακόλουθα, κάποιες προσεγγίσεις περιορίζονται μόνο σε παρουσιάσεις είτε των τύπων των δεδομένων είτε της λειτουργικότητας των πράξεων. Το κενό σύνολο

αντιμετωπίζεται ως έγκυρο χωρικό αντικείμενο. Χρησιμοποιούνται μη έγκυρο χωρικά αντικείμενα μολονότι, η χαρτογραφία, η τοπολογία κλπ δεν κάνουν χρήση αυτών των αντικειμένων. Τίθεται περιορισμός ότι μια σχέση πρέπει να έχει μόνο ένα γνώρισμα χωρικού τύπου δεδομένων. Πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ δύο διαφορετικών τύπων γνωρισμάτων, των *άμεσα*: (*explicit*) και *έμμεσα* (*implicit*). Τέλος, χρησιμοποιούνται πολυταξικές άλγεβρες. Η παρούσα εργασία προτείνει ένα μοντέλο που αντιμετωπίζει τα προαναφερόμενα προβλήματα και ικανοποιεί ότι στα εφαρμογές όπως είναι η χαρτογράφηση, η τοπογραφία και τα κτηματολογικά συστήματα. Τα πλεονεκτήματα του μπορεί να περιγραφούν ως εξής.

1. Θεωρείται ο δυσδιαστάτος χώρος και θεμελιώνονται τα δυσδιάστατη (2-d) *χωρικά κβάντα*. Με βάση αυτά, ορίζονται τρεις τύποι χωρικών δεδομένων, το *σημείο*, η *γραμμή* και η *επιφάνεια*. Ένα στοιχείο οποιοδήποτε από αυτούς τους τύπους είναι ένα συνδεδεμένο κλειστό υποσύνολο του \mathbb{R}^2 . Το κενό σύνολο δεν είναι έγκυρος χωρικός τύπος.
2. Χρησιμοποιούνται μη-ένθετες δομές σχεσιακών δεδομένων για την καταχώριση τόσο των χωρικών όσο και των συναφών συμβατικών δεδομένων. Μια σχέση μπορεί να έχει αυθαίρετα πολλά χωρικά γνωρίσματα. Ορίζεται μια σχεσιακή άλγεβρα. Το μοντέλο διαθέτει δύο θεμελιώδη γνωρίσματα:

Πρώτον, η άλγεβρα αποτελείται από ένα μόνο περιορισμένο αριθμό βασικών πράξεων, τις γνωστές πράξεις του σχεσιακού μοντέλου και δύο ακόμη, τις *Unfold* και *Fold*. Όλες οι υπόλοιπες πράξεις ορίζονται συναρτήσεις των βασικών.

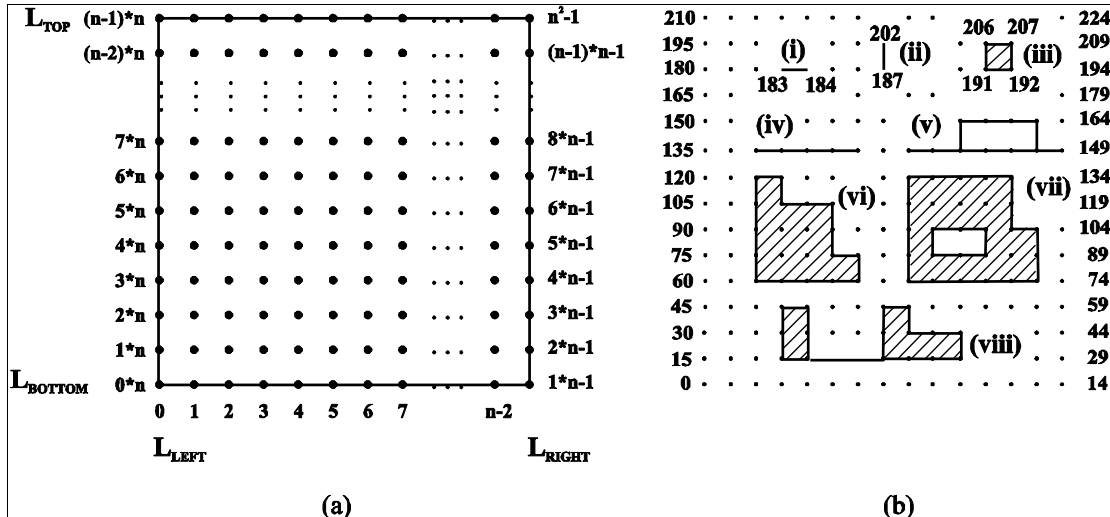
Δεύτερον η διαχείριση των χωρικών δεδομένων περιορίζονται, πρακτικά στη διαχείριση σχέσεων για δύο λόγους:

- i. Ένας *χάρτης* μπορεί να θεωρηθεί ως η γεωμετρική απεικόνιση των χωρικών δεδομένων που καταγράφονται σε μια ή περισσότερες σχέσεις.
 - ii. Οι αλγεβρικές πράξεις στο σχεσιακό μοντέλο μπορεί να θεωρηθούν ως *ενχύσεις* των χωρικών πράξεων σε ένα σύνολο χωρικών αντικειμένων.
3. Το μοντέλο υποστηρίζει, και γενικεύει περαιτέρω, όλες τις πράξεις που εκτιμάται ότι έχουν μείζον πρακτικό ενδιαφέρον.
 4. Παρά το γεγονός ότι στο φορμαλισμό θεωρείται ότι ένας 2-d χώρος η γενίκευση του σε n-d χώρο, $n \geq 3$, είναι απλός.

Η προσέγγιση έχει πρόσθετα πλεονεκτήματα εκ των οποίων το σημαντικότερο είναι σε συνδιασμό με προγενέστερη έρευνα, ότι οι πράξεις του είναι κλειστές και επιτρέπουν την ομοιόμορφη διαχείριση των χωρικών, αλλά και των χρονικών, των συμβατικών και των χώρο-χρονικών δεδομένων.

2.2 Χωρική Κβάντα και Χωρικά Δεδομένα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο ορίζεται τα *χωρικά κβάντα*, που αποτελούν βάση για τους ορισμούς τριών τύπων χωρικών δεδομένων, *σημείο*, *γραμμή* και *επιφάνεια*. Με $I(R)$ δηλώνεται το σύνολο των ακέραιων (πραγματικών) αριθμών.



Σχήμα K2: Απεικόνιση της χωρικής κβάντων και χωρικών τύπων δεδομένων.

Έστω κάποιο $n \in I$, $n > 0$, με μια σταθερή τιμή. Έστω επίσης $I_n = \{0, 1, \dots, n-1\}$ και έστω $i, j \in I_n$. Τότε, υπάρχει ακριβώς ένας ακέραιος k , $0 \leq k \leq n^2 - 1$, έτσι ώστε $k = n*j + i$. Αντίστροφα, είναι γνωστό ότι για κάθε k υπάρχει ακριβώς ένα ζεύγος (i, j) που ικανοποιεί τη συνθήκη $k = n*j + i$.

Κάθε ζεύγος (i, j) , ισοδύναμα κάθε k , μπορεί να οπτικοποιηθεί στο $R \times R$ από μια τελεία. Λέγεται ότι το k είναι ο *τακτικός αριθμός* του (i, j) και ότι το (i, j) είναι οι *συντεταγμένες* του k . Το Σχήμα K2(a) αποδίδει τη γεωμετρική αναπαράσταση του $I_n \times I_n$, για οποιαδήποτε τιμή του n και για $n = 15$, καθώς και τους αντίστοιχους τακτικούς αριθμούς. Με βάση αυτό, έχουμε ορίσει τρεις τύπους *χωρικών κβάντα*.

Ορισμός 1: Αν δοθεί ένας ακέραιος k , $0 \leq k \leq n^2 - 1$ τότε το μονομελές σύνολο $P_k = \{k \mid k \in I_{n^2}\}$ ονομάζεται *δυσδιάστατο (2-d) χωρικό σημείο* ή *2-d κβαντικό σημείο* ή απλά *σημείο*.

Το σύνολο όλων των σημείων συμβολίζεται με Q_{POINT} . Οι *συντεταγμένες* του P_k είναι εκείνες του k . Η γεωμετρική παράσταση του P_k ταυτίζεται με εκείνη του (i, j) . Το Σχήμα K2(b) δείχνει τη γεωμετρική αναπαράσταση του P_k , για $k = 0, 1, \dots, 224$.

Ορισμός 2: Έστω ότι το $P_k \in Q_{\text{POINT}}$ έχει συντεταγμένες (i, j) και έστω ότι οι συντεταγμένες ενός άλλου σημείου είναι $(i+1, j)$. Τότε μια *γνήσια οριζόντια κβαντική γραμμή* ορίζεται ως το σύνολο

$$H_k \equiv \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid i \leq x \leq i+1 \wedge y = j\}.$$

Ομοίως, αν το P_k έχει συντεταγμένες (i, j) και οι συντεταγμένες ενός άλλου σημείου είναι $(i, j+1)$ τότε μια γνήσια κάθετη γραμμή κβαντική ορίζεται ως το σύνολο

$$V_k \equiv \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x = i \wedge j \leq y \leq j+1\}.$$

Τέλος, γνήσια γραμμή κβαντική ονομάζεται οποιοδήποτε γνήσια οριζόντια κβαντική γραμμή ή οποιαδήποτε γνήσια κάθετη κβαντική γραμμή.

Σημειώνεται στον ορισμό ότι ο δείκτης k μιας γνήσιας οριζόντιας (κάθετης) γραμμής H_k (V_k) ταυτίζεται με εκείνη του σημείου P_k . Εξ ορισμού, μια γνήσια κβαντική γραμμή αποτελείται από άπειρα στοιχεία του \mathbb{R}^2 . Το σύνολο όλων των γνήσιων οριζόντιων (κάθετων) κβαντικών γραμμών συμβολίζεται με Q_{PH} (Q_{PV}). Το σύνολο όλων των κβαντικών γραμμών συμβολίζεται με Q_{PL} . Μια γνήσια κβαντική γραμμή μπορεί γεωμετρικά να ερμηνευθεί ως ένα ευθύγραμμο τμήμα. Ως εκ τούτου τα (i) και (ii) του Σχήματος K2(b) είναι δύο καθαρές κβαντικές γραμμές. Η H_{183} είναι μια γνήσια οριζόντια κβαντική γραμμή και η V_{187} είναι μια γνήσια κάθετη κβαντική γραμμή.

Ορισμός 3: Έστω το P_k με συντεταγμένες (i, j) και έστω ότι οι συντεταγμένες τριών άλλων σημείων είναι οι $(i+1, j)$, $(i, j+1)$ και $(i+1, j+1)$. Τότε μια γνήσια κβαντική επιφάνεια ορίζεται ως το σύνολο

$$S_k \equiv \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid i \leq x \leq i+1 \wedge j \leq y \leq j+1\}.$$

Σημειώνεται ότι στον ορισμό ο δείκτης k μιας γνήσιας επιφάνειας S_k ταυτίζεται με εκείνον του σημείου P_k . Εξ ορισμού, μια γνήσια κβαντική επιφάνεια αποτελείται από ένα άπειρο σύνολο στοιχείων του \mathbb{R}^2 . Το σύνολο όλων των καθαρών κβαντικών επιφανειών συμβολίζεται με Q_{PS} . Μια γνήσια κβαντική επιφάνεια μπορεί γεωμετρικά να απεικονισθεί ως ένα τετράγωνο. Συνεπώς, το Σχήμα K2(b) απεικονίζει μια γνήσια επιφάνεια, την S_{191} .

Ορισμός 4: Το $Q_{LINE} \equiv Q_{PL} \cup Q_{POINT}$ ονομάζεται το σύνολο όλων των κβαντικών γραμμών.

Ορισμός 5: Το $Q_{SURFACE} \equiv Q_{PS} \cup Q_{LINE}$ ονομάζεται το σύνολο όλων των κβαντικών επιφανειών.

Εξ ορισμού, το $Q_{SURFACE}$ αποτελείται από όλες τις καθαρές κβαντικές επιφάνειες, από όλες τις καθαρές κβαντικές γραμμές και από όλα τα καθαρά κβαντικά σημεία. Λόγω αυτού, ένα στοιχείο του $Q_{SURFACE}$ ονομάζεται χωρικό ή γεωγραφικό κβάντο και το $Q_{SURFACE}$ εναλλακτικά συμβολίζεται ως Q_{GEO} . Αν q_1 και q_2 είναι δύο κβάντα, τότε η συνολοθεωρητική τους ένωση συμβολίζεται με $q_1 q_2$. Με βάση αυτό, δίνεται ο ακόλουθος ορισμός.

Ορισμός 6: Αν $\emptyset \neq S = q_1 q_2 \dots q_n \subset \mathbb{R}^2$, όπου $q_i \in Q_{\text{GEO}} \forall i = 1, 2, \dots, n$, τότε το S ονομάζεται *κβαντικό σύνολο*.

Ορισμός 7: Ένα κβαντικό σύνολο $S \subset \mathbb{R}^2$ λέγεται *συνδεδεμένο* τότε και μόνο τότε για κάθε ζεύγος πραγματικών $x, y \in S$ υπάρχει μια ακολουθία χωρικών κβάντων $q_1, q_2, \dots, q_n \subseteq S$ που να ικανοποιεί τις παρακάτω δύο ιδιότητες:

- (i) $x \in q_1$ and $y \in q_n$.
- (ii) $q_i \cap q_{i+1} \neq \emptyset$ για $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Ορισμός 8: Έστω g είναι μη κενό, κβαντικό σύνολο. Τότε ορίζουμε ότι το g είναι του (2-d χωρικού) τύπου

- POINT $\Leftrightarrow g \equiv q_i, \quad q_i \in Q_{\text{POINT}} \quad (\text{π.χ. } \{0\}, \{2\}, \dots, \{224\})$
- PLINE $\Leftrightarrow g \equiv \cup_i q_i, \quad q_i \in Q_{\text{PL}} \quad (\text{π.χ. (i), (ii), (iv), (v)})$
- LINE $\Leftrightarrow g \equiv \cup_i q_i, \quad q_i \in Q_{\text{LINE}} \quad (\text{π.χ. οποιαδήποτε γνήσια χωρική γραμμή ή σημείο})$
- PSURFACE $\Leftrightarrow g \equiv \cup_i q_i, \quad q_i \in Q_{\text{PS}} \quad (\text{π.χ. τα (iii), (vi), (vii)})$
- SURFACE $\Leftrightarrow g \equiv \cup_i q_i, \quad q_i \in Q_{\text{SURFACE}} \quad (\text{π.χ. οποιαδήποτε από τα παραπάνω και το (viii)}).$

Ένα στοιχείο ενός από τους παραπάνω τύπους ονομάζεται, αντίστοιχα, (2-d χωρικό) *σημείο* (POINT), *γνήσια γραμμή* (PLINE), *γραμμή* (LINE), *γνήσια επιφάνεια* (PSURFACE) και *επιφάνεια* (SURFACE). Η γεωμετρική αναπαράσταση των παραπάνω αντικειμένων δίδεται στο Σχήμα K2(b). Το αντικείμενο (vii) είναι μια επιφάνεια με οπή και το αντικείμενο (viii) είναι μια *υβριδική επιφάνεια*. Μερικές παρατηρήσεις πάνω στον ορισμό είναι οι εξής.

1. Ένα σημείο δεν είναι στοιχείο, είναι ένα μονομελές σύνολο. Ο λόγος που ορίζεται ως σύνολο οφείλεται στο γεγονός ότι, πρακτικά, τα σημεία συμμετέχουν σε πράξεις μεταξύ συνόλων όπως θα δούμε στο Υποκεφάλαιο 5.
2. (i) Ένα POINT *isa* LINE. (ii) Ένα PLINE *isa* LINE.
(iii) Ένα LINE *isa* SURFACE. (iv) Ένα PSURFACE *isa* SURFACE.

Δεδομένου ότι ένα χωρικό αντικείμενο τύπου PLINE είναι επίσης τύπου SURFACE, λέμε ότι μια γνήσια γραμμή είναι επίσης μια *εκφυλισμένη γνήσια επιφάνεια*. Ομοίως, επειδή ένα χωρικό αντικείμενο του τύπου POINT είναι επίσης τύπου LINE και τύπου SURFACE, λέμε ότι ένα σημείο είναι μια *εκφυλισμένη γνήσια γραμμή* και μια *εκφυλισμένη γνήσια επιφάνεια*.

3. Εξ ορισμού, κάθε χωρικό αντικείμενο είναι ένα κλειστό σύνολο.

Δύο χωρικά αντικείμενα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον που χρησιμοποιούνται στα επόμενα υποκεφάλαια είναι g_{SURF_ALL} και g_{LINE_OUT} (Σχήμα Κ2(a)). Το πρώτο από αυτά είναι η ένωση όλων των κβάντων.

$$- g_{SURF_ALL} = S_0 S_1 S_2 \dots S_{(n-1)*n-2} = \cup_i S_i, \text{ όπου } S_i \in Q_{PS},$$

$$- g_{LINE_OUT} = L_{BOTTOM} L_{TOP} L_{LEFT} L_{RIGHT},$$

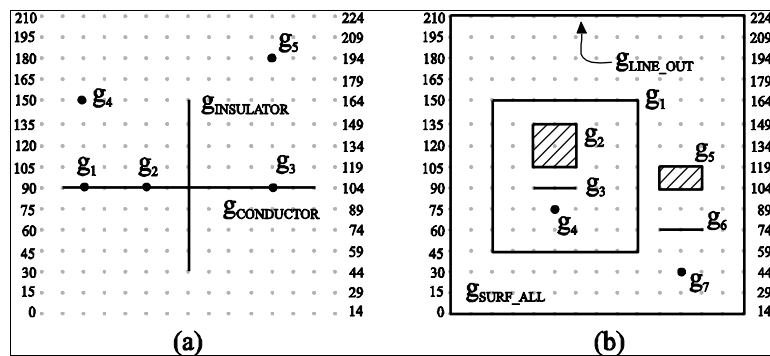
όπου

$$(i) L_{BOTTOM} = H_0 H_1 \dots H_{n-2}, \quad (ii) L_{TOP} = H_{(n-1)*n} H_{(n-1)*n+1} \dots H_{n^2-2},$$

$$(iii) L_{LEFT} = V_0 V_n \dots V_{(n-2)*n}, \quad (iv) L_{RIGHT} = V_{n-1} V_{2*n-1} \dots V_{(n-1)*n-1}.$$

2.3 Κατηγορήματα και Συναρτήσεις

Στόχος αυτής της εργασίας δεν είναι ο ορισμός ενός πλήρους συνόλου κατηγορημάτων και συναρτήσεων. Ως εκ τούτου, στη συνέχεια περιοριζόμαστε στους απολύτως απαραίτητους ορισμούς.



Σχήμα Κ3: Απεικόνιση *conductive* και *surrounds*

Κατηγορήματα: Το πρώτο από τα παρακάτω κατηγορήματα το *conductive* είναι εισαγωγικό, για τον ορισμό του δεύτερου (*surrounds*), το οποίο χρησιμοποιείται στους ορισμούς που ακολουθούν.

Αν g_A , g_B , $g_{CONDUCTOR}$ και $g_{INSULATOR}$ είναι χωρικά αντικείμενα οποιουδήποτε τύπου, το επόμενο κατηγορήμα επιτρέπει να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει κάποιο μονοπάτι από το g_A προς το g_B που δεν διασχίζει το $g_{INSULATOR}$

- $conductive(g_A, g_B, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR}) \Leftrightarrow$
υπάρχει μια ακολουθία κβάντων $q_1, q_2, \dots, q_n \subseteq g_{CONDUCTOR}$ που ικανοποιεί τις τρεις παρακάτω συνθήκες:
 - $q_1 \subseteq g_A$.
 - $q_n \subseteq g_B$.
 - $(\forall i, 1 \leq i \leq n-1)(\emptyset \neq q_i \cap q_{i+1} \not\subseteq g_{INSULATOR})$.

Αν θεωρήσουμε συνεπώς, τα αντικείμενα του Σχήματος K3(a), προκύπτει ότι αν $g_B = g_2$ τότε $conductive(g_1, g_B, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR})$

είναι αληθές. Αν g_B είναι κάποιο από τα g_3, g_4, g_5 τότε το κατηγορημα είναι ψευδές. Όπως προκύπτει από τον ορισμό, τα δύο πρώτα αντικείμενα μπορούν να εναλλάσσονται, δηλαδή:

$$conductive(g_A, g_B, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR}) = conductive(g_B, g_A, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR}).$$

Τα αντικείμενα δεν είναι απαραίτητα διακριτά. Ως εκ τούτου, για $i = 1, 2, 3$, το

$$conductive(g_i, g_i, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR})$$

είναι αληθές αλλά για $i = 4, 5$ είναι ψευδές. Ομοίως, το

$$conductive(g_A, g_{INSULATOR}, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR})$$

είναι πάντα ψευδές. Γενικότερα, τα αντικείμενα μπορεί να έχουν κοινά σημεία. Συνεπώς, αν $g_B \subseteq g_{INSULATOR}$ τότε το

$$conductive(g_A, g_B, g_{CONDUCTOR}, g_{INSULATOR})$$

είναι πάντοτε ψευδές. Τα αντικείμενα μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου δεδομένων. Για παράδειγμα, αν g_{LINE_OUT} και g_{SURF_ALL} είναι τα χωρικά αντικείμενα που ορίστηκαν στο Υποκεφάλαιο 2.2, τότε για τα αντικείμενα του Σχήματος K3(b), το

$$conductive(g_i, g_{LINE_OUT}, g_{SURFACE_ALL}, g_1)$$

είναι αληθές για $i = 5, 6, 7$ αλλά είναι ψευδές για $i = 2, 3, 4$.

Το επόμενο κατηγορημα ορίζεται συναρτήσσει του $conductive$ και χρησιμοποιείται στους ορισμούς που ακολουθούν.

- $g_1 \text{ surrounds } g_2 \Leftrightarrow \neg conductive(g_2, g_{LINE_OUT}, g_{SURF_ALL}, g_1)$.

Συνεπώς, για τα αντικείμενα στο Σχήμα K3(b), το

$$g_1 \text{ surrounds } g_i$$

είναι αληθές για $i = 2, 3, 4$, αλλά είναι ψευδές για $i = 5, 6, 7$.

Σημειώνεται ότι, αντίθετα με το $conductive$,

$$g_1 \text{ surrounds } g_2 \neq g_2 \text{ surrounds } g_1.$$

Τα παρακάτω μονομελή κατηγορήματα μας επιτρέπουν να διαπιστώσουμε αν ένα χωρικό αντικείμενο είναι ενός συγκεκριμένου τύπου χωρικών δεδομένων και είναι χρήσιμα για την ανάκτηση δεδομένων

- $is_point(g) \Leftrightarrow g \in POINT$.
- $is_pure_line(g) \Leftrightarrow g \in PLINE$.
- $is_line(g) \Leftrightarrow g \in POINT \vee g \in PLINE$.
- $is_pure_surface(g) \Leftrightarrow g \in PSURFACE$.

- $is_surface(g) \Leftrightarrow g \in SURFACE.$
- $is_hybrid_surface(g) \Leftrightarrow g \in SURFACE \wedge g \notin LINE \cup PSURFACE.$
- $has_holes(g) \Leftrightarrow (is_pure_surface(g) \vee is_hybrid_surface(g)) \wedge (\exists qs \in Q_{PS})(g \text{ surrounds } qs) \wedge (qs \not\subseteq g).$

Τέλος, δύο κατηγορήματα πρακτικού ενδιαφέροντος είναι τα παρακάτω:

- $g_1 \text{ } cp \text{ } g_2 \Leftrightarrow g_1 \cap g_2 \neq \emptyset$ (g_1 και g_2 έχουν κοινά σημεία).
- $g_1 \text{ } disjoint \text{ } g_2 \Leftrightarrow g_1 \cap g_2 = \emptyset.$

–

Συναρτήσεις: Δίνεται ένας προκαταρκτικός ορισμός.

Ορισμός 9: Αν δοθούν δύο χωρικοί τύποι δεδομένων DT_1 και DT_2 , ο ελάχιστος κοινός τους υπερτύπος, $lcs(DT_1, DT_2)$ ορίζεται ως ο τύπος δεδομένων DT που ικανοποιεί τις δύο παρακάτω ιδιότητες:

- $DT_1 \cup DT_2 \subseteq DT.$
- If $DT_1 \cup DT_2 \subseteq DT'$ και $DT' \neq DT$ τότε $DT \subset DT'.$

Για παράδειγμα,

- $lcs(POINT, PLINE) = LINE,$
- $lcs(PLINE, PSURFACE) = SURFACE,$
- $lcs(PLINE, PLINE) = PLINE.$

Δεδομένου ότι ο ελάχιστος κοινός υπερτύπος δύο οποιονδήποτε αντικείμενων g_1 και g_2 είναι μοναδικός, λέγεται ότι g_1 και g_2 είναι χωρικά συμβατά. Αυτό επιτρέπει χωρικά αντικείμενα διαφορετικών τύπων δεδομένων να συμμετέχουν σε δυάδικες πράξεις συνόλων, όπως η ένωση, η διαφορά και η τομή. Παρά το γεγονός αυτό, ορίζονται οι παρακάτω συναρτήσεις μετασχηματισμών τύπων, που είναι χρήσιμες στις πράξεις.

- $to_point(g) = g \Leftrightarrow is_point(g).$
- $to_pure_line(g) = g \Leftrightarrow is_pure_line(g).$
- $to_line(g) = g \Leftrightarrow is_line(g).$
- $to_pure_surface(g) = g \Leftrightarrow is_pure_surface(g).$
- $to_surface(g) = g \Leftrightarrow is_surface(g).$
- Αν P_{k1}, P_{k2} είναι σημεία με συντεταγμένες $(i_{k1}, j_{k1}), (i_{k2}, j_{k2})$, αντίστοιχα, η απόσταση τους ορίζεται ως ο πραγματικός αριθμός

$$distance(P_{k1}, P_{k2}) = \sqrt{(i_{k2} - i_{k1})^2 + (j_{k2} - j_{k1})^2}.$$

Για την επέκταση αυτής της πράξης, ώστε να εφαρμόζεται σε δύο οποιαδήποτε χωρικά αντικείμενα, δίδεται αρχικά ένας ορισμός που επιστρέφει όλα τα καθαρά κβάντα ενός δοσμένου τύπου που είναι υποσύνολα του g .

Ορισμός 10: Αν g είναι ένα χωρικό αντικείμενο τότε

$$qpoints(g) \equiv \{q \mid q \subseteq g \wedge q \in Q_{POINT}\}.$$

- Έστω τώρα g_A και g_B δύο χωρικά αντικείμενα. Τότε ορίζεται ότι

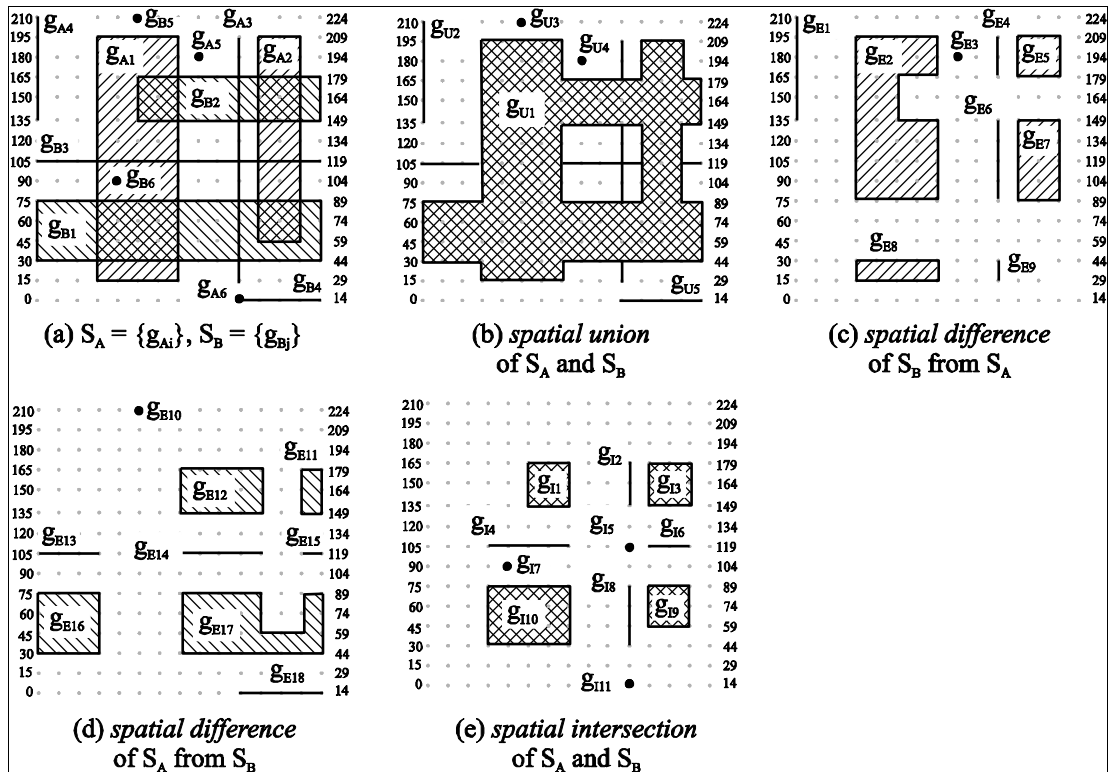
$$distance(g_A, g_B) = \min(distance(\{P_{A_i} \in qpoints(g_A)\}, \{P_{B_j} \in qpoints(g_B)\})).$$

2.4 Χωρικές Πράξεις

Στο Κεφάλαιο αυτό ορίζουμε πράξεις σε σύνολα χωρικών αντικειμένων. Χρήση αυτών των ορισμών δίδεται στο Κεφάλαιο 5, για τον ορισμό σχεσικών πράξεων. Η θεωρητική θεμελίωση διασφαλίζει ότι το αποτέλεσμα κάθε χωρικής πράξης αποτελείται από κλειστά αντικείμενα.

Ορισμός 11: Η χωρική ένωση (*spatial union*) δύο συνόλων με χωρικά αντικείμενα $S_A = \{g_{A_i} \mid i=1, 2, \dots, r\}$ και $S_B = \{g_{B_j} \mid j=1, 2, \dots, s\}$ είναι ένα σύνολο $S = \{g_{U_k} \mid k=1, 2, \dots, n\}$ ζένων χωρικών αντικειμένων και ορίζεται ως εξής: Για ένα κβάντο $q \in Q_{SURFACE}$ και ένα δοσμένο $k \in I$, $1 \leq k \leq n$,

$$q \subseteq g_{U_k} \Leftrightarrow (\exists i, 1 \leq i \leq r)(q \subseteq g_{A_i}) \vee (\exists j, 1 \leq j \leq s)(q \subseteq g_{B_j}).$$



Σχήμα K4 : Απεικόνιση της χωρικής ένωσης, χωρικής διαφοράς και χωρική τομής.

Για παράδειγμα, αν g_A και g_B είναι οποιοδήποτε ζεύγος χωρικών αντικειμένων του Σχήματος K1(a), τότε η αντίστοιχη τους *χωρική ένωση* δίδεται στο ίδιο σχήμα. Για άλλο ένα παράδειγμα, είναι, έστω τα S_A και S_B είναι τα σύνολα των χωρικών αντικειμένων στο Σχήμα K4(a) Τότε η *χωρική τους ένωση* είναι τα αντικείμενα στο Σχήμα K4(b).

Ορισμός 12: Η *χωρική διαφορά (spatial difference)* ενός συνόλου χωρικών αντικειμένων $S_B = \{g_{B_j} | j=1, 2, \dots, s\}$ από ένα άλλο σύνολο $S_A = \{g_{A_i} | i=1, 2, \dots, r\}$ είναι ένα σύνολο $S = \{g_{D_k} | k=1, 2, \dots, n\}$ ξένων χωρικών αντικειμένων και ορίζεται ως εξής: Για κάθε κβάντο $q \in Q_{SURFACE}$ και για ένα δοσμένο $k \in I, 1 \leq k \leq n$,

$$q \subseteq g_{D_k} \Leftrightarrow (\exists q' \in Q_{SURFACE}) ((q \subseteq q') \wedge (q' \subseteq g_{A_i}) \wedge (q' \not\subseteq g_{B_j})).$$

Για παράδειγμα, αν g_A και αν g_B είναι οποιοδήποτε από τα ζεύγη χωρικών αντικειμένων του Σχήματος K1(b), η *χωρική τους διαφορά* δίδεται στο ίδιο σχήμα. Σημειώνεται ότι, λόγω αυτού του ορισμού, εάν $S_A = \{g_A\}, S_B = \{g_B\}$, όπου (Σχήμα K1(b), περίπτωση (i)) το g_A είναι μια γνήσια επιφάνεια και το g_B είναι είτε μια γνήσια γραμμή που διασχίζει το g_A ή ένα σημείο του g_A τότε η *χωρική διαφορά* του S_B από το S_A ταυτίζεται πάντοτε με το S_A . Το ίδιο ισχύει επίσης αν το g_A (Σχήμα K1(b), περίπτωση (ix)) είναι γνήσια γραμμή και το g_B είναι είτε ένα σημείο του g_A είτε μια γνήσια γραμμή κάθετη

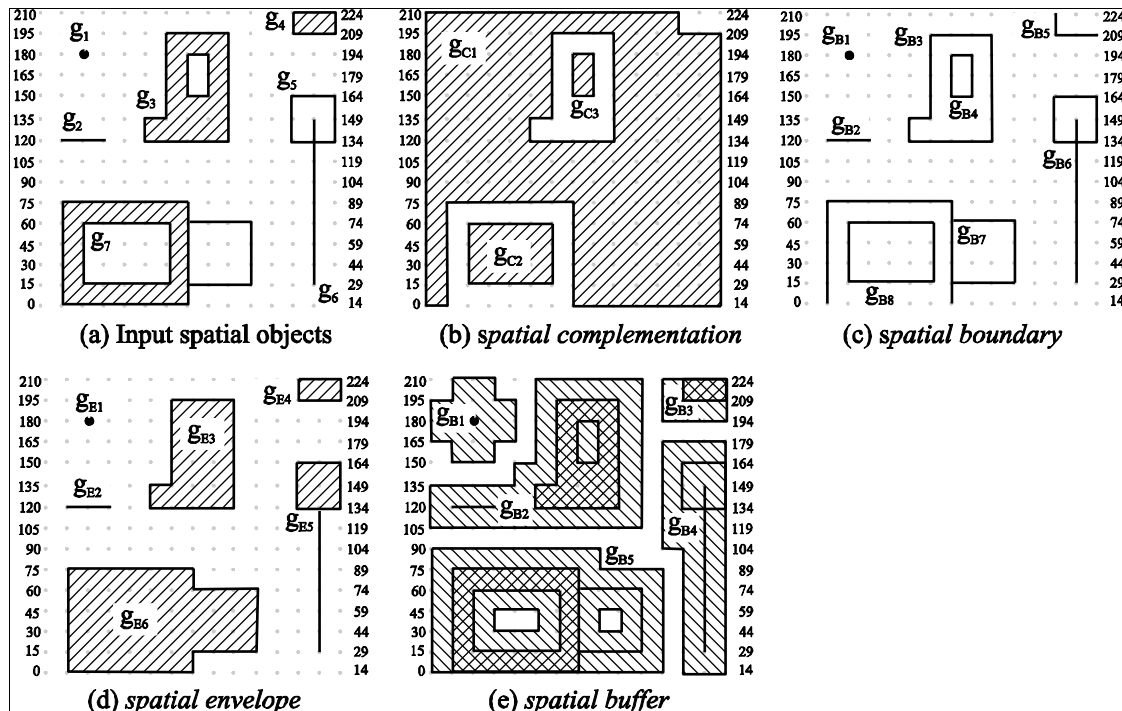
στο g_A . Αντίθετα (Σχήμα K1(b), περίπτωση (iv)), αν g_A είναι μια γνήσια γραμμή, και $g_A \subset g_B$ τότε $S = \emptyset$. Το ίδιο ισχύει αν το g_A είναι ένα σημείο το g_B είναι είτε μια γνήσια επιφάνεια (Σχήμα K1(b), περίπτωση (vii)) είτε μια γνήσια γραμμή (Σχήμα K1(b), περίπτωση (viii)) και $g_A \subset g_B$. Συνεπώς, η θεωρητική θεμελιώδη διασφαλίζει αποκλειστικά πως το αποτέλεσμα είτε αποτελείται από κλειστά χωρικά αντικείμενα είτε είναι το κενό σύνολο. Ως άλλο παράδειγμα, αν S_A και S_B είναι τα σύνολα των χωρικών αντικειμένων του Σχήματος K4(a) τότε, αντίστοιχα, η χωρική διαφορά του S_B από το S_A είναι τα αντικείμενα του Σχήματος K4(c). Ομοίως, η χωρική διαφορά του S_A από το S_B αποτελείται από τα αντικείμενα του Σχήματος K4(d).

Ορισμός 13: Η *χωρική τομή (spatial intersection)* δύο συνόλων με χωρικά αντικείμενα $S_A = \{g_{A_i} \mid i=1, 2, \dots, r\}$ και $S_B = \{g_{B_j} \mid j=1, 2, \dots, s\}$ είναι ένα σύνολο $S = \{g_{I_k} \mid k=1, 2, \dots, n\}$ ζένων χωρικών αντικειμένων και ορίζεται ως εξής: Για ένα κβάντο $q \in Q_{SURFACE}$ και ένα δοσμένο $k \in I, 1 \leq k \leq n$,

$$q \subseteq g_{I_k} \Leftrightarrow (\exists i, 1 \leq i \leq r)(q \subseteq g_{A_i}) \wedge (\exists j, 1 \leq j \leq s)(q \subseteq g_{B_j}).$$

Για παράδειγμα, αν g_A και g_B είναι οποιοδήποτε ζεύγος από τα χωρικά αντικείμενα του Σχήματος K1(c), τότε η αντίστοιχη χωρική τους τομή δίδεται στο ίδιο σχήμα. Ως άλλο παράδειγμα, αν S_A και S_B είναι τα σύνολα των χωρικών αντικειμένων του Σχήματος K4(a), τότε η χωρική τους τομή είναι τα αντικείμενα του Σχήματος K4(e).

Ορισμός 14: Το *χωρικό συμπλήρωμα (spatial complementation)* ενός συνόλου χωρικών αντικειμένων $S_B = \{g_{B_j} \mid j=1, 2, \dots, s\}$ είναι ένα σύνολο $S = \{g_{C_k} \mid k=1, 2, \dots, n\}$ ζένων χωρικών αντικειμένων, που ταυτίζεται με τη χωρική διαφορά του S_B από το $S_A = \{g_{SURF_ALL}\}$.



Σχήμα K5: Απεικόνιση της χωρική συμπληρωματικότητας, του χωρικού φακέλου, του χωρικού περιβλήματος και της χωρικής ζώνη επιρροής ζώνης επιρροής.

Υπενθυμίζεται ότι το g_{SURF_ALL} έχει ορισθεί στο παραπάνω Υποκεφάλαιο 2.2. Για παράδειγμα, αν S_B είναι το σύνολο των χωρικών αντικειμένων στο Σχήμα K5(a), τότε το χωρικό του συμπλήρωμα αποτελείται από τα χωρικά αντικείμενα του Σχήματος K5(b). Είναι αξιοσημείωτο ότι το χωρικό συμπλήρωμα των $\{g_{SURF_ALL}\}$ είναι το κενό σύνολο. Αυτό είναι αποτέλεσμα ταυτίζεται απόλυτα με το συμπλήρωμα του βασικού συνόλου στα μαθηματικά. Σημειώνεται επίσης ότι αν το S_B , αποτελείται από χωρικά αντικείμενα είτε του τύπου POINT είτε του τύπου PLINE τότε το χωρικό συμπλήρωμα είναι το $\{g_{SURF_ALL}\}$. Συνεπώς, το αποτέλεσμα αυτής της πράξης είναι πάλι είτε ένα σύνολο κλειστών χωρικών αντικειμένων είτε το κενό σύνολο.

Ορισμός 15: Αν $S_A = \{g_{A_i} \mid i=1, 2, \dots, r\}$ και το χωρικό του συμπλήρωμα είναι το $S_B = \{g_{B_i} \mid i=1, 2, \dots, s\}$ τότε το χωρικό σύνορο (*spatial boundary*) του S_A (και επίσης του S_B) είναι το σύνολο των ξένων χωρικών αντικειμένων που ορίζεται ως η την χωρική τομή του S_A με το S_B .

Για παράδειγμα, αν S_A είναι το σύνολο των χωρικών αντικειμένων στο Σχήμα K5(a), τότε το χωρικό του σύνορο αποτελείται από τα χωρικά αντικείμενα του Σχήματος K5(c). Αξίζει να σημειωθεί ότι αν το S_A αποτελείται μόνο από σημεία και γνήσιες γραμμές τότε το χωρικό του σύνολο είναι πάλι το S_A .

Αυτό το αποτέλεσμα ταυτίζεται πλήρως με το μαθηματικό ορισμό του συμπληρώματος ενός συνόλου σημείων και γραμμών.

Ορισμός 16: Ο χωρικός φάκελος (*spatial envelope*) ενός συνόλου αντικειμένων $S_A = \{g_{A_i} \mid i=1, 2, \dots, r\}$ είναι το σύνολο $S = \{g_{E_k} \mid k=1, 2, \dots, n\}$ ξένων χωρικών αντικειμένων που ορίζεται ως εξής: Για ένα κβάντο $q \in Q_{\text{SURFACE}}$ και ένα δοσμένο $k \in I, 1 \leq k \leq n$,

$$q \subseteq g_{B_k} \Leftrightarrow (\exists i, 1 \leq i \leq r)(\text{distance}(g_{A_i}, q) < d).$$

Για παράδειγμα, αν το S_A είναι αποτελείται από τα αντικείμενα του Σχήματος K5(a), τότε ο χωρικός του φάκελος αποτελείται από τα αντικείμενα του Σχήματος K5(d).

Ορισμός 17: Η χωρική ζώνη επιρροής (*spatial buffer*) ενός συνόλου αντικειμένων $S_A = \{g_{A_i} \mid i=1, 2, \dots, r\}$ σε απόσταση $d \in \mathbb{R}, d > 0$, είναι το σύνολο $S = \{g_{B_k} \mid k=1, 2, \dots, n\}$ των ξένων χωρικών αντικειμένων που ορίζεται ως εξής: Για κάθε κβάντο $q \in Q_{\text{PS}}$ και ένα δοσμένο $k \in I, 1 \leq k \leq n$,

$$q \subseteq g_{B_k} \Leftrightarrow (\exists i, 1 \leq i \leq r)(\text{distance}(g_{A_i}, q) < d).$$

Για παράδειγμα αν $S_A = \{g_1\}$ στο Σχήμα K5(a) τότε η χωρική ζώνη επιρροής μέσα σε απόσταση 1,1 είναι το σύνολο $\{g_{B1}\}$ του Σχήματος K5(e). Ομοίως, αν $S_A = \{g_2, g_3, g_4, g_5, g_6, g_7\}$ του Σχήματος K5(a) τότε η χωρική του ζώνη επιρροής μέσα σε απόσταση 1 είναι το σύνολο των αντικειμένων $\{g_{B2}, g_{B3}, g_{B4}, g_{B5}\}$ του Σχήματος K5(e).

2.5 Σχεσιακές Δομές και Πράξεις

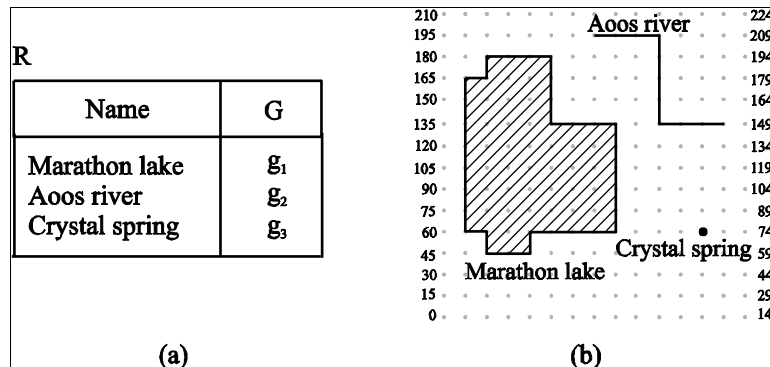
Τώρα ορίζουμε παρακατω οι σχεσιακες δομες δεδομενων (υποκεφαλαιο 5.5.1) και πραξεις της σχεσιακης αλγεβρας (υποκεφαλαιο 5.2 εως 5.7). οπως θα διαπιστωθει, εκτος απο τη *unfold* (υποκεφαλαιο κ2.5.3) ολες οι σχεσιακες πραξεις που οριζονται στα υποκεφαλαιο κ2.5.3 εως κ2.5.7 αποτελουν απλοποιηση των χωρικων πραξεων που ορισθηκαν στο προηγουμενο υποκεφαλαιο.

2.5.1 Σχεσιακές Δομές Δεδομένων

Μία σχέση ορίζεται με τον γνωστό τρόπο, με τη διαφορά ότι αν το πεδίο ορισμού ενός ή περισσότερων γνωρισμάτων είναι τώρα κάποιου χωρικού τύπου δεδομένων. Ένα σχεσιακό σχήμα δηλώνεται είτε με $R(\mathbf{A}, G)$ είτε με $R(\mathbf{A})$, όπου το \mathbf{A} αντιπροσωπεύει ένα σύνολο από ένα ή περισσότερα γνωρίσματα. Το G , ενδεχόμενα με κάποιο δείκτη, χρησιμοποιείται για να δηλωθεί ένα γνώρισμα κάποιου χωρικού τύπου δεδομένων. Συνεπώς, το $R(\mathbf{A}, G)$ δηλώνει ένα σχεσιακό σχήμα με

γνώρισμα $A \cup \{G\}$. Στην περίπτωση αυτή, το A μπορεί να είναι το κενό σύνολο. Ο συμβολισμός $A|DT$ χρησιμοποιείται περιστασιακά για να δηλωθεί ότι το DT που είναι ο τύπος δεδομένων του χαρακτηριστικού A . Μία πλειάδα της R συμβολίζεται ως (a, g) . Το Σχήμα Κ6(a) είναι παράδειγμα σχέσης με σχήμα.

$R(\text{Name} \mid \text{CHAR}(20), G \mid \text{SURFACE})$.



Σχήμα Κ6: Χωρικά αντικείμενα με την σχέση τους και την γεωγραφική τους αναπαράσταση.

Όπως μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα που καταχωρίζονται στο γνώρισμα G έχουν τη γεωμετρική αναπαράσταση ενός σημείου, μιας καθαρής γραμμής και μιας γνήσιας επιφάνειας. Ως εκ τούτου, ένας χάρτης μπορεί να θεωρηθεί ως η γεωμετρική απεικόνιση των χωρικών δεδομένων που έχουν καταχωρισθεί μια ή περισσότερες σχέσεις.

Μια σχέση που χρησιμοποιείται στη θεωρητική θεμελίωση είναι η $SUR_ALL(G \mid SURFACE)$, που αποτελείται από μια μόνο πλειάδα $t = (g_{SURF_ALL})$, όπου η g_{SURF_ALL} έχει οριστεί στο Κεφάλαιο 2.2.

Μια απαίτηση ορισμένων δυαδικών πράξεων είναι ότι χρησιμοποιούν σχέσεις που πρέπει να είναι συμβατές ως προς την ένωση. Συνεπώς, δίνουμε το σχετικό ορισμό

Ορισμός 18: Δύο n -άδικες σχέσεις R_1 και R_2 είναι συμβατές ως προς την ένωση τότε αν για όλα τα i , $1 \leq i \leq n$, το όνομα του i -οστού γνώρισματος της πρώτης ταυτίζεται με το i -οστό γνώρισμα της δεύτερης σχέσης και αμφότερα τα γνώρισμα έχουν τον ίδιο πεδίο ορισμού.

Τέλος, μερικές φορές είναι απαραίτητο να δίδεται ένα νέο όνομα σε κάποιο γνώρισμα μιας σχέσης. Ως εκ τούτου, το $R(G_1 \leftarrow G)$ δηλώνει ότι το G γνώρισμα της σχέσης R μετονομάζεται σε G_1 . Αυτή η μετονομασία μπορεί να εμφανιστεί μέσα σε έκφραση σχεσιακής άλγεβρας στην οποία συμμετέχει η R . Η υπόθεση είναι ότι η μετονομασία λαμβάνει χώρα πριν την εκτέλεση της πράξης της σχεσιακής άλγεβρας.

Αν οι R , R_1 και R_2 είναι οι σχέσεις, τότε το γενικό συντακτικό μιας μοναδιαίας (δυαδικής) σχεσιακής πράξης είναι

$$- \quad S = \text{Operation}[\text{Parameters}](R) \quad (S = R_1 \text{ Operation}[\text{Parameters}] R_2).$$

Το S είναι πάντα η σχέση-αποτέλεσμα. Οι παράμετροι μπορεί να λείπουν και διαφέρουν από τη μια πράξη σε άλλη. Οι πράξεις ορίζονται παρακάτω.

2.5.2 Συμβατικές Πράξεις

Όλες οι αλγεβρικές πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας του Codd υποστηρίζονται, και συνοψίζονται παρακάτω.

Project[A](R) (Το A είναι ένα υποσύνολο των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της R)

Select[F](R) (F είναι καλά σχηματισμένα, τύπος)

- $R_1 \text{ Union } R_2$

- $R_1 \text{ Except } R_2$

- $R_1 \text{ Intersect } R_2$

$R_1 \text{ Product } R_2$ (Καρτεσιανό Γινόμενο)

$R_1 \quad \text{INJoin } R_2$ (Εσωτερική Θ Σύνδεση)

$R_1 \quad \text{INJoin } R_2$ (Εσωτερική Φυσική Σύνδεση)

$R_1 \quad \text{LNJoin}R_2$ (Αριστερή Εσωτερική Φυσική)

$R_1 \quad \text{RNJoin}R_2$ (Δεξιά Εσωτερική Φυσική)

$R_1 \quad \text{FNJoin}R_2$ (Εσωτερική Φυσική)

Στην πράξη είναι πιο βολικό να καθοριστούν χωρικά αντικείμενα σταθερής τιμής μέσω μιας γραφικής διεπαφής με το χρήστη. Για λόγους πληρότητας, ωστόσο, στο σημείο αυτό ορίζουμε σταθερές για χωρικά κβάντα που ενδέχεται να μετέχουν σε μια καλή διαμορφωμένη έκφραση. Αρχικά, ένα κβάντο καθορίζεται από τον τακτικό του αριθμό, του οποίου προηγείται ένας από τους χαρακτήρες P, H, V και S, ανάλογα με τον τύπο του, δηλαδή *σημείο, γνήσια οριζόντια γραμμή, γνήσια κάθετη γραμμή και γνήσια επιφάνεια* αντίστοιχα. Παραδείγματα είναι τα P3, H4, V5 και S6. Με βάση από, μία χωρική σταθερά ορίζεται ως μια ακολουθία χωρικών κβάντων που περικλείονται σε άπλα εισαγωγικά (''), της οποίας προηγείται μια από τις λέξεις-κλειδιά POINT, PLINE, LINE, PSURFACE, SURFACE, που καθορίζει τον τύπο των χωρικών δεδομένων. Η σύμβαση αυτή ταυτίζεται απόλυτα με την SQL:1999 για τους τύπους του DATE, TIME, TIMESTAMP και INTERVAL. Με αναφορά στο Σχήμα 2.5.2.α (b), δύο παραδείγματα είναι

PLINE 'H137H138H139H140',

PSURFACE 'S62S63S64S65S77S78S79S92S93S94S107'.

R_1	R_2	INJ	LNJ	RNJ	FNJ																																																
<table border="1"> <tr><th>A</th><th>C</th></tr> <tr><td>a_1</td><td>c_1</td></tr> <tr><td>a_2</td><td>c_2</td></tr> </table>	A	C	a_1	c_1	a_2	c_2	<table border="1"> <tr><th>C</th><th>B</th></tr> <tr><td>c_2</td><td>b_1</td></tr> <tr><td>c_3</td><td>b_2</td></tr> </table>	C	B	c_2	b_1	c_3	b_2	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>C</th><th>B</th></tr> <tr><td>a_2</td><td>c_2</td><td>b_1</td></tr> </table>	A	C	B	a_2	c_2	b_1	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>C</th><th>B</th></tr> <tr><td>a_1</td><td>c_1</td><td></td></tr> <tr><td>a_2</td><td>c_2</td><td>b_1</td></tr> </table>	A	C	B	a_1	c_1		a_2	c_2	b_1	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>C</th><th>B</th></tr> <tr><td>a_2</td><td>c_2</td><td>b_1</td></tr> <tr><td></td><td>c_3</td><td>b_2</td></tr> </table>	A	C	B	a_2	c_2	b_1		c_3	b_2	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>C</th><th>B</th></tr> <tr><td>a_1</td><td>c_1</td><td></td></tr> <tr><td>a_2</td><td>c_2</td><td>b_1</td></tr> <tr><td></td><td>c_3</td><td>b_2</td></tr> </table>	A	C	B	a_1	c_1		a_2	c_2	b_1		c_3	b_2
A	C																																																				
a_1	c_1																																																				
a_2	c_2																																																				
C	B																																																				
c_2	b_1																																																				
c_3	b_2																																																				
A	C	B																																																			
a_2	c_2	b_1																																																			
A	C	B																																																			
a_1	c_1																																																				
a_2	c_2	b_1																																																			
A	C	B																																																			
a_2	c_2	b_1																																																			
	c_3	b_2																																																			
A	C	B																																																			
a_1	c_1																																																				
a_2	c_2	b_1																																																			
	c_3	b_2																																																			
Original Relations (a)		Inner Natural Join (b)	Left Natural Join (c)	Right Natural Join (d)	Full Natural Join (e)																																																

Σχήμα K7: Απεικόνιση των Φυσικής Ένωσης (Natural Join) πράξεων.

Οι τέσσερις τελευταίες των παραπάνω σχεσιακών πράξεων που απαιτούνται για τον ορισμό μιας σειράς πράξεων *Επικάλυψης* (Overlay) (Ορισμός 24). Ως εκ τούτου, το Σχήμα K7 μας υπενθυμίζει τη λειτουργικότητά τους μέσω παραδειγμάτων.

Τέλος, υπενθυμίζουμε ότι όλοι οι χωρικοί τύποι δεδομένων είναι συμβατοί (Υποκεφάλαιο 2.3). Προς συμμόρφωση όμως με την απαίτηση της συμβατότητας ως προς την ένωση, μερικές φορές είναι απαραίτητο να μετασχηματίσουμε δυο διαφορετικούς τύπων δεδομένων στον ελάχιστο κοινό υπερτύπο τους (Ορισμός 9). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση της επόμενης πράξης, η οποία επιτρέπει την αξιοποίηση των πράξεων μετασχηματισμών τύπων, που ορίστηκαν στο Υποκεφάλαιο K2.3.

Ορισμός 19: Έστω μια σχέση R με σχήμα $R(\mathbf{A})$ και ότι f_1, f_2, \dots, f_m είναι συναρτήσεις που εφαρμόζονται, αντίστοιχα στα σύνολα των γνωρισμάτων $\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_m \subseteq \mathbf{A}$. Τότε το σχήμα της σχέσης - αποτέλεσμα που προκύπτει από την πράξη *Υπολογισμός* (Compute) και το περιεχόμενό της ορίζεται ως

$$C = \text{Compute}[C_1 := f_1(\mathbf{A}_1), C_2 := f_2(\mathbf{A}_2), \dots, C_m := f_m(\mathbf{A}_m)](R)$$

$$C = \{(\mathbf{a}, c_2, c_2, \dots, c_m) \mid ((\mathbf{a}) \in R) \wedge (c_1 := f_1(\mathbf{a}_1)) \wedge (c_2 := f_2(\mathbf{a}_2)) \wedge \dots \wedge (c_m := f_m(\mathbf{a}_m))\}$$

Το σχήμα - αποτέλεσμα είναι η $C(\mathbf{A}, C_1, C_2, \dots, C_m)$ και το πεδίο ορισμού του γνωρίσματος $C_i, 1 \leq i \leq n$, είναι εκείνο που προκύπτει από την εφαρμογή της αντίστοιχης συνάρτησης f_i . Ως παράδειγμα, εάν το σχήμα της σχέσης είναι $R(\mathbf{A} \mid \text{INTEGER}, \mathbf{B} \mid \text{INTEGER})$ και

$$C = \text{Compute}[C := \mathbf{A} + \mathbf{B}, D := \mathbf{A} - \mathbf{B}](R)$$

τότε η σχέση-αποτέλεσμα έχει, αντίστοιχα, σχήμα και περιεχόμενο.

$$C(\mathbf{A} \mid \text{INTEGER}, \mathbf{B} \mid \text{INTEGER}, C \mid \text{INTEGER}, D \mid \text{INTEGER}),$$

$$\{(a, b, c, d) \mid ((a, b) \in R) \wedge (c = a + b) \wedge (d = (a - b))\}.$$

2.5.3 Πρόσθετες Βασικές Πράξεις

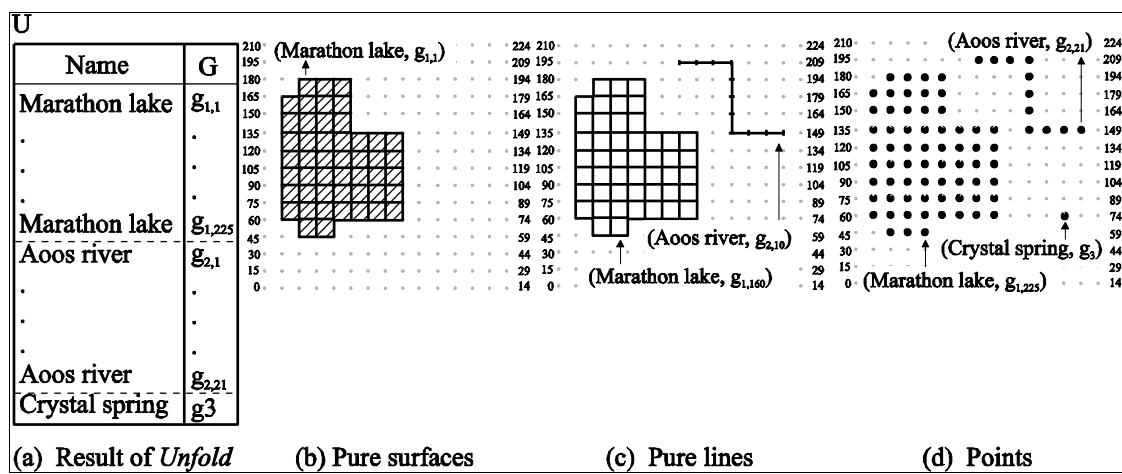
Τώρα ορίζονται δυο ακόμη βασικές πράξεις, η *Unfold* και η *Fold*. Η χρήση τους, σε συνδυασμό με τις πράξεις των προηγούμενων υποκεφαλαίων, επιτρέπουν τον ορισμό όλων των υπόλοιπων πράξεων.

Πράξη Unfold: Αν $R(A, G)$ είναι το σχήμα μίας σχέσης και (a, g) είναι οποιαδήποτε από τις πλειάδες της τότε η $Unfold[G](R)$ αποδίδει στη σχέση-αποτέλεσμα το σύνολο των πλειάδων $\{(a, g_i)\}$, όπου $\{g_i\}$ αποτελείται από άλλη τη χωρική κβάντα που είναι υποσύνολο το g . Ο ορισμός έχει ως εξής

Ορισμός 20: Αν R είναι η σχέση με σχήμα $R(A, G)$ τότε $U = Unfold[G](R)$ έχει σχήμα $U(A, G)$ και η επέκταση

$$- \quad \{(a, q_i) \mid q_i \in Q_{SURFACE} \wedge q_i \subseteq g \wedge (a, g) \in R\}.$$

Αν ο τύπος δεδομένων είναι του R . G είναι (i) POINT (ii) PLINE, LINE (iii) PSURFACE, SURFACE τότε $U.G$ είναι (i) POINT (ii) PLINE, LINE (iii) SURFACE αντίστοιχα.



Σχήμα K8: Απεικόνιση της πράξης *Unfold*.

Για παράδειγμα, αν R είναι η σχέση στο Σχήμα K6 τότε U είναι η σχέση στο Σχήμα K8(a). Η γεωμετρική αναπαράσταση των χωρικών δεδομένων που καταχωρίζονται στο $U.G$ είναι κβαντικές επιφάνειες πολύγωνα (Σχήμα K8(b)), κβαντικές γραμμές (Σχήμα K8(c)) και κβαντικά σημεία (Σχήμα K8(d)).

Πράξη Fold: Είναι η αντίστροφη της *Unfold*. Αν $R(A, G)$ είναι το σχήμα μιας σχέσης και $\{(a, g_i)\}$ είναι το υποσύνολο όλων των πλειάδων της R με τις ίδιες τιμές για τα χαρακτηριστικά A τότε η $Fold[G](R)$ αποδίδει στη σχέση-αποτέλεσμα το σύνολο των πλειάδων $\{(a, g_k)\}$, όπου $\{g_k\}$ είναι η χωρική ένωση των $\{g_i\}$. Λόγω αυτής της ιδιότητας, λέγεται ότι μια πράξη που εφαρμόζεται σε ένα σύνολο χωρικών αντικειμένων (χωρική εκφραση στη περίπτωσή μας) *εκχύνεται* στο σχεσιακό μοντέλο ως μια σχεσιακή αλγεβρική πράξη που εφαρμόζεται σε μία σχέση. Δοθέντος μάλιστα ότι η εφαρμογή της χωρικής πράξης μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της αντίστοιχης πράξης σχεσιακής άλγεβρας, μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι μια χωρική πράξη εκφυλίζεται σε μια πράξη σχεσιακής

άλγεβρας. Η ιδιότητα αυτή ικανοποιείται από όλες τις υπόλοιπες αλγεβρικές πράξεις που ορίζονται. Ο ορισμός της *Fold* έχει ως εξής:

Ορισμός 21: Αν R είναι μία σχέση με σχήμα $R(\mathbf{A}, G)$ τότε η $F = Fold[G](R)$ έχει σχήμα $F(\mathbf{A}, G)$ και η περιεχόμενο

$$\{(\mathbf{a}, g = \cup_{i=1}^n g_i) \mid (g \text{ είναι συνδεδεμένο}) ((\mathbf{a}, g_i) \in R, i = 1, 2, \dots, n) \wedge ((\nexists (\mathbf{a}, g_k) \in R, k \neq 1, 2, \dots, n) (g \cup g_k \text{ είναι συνδεδεμένο}))\}.$$

Ο τύπος δεδομένων της $F.G$ ταυτίζεται με εκείνο της $R.G$. Για παράδειγμα, έστω ότι $R = \{(\mathbf{a}, g_A), (\mathbf{a}, g_B)\}$, όπου g_A και g_B είναι τα χωρικά αντικείμενα που εμφανίζονται, σε μια από τις περιπτώσεις του Σχήματος 1(a). Τότε η F περιέχει μια πλειάδα (\mathbf{a}, g_i) για κάθε g_i της χωρικής ένωσης των $\{g_A\}$ και $\{g_B\}$, που εμφανίζονται στην ίδια σχήμα. Ως ένα ακόμη παράδειγμα, έστω $R = \{(\mathbf{a}, g_{A_i})\} \cup \{(\mathbf{a}, g_{B_j})\}$, όπου g_{A_i} και g_{B_j} παρουσιάζονται στο Σχήμα 4(a). Τότε, ομοίως, η F περιέχει μια πλειάδα (\mathbf{a}, g_i) για κάθε ξεχωριστό αντικείμενο που απεικονίζεται στο Σχήμα 4(b).

2.5.4 Κβαντικές Πράξεις

Ορίζονται τρεις κβαντικές πράξεις (Quantum Operations). Ως μια άτυπη περιγραφή, έστω ότι το σχήμα δύο συμβατών ως προς την ένωση σχέσεων είναι $R_1(\mathbf{A}, G), R_2(\mathbf{A}, G)$. Έστω επίσης ότι

$$S_1 = \{(\mathbf{a}, g_i) \in R_1\} \quad (S_2 = \{(\mathbf{a}, g_j) \in R_2\})$$

είναι υποσύνολο της $R_1 (R_2)$, που αποτελείται από όλες τις πλειάδες που έχουν την ίδια τιμή για το γνώρισμα \mathbf{A} .

Για αυτές τις S_1, S_2 και S_2 , η

- *Κβαντική Ένωση*, $QU = R_1 \cup QUnion[G] R_2$,
- *Κβαντική Διαφορά*, $QE = R_1 \setminus QExcept[G] R_2$,
- *Κβαντική Τομή*, $QI = R_1 \cap QIntersect[G] R_2$,

δίδει στη σχέση-αποτέλεσμα το σύνολο των πλειάδων $\{(\mathbf{a}, g_k)\}$, όπου $\{g_k\}$ είναι, αντίστοιχα, η

- *χωρική ένωση* των $\{g_i\}$ και $\{g_j\}$,
- *χωρική διαφορά* των $\{g_j\}$ από το $\{g_i\}$,
- *χωρική τομή* των $\{g_i\}$ και $\{g_j\}$,

Οι πράξεις ορίζονται ως εξής:

Ορισμός 22: Έστω ότι οι $R_1(\mathbf{A}, G), R_2(\mathbf{A}, G)$ είναι συμβατές ως προς την ένωση. Τότε ορίζονται ως εξής:

Κβαντική Ένωση:

$$R_1 \text{ QUnion}[G]R_2 = \text{Fold}[G](\text{Unfold}[G](R_1) \text{ Union } \text{Unfold}[G](R_2)).$$

Κβαντική Διαφορά:

$$R_1 \text{ QExcept}[G]R_2 = \text{Fold}[G](\text{Unfold}[G](R_1) \text{ Except } \text{Unfold}[G](R_2)).$$

Κβαντική Τομή:

$$R_1 \text{ QIntersect}[G]R_2 = \text{Fold}[G](\text{Unfold}[G](R_1) \text{ Intersect } \text{Unfold}[G](R_2)).$$

Ως παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι $R_1 = \{(\mathbf{a}, g_A)\}$ και $R_2 = \{(\mathbf{a}, g_B)\}$, δηλαδή καθεμία από αυτές αποτελείται από μια πλειάδα, όπου g_A και g_B είναι τα χωρικά αντικείμενα που εμφανίζονται σε μια από τις περιπτώσεις του Σχήματος K1(a) (Σχήματος K1(b), Σχήματος K1(c)). Τότε η QU(QE, QI) περιέχει μια πλειάδα (\mathbf{a}, g_i) για κάθε g_i στη χωρική ένωση (διαφορά, τομή). Κάθε g_i εμφανίζεται επίσης στο ίδιο σχήμα.

Ως ένα ακόμη παράδειγμα, έστω $R_1 = \{(\mathbf{a}, g_{Ai})\}$ και $R_2 = \{(\mathbf{a}, g_{Bj})\}$, όπου g_{Ai} και g_{Bj} παρουσιάζονται στο Σχήμα K4(a). Τότε, ομοίως, η QU(QE, QI) περιέχει μια πλειάδα (\mathbf{a}, g_i) για κάθε ξεχωριστό αντικείμενο που εμφανίζεται στο Σχήμα K4(b) (Σχήμα K4(c), Σχήμα K4(e)).

2.5.5 Πράξεις ανά Ζεύγη

Μολονότι πρακτικά χρήσιμες, οι *Κβαντικές* πράξεις μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε δύο σχέσεις συμβατές ως προς την ένωση. Γενικότερα, όμως, είναι χρήσιμο να επιτευχθεί η χωρική ένωση, η χωρική διαφορά και χωρική τομή σύνολων χωρικών αντικειμένων που είναι αποθηκευμένα και σε σχέσεις μη συμβατές ως προς την ένωση. Αυτό επιτυγχάνεται με τις *Πράξεις ανά Ζεύγη (Pair-Wise)*. Για μια άτυπη περιγραφή, έστω ότι δύο σχήματα είναι τα $R_1(\mathbf{A}, G)$ και $R_2(\mathbf{B}, G)$, $\mathbf{A} \cap \mathbf{B} = \emptyset$. Έστω ακόμη ότι

$$S_1 = \{(\mathbf{a}, g_i) \in R_1\} \quad (S_2 = \{(\mathbf{b}, g_j) \in R_2\})$$

είναι το υποσύνολο της R_1 (R_2), που αποτελείται από όλες τις πλειάδες με την ίδια τιμή στο γνώρισμα \mathbf{A} (\mathbf{B}).

Γι' αυτό τα S_1 και S_2 , η

- *Ένωση Ανα Ζεύγη*, $WU = R_1 \text{ WUnion}[G] R_2$,
- *Διαφορά Ανα Ζεύγη*, $WE = R_1 \text{ WExcept}[G] R_2$,
- *Τομή Ανα Ζεύγη*, $WI = R_1 \text{ WIntersect}[G] R_2$,

Δίδει στη σχέση-αποτέλεσμα το σύνολο των πλειάδων $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_k, g_k)$, όπου $\{g_k\}$ είναι, αντίστοιχα, η

- *χωρική ένωση* των $\{g_i\}$ και $\{g_j\}$,
- *χωρική διαφορά* του $\{g_j\}$ από το $\{g_i\}$,
- *χωρική τομή* των $\{g_i\}$ και $\{g_j\}$.

Ο ορισμός έχει ως εξής:

Ορισμός 23: Έστω ότι R_1, R_2 είναι οι σχέσεις με σχήματα $R_1(\mathbf{A}, G), R_2(\mathbf{B}, G)$, αντίστοιχα, όπου $\mathbf{A} \cap \mathbf{B} = \emptyset$, και $R_1.G, R_2.G$ είναι του ίδιου τύπου δεδομένων. Αν

$$WR_1 = Project[A, B, G](R_1 Product R_2 (G_1 \leftarrow G)),$$

$$WR_2 = Project[A, B, G](R_1 (G_1 \leftarrow G) Product R_2),$$

Τότε ορίζονται οι παρακάτω πράξεις.

$$Ένωση \text{ Ανα Ζεύγη: } WU = R_1 \quad WUnion[G] \quad R_2 \quad \equiv \quad WR_1 \quad QUnion[G] \quad WR_2.$$

$$Διαφορά \text{ Ανα Ζεύγη: } WI = R_1 \quad WExcept[G] \quad R_2 \quad \equiv \quad WR_1 \quad QExcept[G] \quad WR_2.$$

$$Τομή \text{ Ανα Ζεύγη: } WE = R_1 \quad WIntersect[G] \quad R_2 \quad \equiv \quad WR_1 \quad QIntersect[G] \quad WR_2.$$

Εξ ορισμού, τα γνωρίσματα αμοτέρων των WR_1 και WR_2 είναι $\mathbf{A}, \mathbf{B}, G$, συνεπώς, το ίδιο ισχύει και για τη σχέση-αποτέλεσμα. Σημειώνεται επίσης ότι αν $(\mathbf{a}, g_1) \in R_1$ και $(\mathbf{b}, g_2) \in R_2$ τότε $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_1) \in WR_1$ και $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_2) \in WR_2$. Συνεπώς, το περιεχόμενο της σχέσης-αποτέλεσμα είναι αυτό που προκύπτει από την εφαρμογή της αντίστοιχης κβαντικής πράξης.

Ως παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι $R_1 = \{(\mathbf{a}, g_A)\}$ και $R_2 = \{(\mathbf{b}, g_B)\}$, δηλαδή καθεμία από αυτές αποτελείται από μια πλειάδα, όπου g_A και g_B είναι τα χωρικά αντικείμενα που εμφανίζονται σε μια από τις περιπτώσεις στου Σχήματος K1(a) (Σχήμα K1(b), Σχήμα K1(c)). Τότε η $WU(WE, WI)$ περιέχει μια πλειάδα $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_i)$ για κάθε g_i στη χωρική ένωση. Κάθε g_i εμφανίζεται επίσης στο ίδιο σχήμα.

Ως άλλο παράδειγμα, έστω $R_1 = \{(\mathbf{a}, g_{Ai})\}$ και $R_2 = \{(\mathbf{b}, g_{Bj})\}$, όπου g_{Ai} και g_{Bj} παρουσιάζονται στο Σχήμα K4(a). Τότε, ομοίως, η $WU(WE, WI)$ περιέχει μια πλειάδα $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_i)$ για κάθε ξεχωριστό αντικείμενο που απεικονίζεται στο Σχήμα K4(b) (Σχήμα K4(c), Σχήμα K4(e)).

Ένα πλεονέκτημα αυτών των πράξεων αυτών είναι ότι αν κάποια από τα γνωρίσματα του \mathbf{A} συνιστούν πρωτεύον κλειδί της R_1 και το ίδιο ισχύει και για κάποια από τα γνωρίσματα του \mathbf{B} , τότε τα οποία είναι πρωτεύον κλειδί του R_2 , τότε είναι εφικτό να εντοπίσουμε τις πλειάδες τη R_1 και R_2 από τις οποίες προέκυψε κάποια πλειάδα $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g)$ στη σχέση-αποτέλεσμα.

2.5.6 Πράξεις Επικάλυψης

Έχουν οριστεί τέσσερις τέτοιες πράξεις. Για μια άτυπη περιγραφή, έστω δύο σχήματα είναι $R_1(\mathbf{A}, G), R_2(\mathbf{B}, G), \mathbf{A} \cap \mathbf{B} = \emptyset$. Έστω ακόμη ότι

$$S_1 = \{(\mathbf{a}, g_i) \in R_1\} \quad (S_2 = \{(\mathbf{b}, g_i) \in R_2\})$$

είναι το υποσύνολο του R_1 (R_2) αποτελείται από όλες τις πλειάδες με την ίδια τιμή για τα γνωρίσματα \mathbf{A} (\mathbf{B}). Αυτές οι πλειάδες δίδουν στην

Εσωτερική Επικάλυψη $IO = R_1 IOverlay[G] R_2$

το σύνολο $\{(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_{Ik})\}$, όπου $\{g_{Ik}\}$ είναι η χωρική τομή των $\{g_{Ai}\}$ και $\{g_{Bj}\}$,

Αριστερή Επικάλυψη $LO = R_1 LOverlay[G] R_2$

το σύνολο $IO \cup \{(\mathbf{a}, \text{null}, g_{EK})\}$, όπου $\{g_{EK}\}$ είναι η χωρική διαφορά του $\{g_{Bj}\}$ από το $\{g_{Ai}\}$,

Δεξιά Επικάλυψη $RO = R_1 ROverlay[G] R_2$

το σύνολο $IO \cup \{(\text{null}, \mathbf{b}, g_{EK})\}$, όπου $\{g_{EK}\}$ είναι η χωρική διαφορά του $\{g_{Ai}\}$ από το $\{g_{Bj}\}$,

Πλήρης Επικάλυψη $FO = R_1 FOverlay[G] R_2$

το σύνολο $IO \cup LO \cup RO$. Οι πράξεις ορίζεται με τη βοήθεια της αντίστοιχης *Φυσικής Σύνδεσης* (*Natural Join*).

Ορισμός 24: Έστω $R_1 (\mathbf{A}, G)$, $R_2 (\mathbf{B}, G)$, είναι τα σχήματα των δύο σχέσεων, όπου $\mathbf{A} \cap \mathbf{B} = \emptyset$, και έστω ότι $R_1.G$, $R_2.G$ είναι του ίδιου τύπου δεδομένα. Έστω ότι

$$- \quad UR_1 = Unfold[G](R_1), UR_2 = Unfold[G](R_2).$$

Τότε ορίζονται οι ακόλουθες πράξεις.

Inner Overlay: $IO = R_1 IOverlay[G] R_2 \equiv Fold[G](UR_1 INJoin UR_2)$.

Left Overlay: $LO = R_1 LOverlay[G] R_2 \equiv Fold[G](UR_1 LNJoin UR_2)$.

Right Overlay: $RO = R_1 ROverlay[G] R_2 \equiv Fold[G](UR_1 RNJoin UR_2)$.

Full Overlay: $FO = R_1 FOverlay[G] R_2 \equiv Fold[G](UR_1 FNJoin UR_2)$.

Τα γνωρίσματα της σχέσης-αποτέλεσμα είναι \mathbf{A} , \mathbf{B} και G . Για παράδειγμα, έστω $R_1 = \{(\mathbf{a}, g_{Ai})\}$ και $R_2 = \{(\mathbf{b}, g_{Bj})\}$, όπου g_{Ai} και g_{Bj} φαίνεται στο Σχήμα K4(a), και έστω

$I = \{(\mathbf{a}, \mathbf{b}, g_{Ik})\}$, όπου g_{Ik} βρίσκεται στο Σχήμα K4(e),

$L = \{(\mathbf{a}, \text{null}, g_{EK})\}$, όπου g_{EK} βρίσκεται στο Σχήμα K4(e),

$R = \{(\text{null}, \mathbf{b}, g_{EK})\}$, όπου g_{EK} βρίσκεται στο Σχήμα K4(d).

Τότε το περιεχόμενο της σχέσεως

$IO = R_1 IOverlay[G] R_2$ ταυτίζεται με εκείνη της σχέσεως I .

$LO = R_1 LOverlay[G] R_2$ ταυτίζεται με εκείνη της σχέσεως L Ένωση I .

$RO = R_1 ROverlay[G] R_2$ ταυτίζεται με εκείνη της σχέσεως I Ένωση R .

$FO = R_1 FOverlay[G] R_2$ ταυτίζεται με εκείνη της σχέσεως $(L$ Ένωση $I)$ Ένωση R .

Είναι εύκολο να επαληθεύσουμε ότι $R_1 IOverlay [G] R_2 \equiv R_1 WIntersect [G] R_2$. Εναλλακτικά, αυτές οι πράξεις μπορούν να οριστούν συναρτήσει της *Compute*. Για παράδειγμα, η $FO = R_1 FOverlay [G] R_2$ μπορεί να προκύψει από την επόμενη ακολουθία πράξεων.

1. $TR_1 = Project[G](R_1)$

2. $TR_2 = Project[G](R_2)$
3. $TR_3 = R_1 WExcept[G] TR_2$
4. $TR_4 = R_2 WExcept[G] TR_1$
5. $I = R_1 WIntersect[G] R_2$
6. $L = Compute[B := null](TR_3)$
7. $R = Compute[A := null](TR_4)$
8. $P = I Union L$
9. $FO = P Union R.$

2.5.7 Πρόσθετες Μοναδιαίες Πράξεις

Οι πράξεις που ορίζονται σ' αυτό το υποκεφάλαιο επιτρέπουν την εισαγωγή στο σχεσιακό μοντέλο της λειτουργικότητας των πράξεων που ορίστηκαν στους ορισμούς 14-17. Για μια άτυπη περιγραφή των τριών πρώτων, έστω μια σχέση με σχήμα $R(A, G)$. Έστω επίσης ότι $\{(a, g_i)\}$ είναι ένα υποσύνολο της R που αποτελείται από όλες τις πλειάδες με την ίδια τιμή για το γνώρισμα A . Όταν εφαρμόζεται η

Πράξη $[G](R)$,

οι παραπάνω πλειάδες δίνουν ως αποτέλεσμα στη σχέση-αποτέλεσμα το σύνολο των πλειάδων $\{(a, g_j)\}$ όπου, ανάλογα με τον τύπο της *Πράξη*, $\{g_j\}$ είναι το χωρικό συμπλήρωμα, το χωρικό σύνορο και ο χωρικός φάκελος του $\{g_i\}$. Ομοίως, επιτυγχάνεται η χωρική ζώνη επιρροής του $\{g_i\}$ με τη διαφορά ότι τώρα η αντίστοιχη πρώτη έχει δυο παραμέτρους. Σε όλες τις πράξεις, μπορούμε να επαληθεύσουμε ότι το σχήμα της σχέσεως-αποτέλεσμα ταυτίζεται με εκείνο της σχέσεως εισόδου. Αν $SURF_ALL(G)$ είναι η σχέση που ορίστηκε στην Υποκεφάλαιο 2.5.1, οι ορισμοί είναι οι ακόλουθοι

Ορισμός 25: Αν το σχήμα μιας σχέσεως είναι $R(A, G | SURFACE)$, τότε ορίζεται ότι

$$C = Complementation[G](R) \equiv SURF_ALL WExcept[G] R.$$

Για παράδειγμα, έστω $R = \{(a, g_i)\}$, όπου η γεωμετρική απεικόνιση για κάθε g_i δίδεται στο Σχήμα K5(a). Τότε $C = \{(a, g_{ck})\}$, όπου η γεωμετρία για κάθε g_{ck} δίδεται στο Σχήμα K5(c).

Ορισμός 26: Αν το σχήμα μιας σχέσεως είναι $R(A, G | SURFACE)$, τότε η

$$B = Boundary[G](R)$$

ορίζεται από την παρακάτω ακολουθία πράξεων.

1. $TR_1 = Complementation[G](R)$
2. $B = TR_1 QIntersect[G] R.$

Για παράδειγμα, αν $R = \{(a, g_i)\}$, όπου η γεωμετρική παρουσίαση του κάθε g_i δίδεται στο Σχήμα K5(a), τότε $B = \{(a, g_{bk})\}$, όπου η γεωμετρική απεικόνιση κάθε g_{bk} δίδεται στο Σχήμα K5(c).

Ορισμός 27: Αν το σχήμα μιας σχέσεως είναι $R(\mathbf{A}, G \mid \text{SURFACE})$, τότε η

$$E = \text{Envelope}[G](R)$$

ορίζεται από την παρακάτω ακολουθία πράξεων.

1. $TR_1 = \text{Fold}[G](R)$
2. $TR_2 = \text{Unfold}[G](\text{SURF_ALL})$
3. $TR_3 = TR_1(G_1 \leftarrow G) \text{ITJoin} [G_1 \text{ surrounds } G] TR_2$
4. $TR_4 = \text{Project}[A, G](TR_3)$
5. $E = \text{Fold}[G](TR_4)$

Για παράδειγμα, αν $R = \{(\mathbf{a}, g_i)\}$, όπου η γεωμετρική απεικόνιση του κάθε g_i δίδεται στο Σχήμα K5(a), τότε $E = \{(\mathbf{a}, g_{EK})\}$, όπου η για κάθε g_{EK} δίδεται στο Σχήμα K5(d). Μία σύγκριση του Σχήμα K5(a) με το Σχήμα K5(d) δείχνει ότι ο Φάκελος εξαλείφει τις τρύπες μιας γνήσιας επιφάνειας και δίδει τη μια γνήσια επιφάνεια που περιβάλλεται από μια κλειστή γραμμή. Σημειώνουμε όμως ότι ένας κατάλληλος συνδυασμός του Φακέλου με τις πράξεις που ορίσαμε μέχρι στιγμής επιτρέπουν να περιορίσουμε τη λειτουργικότητα σε μόνο μια από αυτές τις δυο λειτουργικότητας.

Ορισμός 28: Έστω ότι το σχήμα μιας σχέσεως είναι $R(\mathbf{A}, D \mid \text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ}, G \mid \text{SURFACE})$, και έστω ότι κάθε μεταβλητή d που καταχωρίζεται στο γνώρισμα D ικανοποιεί τη συνθήκη $d > 0$. Τότε η

$$B = \text{Buffer}[D, G](R)$$

ορίζεται από την παρακάτω ακολουθία πράξεων.

1. $TR_1 = \text{Unfold}[G](\text{SURF_ALL})$
2. $TR_2 = R(G_1 \leftarrow G) \text{Product} TR_1(G_2 \leftarrow G)$
3. $TR_3 = \text{Compute}[C := \text{distance}(G_1, G_2)](TR_2)$
4. $TR_4 = \text{Select}[C < D](TR_3)$
5. $TR_5 = \text{Project}[A, D, G](TR_4(G \leftarrow G_2))$
6. $B = \text{Fold}[G](TR_5)$

Για παράδειγμα, θεωρούμε τα g_i του Σχήματος K5(a) και έστω ότι

$$R = \{(\mathbf{a}, 1.1, g_1), (\mathbf{a}, 1, g_2), (\mathbf{a}, 1, g_3), (\mathbf{a}, 1, g_4), (\mathbf{a}, 1, g_5), (\mathbf{a}, 1, g_6), (\mathbf{a}, 1, g_7)\}.$$

Τότε

$$B = \{(\mathbf{a}, 1.1, g_{B1}), (\mathbf{a}, 1, g_{B2}), (\mathbf{a}, 1, g_{B3}), (\mathbf{a}, 1, g_{B4}), (\mathbf{a}, 1, g_{B5})\},$$

όπου η γεωμετρική απεικόνιση τον κάθε g_{Bk} δίδεται στο Σχήμα K5(e). Σημειώνουμε ότι η πρώτη και η δεύτερη πλειάδα της R έχουν τις ίδιες τιμές στα γνωρίσματα \mathbf{A} και D . Λόγω αυτού, σε συνδυασμό με την κοντινή απόσταση του g_2 από το g_3 , αυτές οι δύο πλειάδες δίνουν μια πλειάδα, τη δεύτερη, στη B . Γενικά, αν $\{(\mathbf{a}, d, g_i)\}$ είναι το σύνολο των πλειάδων που οι τιμές τους στα γνωρίσματα \mathbf{A} και D της

σχέσεως εισόδου και $\{(\mathbf{a}, d, \mathbf{g}_{Bk})\}$ είναι το σύνολο των πλειάδων που παράγονται στη σχέση-αποτελέσμα, λέμε ότι το σύνολο $\{\mathbf{g}_{Bk}\}$ είναι η χωρική ζώνη επιρροής του $\{g_i\}$ σε απόσταση d .

2.6 Σύνοψη

Σ' αυτό το Κεφάλαιο δόθηκαν οι ορισμοί των πράξεων που ορίζονται στην εργασία Lorentzos & Viqueira (2006) για η διαχείριση χωρικών δεδομένων. Στο Κεφάλαιο 5 δίδονται οι αντίστοιχες πράξεις με τις οποίες επιτυγχάνεται το ισοδύναμο αποτέλεσμα στο διανυσματικό πρότυπο.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ POSTGRESQL / POSTGIS

Το PostgreSQL (<http://www.postgresql.org/>) είναι ένα αντικειμενοστρεφές σχεσιακό ΣΔΒΔ. Είναι Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) με ισχυρή υποστήριξη γεωγραφικών τύπων δεδομένων και εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Υποστηρίζει συναρτήσεις, κανόνες, ένα ευρύ φάσμα τόσο από προκαθορισμένους όσο και ορισμένους από τον χρήστη τύπους δεδομένων. Επιπλέον υποστηρίζει λειτουργίες κληρονομικότητας, περιορισμών, όψεων, συναλλαγών, λειτουργιών κρυπτογράφησης, αποθήκευσης μεγάλων αντικειμένων κ.α. Η διαχείριση δεδομένων γίνεται κυρίως μέσω του PgAdmin III, αλλά και μέσω εφαρμογών τρίτων, όπως η PgAccess, η PhpPgAdmin και WinSQL.

Όπως και τα περισσότερα ΣΔΒΔ, η PostgreSQL υποστηρίζει την χρήση της SQL για την σύνταξη ερωτημάτων. Οι περιορισμένες όμως δυνατότητες που παρέχει η SQL σε βασικά στοιχεία ελέγχου, έχει οδηγήσει στην ενσωμάτωση πιο σύνθετων γλωσσών.

Μονολότι η PostgreSQL υποστηρίζει χωρικούς τύπους δεδομένων, αυτοί δεν ακολουθούν ικανοποιητικά το πρότυπο Open GIS Consortium (OGC). Γι'αυτό ακριβώς το λόγο, σ'αυτή Διπλωματική χρησιμοποιούμε επίσης την PostGIS (<http://postgis.refractory.net/>) που είναι μία επέκταση της PostgreSQL για την υποστήριξη χωρικών δεδομένων, σύμφωνα με το πρότυπο του OGC. Το PostGIS παρέχει ειδικούς τελεστές για τη σύνταξη ερωτημάτων, λειτουργίες συνάθροισης επάνω σε χωρικά δεδομένα καθώς και χωρικές συναρτήσεις. Η υποστήριξη χωρικών τύπων βασίζεται στην ύπαρξη του τύπου δεδομένων geometry, ο οποίος χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει μια ποικιλία χωρικών δεδομένων. Τέλος, το PostGIS μπορεί να συνδιασθεί με το QuantumGIS, το οποίο επιτρέπει την οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων.

3.1 Εγκατάσταση των Λογισμικών PostgreSQL / PostGIS

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής προτιμήσαμε την Έκδοση 8.4 του PostgreSQL / PostGIS. Η μεταφόρτωση του 32-bit installer της έκδοσης είναι δυνατή από την τοποθεσία <http://www.enterprisedb.com/products-services-training/pgdownload#windows>. Με διπλό κλικ τρέχουμε τον installer, ο οποίος μας καθοδηγεί βήμα προς βήμα στην εγκατάσταση της εφαρμογής, όπως είναι για παράδειγμα η επιλογή του προορισμού αποθήκευσης των αρχείων της εφαρμογής στον τοπικό δίσκο, η συμπλήρωση κωδικού πρόσβασης της αρεσκείας μας, η επιλογή της θύρας επικοινωνίας (συνιστάται να προτιμάμε την προεπιλεγμένη θύρα 5432 της εφαρμογής ανέπαφη).

Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του λογισμικού, επιλέγουμε να την εκκινήσουμε με τον Stack

Builder. Ο Stack Builder είναι μία εφαρμογή που μας επιτρέπει να ενημερώνουμε το ΣΔΒΔ με τις τελευταίες εκδόσεις λογισμικού, να εγκαθιστούμε επεκτάσεις, οδηγούς ή και ανεξάρτητες εφαρμογές, ορισμένες εκ των οποίων διατίθενται έναντι πληρωμής. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εγκαταστήσαμε την επέκτασης της, την PostGIS, Έκδοση 1.5, με τη βοήθεια της οποίας μία απλή ΒΔ της PostgreSQL μετατρέπεται σε χωρική. Προς τούτο,ακολουθήσαμε τις οδηγίες των παραθύρων διαλόγου, για τη συμπλήρωση της διαδρομής εγκατάστασης των αρχείων του λογισμικού, το όνομα του χρήστη, τον κωδικό πρόσβαση κλπ.

3.2 Η επέκταση Γεωγραφικών Λειτουργιών PostGIS

Η PostGIS είναι επίσης ΕΛ/ΛΑΚ και ακολουθεί το πρότυπο OGC για τον ορισμό γεωγραφικών στοιχείων σε περιβάλλον SQL. Συγκεκριμένα, η PostGIS υποστηρίζει τους τύπους δεδομένων: σημεία (points), γραμμές (linestrings), πολύγωνα (polygons), πολυσημεία (multipoints), πολυγραμμές (multilinestrings), πολυπολύγωνα (multipolygons) και συλλογές γεωμετρικών στοιχείων (geometrycollections). Επίσης, υποστηρίζει χωρικά κατηγορήματα (spatial predicates), που επιτρέπουν συσχετίσεις μεταξύ γεωμετρικών δεδομένων. Επιπλέον, υποστηρίζει χωρικές συναρτήσεις όπως οι area, distance, length, perimeter, χωρικές λειτουργίες όπως union, difference, symmetric difference και buffers, χωρικούς δείκτες R-δένδρα και γενικευμένα δένδρα αναζήτησης (GIST).

Η αρχιτεκτονική της PostGIS στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων πόρων υπολογιστικής ισχύος και μνήμης.

3.3 PgAdmin III το Εργαλείο Αλληλεπίδρασης Χρήστη με την PostgreSQL

Το PostgreSQL δεν διαθέτει κάποιο γραφικό περιβάλλον διεπαφής με τον χρήστη, λειτουργεί ως υπηρεσία. Για την αλληλεπίδραση με την ΒΔ χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα χρήστη. Πρόγραμμα αυτού του είδους το PgAdmin III. Το PgAdmin III, αποτελεί εργαλείο σχεδιασμού και διαχείρισης μίας ΒΔ PostgreSQL σε λειτουργικά συστήματα Linux, FreeBSD, Mac OSX, Solaris και Windows. Είναι επίσης λογισμικό ΕΛ/ΛΑΚ, διαθέσιμο κάτω από τους όρους της άδειας PostgreSQL και μπορεί να αναδιανεμηθεί, εφ' όσον οι όροι της άδειας τηρούνται. Το έργο ανάπτυξής του υποστηρίζεται από την ομάδα ανάπτυξης του pgAdmin ανά τον κόσμο και είναι διαθέσιμο σε περισσότερες από είκοσι γλώσσες.

Το PgAdmin III έχει σχεδιαστεί κατά τρόπο που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες όλων των χρηστών, προσφέρει απλό γραφικό περιβάλλον χρήστη, στο οποίο είναι δυνατόν να υποβληθούν πολύπλοκα SQL ερωτήματα. Η γραφική διεπαφή υποστηρίζει όλα τα PostgreSQL χαρακτηριστικά και καθιστά

εύκολη την διαχείριση. Η εφαρμογή περιλαμβάνει επίσης μια χρωματική σήμανση SQL Εκδότη (editor), έναν επεξεργαστή κώδικα διακομιστή και άλλα. Η σύνδεση με διακομιστή μπορεί να γίνει με τη χρήση είτε του πρωτόκολλου TCP/IP είτε του Unix Sockets Domain και κρυπτογράφηση SSL για ασφάλεια. Σημειώνεται, ότι δεν απαιτούνται πρόσθετα προγράμματα καθοδήγησης για την επικοινωνία με το διακομιστή της ΒΔ.

3.4 Δημιουργία ΒΔ και Σύνδεση με αυτή

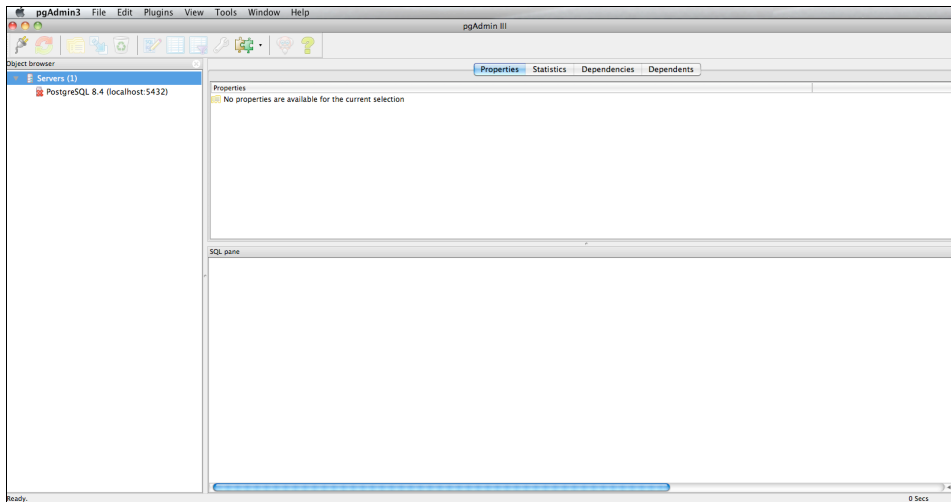
Για τη δημιουργία μιας νέας χωρικής ΒΔ. Επιλέγουμε και εκτελούμε την εφαρμογή PgAdmin III, το παραθυρικό περιβάλλον της οποίας είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το χρήστη. Αφού συνδεθούμε με το ΣΔΒΔ, επιλέγουμε τη δημιουργία νέας ΒΔ με δεξί κλικ επί του στοιχείου Databases. Στο παράθυρο διαλόγου που ακολουθεί καταχωρούμε το όνομα της βάσης (wps) και επιλέγουμε

- ως χρήστη την postgres,
- ως template το postgis,
- ως encoding το UTF8,
- ως tablespace το pg_default
- ως collation το Greek_Greece.1253.



Πατώντας 'OK' δημιουργείται η ΒΔ που θα φιλοξενήσει τα γεωγραφικά δεδομένα για της εφαρμογής.

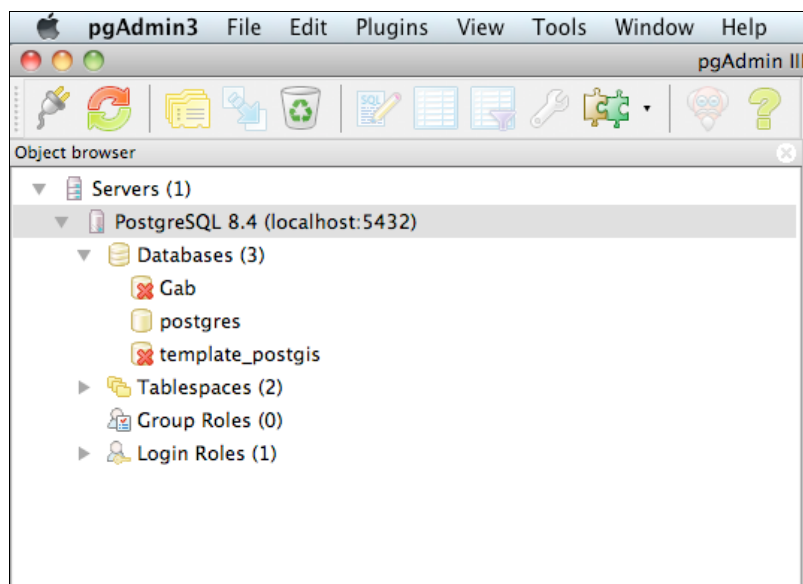
Στην παρούσα εργασία απαραίτητη προϋπόθεση για τη φιλοξενία των γεωγραφικών δεδομένων είναι η δημιουργία μιας νέας ΒΔ με την χρήση προτύπου (template). Επιλέγουμε να τρέξουμε την εφαρμογή pgAdmin II.

Το γραφικό περιβάλλον του PgAdmin III εμφανίζεται στο Σχήμα 3.4.α. Ακριβώς αριστερά, και κάτω από την ένδειξη 'Servers (1)' υπάρχει η ένδειξη 'PostgreSQL Database Server 8.4 (localhost 5432)'. Κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε 'connect'. Μας ζητείται όνομα χρήστη και κωδικός και πληκτρολογούμε ως όνομα postgres και ως κωδικό εκείνον που επιλέξαμε στη διαδικασία εγκατάστασης του PostgreSQL/PostGIS.



Σχήμα 3.4.α: Το PgAdmin III πριν την σύνδεση με τον Server.

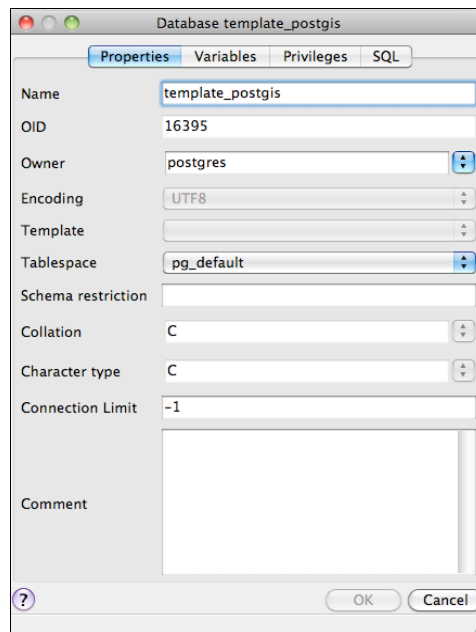
Επιλέγουμε στο PostgreSQL Server 8.4 (localhost 5432) που βρίσκεται αριστερά στο PgAdmin III (Σχήμα 3.4.α) και ακολούθως ‘Tools / Connect’. Στα αριστερά του παραθύρου εμφανίζεται μία δενδρική μορφή με τις ΒΔ (Databases) που αυτή τη στιγμή υφίστανται διαχείριση μέσω της PostgreSQL. Το σύμβολο  **template_postgis** υποδηλώνει ότι η ΒΔ με όνομα template_postgis βρίσκεται στο δένδρο της PostgreSQL και είναι κλειστή ενώ το σύμβολο  **postgres** υποδηλώνει ότι η ΒΔ είναι ανοιχτή.



Σχήμα 3.4.β : Το PgAdmin III μετά την σύνδεση με τον Server.


Στο Σχήμα 3.4.β. παρατηρούμε ότι έχουν δημιουργηθεί δύο ΒΔ, η ‘postgres’ και η ‘template_postgis’. Για τη δημιουργία της ΒΔ που θα φιλοξενήσει τα δεδομένα μας, επιλέγουμε την ένδειξη ‘Databases (1)’ και από το μενού επιλέγουμε ‘Edit / New Object / New Database...’.

Στην φόρμα που ανοίγει εισάγουμε τις τιμές του Σχήματος 3.4.γ:



Σχήμα 3.4.γ: Στοιχεία ΒΔ

και πατάμε το πλήκτρο 'OK'. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε ένα πρότυπο που θα μπορούμε να το χρησιμοποιούμε ως πρότυπο, όταν θα θέλουμε να δημιουργήσουμε μια ΒΔ που να είναι ενισχυμένη με τις λειτουργίες του PostGIS.

Σημειώνεται ότι για την επίτευξη αυτού του σκοπού, η PostGIS δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένη. Αν αυτό δεν ισχύει, τότε επιλέγουμε το Databases() και ανανεώνουμε την σύνδεση με την ΒΔ με την επιλογή  από το μενού και ξεκινάμε από την αρχή.

Μία ΒΔ περιέχει στοιχεία τα οποία είναι ομαδοποιημένα σε σχήματα. Κάθε σχήμα περιέχει πίνακες, όψεις, συναρτήσεις κ.α. Όταν δημιουργούμε μία ΒΔ, αυτή εξ ορισμού περιέχει ένα σχήμα, το 'public'

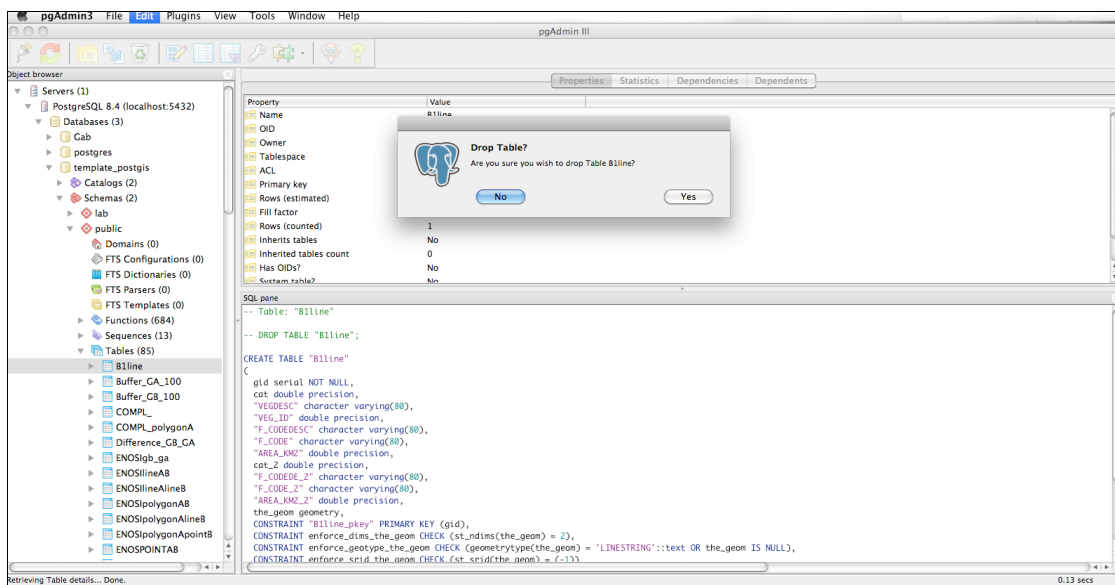
3.5 Δημιουργία Πινάκων και Εισαγωγή Δεδομένων με Εντολές SQL

Το επόμενο βήμα, μετά την δημιουργία της ΒΔ είναι η δημιουργία πινάκων και η εισαγωγή δεδομένων. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πίνακες. Οι πίνακες περιέχουν κατηγορίες ομοειδών στοιχείων (π.χ. ένας πίνακας περιέχει δρόμους, ένας άλλος δήμους, ένας άλλος νοσοκομεία κλπ). Για να ορίσουμε έναν πίνακα, σε γλώσσα PostgreSQL χρησιμοποιούμε την εντολή CREATE TABLE, δίδοντας το όνομα του πίνακα και προσδιορίζοντας τα γνωρίσματα και τους περιορισμούς τους. Σε κάθε γνώρισμα δίδουμε ένα όνομα. Επίσης δίνουμε τον τύπο δεδομένων και τους περιορισμούς του

γνωρίσματος, όπως είναι ο περιορισμός του κλειδιού, η αναφορική ακεραιότητα κλπ.

3.6 Διαγραφή Πινάκων

Αν θέλουμε να διαγράψουμε έναν πίνακα, τον επιλέγουμε στο γραφικό περιβάλλον pgAdminIII και ακολούθως επιλέγουμε από το μενού την εντολή ‘Edit / Delete / Drop’. Έαν επιλέγουμε να διαγράψουμε τον πίνακα ‘B1line’ θα εμφανιστεί σχετικά μήνυμα στο οποίο επιλέγουμε την ενδειξη ‘Yes’ (Σχήμα 3.6.α).



Σχήμα 3.6.α : Ερώτηση επιβεβαίωση ότι θέλουμε σίγουρα να διαγράψουμε το πίνακα.

Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί επίσης να επιτευχθεί και με την PostgreSQL, με την εντολή `DROP TABLE 'B1line'`. Αν θέλουμε να διαγράψουμε όλα τα δεδομένα ενός πίνακα, για παράδειγμα τον B1line, δίνουμε την εντολή `DELETE * FROM 'B1line'`;

3.7 Εκτέλεση Χωρικών Ερωτημάτων

Η σύνταξη χωρικών ερωτημάτων είναι παρόμοια με εκείνη της σύνταξης κοινών PostgreSQL ερωτημάτων. Αν θέλουμε να εκτελέσουμε χωρικά ερωτήματα από το pgAdminIII, συνδεόμαστε με τη ΒΔ που χρησιμοποιούμε, την επιλέγουμε και ακολούθως επιλέγουμε από το μενού ‘Execute arbitrary SQL Queries’, η οποία χρησιμοποιείται για τη σύνταξη και εκτέλεση χωρικών SQL ερωτημάτων.

Τα ερωτήματα της παρούσης εργασίας που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 5 διατυπώνονται με την χρήση του Query Editor.

3.8 Αδυναμία Οπτικοποίησης του PostgreSQL / PostGIS

Το PostgreSQL / PostGIS υποστηρίζει χωρικά δεδομένα και τη διατύπωση χωρικών ερωτημάτων αλλά δεν διαθέτει εργαλεία για την οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων. Προκειμένου συνεπώς να έχουμε τη δυνατότητα οπτικής αντίληψης των χωρικών δεδομένων, χρησιμοποιούμε ένα άλλο πακέτο λογισμικού, το Quantum GIS (QGIS), το οποίο περιγράφουμε στο επόμενο κεφάλαιο. Σημειώνεται ότι για να είναι δυνατή αυτή η οπτικοποίηση, στο PostgreSQL πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιείται η επέκταση PostGIS.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ QUANTUM GIS

Η ανάπτυξη του λογισμικού Quantum GIS (QGIS) ξεκίνησε από τον Gary Sherman το 2002 και σύντομα αναπτύχθηκε γύρω από αυτό το λογισμικό Open Source Geospatial Foundation. Είναι λογισμικό ΕΛ/ΛΑΚ που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, τροποποίηση, ανάλυση και παρουσίαση γεωγραφικών δεδομένων. Στο περιβάλλον λειτουργίας του QGIS υπάρχει μια περιοχή εμφάνισης χωρικών δεδομένων (map view), και μια περιοχή διαχείρισης του υπομνήματος (legend) στην οποία παρατίθενται τα ονόματα και τα σύμβολα των δεδομένων, περίπου με τον ίδιο γρόμπο που αυτά εμφανίζονται στο ArcGIS. Επίσης διατίθενται διάφορα εργαλεία και μια γραμμή επιλογών. Το βασικό προτέρημα του QGIS ύμνε ότι μπορεί να εισαγάγει, να οπτικοποιήσει, να διαχειριστεί, να τροποποιήσει και να δημιουργήσει δεδομένα που περιέχονται σε μία ΒΔ PostgreSQL, σύμφωνα με το πρότυπο της επέκτασης PostGIS.

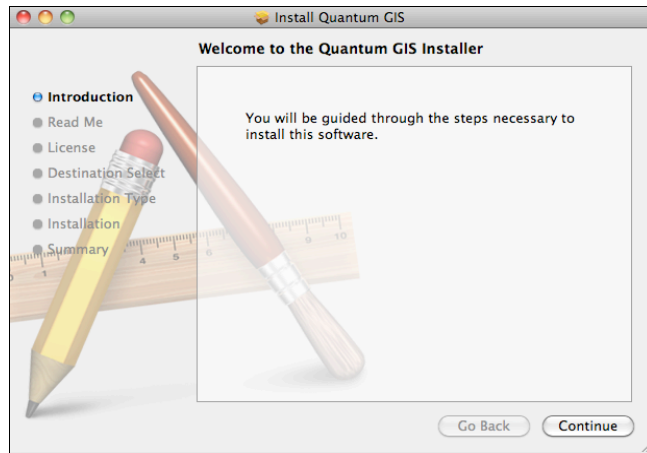
4.1 Εγκατάσταση του Λογισμικού QGIS

Στον τοπικό σκληρό δίσκο αποθηκεύουμε αρχικά τα αρχεία που απαιτούνται για την εγκατάσταση του λογισμικού και τα οποία βρίσκονται στην τοποθεσία <http://www.qgis.org>. Επιλέγουμε την έκδοση που είναι συμβατή με το λειτουργικό μας σύστημα. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε την έκδοση 1.7.1 για λογισμικό mac (<http://www.kyngchaos.com/software/qgis>).

Κατ' αρχήν, εγκαθιστούμε το λογισμικό GDAL_Complete (http://www.kyngchaos.com/software/frameworks#gdal_complete). Όταν η εγκατάσταση ολοκληρωθεί, ανοίγουμε το αρχείο Complete.dmg. Από τα αρχεία που περιέχονται στο φάκελο του GDAL Complete.dmg επιλέγουμε και ανοίγουμε το GDAL_Complete.pkg.

Στα τρία πρώτα παράθυρα που εμφανίζονται διαδοχικά κατά την εγκατάσταση, επιλέγουμε 'Continue' και στο επόμενο επιλέγουμε 'Agree' (Σχήμα 4.1.α). Στο επόμενο παράθυρο επιλέγουμε 'Install' και πληκτρολογούμε το κωδικό του υπολογιστή μας (Σχήμα 4.1.β). Στο τελευταίο παράθυρο εμφανίζεται το μήνυμα ότι η εγκατάσταση ολοκληρώθηκε επιτυχώς και επιλέγουμε 'Close' (Σχήμα 4.1.γ).

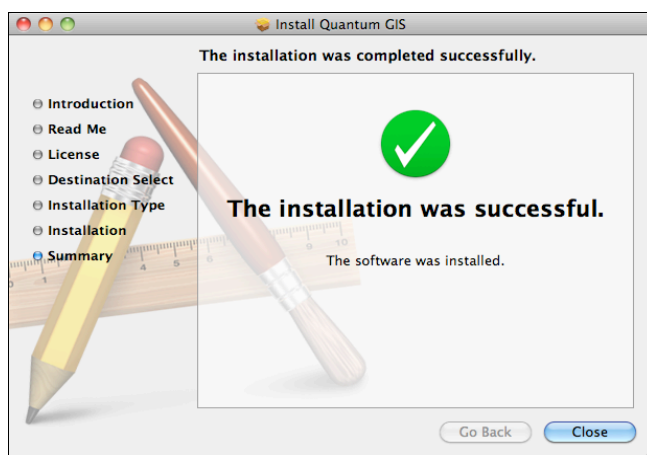
Όταν η εγκατάσταση του αρχείου QGIS-1.7.1.dmg έχει πλέον ολοκληρωθεί, το ανοίγουμε έτσι ξεκινάμε η διαδικασία εγκατάστασης.



Σχήμα 4.1.α: Πρώτο βήμα εγκατάστασης.



Σχήμα 4.1.β: Εισαγωγή κωδικών για εισαγωγή στον υπολογιστή.

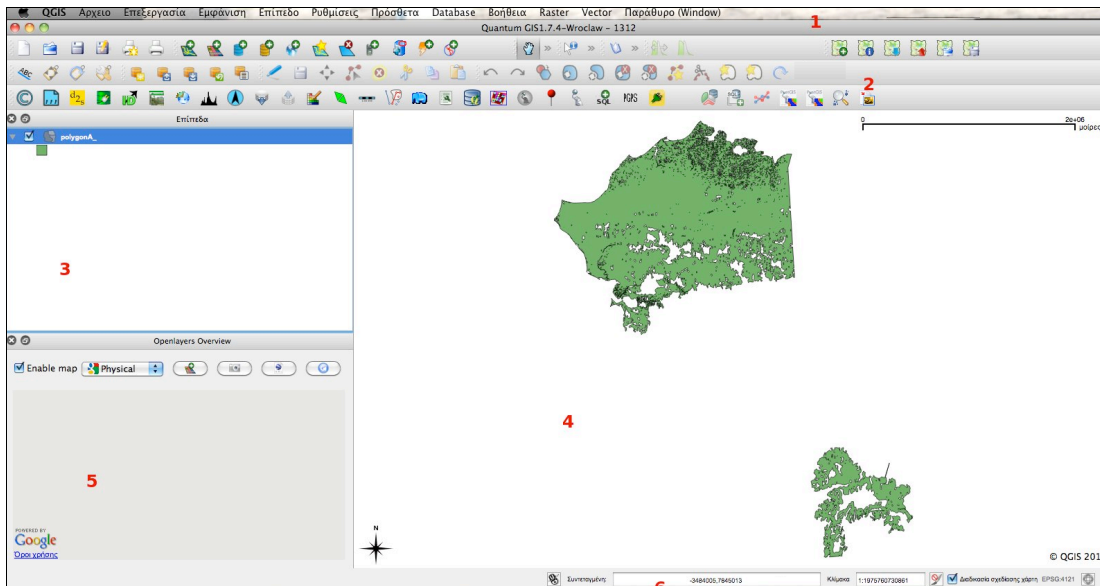


Σχήμα 4.1.γ: Τελευταίο βήμα της εγκατάστασης.

Κατ' αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η εγκατάσταση του QGIS το οποίο είναι πλέον δυνατόν να χρησιμοποιηθεί.

4.2 Εμφάνιση Οθόνης

Ανοίγουμε το QGIS κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο που βρίσκεται στο φάκελο Εφαρμογές (Applications).



Σχήμα 4.2.α : Εμφάνιση Οθόνης QGIS.

Όταν το QGIS ενεργοποιηθεί, εμφανίζεται ένα παράθυρο (Σχήμα 4.2.α) που αποτελείται από τα παρακάτω

1. Γραμμή Επιλογών,
2. Γραμμή Εργαλείων,
3. Υπόμνημα Χάρτη,
4. Προβολή Χάρτη,
5. Επισκόπηση Χάρτη,
6. Γραμμή Κατάστασης,

από τα οποία περιγράφουμε στη συνέχεια μόνο τη Γραμμή Επιλογών και τη Γραμμή Εργαλείων που τις χρησιμοποιούμε στα επόμενα.

4.2.1 Γραμμή Επιλογών και Γραμμή Εργαλείων

Η Γραμμή Επιλογών περιέχει τις πράξεις του QGIS και κάνει χρήση ενός τυπικού ιεραρχικού μενού. Οι περισσότερες επιλογές της Γραμμής Επιλογών έχουν ένα αντίστοιχο εργαλείο. Το ίδιο ισχύει και για τη Γραμμή Εργαλείων. Περίληψη κάποιων από τις επιλογές της Γραμμής Επιλογών παρατίθεται στη συνέχεια μαζί με τις εικόνες των αντίστοιχων εργαλείων της Γραμμής Εργαλείων.



Σχήμα 4.2.1.α : Γραμμή Επιλογών.

Έργα

Η κατάσταση μιας εργασίας μας στο QGIS θεωρείται Έργο (Project). Εργαζόμαστε σε ένα μόνο έργο κάθε φορά, δηλαδή δεν μπορούμε να ανοίξουμε ταυτόχρονα περισσότερα από ένα Έργα. Στο QGIS μπορούμε να αποθηκεύσουμε τη κατάσταση του χώρου εργασίας μας σε ένα αρχείο Έργου χρησιμοποιώντας την επιλογή ‘Αρχείο / Αποθήκευση Project ή Αποθήκευση Project ’ της Γραμμής Επιλογών.

Ανοίγουμε τα αποθηκευμένα έργα από τη Γραμμή Επιλογών με την επιλογή ‘Αρχείο / Open Project’. Εάν θέλουμε να διαγράψουμε ένα έργο και να αρχίσουμε ένα νέο διαλέγουμε την επιλογή ‘Αρχείο / Νέο Project’.

Κάθε μια από τις παραπάνω επιλογές της Γραμμής Επιλογών μας βοηθάει να αποθηκεύσουμε το υπάρχον έργο και τις τυχόν αλλαγές που έχουν γίνει από τότε που το ανοίξαμε ή από την τελευταία αποθήκευση. Τα είδη των πληροφοριών που αποθηκεύονται σε ένα αρχείο έργου περιλαμβάνουν τα επίπεδα που προστέθηκαν, τις ιδιότητες των επιπέδων, τα σύμβολα και τις ιδιότητες προβολής για την προβολή του χάρτη.

Λειτουργικές Επέμβασης στα Δεδομένα

Η Γραμμή Εργαλείων στο QGIS περιέχει πολλά εργαλεία για να επιλέγουμε τα χαρακτηριστικά στον χάρτη που έχουμε εισαγάγει.



- Προκειμένου να διαγράψουμε ένα στοιχείο του χάρτη το επιλέγουμε με το εργαλείο επιλογής



και στην συνέχεια επιλέγουμε από το μενού του προγράμματος ‘Edit / Delete Selected’.

- Για να μετακινήσουμε ένα αντικείμενο επιλέγουμε το αντικείμενο που θέλουμε με το εργαλείο

επιλογής. Από τη Γραμμή Εργαλείων επιλέγουμε 'Edit / Move Feature'. Πιάνουμε το στοιχείο με τον κέρσορα και το σύρουμε (drag) στην επιθυμητή θέση.

- Για να αποεπιλέξουμε όλα τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά κάνουμε κλικ στο εικονίδιο .
- Για να διαιρέσουμε ένα στοιχείο του χάρτη, το επιλέγουμε με το εργαλείο επιλογής . Από τη Γραμμή Εντολών επιλέγουμε 'Edit / Split Features'. Με τον κέρσορα ξεκινάμε μια γραμμή με αριστερό κλικ και την τελειώνουμε με δεξί κλικ εκεί που η γραμμή τέμνει το στοιχείο και ύμνε το σημείο διαίρεσης.

Εργασία στον Πίνακα Ιδιοτήτων


Ο πίνακας ιδιοτήτων εμφανίζει τα χαρακτηριστικά ενός επιλεγμένου επιπέδου. Κάθε γραμμή του πίνακα αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό του χάρτη και κάθε στήλη περιέχει ένα συγκεκριμένο μέρος των πληροφοριών αυτού του χαρακτηριστικού. Στα χαρακτηριστικά του πίνακα μπορεί να γίνει αναζήτηση, επιλογή, μετακίνηση ή ακόμη και επεξεργασία. Για να ανοίξουμε τον πίνακα ιδιοτήτων για ένα επίπεδο (δηλαδή χάρτη), κάνουμε το επίπεδο ενεργό κάνοντας κλικ πάνω στην περιοχή του χάρτη. Στη συνέχεια, επιλέγουμε από τη Γραμμή Επιλογών την επιλογή 'Επίπεδο' / 'Ανοίξτε Πίνακα Ιδιοτήτων'. Ανοίγει ένα νέο παράθυρο που εμφανίζει τα χαρακτηριστικά του χάρτη (Σχήμα 4.2.1.β). Ο αριθμός των χαρακτηριστικών και ο αριθμός των επιλεγμένων χαρακτηριστικών εμφανίζονται στο τίτλο του πίνακα ιδιοτήτων.


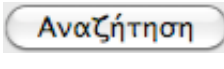
cat	F_CODEDESC	F_CODE	AREA_KM2
0	125 Tundra	BJ110	213375.175
1	131 Tundra	BJ110	30788.766

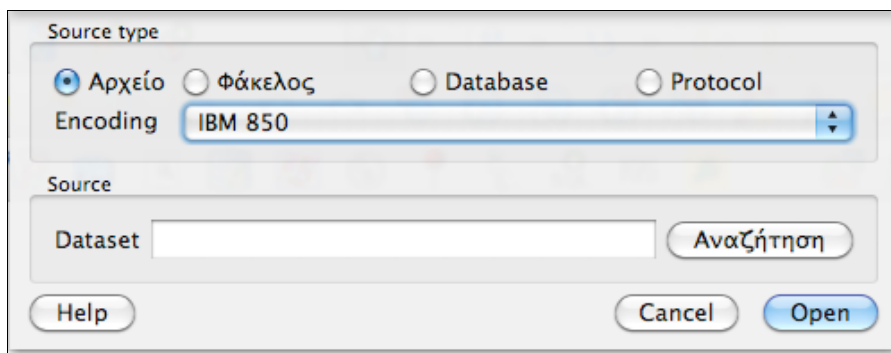
Σχήμα 4.2.1.β: Πίνακας Ιδιοτήτων για το polygonA.shp.

4.3 Άνοιγμα Αρχείου Τύπου shapefile (.shp) στο QGIS

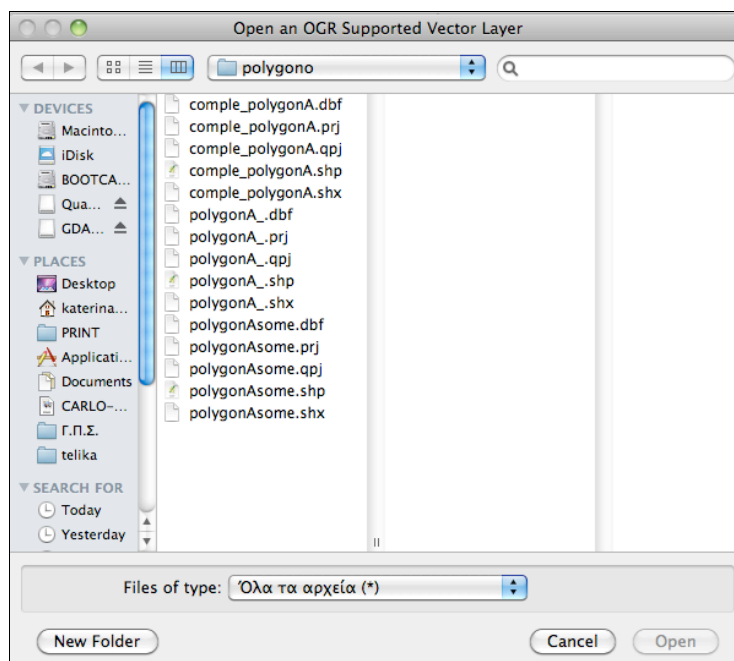
Αρχείο τύπου shapefile είναι ένα αρχείο στο οποίο το QGIS αποθηκεύει τα χωρικά χαρακτηριστικά ενός επιπέδου. Ένα αρχείο τύπου shapefile είναι μια συλλογή από τρεις διαφορετικούς τύπους αρχείων: .shp, .shx και .dbf. Το σχήμα κάθε επιπέδου βρίσκεται στο αρχείο τύπου .shp, το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του χωρίς τα άλλα δυο αρχεία, τα shx και .dbf.

Ανοίγουμε το QGIS και κάνουμε κλικ στην  Προσθήκη Διανυσματικού Επιπέδου, επιλογή που βρίσκεται στην Γραμμή Εργαλείων, οπότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 4.3.α).

Από τις διαθέσιμες επιλογές διαλέγουμε  Αρχείο, επιλέγουμε το κουμπί  Αναζήτηση και ανοίγει ένα νέο παράθυρο, που μας επιτρέπει να περιηγηθούμε στα αρχεία μας και να φορτώσουμε το αρχείο τύπου shapefile (.shp) (Σχήμα 4.3.β) που θέλουμε.

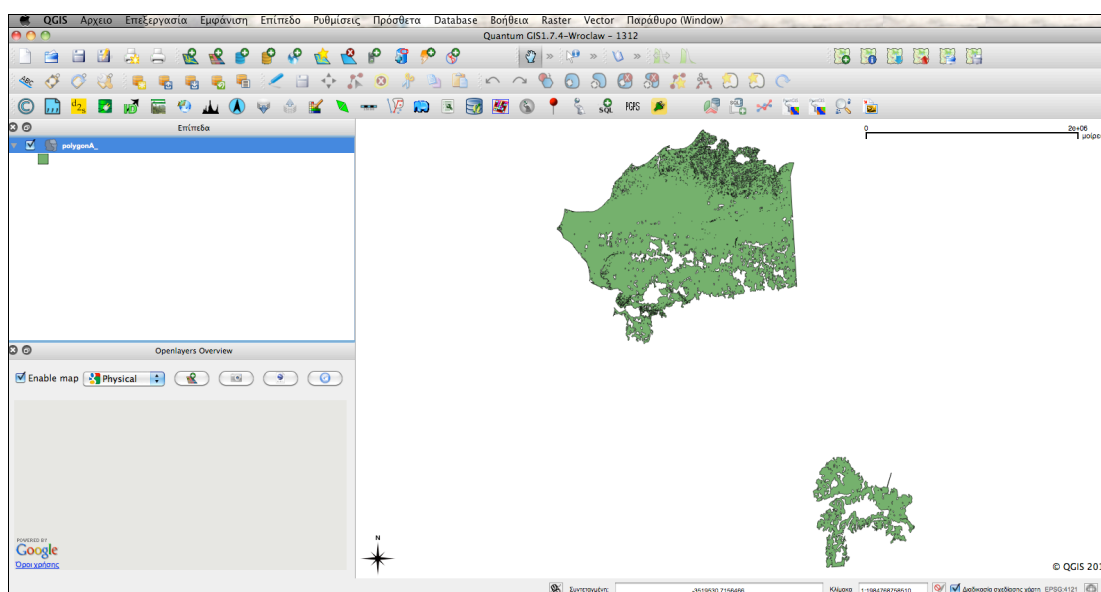


Σχήμα 4.3.α.: Προσθήκη Διανυσματικού Επιπέδου.



Σχήμα 4.3.β.: Άνοιγμα ενός OGR που υποστηρίζει διανυσματικά επίπεδα.

Επίσης, μπορούμε να επιλέξουμε τον τύπο κωδικοποίησης για το αρχείο τύπου shapfile, αν το επιθυμούμε. Επιλέγουμε ένα shapfile (.shp) από τον κατάλογο και κάνοντας κλικ επάνω του, το φορτώνουμε στο QGIS. Στο Σχήμα 4.3.γ φαίνεται το QGIS, μετά τη φόρτωση του αρχείου polygonA.shp.





Σχήμα 4.3.γ.: Φόρτωση του Αρχείου polygonA.shp στο QGIS.

4.4 Εισαγωγή Δεδομένων σε PostgreSQL, με το Βοηθητικό Πρόγραμμα το SPIT Plugin

Το QGIS έχει ένα πρόσθετο εργαλείο το SPIT (Shapefile PostGIS Insert Tool). Το SPIT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φορτώσουμε ταυτόχρονα πολλά αρχεία τύπου shapefile (.shp).


Για να χρησιμοποιήσουμε το SPIT, επιλέγουμε από τη Γραμμή Επιλογών την επιλογή 'Πρόσθετα' / 'Διαχείριση Πρόσθετων', ακολούθως επιλέγουμε

 SPIT Εργαλείο εισαγωγής από Shapefile σε PostgreSQL / PostGIS και κάνουμε κλικ στο 'OK'. Το εικονίδιο SPIT θα προστεθεί στα 'Πρόσθετα' της Γραμμής Εργαλείων.

Εισάγουμε ένα shapefile κάνοντας κλικ στο εικονίδιο  SPIT από τη Γραμμή Εργαλείων. Επιλέγουμε τη ΒΔ PostGIS, με την οποία θέλουμε να συνδεθούμε και μετά πατάμε 'OK'. Μπορούμε να ορίσουμε ή να αλλάξουμε κάποιες επιλογές εισαγωγής. Μπορούμε να προσθέσουμε ένα ή περισσότερα αρχεία στην ουρά κάνοντας κλικ στο κουμπί 'Προσθήκη'.

4.5. Δημιουργία Σύνδεσης μιας Αποθηκευμένης Βάσης

Την πρώτη φορά που χρησιμοποιούμε ένα αρχείο εισόδου δεδομένων τύπου PostGIS, πρέπει να δημιουργήσουμε μια σύνδεση με τη ΒΔ PostgreSQL που περιέχει τα δεδομένα. Ξεκινάμε κάνοντας

κλικ στο κουμπί  Προσθήκη PostGIS Layer της Γραμμής Εργαλείων. Μπορούμε επίσης να ανοίξουμε ένα αρχείο με την επιλογή 'Προσθήκη Διανυσματικού Επιπέδου' με το εικονίδιο

 Προσθήκη Διανυσματικού Επιπέδου και επιλέγουμε Database. Εμφανίζεται το παράθυρο


Επιλέξτε διανυσματικά επίπεδα για προσθήκη... Για να έχουμε πρόσβαση στη διαχείριση σύνδεσης, κάνουμε κλικ στο πλήκτρο 'Νέο', για να εμφανιστεί το παράθυρο 'Δημιουργία Νέας PostGIS Σύνδεσης'. Οι παράμετροι που απαιτούνται για τη σύνδεση δίδονται στον Πίνακα 4.5.

Όνομα	Όνομα σύνδεσης. Μπορεί να είναι το ίδιο με εκείνο της ΒΔ.
Υπηρεσία	Υπηρεσία παράμετρος που πρέπει να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά ως hostname / Port (και ενδεχομένως ΒΔ). Η επιλογή να ορίζεται στο pg_service.conf.
Host	Όνομα του host της ΒΔ Αυτό πρέπει να είναι το όνομα του κεντρικού υπολογιστή Το ίδιο θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε για να ανοίξουμε μια σύνδεση telnet ή ping στον host. Εάν είναι η ΒΔ στον ίδιο υπολογιστή ως QGIS, απλά εισάγουμε "localhost".
Port	Ο αριθμός θύρας του διακομιστή PostgreSQL. Η προεπιλεγμένη θύρα είναι 5432.
ΒΔ	Όνομα για αυτήν τη ΒΔ
Λειτουργία SSL	<p>Το πρωτόκολλο SSL (Secure Sockets Layer) σχεδιάστηκε για να παρέχει ασφάλεια κατά την μετάδοση ευαίσθητων δεδομένων. Κάθε σύνδεση SSL ξεκινά πάντα με την ανταλλαγή μηνυμάτων από τον server και τον client έως ότου επιτευχθεί η ασφαλής σύνδεση. Οι επιλογές είναι οι εξής:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Απενεργοποίηση. Μόνο αν πρόκειται για μη κρυπτογραφημένη σύνδεση SSL. - Αποδοχή. Για αποδοχή μιας μη-SSL σύνδεσης, η οποία όμως συνήθως αποτυγχάνει. - Προτίμηση (προεπιλεγμένη). Είναι σύνδεση SSL αν αυτή αποτύχει, δοκιμάστε σύνδεση τότε γίνεται ενσυρματή SSL. - Απαιτεί. Λαμβάνει χώρα σύνδεση SSL.
Όνομα χρήστη	Το όνομα χρήστη που χρησιμοποιούμε, για να συνδεθούμε με τη ΒΔ.
Κωδικός	Κωδικός πρόσβασης, για να συνδεθούμε με τη ΒΔ.


Πίνακα 4.5: Παράμετροι για τη Σύνδεση PostGIS.

4.6 Φόρτωση ενός Επιπέδου PostGIS

Αφού ορίσουμε μια ή περισσότερες συνδέσεις μπορούμε να φορτώσουμε επίπεδα από τη ΒΔ στη PostgreSQL. Φυσικά αυτό απαιτεί να έχουμε δεδομένα PostgreSQL Για να φορτώσουμε ένα επίπεδο

από το PostGIS, εάν το παράθυρο δεν είναι ήδη ανοιχτό, κάνουμε κλικ στο κουμπί 

Προσθήκη PostGIS Layer της Γραμμής Εργαλείων, επιλέγουμε τη σύνδεση από την drop-down

λίστα  και επιλέγουμε το κουμπί ‘Σύνδεση’. Επιλέγουμε ή αποεπιλέγουμε την επιλογή

Απαρίθμηση πινάκων χωρίς γεωμετρία .





Προαιρετικά, μπορούμε να καθορίσουμε ποια χαρακτηριστικά θα φορτώσουμε από το επίπεδο, χρησιμοποιώντας το εικονίδιο ‘Build’ για να εμφανιστεί το παράθυρο ‘Κατασκευή Ερωτήματος’.

Βρίσκουμε τα επίπεδα που θέλουμε να προσθέσουμε από τη λίστα των διαθέσιμων επιπέδων και τα επιλέγουμε με κλικ. Μπορούμε να επιλέξουμε πολλά επίπεδα: Κρατάμε πατημένο το πλήκτρο Shift και επιλέγουμε ‘Προσθήκη’, για να προσθέσουμε το επίπεδο ή τα επίπεδα που επιλέξαμε.




4.7 Πρόσθετα Εργαλεία Συναρτήσεων του Λογισμικού QGIS

Ο σκοπός των πρόσθετων εργαλείων συναρτήσεων Python είναι να παρέχουν μια συνεχή πηγή για πολλά βασικά καθήκοντα ΓΠΣ, χωρίς την ανάγκη χρήσης άλλου λογισμικού, βιβλιοθηκών ή σύνθετων λύσεων. Παρέχουν δηλαδή μια διαρκώς αυξανόμενη σουίτα χωρικών δεδομένων και πράξεων διαχείρισης και ανάλυσης, που είναι γρήγορη και λειτουργική.

Επίσης, πρόσθετα εργαλεία συναρτήσεων (fTools) εγκαθίστανται αυτόματα στις νέες εκδόσεις του QGIS και, όπως με όλες τις πρόσθετες πράξεις, μπορούν να απενεργοποιηθούν και να ενεργοποιηθούν για τη διαχείριση των πρόσθετων πράξεων. Όταν είναι ενεργοποιημένο το plugin fTools προστίθεται στο QGIS ένα μενού, που διαθέτει πράξεις για την ανάλυση και την μελέτη, δηλαδή εργαλεία για τη γεωμετρία και εργαλεία γεωεπεξεργασίας, καθώς και πολλά χρήσιμα εργαλεία διαχείρισης δεδομένων. Για να χρησιμοποιήσουμε κάποιες από τις fTools πράξεις (Πίνακα 4.7.α και Πίνακα 4.7.β), από τη Γραμμή Επιλογών επιλέγουμε ‘Geoprocessing tools / Vector’ και ακολούθως το εργαλείο που θέλουμε. Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζουμε μια σύντομη περιγραφή του κάθε εργαλείου.

Σχήμα	Εργαλείο	Σκοπός
	Buffer	Δημιουργία της χωρικής ζώνης επιρροής γύρω από τα αντικείμενα ένας γεωμετρικού γνωρίσματος.
	Τομή	Δημιουργία της χωρικής τομής που περιλαμβάνει τα κοινά σημεία δύο επιπέδων που τέμνονται.
	Ένωση	Δημιουργία της χωρικής ένωσης που περιλαμβάνει όλα τα σημεία δύο επιπέδων εισόδου.
	Διαφορά	Επιστρέφει τη χωρική διαφορά ενός γεωμετρικού από ένα άλλο.

Πίνακα 4.7.α: Εργαλεία χωρικής επεξεργασίας, διαθέσιμα μέσω του plugin fTools.

Σχήμα	Εργαλείο	Σκοπός
	Πολύγωνα σε γραμμές	Επιστρέφει το σύνορο πολυγώνου.
	Γραμμές σε Πολύγωνα	Επιστρέφει το πολύγωνο μιας κλειστής γραμμής.
	Εξαγωγή κόμβων	Επιστρέφει τα κομβικά σημεία γραμμών ή πολύγωνων.

Πίνακα 4.7.β: Εργαλεία γεωμετρία διαθέσιμες μέσω του plugin fTools.

5.ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΑΞΕΩΝ ΤΟΥ ΣΧΕΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ ΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ QGIS ΚΑΙ POSTGRESQL / POSTGIS

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζεται, ο τρόπος με τον οποίο θα έχουμε την υλοποίηση των χωρικών πράξεων της εργασίας των Lorentzo & Viqueira() με τη χρήση των λογισμικών QGis και PostgreSQL / PostGIS. για την υλοποίηση των πράξεων του σχεσιακού προτύπου για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων. Θα δούμε αναλυτικά πως θα συνδυάσουμε τα λογισμικά για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Το PostGIS υποστηρίζει έναν μεγάλο αριθμό χωρικών ερωτημάτων μέσα στην βάση δεδομένων, το οποίοι χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση των πράξεων. Στο πίνακα 5.α. παρουσιάζονται μερικοί από τους χωρικούς τελεστές που χρησιμοποιήσαμε.

Τελεστής	Τυπό που επιστρέφει	Περιγραφή
ST_Intersects(geometryA, geometryB)	Boolean	Αληθές αν οι γεωμετρίες διασταυρώνονται.
ST_Intersection(geometryA, geometryB)	geometry	Επιστρέφει την γεωμετρική διασταύρωση της γεωμετρίας geometryA και geometryB
ST_Union(geometryA, geometryB)	geometry	Επιστρέφει την γεωμετρική ένωση της γεωμετρίας geometryA και geometryB
ST_Difference(geometryA, geometryB)	geometry	Επιστρέφει την γεωμετρική διαφορά της γεωμετρίας geometryA μείον την geometryB
ST_Buffer(geometry, distance)	geometry	Επιστρέφει μια γεωμετρία επεκτειμένη κατά την καθορισμένη απόσταση distance
ST_Expand(geometry, distance)	BBOX	Επιστρέφει ένα δεσμευμένο κουτί, μεγαλύτερο από το κουτί της εισαγόμενης γεωμετρίας κατά την καθορισμένη απόσταση.

Πίνακας 5.α: Παρουσίαση Χωρικών Τελεστών και Περιγραφή τους.

5.1 Σχεσιακές Πράξεις Κβαντικές

Δημιουργήσαμε τους πίνακα R1 και R2 στο PostGis γράφοντας τις παρακάτω εντολές

```
CREATE TABLE R1 (A varchar(50), G geometry);
CREATE TABLE R2 (A varchar(50), G geometry);
```

Αφού δημιουργήσαμε τους πίνακες εισάγουμε δεδομένα στους πίνακες με τις παρακάτω διαδοχικές εντολές insert.

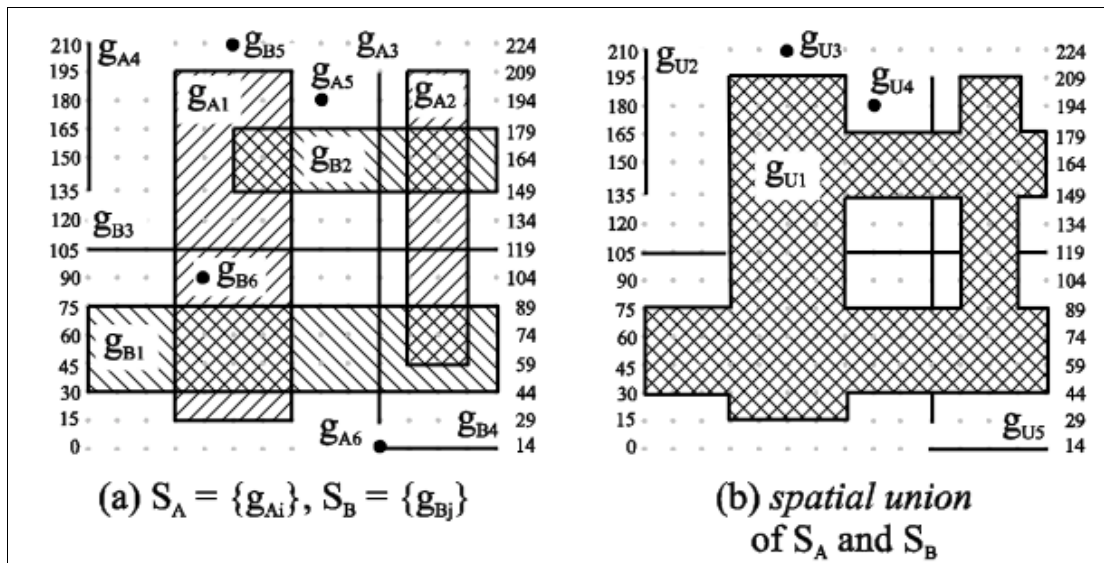
```
INSERT INTO R1  
VALUES ('a1',GeomFromText('POINT(468346 4198876)', 2100));  
INSERT INTO R1  
VALUES('a1',GeomFromText('POINT(468518 4198644)', 2100));  
INSERT INTO R1  
VALUES ('a1',GeomFromText('LINESTRING(469180 4199872, 469171 4199855)', 2100));  
INSERT INTO R1  
VALUES ('a1',GeomFromText('LINESTRING(468994 4199855, 469092 4199882)', 2100));  
INSERT INTO R1  
VALUES ('a1',GeomFromText('POLYGON((467646 4198420, 467734 4197970, 467962 4198009,  
467882 4198464, 467646 4198420))', 2100));  
INSERT INTO R2  
VALUES ('a1',GeomFromText('POINT(468346 4198876)', 2100));  
INSERT INTO R2  
VALUES('a1',GeomFromText('POINT(468518 4198644)', 2100));  
INSERT INTO R2  
VALUES ('a1',GeomFromText('LINESTRING(469180 4199872, 469171 4199855)', 2100));  
INSERT INTO R2  
VALUES ('a1',GeomFromText('LINESTRING(468994 4199855, 469092 4199882)', 2100));  
INSERT INTO R2  
VALUES ('a1',GeomFromText('POLYGON((467646 4198420, 467734 4197970, 467962 4198009,  
467882 4198464, 467646 4198420))', 2100));
```

Τους πίνακες τους μεταφέρουμε στο QGIS για να τους οπτικοποιήσουμε και να επεξεργαστούμε τα δεδομένα ώστε να είναι δυνατόν να ελεγχθεί αν τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από κάθε χωρική πράξη ταυτίζονται με εκείνα της εργασίας των Lorentzos & Viqueira. Οι τελικοί πίνακες που θα χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση των πράξεων φαίνονται στις εικόνες R1optic και R2optic.

5.2 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντική Ένωση

5.2.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη της *Χωρικής Ένωσης* (Quantum Union) φαίνεται στο Σχήμα Ivunion. Στο αριστερό μέρος του σχήματος Ivunion φαίνονται τα δυο σύνολα εισόδου S_A και S_B . Εκτελώντας την πράξη της χωρικής ένωσης φαίνεται ο χάρτης εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος Ivunion που περιέχει Ο χάρτης εξόδου περιέχει μη επικαλυπτόμενα σημεία, γραμμές, πολύγωνα.



Σχήμα Ivunion: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για Χωρικής Ένωσης

5.2.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

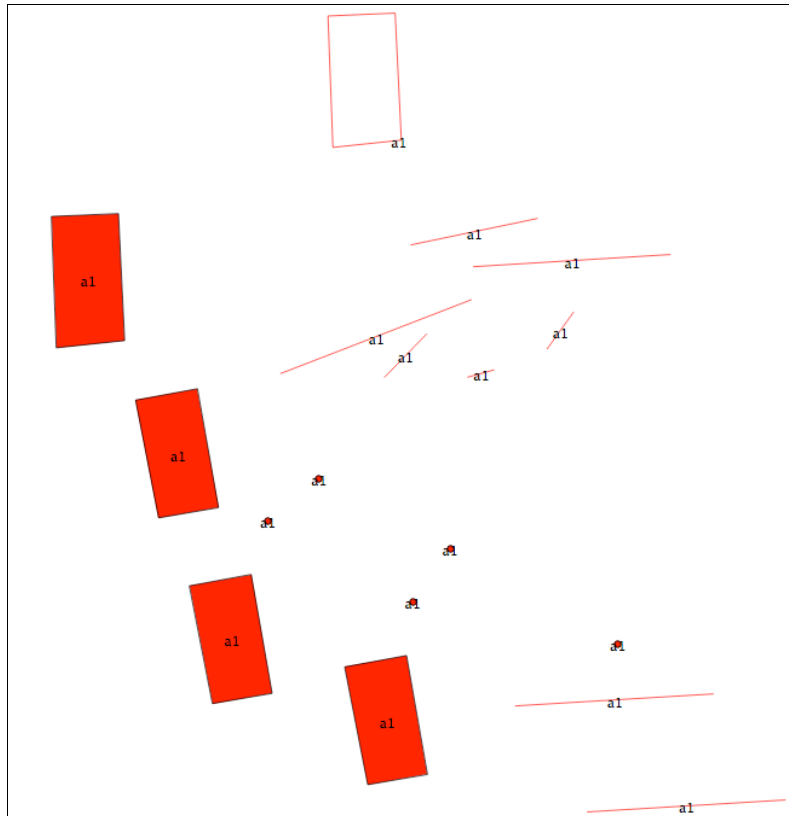
Άφου έχουμε δημιουργήσει τους πίνακες R1 και R2. Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

```
CREATE TABLE R1QunionR1 AS
SELECT ST_UNION(R1.g,R2.g),
CASE WHEN ST_INTERSECTS(R1.g,R2.g) = 't' AND R1.a=R2.a
THEN
    R1.a
ELSE
    ((SELECT a FROM R1)
    UNION
    (SELECT a FROM R2))
END
FROM R1, R2;
```

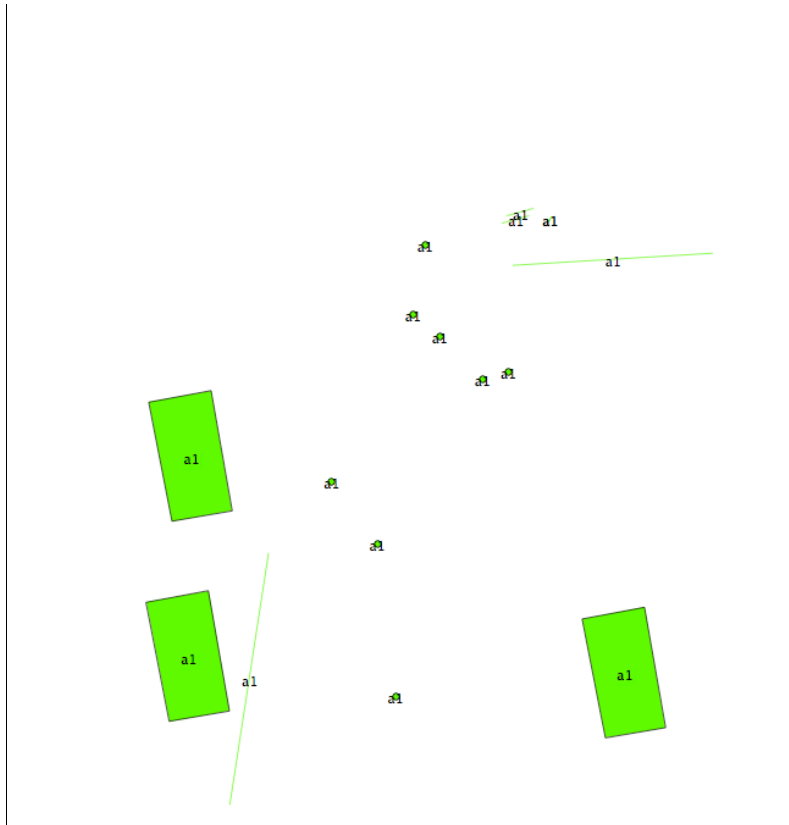
Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη χωρική ένωση των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων R1 και R2. Αν στο γνώρισμα A της R1 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m

και στο γνώρισμα A της $R2$ υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα a_i . Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1u2optic.

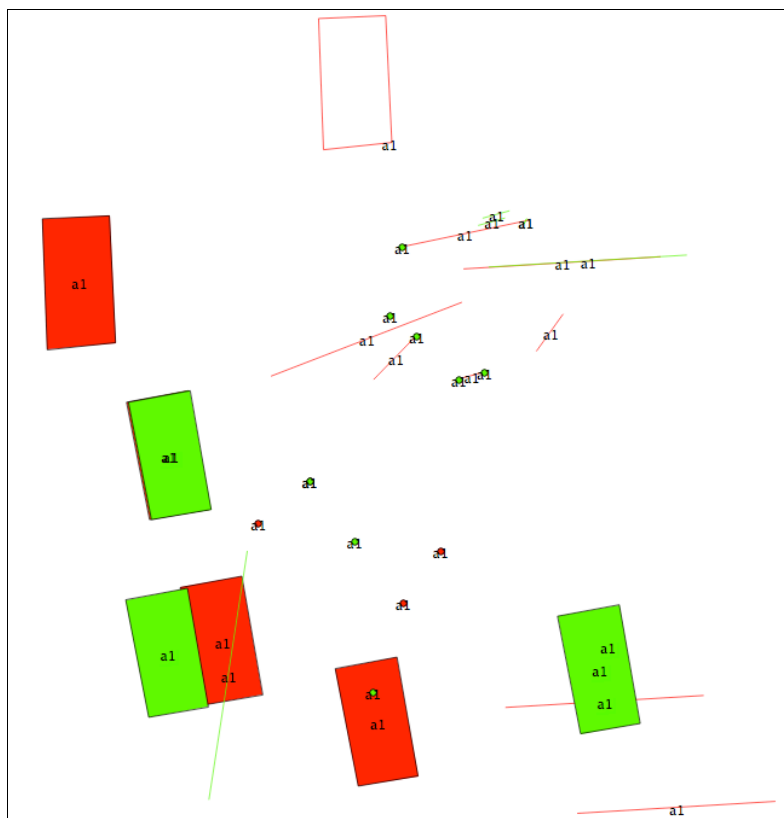
Για την πράξη της *Χωρικής Ένωσης* στο PostGIS χρησιμοποιούμε την συνάρτηση `st_union(geometry1, geometry2)` όπου η παράμετρο π είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα και η παράμετρο `geometry2` είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα. Η εφαρμογή της συνάρτησης επιστρέφει το ισοδύναμο αντικείμενο της πράξης *Χωρικής Ένωσης* των Lorentzos & Viqueira.



Σχήμα R1optic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων των πινάκων $R1$, που η τιμή τους στην A είναι a_1 .

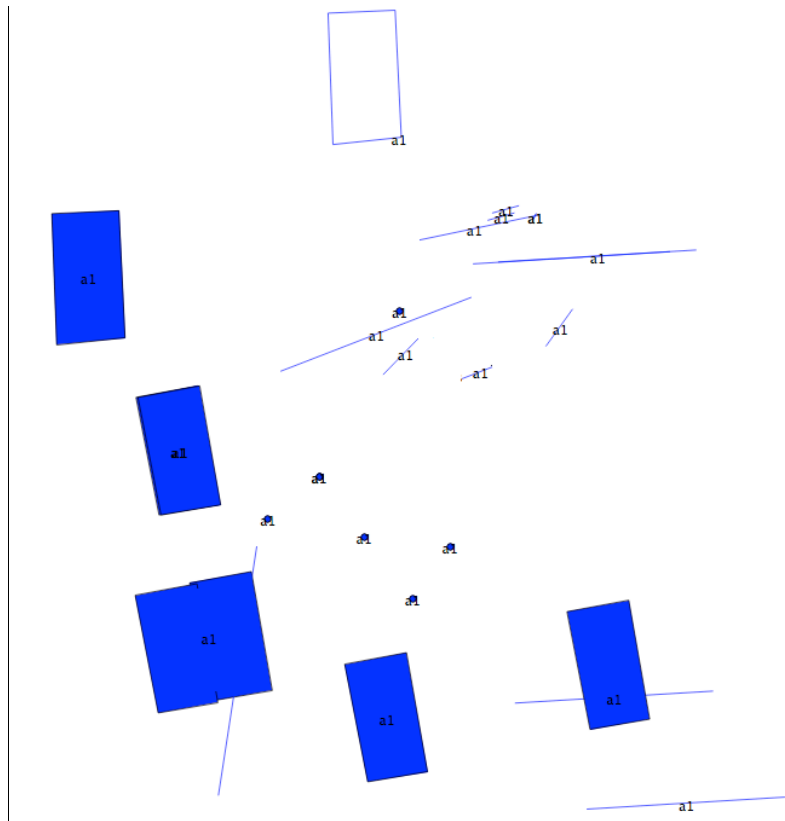


Σχήμα R2optic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων των πινάκων R2, που η τιμή τους στην A είναι a1.



Σχήμα R12optic: Ταυτόχρονη απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων των πινάκων R1 και R2,

που η τιμή τους στην A είναι a_1 .

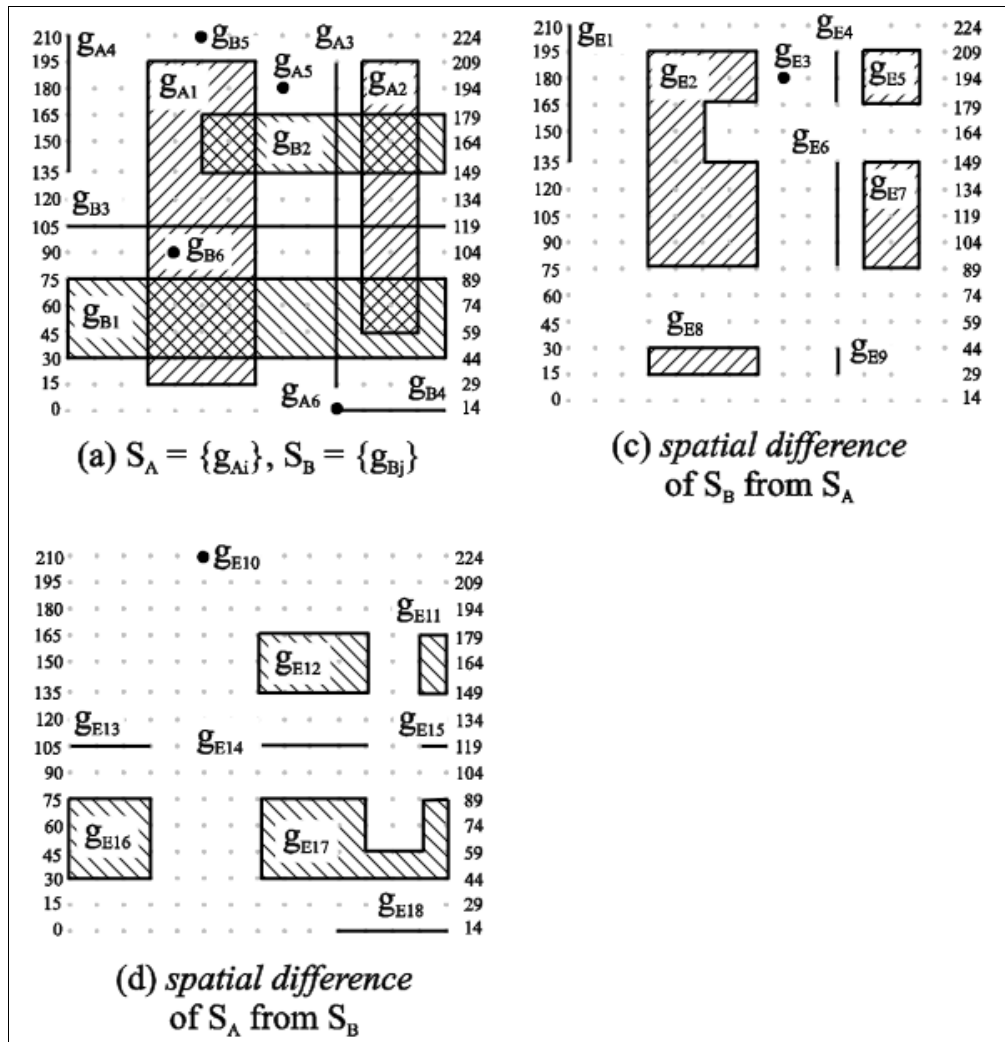


Σχήμα R1u2optic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1QuniorR2, που η τιμή τους στην A είναι a_1 .

5.3 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντικής Διαφοράς

5.3.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη της *Χωρικής Διαφοράς* (Quantum Except) φαίνεται στο Σχήμα Lnexcept. Στο αριστερό μέρος του σχήματος φαίνονται τα δυο σύνολα εισόδου SA και SB. Εκτελώντας την πράξη της *Χωρικής Διαφοράς* φαίνεται ο χάρτης εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος Lnexcept. Ο χάρτης εξόδου περιέχει μη επικαλυπτόμενα σημεία, γραμμές, πολύγωνα.



Σχήμα Lvexcept: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για Χωρικής Διαφοράς.

5.3.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

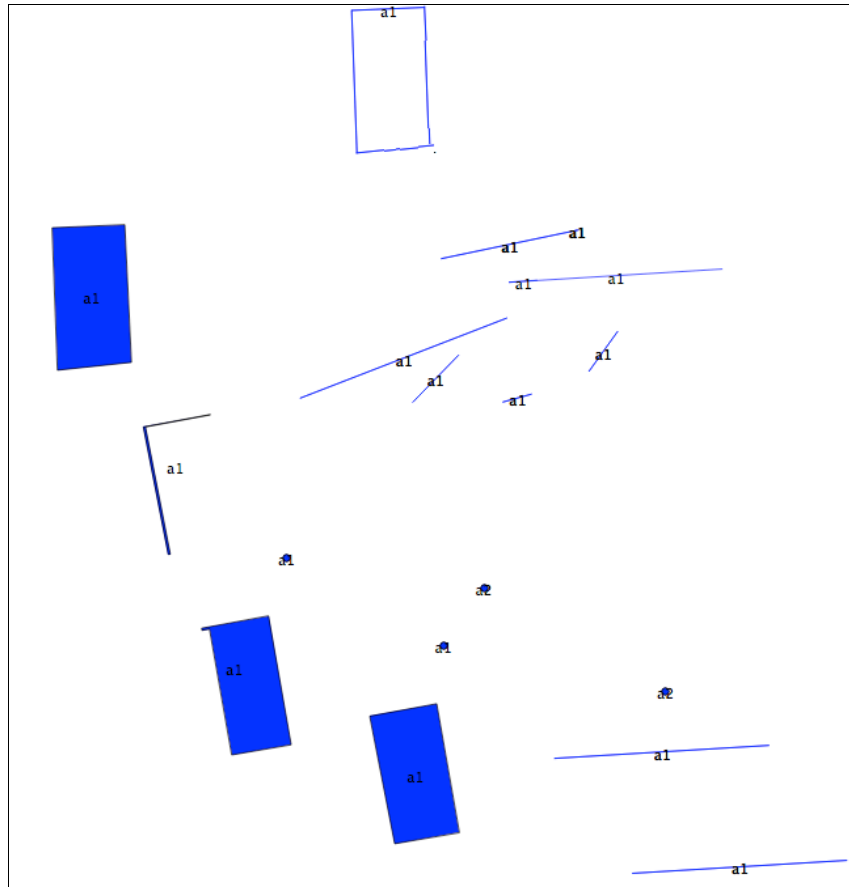
Αφου έχουμε δημιουργήσει τους πίνακες R1 και R2, φαινονται στα Σχήματα R1_{optic} και R2_{optic} αντίστοιχα. Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

```
CREATE TABLE R1QexceptR2 AS

SELECT ST_DIFFERENCE (R1.g,R2.g),
CASE WHEN ST_INTERSECTS(R1.g,R2.g) = 't' AND R1.a=R2.a
THEN
R1.a
ELSE
(SELECT a FROM R1)
UNION
(SELECT a FROM R2)

END
FROM R1, R2;
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1e2_{optic}



Σχήμα R1e2optic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1QexceptR2, που η τιμή τους στην A είναι a1.

Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη *Χωρικής Διαφοράς* των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων R1 και R2. Αν στο γνώρισμα A της R1 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m και στο γνώρισμα A της R2 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα a_i .

Για την πράξη της *Χωρικής Διαφοράς* στο PostGIS χρησιμοποιούμε την συνάρτηση `st_difference(geometry1, geometry2)` όπου η παράμετρο π_i είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα και η παράμετρο `geometry2` είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα.

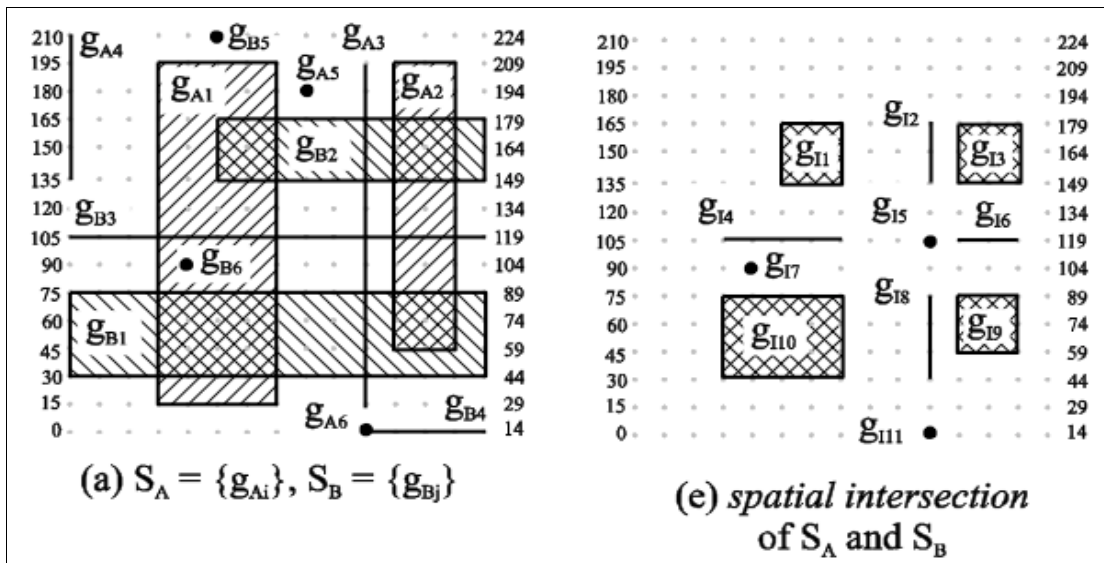
Η εφαρμογή της συνάρτησης επιστρέφει το ισοδύναμο αντικείμενο της πράξης τομής των Lorentzos & Viqueira.

5.4 Σχεσιακή Πράξη: Κβαντική Τομή

5.4.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη της *Χωρικής Τομής* (*Quantum Intersect*) φαίνεται στο Σχήμα Στο αριστερό μέρος του σχήματος φαίνονται τα δυο σύνολα εισόδου SA και SB.

Εκτελώντας την πράξη της *Χωρικής Τομής* φαίνεται ο χάρτη εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος που περιέχει Ο χάρτης εξόδου περιέχει μη επικαλυπτόμενα σημεία, γραμμές, πολύγωνα.



Σχήμα Lvinte: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για *Χωρικής Τομής*

5.4.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

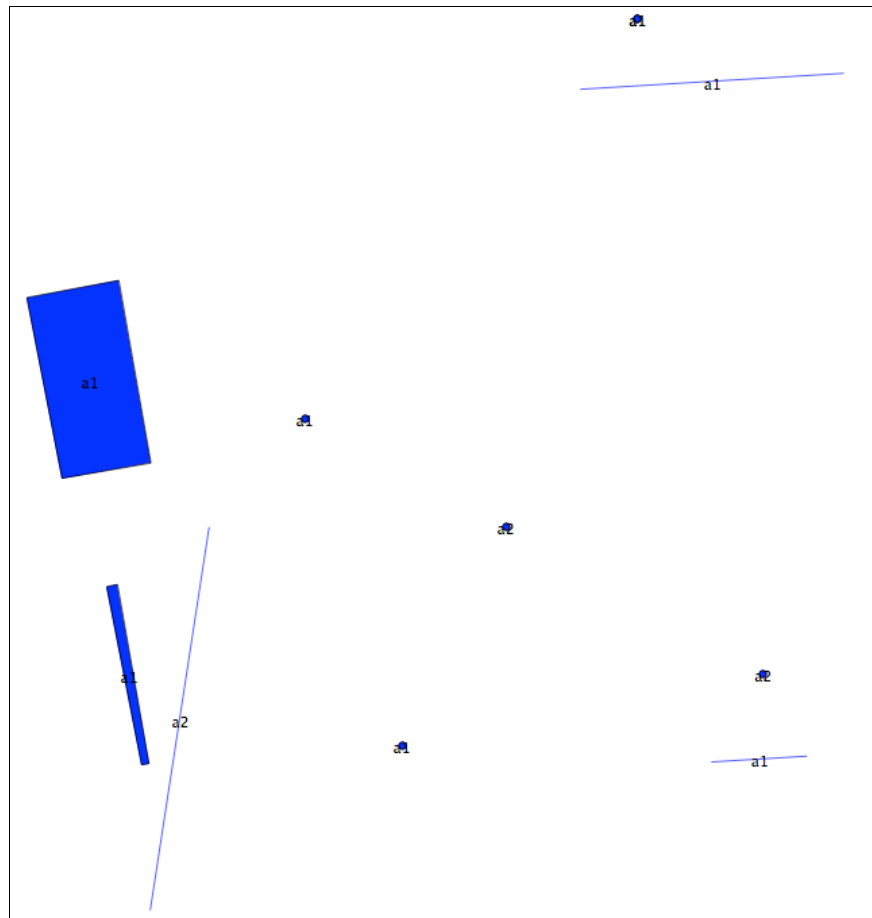
```
CREATE TABLE R1QintersectionR2 AS
SELECT ST_INTERSECTION (R1.g,R2.g),
CASE WHEN ST_INTERSECTS(R1.g,R2.g) = 't' AND R1.a=R2.a
THEN
R1.a
ELSE
(SELECT a FROM R1)
UNION
(SELECT a FROM R2)
END
FROM R1, R2;
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1i2optic

Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη *Χωρικής Τομής* των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων R1 και R2. Αν στο γνώρισμα A της R1 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m και στο γνώρισμα A της R2 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα a_i .

Για την πράξη της *Χωρικής Τομής* στο PostQIS χρησιμοποιούμε την συνάρτηση `st_intersection (geometry1, geometry2)` όπου η παράμετρο `π1` είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα και η παράμετρο `geometry2` είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά

αντικείμενα. Η εφαρμογή της συνάρτησης επιστρέφει το ισοδύναμο αντικείμενο της πράξης *Χωρικής Τομής* των Lorentzos & Viqueira.



Σχήμα R1i2optic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1QintersectionR2, που η τιμή τους στην A είναι a1.

5.5 Σχεσιακές Πράξεις ανά Ζεύγη

Για τις πράξεις ανά Ζεύγη δημιουργούμε τους πίνακες R1PW (Σχήμα R1PWtable) και R2PW (Σχήμα R2PWtable) στο PostGIS γράφοντας τις παρακάτω εντολές Δημιουργήσαμε τους πίνακα R1 και R2 στο PostGIS γράφοντας τις παρακάτω εντολές

```
CREATE TABLE R1PW (A varchar(50), G geometry);  
CREATE TABLE R2PW (B varchar(50), G geometry);
```

Η διαφορά του πίνακα R2PW με το πίνακα R2 είναι ότι περιέχει τη στήλη B για να ταυτίζονται με εκείνα της εργασίας των Lorentzos & Viqueira.

Αφού δημιουργήσαμε τους πίνακες εισάγουμε δεδομένα στους πίνακες με τις παρακάτω διαδοχικές εντολές insert.

```
INSERT INTO R1PW
```

```
VALUES ('a1', GeomFromText('POINT(468346 4198876)', 2100));
INSERT INTO R1PW
VALUES ('a1', GeomFromText('POINT(468518 4198644)', 2100));
INSERT INTO R1PW
VALUES ('a1', GeomFromText('LINESTRING(469180 4199872, 469171 4199855)', 2100));
INSERT INTO R1PW
VALUES ('a1', GeomFromText('LINESTRING(468994 4199855, 469092 4199882)', 2100));
INSERT INTO R1PW
VALUES ('a1', GeomFromText('POLYGON((467646 4198420, 467734 4197970, 467962 4198009,
467882 4198464, 467646 4198420))', 2100));
INSERT INTO R2PW
VALUES ('b1', GeomFromText('POINT(468346 4198876)', 2100));
INSERT INTO R2PW
VALUES ('b1', GeomFromText('POINT(468518 4198644)', 2100));
INSERT INTO R2PW
VALUES ('b1', GeomFromText('LINESTRING(469180 4199872, 469171 4199855)', 2100));
INSERT INTO R2PW
VALUES ('b1', GeomFromText('LINESTRING(468994 4199855, 469092 4199882)', 2100));
INSERT INTO R2PW
VALUES ('b1', GeomFromText('POLYGON((467646 4198420, 467734 4197970, 467962 4198009,
467882 4198464, 467646 4198420))', 2100));
```


a character varying(50)	astext text
a1	POINT(468346 419887)
a1	POINT(468151.350672)
a1	POLYGON((467649.101
a1	POLYGON((467853.790
a1	POLYGON((468446.147
a1	LINestring(469316.45
a1	LINestring(468755.11
a1	LINestring(468916.46
a1	LINestring(469180 41
a1	LINestring(468203.15
a1	POINT(468703.390134
a1	LINestring(469098.30
a1	LINestring(469372.52
a1	POLYGON((467327.767
a1	LINestring(468382.70
a1	LINestring(468938.17

Σχήμα R1PWtable: Ο πίνακα R1PW, που η τιμή τους στην Α είναι a1.

B character varying(50)	astext text
b1	POINT(468518 4198644
b1	LINestring(469180 419
b1	POINT(468400.5319148
b1	POINT(468363.1404255
b1	POINT(468451.2510638
b1	POINT(468549.3574468
b1	POINT(468350.8127659
b1	LINestring(469000.975
b1	LINestring(469006.09
b1	LINestring(469143.730
b1	LINestring(469129.780
b1	LINestring(468945.64
b1	POLYGON((467174.5978
b1	POLYGON((468256.1425
b1	POLYGON((467343.2936
b1	POLYGON((467983.3914

Σχήμα R2PWtable: Ο πίνακα R2PW, που η τιμή τους στην B είναι b1.

Τους πίνακες τους μεταφέρουμε στο QGIS για να τους οπτικοποιήσουμε και να επεξεργαστούμε τα δεδομένα ώστε να είναι δυνατόν να ελεγχθεί αν τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από κάθε χωρική πράξη ταυτίζονται με εκείνα της εργασίας των Lorentzos & Viqueira.

5.6 Σχεσιακή Πράξη: Ένωση Ανά Ζεύγη

Αφου έχουμε δημιουργήσει τους πίνακες R1PW και R2PW. Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

```

SELECT ST_UNION(R1PW.g, R2PW.g)
CASE WHEN ST_INTERSECTS(R1PW.g, R2PW.g) = 't'
THEN
    R1PW.a
ELSE
    ((SELECT a FROM R1PW)
    UNION
    (SELECT "B" FROM R2PW))
END
FROM R1PW, R2PW;

```

```

CREATE TABLE R1PWunionR2 AS
SELECT
CASE R1PW.g, R2PW.g WHEN ST_INTERSECTS ((R1PW.g, R2PW.g) = 'TRUE'
THEN R1PW.a, R2PW.b ST_UNION(R1PW.g, R2PW.g) AS G
ELSE
      ((SELECT a, g FROM R1PW)
      UNION ALL
      (SELECT b, g FROM R2PW))
END
FROM R1PW, R2PW;

```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1PWunionR2table

Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη χωρική ένωση των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων R1 και R2. Αν στο γνώρισμα A της R1 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m και στο γνώρισμα B της R2 υπάρχουν οι τιμές b_1, \dots, b_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα ζεύγη (a_i, b_j) , $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$.

a character varying(50)	B character varying(50)	astext text
a1	b1	POINT(468549.3574468
a1	b1	POINT(468350.8127659
a1	b1	LINestring(469000.975
a1	b1	LINestring(469006.09
a1	b1	LINestring(469143.730
a1	b1	LINestring(469129.780
a1	b1	LINestring(468945.64
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	POLYGON((468256.1425
a1	b1	POINT(469485.7312200
a1	b1	POINT(468846.0520179
a1	b1	POLYGON((467619.1978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	POLYGON((467685.4148
a1	b1	POINT(468330.1914893

Σχήμα R1PWunionR2table: Ο πίνακα R1PWunionR2, που η τιμή τους στην A είναι a1 και η τιμή τους στην B είναι b1.

5.7 Σχεσιακή Πράξη: Διαφορά Ανά Ζεύγη

Άφου έχουμε δημιουργήσει τους πίνακες R1PW και R2PW. Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

```
CREATE TABLE R1PWexceptR2 AS  
SELECT  
CASE R1PW.g, R2PW.g WHEN ST_INTERSECTION((R1PW.g, R2PW.g) = 'TRUE'  
THEN R1PW.a, R2PW.b, ST_DIFFERENCE (R1PW.g, R2PW.g) AS G  
ELSE  
                ((SELECT a, g FROM R1PW)  
                UNION ALL  
                (SELECT b, g FROM R2PW))  
END  
FROM R1PW, R2PW;
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1PWexceptR2 table.

Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη χωρική ένωση των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων R1 και R2. Αν στο γνώρισμα A της R1 υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m και στο γνώρισμα B της R2 υπάρχουν οι τιμές b_1, \dots, b_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα ζεύγη (a_i, b_j) , $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$.

a character varying(50)	B character varying(50)	astext text
a1	b1	LINestring(469316.459
a1	b1	LINestring(468755.115
a1	b1	LINestring(469000.975
a1	b1	LINestring(469006.09
a1	b1	LINestring(469143.730
a1	b1	LINestring(469129.780
a1	b1	LINestring(468945.64
a1	b1	POINT(468703.3901345
a1	b1	LINestring(469098.305
a1	b1	LINestring(469372.521
a1	b1	POINT(468846.0520179
a1	b1	POLYGON((467619.1978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	LINestring(468382.709
a1	b1	LINestring(468938.175

Σχήμα R1PWexceptR2 table: Ο πίνακα R1PWexceptR2, που η τιμή τους στην A είναι a1 και η τιμή τους στην B είναι b1.

5.8 Σχεσιακή Πράξη: Τομή Ανά Ζεύγη

Άφου έχουμε δημιουργήσει τους πίνακες R1PW και R2PW. Στο PostGis γράφουμε την παρακάτω εντολή

```

CREATE TABLE R1PWintersection R2 AS
SELECT
CASE R1PW, R2PW. b WHEN ST_INTERSECTION((R1PW.g, R2PW.g) = 'TRUE'
THEN R1PW.a, R2PW.b, ST_INTERSECTION (R1PW.g, R2PW.g) AS G
ELSE
((SELECT a, g FROM R1PW)
UNION ALL
(SELECT b, g FROM R2PW))
END
FROM R1PW, R2PW;
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1PWintersectionR2table

Τα στοιχεία της στήλης G αποτελούν τη χωρική τομή των γεωμετρικών αντικειμένων των σχέσεων $R1$ και $R2$. Αν στο γνώρισμα A της $R1$ υπάρχουν οι τιμές a_1, \dots, a_m και στο γνώρισμα B της $R2$ υπάρχουν οι τιμές b_1, \dots, b_n τότε η παραπάνω πράξη επαναλαμβάνεται για όλα τα ζεύγη (a_i, b_j) , $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$.

a character varying(50)	B character varying(50)	astext text
a1	b1	POINT(468330.1914893
a1	b1	POINT(468484.2 419881
a1	b1	POINT(468397.2 419871
a1	b1	LINestring(469006.09
a1	b1	LINestring(469143.730
a1	b1	LINestring(469129.780
a1	b1	LINestring(468945.64
a1	b1	POINT(468703.3901345
a1	b1	LINestring(469143.730
a1	b1	LINestring(469129.780
a1	b1	LINestring(468945.64
a1	b1	POLYGON((467174.5978

Σχήμα R1PWintersectionR2table: Ο πίνακα R1PWintersection R2, που η τιμή τους στην A είναι a1 και η τιμή τους στην B είναι b1.

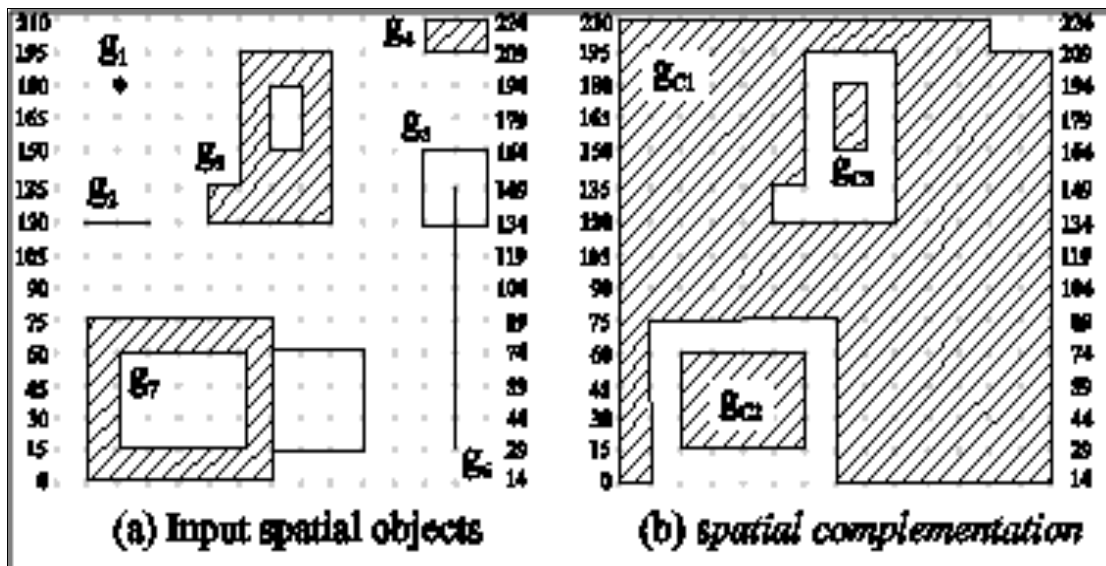
a1	b1	LINESTRING(469316.459
a1	b1	LINESTRING(468755.115
a1	b1	LINESTRING(469000.975
a1	b1	LINESTRING(469006.09
a1	b1	LINESTRING(469143.730
a1	b1	LINESTRING(469129.780
a1	b1	LINESTRING(468945.64
a1	b1	POINT(468703.3901345
a1	b1	LINESTRING(469098.305
a1	b1	LINESTRING(469372.521
a1	b1	POINT(468846.0520179
a1	b1	POLYGON((467619.1978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	POLYGON((467174.5978
a1	b1	LINESTRING(468382.709
a1	b1	LINESTRING(468938.175
a1		POINT(468549.3574468
a1		POINT(468350.8127659
a1		LINESTRING(469000.975
a1		LINESTRING(469006.09
a1		LINESTRING(469143.730
a1		LINESTRING(469129.780
a1		LINESTRING(468945.64
a1		POINT(468703.3901345
a1		LINESTRING(469098.305
	b1	LINESTRING(469372.521
	b1	POINT(468846.0520179
	b1	POLYGON((467619.1978
	b1	POLYGON((467174.5978
	b1	POLYGON((467174.5978
	b1	LINESTRING(468382.709
	b1	LINESTRING(468938.175

Σχήμα R1PWFullOverlayR2PWtable: Ο πίνακα R1PWFullOverlayR2PW που η τιμή τους στην A είναι a1 και η τιμή τους στην B είναι b1.

5.9 Πράξη Συμπληρώματος

5.9.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη *συμπλήρωμα* (complementation) φαίνεται στο Σχήμα LVcomplementation. Στο αριστερό μέρος του σχήματος LVenvelope φαίνονται ένα σύνολο εισόδου SA. Εκτελώντας την πράξη συμπλήρωμα φαίνεται ο χάρτη εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος LVcomplementation που περιέχει μη επικαλυπτόμενα πολύγωνα.



Σχήμα LVcomplementation: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για το συμπλήρωμα

5.9.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

Αφού έχουμε δημιουργήσει στο PostGis το πίνακα R1expand με την παρακάτω εντολή

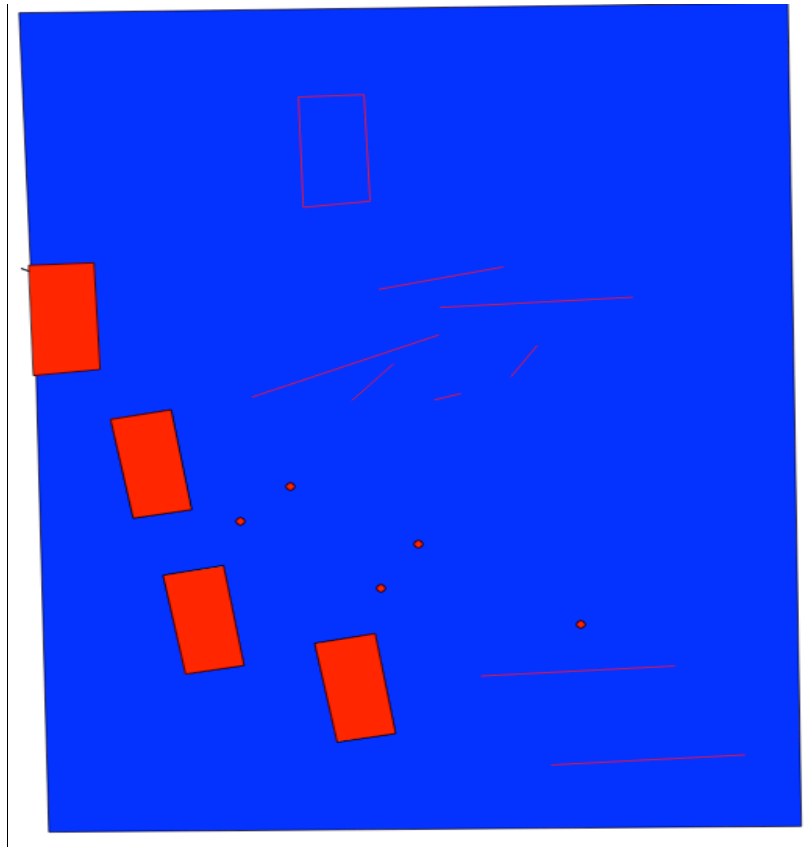
```
CREATE TABLE R1expand AS
SELECT R1.a AS A, ST_EXPAND(R1.g, 100) AS G
FROM R1;
```

Ο χωρικός τελεστής `st_expand` δημιουργεί ένα πολύγωνο που περιέχει όλα τα γεωμετρικά αντικείμενα.

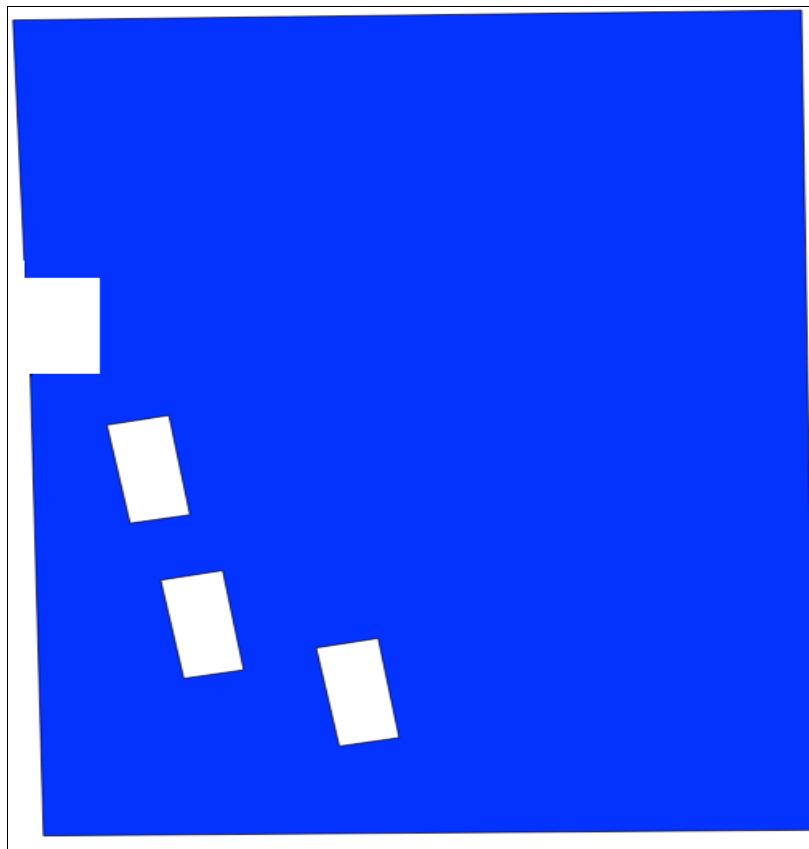
Για να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα της πράξης *συμπλήρωμα* με τους Lorentzos & Viqueira χρειάζεται να γράφουμε την παρακάτω εντολή

```
CREATE TABLE R1complementation.AS
SELECT R1.a AS A, ST_DIFFERENCE (R1expand.g, R1.g) AS G
FROM R1expand, R1;
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1complementationoptic.



Σχήμα R1comoptic: Ταυτόχρονη απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων των πινάκων R1 και R1complementation, που η τιμή τους στην A είναι α_1 .

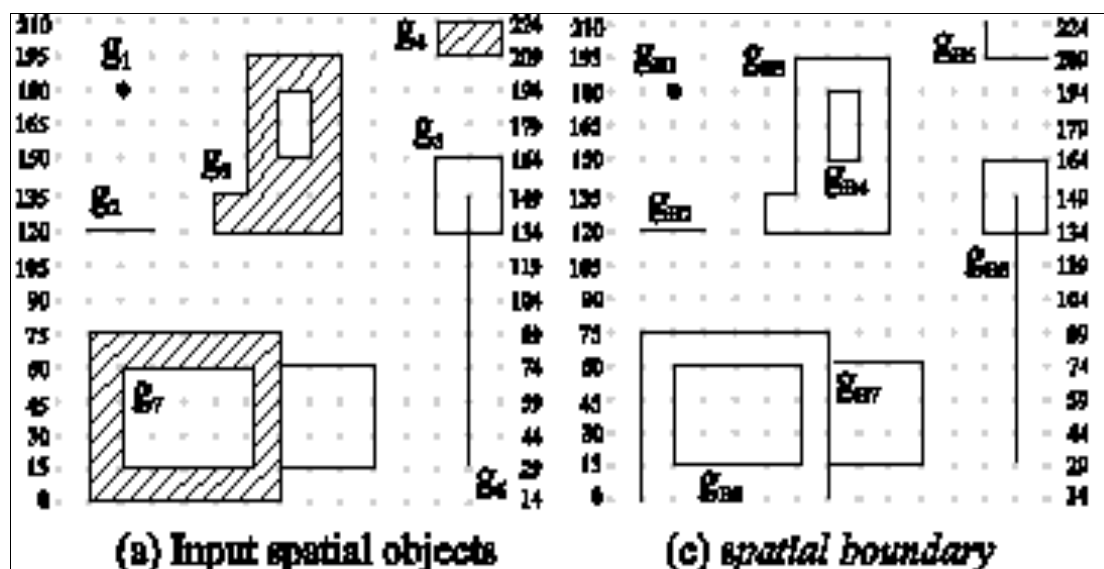


Σχήμα R1complementationoptic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα

5.10 Πράξη Χωρικού Συνόρου

5.10.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη *σύνορο* (*boundary*) φαίνεται στο Σχήμα Στο αριστερό μέρος του σχήματος LVboun φαίνονται ένα σύνολο εισόδου SA. Εκτελώντας την πράξη *σύνορο* φαίνεται ο χάρτη εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος που περιέχει μόνο σημεία και γραμμές



Σχήμα LVboun: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για το *σύνορο*.

5.10.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

Προκειμένου να δείξουμε τη λειτουργικότητα της πράξης *σύνορο* επιφέραμε μικρές τροποποιήσεις στο περιεχόμενο του πίνακα R1 η απεικόνιση των γεωμετρικών του αντικειμένου εμφανίζεται στο σχήμα R1opticboun.

Μεταφέρουμε τον πίνακα R1 από το PostGIS στο QGIS. Μετονομάζουμε το επίπεδο R1 που περιέχει τα σημεία του R1 σε R1POINT. Μετά μετονομάζουμε το επίπεδο R1 που περιέχει τις γραμμές του R1 σε R1LINE και το επίπεδο R1 που περιέχει τα πολύγωνα του R1 σε R1POLYGON. Στο R1POLYGON προσθέτουμε και επεξεργαζόμαστε ένα πολύγωνο που περιέχει μια ιδιαιτερότητα.

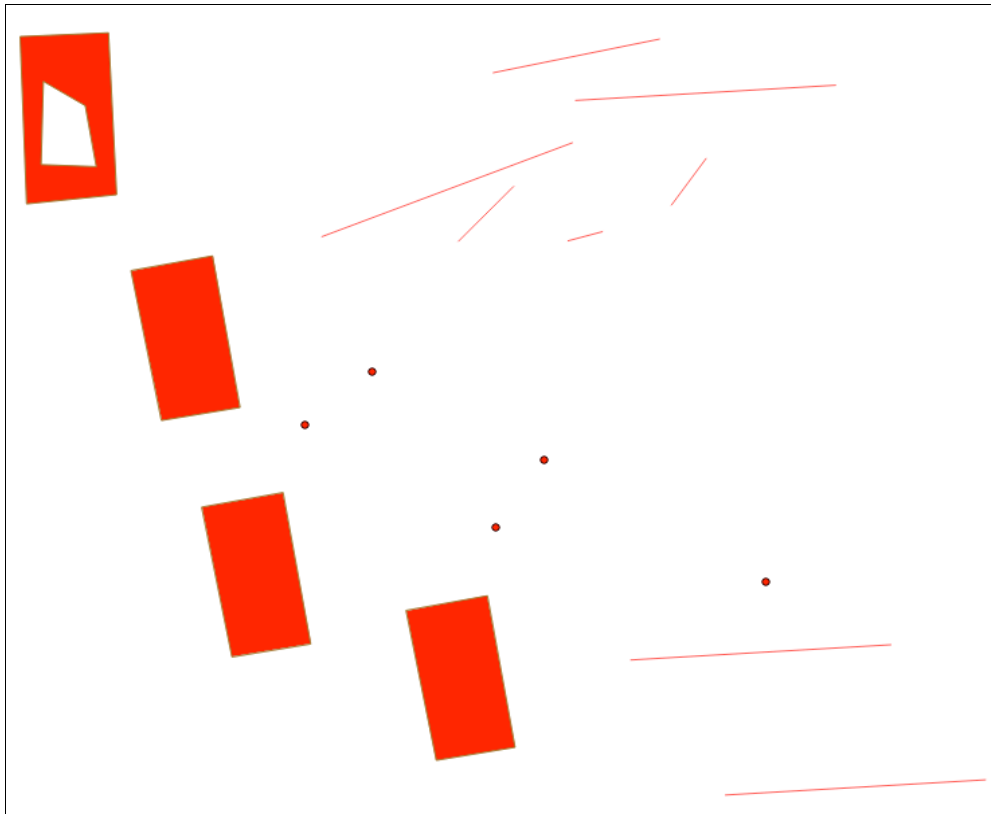
Στο QGIS μετατρέπουμε το R1POLYGON που περιέχει τα πολύγωνα σε ένα επίπεδο που περιέχει τα *σύνορα* των πολύγωνων (Vector → Εργαλεία Γεωμετρίας → Πολύγωνο σε Γραμμές) το οποίο ονομάζουμε σε BoundaryR1polygon.

Μεταφέρουμε τα αρχεία BoundaryR1polygon, R1POINT και R1LINE από το QGIS στο PostGIS.

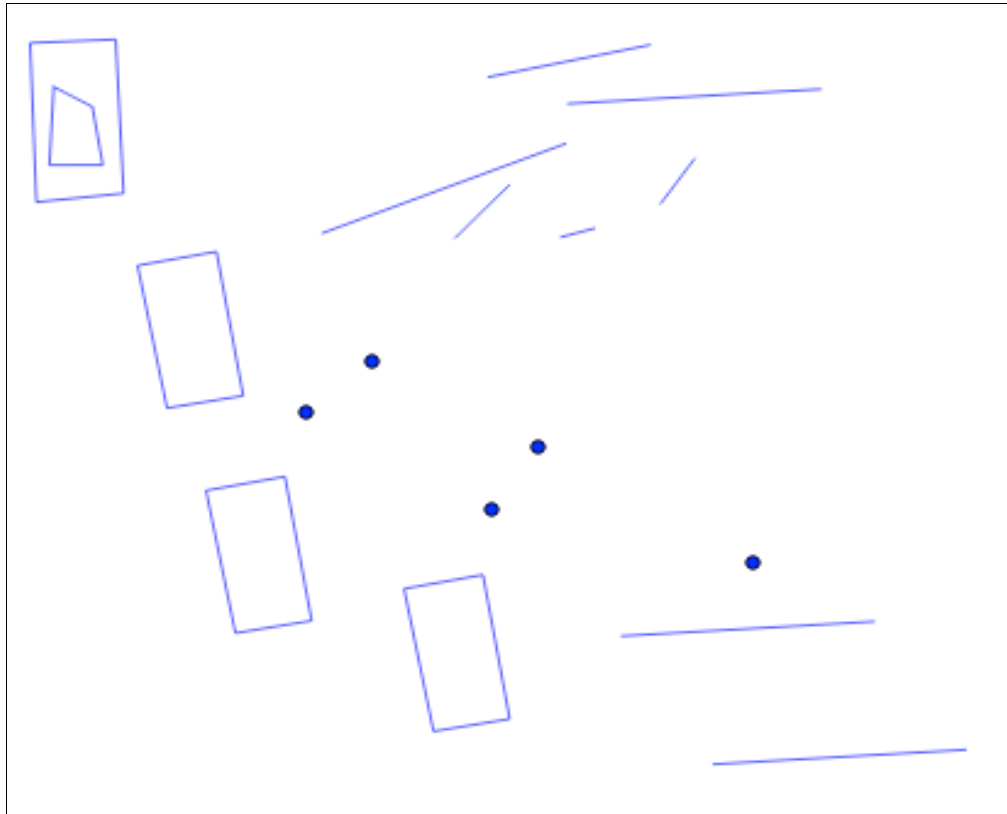
Εκτελούμε την παρακάτω εντολή και μεταφέρουμε το πίνακα που δημιουργήσαμε στο QGIS για οπτικοποίηση του αποτελεσμάτων.

```
CREATE TABLE R1Boundary AS
SELECT a, the_geom FROM "R1POINT"
UNION
SELECT a, the_geom FROM "R1LINE"
UNION
SELECT a, the_geom FROM "BoundaryR1polygon";
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1Boundaryoptic.



Σχήμα R1opticboun: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων των πινάκων R1.

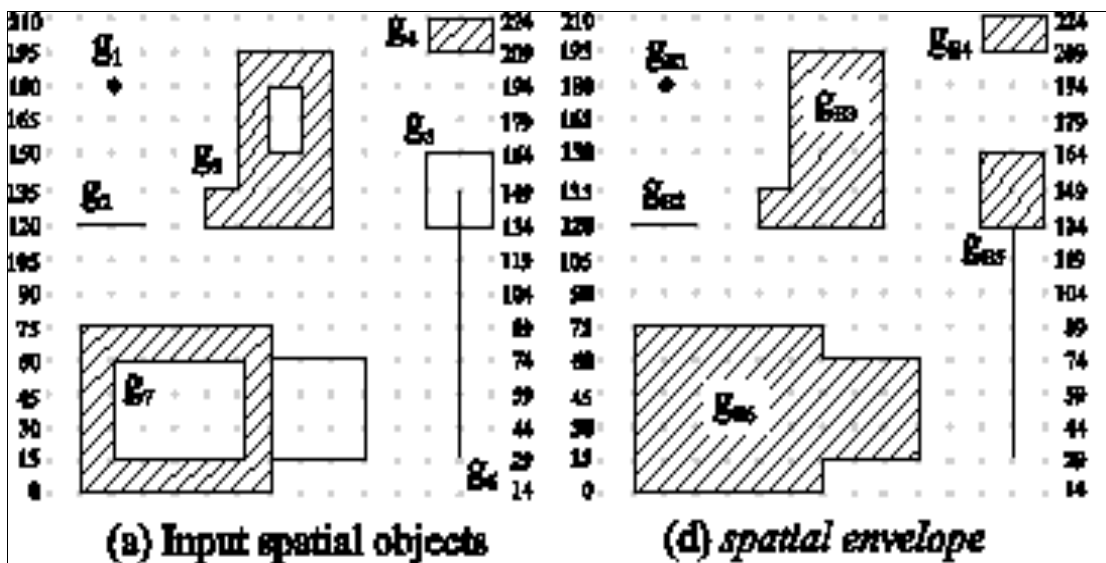


Σχήμα R1Boundaryoptic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1Boundary.

5.11 Πράξη Χωρικού Φακέλου

5.11.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη φακέλο (*envelope*) φαίνεται στο Σχήμα LVenvelope. Στο αριστερό μέρος του σχήματος LVenvelope φαίνονται ένα σύνολο εισόδου SA. Εκτελώντας την πράξη φακέλου φαίνεται ο χάρτη εξόδου στο δεξί μέρος του Σχήματος LVenvelope που περιέχει μη επικαλυπτόμενα πολύγωνα που δεν έχουν οπές, σημεία και γραμμές.



Σχήμα LVenvelope: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για το φακέλο.

5.11.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

Μεταφέρουμε τον πίνακα R1Boundary από το PostGIS στο QGIS. Μετονομάζουμε το επίπεδο R1Boundary που περιέχει τα σημεία του R1Boundary σε R1BoundaryPOINT. Μετά μετονομάζουμε το επίπεδο R1Boundary που περιέχει τις γραμμές του R1Boundary σε R1BoundaryLINE.

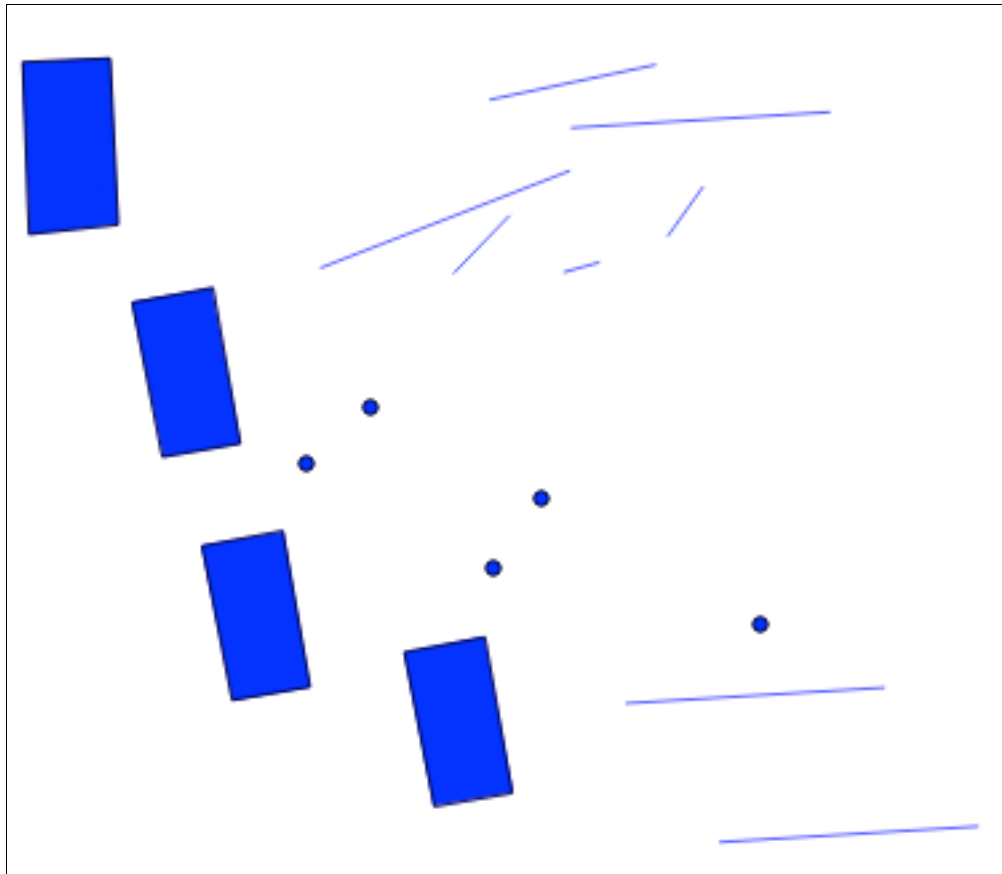
Στο QGIS μετατρέπουμε το R1BoundaryLINE που περιέχει τα γραμμές σε ένα επίπεδο που περιέχει τα σύνορα των γραμμών (Vector → Εργαλεία Γεωμετρίας → Γραμμές σε Πολύγωνο) το οποίο ονομάζουμε σε EnvelopeR1line..

Μεταφέρουμε τα αρχεία EnvelopeR1line, R1BoundaryLINE και R1BoundaryPOINT από το QGIS στο PostGIS.

Εκτελούμε την παρακάτω εντολή και μεταφέρουμε το πίνακα που δημιουργήσαμε στο QGIS για οπτικοποίηση του αποτελεσματος.

```
CREATE TABLE R1Envelope AS  
SELECT a, the_geom FROM " R1BoundaryPOINT "  
UNION  
SELECT a, the_geom FROM " R1BoundaryLINE "  
UNION  
SELECT a, the_geom FROM " EnvelopeR1line ";
```

Η απεικόνιση του πίνακα που δημιουργούμε φαίνεται στο σχήμα Σχήμα R1Envelopeoptic.

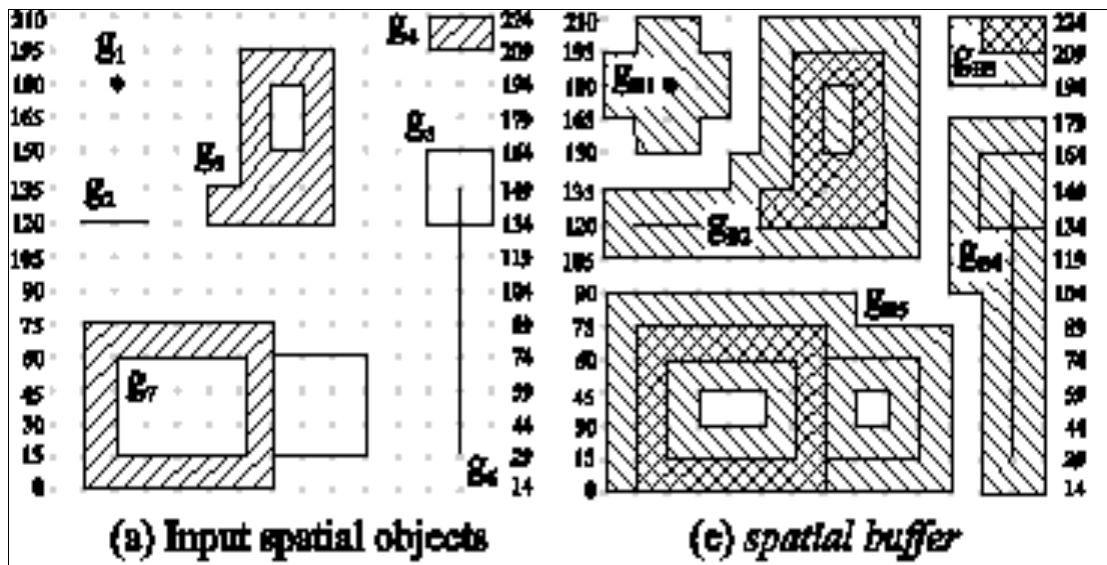


Σχήμα R1Envelopeoptics.: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1Envelope.

5.12 Πράξη Χωρικής Ζώνης Επιρροής

5.12.1 Προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira

Κατά τη προσέγγιση των Lorentzos & Viqueira η πράξη ζώνης επιρροής (*buffer*) φαίνεται στο Σχήμα 5.12. Στο αριστερό μέρος του σχήματος LVbuffer φαίνονται ένα σύνολο εισόδου SA. Εκτελώντας την πράξη της ζώνης επιρροής φαίνεται ο χάρτη εξόδου στο δεξιό μέρος του Σχήματος LVbuffer που περιέχει μόνο πολύγωνα.



Σχήμα LVbuffer: Προσέγγιση Lorentzos & Viqueira για της ζώνης επιρροής

5.12.2 Προσέγγιση παρούσας εργασίας

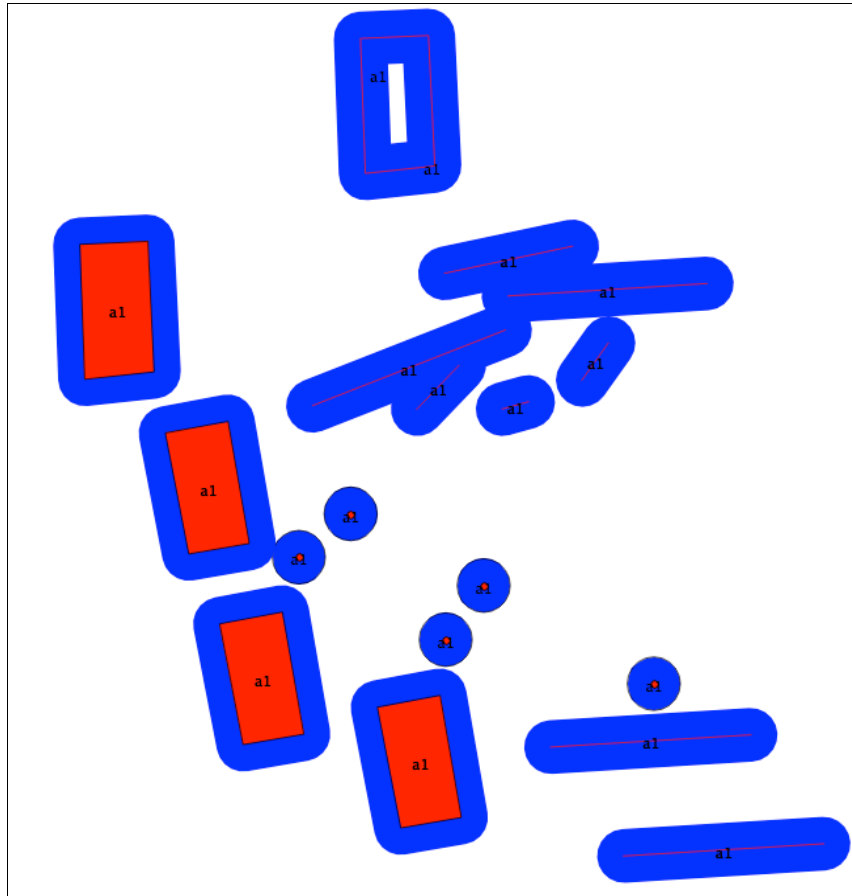
Στο PostGIS γράφουμε την παρακάτω εντολή

```
CREATE TABLE R1Buffer_AS  
SELECT a ,ST_BUFFER(g,100)  
FROM r1;
```

Για κάθε γεωμετρικό αντικείμενο διακεκριμένο πλάτος ζώνης στην παρούσα δεν παρέχει τη δυνατότητα διακεκριμένου πλάτους ζώνης για διαφορετικά αντικείμενα.

Για την πράξη της ζώνης επιρροής στο PostGIS χρησιμοποιούμε την συνάρτηση `st_buffer(geometry1, d)` όπου η παράμετρο `pi` είναι το όνομα μιας στήλης που περιέχει γεωμετρικά αντικείμενα και η παράμετρο `d` είναι μια σταθερά, το πλάτος της ζώνης επιρροής. Η εφαρμογή της συνάρτησης επιστρέφει το ισοδύναμο αντικείμενο της πράξης Χωρικής Τομής των Lorentzos & Viqueira.

Μεταφέρουμε τον πίνακα R1Buffer στο QGIS για να οπτικοποιήσουμε το αποτέλεσμα όπως φαίνεται στην εικόνα.



Σχήμα R1Bufferoptic: Απεικόνιση των γεωμετρικών αντικειμένων του πίνακα R1Buffer.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ– ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η υλοποίηση πράξεων του σχεσιακού πρότυπου για τη διαχείριση πράξεων χωρικών δεδομένων με τη χρήση των λογισμικών QGIS και POSTGRESQL / POSTGIS. Βάση αποτέλεσε η εργασία των Lorentzo & Viqueira (2006). Τα κυριότερα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύονται παρακάτω:

Η πράξη της *χωρικής ένωσης* επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των λογισμικών QGIS και POSTGIS. Το QGIS δεν φαίνεται να είναι αποτελεσματικό όταν πρόκειται για την πράξη της ένωσης μεταξύ χωρικών δεδομένων που δεν είναι είναι του ίδιου τύπου. Η πράξη της *χωρικής ένωσης* μεταξύ αρχείων που περιέχουν ίδιου τύπου χωρικά δεδομένα, δηλαδή η ένωση μεταξύ ενός συνόλου πολύγωνων και ενός άλλου συνόλου πολύγωνων, η ένωση μεταξύ δυο συνόλων γραμμών, η ένωση μεταξύ δυο συνόλων σημείων μπορεί να γίνει στο QGIS.

Η αδυναμία του λογισμικού QGIS είναι ότι η ένωση μεταξύ συνόλου πολυγώνων και συνόλου γραμμών, είτε μεταξύ συνόλου πολυγώνων και συνόλου σημείων είτε μεταξύ συνόλου γραμμών και συνόλου σημείων δεν μπορεί να γίνει στο QGIS. Αυτό συμβαίνει γιατί το QGIS έχει τη δυνατότητα σε ένα αρχείο να περιέχει μονό ενός τύπου χωρικά δεδομένα, ενώ το αποτέλεσμα της ένωσης που περιγράφεται στην παρούσα εργασία περιέχει παραπάνω από ένα τύπο χωρικά δεδομένα στο αποτέλεσμα της χωρικής ένωσης.

Αναλυτικότερα η προαναφερόμενη ένωση γίνεται μεταξύ συνόλου πολύγωνων και συνόλου γραμμών η οποία περιέχει και τους δυο τύπους χωρικών δεδομένων, ομοίως η ένωση μεταξύ συνόλου πολύγωνων και συνόλου σημείων περιέχει και τους δυο τύπους χωρικών δεδομένων, όπως και η ένωση μεταξύ συνόλου γραμμής και συνόλου σημείων - τα διαφορετικού τύπου χωρικά δεδομένα αιτιολογούν την επιλογή της πράξης της Χωρικής Ένωσης (περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 5.2).

Η πράξη της *χωρικής διαφοράς* παρουσιάζει ενδιαφέρον καθώς μπορεί να γίνει στο QGIS. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αποτελέσματα της *χωρικής διαφοράς* περιέχει μόνο ενός τύπου χωρικά δεδομένα. Αναλυτικότερα η *χωρική διαφορά*, η οποία γίνεται μεταξύ ενός συνόλου πολύγωνων και ενός άλλου συνόλου πολύγωνων, περιέχει χωρικά δεδομένα τύπου πολύγωνου ή το κενό σύνολο. Αντίστοιχα η διαφορά μεταξύ συνόλου πολύγωνων και συνόλου γραμμής περιέχει χωρικά δεδομένα τύπου γραμμής ή το κενό σύνολο. Ομοίως, και η διαφορά μεταξύ συνόλου γραμμής και συνόλου γραμμής περιέχει χωρικά δεδομένα τύπου γραμμής ή το κενό σύνολο - τα ίδια τύπου χωρικά δεδομένα αιτιολογούν την επιλογή της της χωρικής διαφοράς (περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 5.3) .

Η πράξη της *χωρικής τομής* μεταξύ αρχείων που περιέχουν χωρικού τύπου δεδομένα, δεν μπορεί να γίνει και στο QGIS. Ωστόσο, αυτό συμβαίνει γιατί το QGIS έχει τη δυνατότητα σε ένα αρχείο να περιέχει μονό ενός τύπου χωρικά δεδομένα, ενώ το αποτέλεσμα της τομής που περιγράφεται στην παρούσα εργασία περιέχει παραπάνω από ένα τύπο χωρικά δεδομένα. Αναλυτικότερα η

προαναφερόμενη πράξη της χωρικής τομής γίνεται, μεταξύ ενός συνόλου πολύγωνων και ενός άλλου συνόλου πολύγωνων, η οποία περιέχει τους τύπους χωρικών δεδομένων γραμμή, σημείου και πολύγωνων, αντίστοιχα η τομή μεταξύ ενός συνόλου πολύγωνων και ενός συνόλου σημείων περιέχει χωρικά δεδομένα τύπου σημείου, όπως και η τομή μεταξύ συνόλου πολύγωνων και ενός συνόλου γραμμής τους τύπους χωρικών δεδομένων γραμμής και σημείου. Επίσης η τομή μεταξύ ενός συνόλου γραμμής και ενός άλλου συνόλου γραμμής περιέχει τους τύπους χωρικών δεδομένων γραμμή και σημείο, και η τομή μεταξύ γραμμής και σημείου περιέχει χωρικά δεδομένα τύπου σημείου- τα διαφορετικού τύπου χωρικά δεδομένα αιτιολογούν την επιλογή της πράξης χωρικής τομής (περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 5.4) .

Η πράξη του *χωρικού συνόρου* μπορεί να γίνει στο QGIS και στο PgAdmin III. Επιλέγοντας 'Πολύγωνο σε Γραμμές' από το μενού του QGIS από τα 'Εργαλεία Γεωμετρίας' για vector δεδομένα (βλέπε Κεφάλαιο 3) . Ωστόσο, το QGIS δεν φαίνεται να είναι το ίδιο αποτελεσματικό όταν πρόκειται για μεγάλο όγκο δεδομένων –και επειδή τα δεδομένα μας είναι αρκετά αιτιολογούν την επιλογή του *χωρικού συνόρου* (περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 5.6) .

Η πράξη του *χωρικού φακέλου* μπορεί να γίνει στο QGIS. Το QGIS είναι αποτελεσματικό, καθώς η πράξη του χωρικού φακέλου γίνεται μονό σε σύνολο πολύγωνων και το αποτέλεσμα αυτής είναι μονό ενός τύπου χωρικά δεδομένα πολυγώνου - ο ένας τύπος χωρικών δεδομένων αιτιολογούν την επιλογή της πράξης του χωρικού φακέλου (περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 5.7) .

Η πράξη της *χωρικής ζώνης επιρροής* δεν μπορεί να γίνει και στο QGIS. Ωστόσο, αυτό συμβαίνει γιατί το QGIS έχει τη δυνατότητα σε ένα αρχείο να περιέχει μονό ενός τύπου χωρικά δεδομένα ενώ για την πράξη της χωρικής ζώνης αρχικά σε ένα αρχείο περιέχονται χωρικά δεδομένο τύπου πολύγωνου, γραμμής και σημείου. Το QGIS δεν είναι αποτελεσματικό, για αυτό και η πράξη της χωρικής ζώνης γίνεται στο PgAdmin III. διαφορετικού τύπου χωρικά δεδομένα αιτιολογούν την επιλογή της πράξης της χωρικής ζώνης (περιγράφεται στο 5.8) .

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήσαμε τη βάση PostgreSQL παρόμοια λειτουργικότητα διαθέτει η βάση MySQL spatial. Αρχικά συγκρίνουμε τις παραδοσιακές βάσεις PostgreSQL και MySQL .

Πρόκειται για δυο βάσεις ανοιχτού λογισμικού που χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Και οι δυο έχουν επαρκή τεκμηρίωση και εμπορική υποστήριξη. Υποστηρίζουν την αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή και είναι συμβατές σε μεγάλο μέρος με το πρότυπο SQL92. Η MySQL διακρίνεται κυρίως για τη γρήγορη απόδοση που προσφέρει, ενώ η PostgreSQL για τις προχωρημένες της δυνατότητες και χαρακτηριστικά.

Η τρέχουσα έκδοση της MySQL είναι η MySQL 5.0 και η τρέχουσα έκδοση της PostgreSQL είναι η PostgreSQL. Τα κοινά χαρακτηριστικά της PostgreSQL και MySQL είναι ότι διαθέτουν συμβατότητα , μπορούν να κάνουμε συναλλαγές, διαθέτουν ξένα κλειδιά και σκαδαλιστές (triggers) και προβολές

και αποθηκευμένες διαδικασίες και Subselects και Unions και ODBC και OJBC. Ενώ η PostgreSQL επιπλέον διαθέτει τη δυνατότητα στο χρήστη ορισμού των τύπων και full joins και υποστηρίζει IPv6. Η MySQL φτάνει στο μέγιστο σημείο λειτουργικότητας, μειώνει την επίδοσή της ενώ η PostgreSQL κρατά την επίδοση της στα ίδια επίπεδα. Γενικά η MySQL έχει μεγαλύτερη απόδοση για μικρό αριθμό πελατών, αλλά στη συνέχεια δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις με αποτέλεσμα η PostgreSQL να γίνεται πιο αποδοτική,

Στη συνέχεια συγκρίνουμε τη χωρική επεκταμένη βάση MySQL και τη βάση PostgreSQL με χρήση του PostGIS. Παρατηρούμε τα εξής

1. Η PostgreSQL υποστηρίζει το OGC SQL functions και OGC Simple Features ενώ η MySQL υποστηρίζει μόνο τους γεωμετρικούς τύπους του OGC Simple Features for SQL specification.
2. Η MySQL δεν προσφέρει χωρικά κατηγορήματα, ούτε χωρικούς τελεστές, αντίθετα με την PostgreSQL, με αποτέλεσμα να μην δίνει απάντηση σε ερωτήματα όπως αν ένα γνώρισμα τέμνεται με ένα άλλο γνώρισμα ή αν δυο γνώρισμα επικαλύπτονται.
3. Η PostgreSQL αποτελεί τη χωρικά επεκταμένη βάση που χρησιμοποιεί η πλειονότητα των εφαρμογών Γ.Π.Σ. ελεύθερου λογισμικού.

Ακόμα η PostgreSQL έχει πιο ανθεκτική σε crashes και διακοπές ρεύματος.

Η PostgreSQL με χρήση του PostGIS διαθέτει καλύτερα και περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά από τη MySQL.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- N. A. Lorentzos, J. R. R. Viqueira, 2006, Relational Formalism for the Management of Spatial Data, Computer Journal 49(1), 62-81.
- Η Φρέντζος, 2009, Εισαγωγή στη PostgreSQL - PostGIS, Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιά, 1-16.
- Β. Λουκαΐδη, 2012, Υπηρεσίες Επεξεργασίας Γεωγραφικών Δεδομένων στον Παγκόσμιο Ιστό: Ανάπτυξη Πιλοτικής Εφαρμογής με το πρότυπο WPS (κατά OGC), Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 44-46.

- Ν. Κολιός, Κ. Πατρούμπας, Τ. Σελλής, Διαχείριση Δυναμικών Χωρικών Μεταβολών με Χρήση Διαδικτυακών Υπηρεσιών, 67-80.
- Κ. Μανωλόπουλου, 2011, Ανάπτυξη Χωρικής Βάσης Δεδομένων, με χρήση Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα, Εφαρμογή στην Ομάδα Παραγωγών Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Επαρχίας Λασιθίου, 57
- Α. Μπάντιος, Σ. Παπαδημητρίου, Κ. Τσίμπης, 2009, Επιστήμη και Συστήματα Γεωγραφίας Πληροφορική, Πανεπιστημιακή εργασία Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιά. 54-66.
- Θ. Βάκκα, 2008, Διαχείριση Χωρικών Β.Δ. με Δυναμική Κατάτμηση, Διπλωματική εργασία, ΔΠΜΣ Γεωπληροφορική ΕΜΠ, Αθήνα, 60-68.
- Κ. Πατρούμπας, 2008, Υλικό σχετικά με τα λογισμικά PostgreSQL και PostGIS για το μάθημα “Χωρικές Βάσεις Δεδομένων”, ΔΠΜΣ Γεωπληροφορική, ΕΜΠ.
http://www.dblab.ece.ntua.gr/~kpatro/geodb/examples/GeoDB2008_PostGIS_Lab.pdf
http://www.dblab.ece.ntua.gr/~kpatro/geodb/examples/GeoDB2008_PostgreSQL_Lab.Pdf
- Δ. Πανταζής, 2008. Ψηφιακή Χαρτογραφία & Βάσεις Χαρτογραφικών/Γεωγραφικών Δεδομένων. Σημειώσεις TEI-A.
- Ε.Στεφανάκης, 2003. Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων & Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Παπασωτηρίου.
- P. Ramsey, 2012, Introduction to PostGIS, Workshop prepared for the FOSS4G 2012:
<http://2012.foss4g.org/workshops/W-04/>
- Boston GIS, Part 1: Getting Started With PostGIS: An almost Idiot's Guide.
http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=postgis_tut01



QuantumGIS:<http://www.qgis.org/en/documentation.html><http://www.qgis.org/en/documentatio>
n.html

➤ Open GIS Consortium, Inc. OpenGIS Simple Features Specification For SQL. Revision 1.7, OpenGIS Project Document 99-049. May 10/01/2012.

http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=829

➤ Δεσμοί σχετικά με την σύνταξη σε γλώσσα SQL:

<http://www.freestuff.gr/forums/viewtopic.php?t=15660>

http://www.survey.ntua.gr/main/courses/general/dbintro/lectures/db2005_lecture07.pdf

<http://www.cs.uoi.gr/~pitoura/db2000/sql2/index.htm>