

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: *VERSIONING ΣΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ*

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΙΡΚΕΛΗ ΦΑΝΗ

## Περιεχόμενα

1 Περίληψη.....	3
2 Εισαγωγή.....	4
3 Versioning.....	6
4 Η Εφαρμογή.....	9
4.1 Απαραίτητο λογισμικό.....	11
5 Δομή της βάσης δεδομένων.....	14
5.1 Οι πίνακες της βάσης δεδομένων.....	15
5.2 Σχέσεις των πινάκων.....	17
5.3 Κώδικας δημιουργίας της βάσης δεδομένων.....	17
5.4 Εκτέλεση ερωτημάτων.....	23
6 Διαχείριση εισαγωγών.....	24
7 Διαχείριση διαγραφών.....	27
8 Διαχείριση ενημερώσεων.....	29
9 Σενάρια χρήσης.....	30
9.1 Συνένωση πολυγώνων.....	30
9.2 Διαίρεση πολυγώνου.....	32
9.3 Άλλαγή γεωμετρίας πολυγώνου.....	34
9.4 Συνένωση εκδόσεων σχεδίου.....	36
9.4.1 Εξωτερική εφαρμογή.....	38
10 Συμπεράσματα.....	40
11 Βιβλιογραφία.....	42

## 1 Περίληψη

Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών αποτελείται από μια σειρά λογισμικών που δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας, προβολής, αναζήτησης και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων. Ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της δόμησης ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών είναι ότι η επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός ενός νέου τμήματος δρόμου, μπορεί να διαρκέσει ώρες ή και μέρες για να ολοκληρωθεί. Για να υποστηριχθούν τέτοιες εκτεταμένες λειτουργίες επεξεργασίας των δεδομένων, έχει αναπτυχθεί η τεχνική του versioning η οποία επιτρέπει την επεξεργασία ενός σχεδίου από πολλούς χρήστες και την τήρηση του ιστορικού των αλλαγών που πραγματοποιούνται από αυτούς χωρίς να δημιουργούνται πολλαπλά αντίγραφα των δεδομένων.

Το versioning υποστηρίζεται σήμερα από τα πλέον διαδεδομένα εμπορικά πακέτα επεξεργασίας γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, όπως είναι το ArcGIS της ESRI με χρήση του ArcSDE και του Geodatabase, η Oracle με χρήση του OracleSpatial και το AutodeskGis. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης του versioning σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών ανοιχτού λογισμικού με τον κατάλληλο σχεδιασμό μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται ο σχεδιασμός και η δόμηση μιας γεωγραφικής βάσης διανυσματικών δεδομένων ώστε να παρέχεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης του versioning από τους χρήστες ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών. Χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός λογισμικών ανοιχτού κώδικα βάσεων δεδομένων και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Αναλυτικότερα, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή χρησιμοποίησης του versioning η οποία στηρίζεται στα ακόλουθα λογισμικά ανοιχτού κώδικα:

- object-relational database management system (ORDBMS)) PostgreSQL
- PostGIS, χωρική επέκταση της PostgreSQL
- PgAdminIII, γραφικό περιβάλλον της PostgreSQL
- QuantumGIS, λογισμικό γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ανοιχτού κώδικα,
- Qt3, περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού σε γλώσσα προγραμματισμού C++.

## 2 Εισαγωγή

Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών είναι ένα σύστημα για δημιουργία και διαχείριση χωρικών δεδομένων και των σχετικών περιγραφικών ιδιοτήτων τους. Είναι ένα σύστημα ικανό για αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και προβολή γεωγραφικής πληροφορίας. Επιτρέπει την εκτέλεση ερωτημάτων, την αναζήτηση δεδομένων, την ανάλυση της χωρικής πληροφορίας και την επεξεργασία δεδομένων. Τα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως από πλήθος επιχειρήσεων λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν για δημιουργία, προβολή, αναζήτηση και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Οι λειτουργίες αυτές εμπεριέχουν τη χρησιμοποίηση γεωγραφικών συντεταγμένων, όπως είναι το γεωγραφικό πλάτος και μήκος ή οι απόλυτες συντεταγμένες (x,y,z) ενός σημείου σε σχέση με ένα καθορισμένο προβολικό σύστημα συντεταγμένων. Για τα χωρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία και οι όροι γεωγραφικά δεδομένα, δεδομένα GIS (Geographic Information Systems), δεδομένα χάρτη, δεδομένα τοποθεσίας και δεδομένα συντεταγμένων.

Τα δεδομένα των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων αποτελούν ψηφιακά δεδομένα που αντιπροσωπεύουν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (δρόμοι, χρήσεις γης, υψόμετρα). Τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου χωρίζονται στα διακριτά (π.χ. ένα σπίτι) και τα συνεχόμενα (π.χ. μέγεθος βροχόπτωσης σε μια περιοχή). Υπάρχουν δύο τρόποι αποθήκευσης και των δύο κατηγοριών δεδομένων σε ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα: τα ψηφιδωτά (Raster) και τα διανυσματικά (Vector) αρχεία.

Τα Raster δεδομένα αποτελούνται από γραμμές και στήλες κελιών όπου σε κάθε κελί (ψηφίδα) αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη τιμή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα raster δεδομένα είναι εικόνες, αλλά εκτός από το χρώμα, η τιμή που αντιστοιχεί σε κάθε ψηφίδα μπορεί να είναι μια διακριτή τιμή όπως η χρήση γης, μια συνεχής τιμή όπως η βροχόπτωση ή μπορεί να είναι η κενή τιμή αν δεν αντιστοιχούν δεδομένα σε μια συγκεκριμένη ψηφίδα. Παρόλο που σε μια ψηφίδα αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη τιμή, μπορεί να επεκταθεί με τη χρησιμοποίηση διαύλων για την αντιπροσώπευση χρωμάτων RGB (red, green, blue) ή ενός εκτεταμένου πίνακα χαρακτηριστικών με μια γραμμή για κάθε μεμονωμένη τιμή ψηφίδας. Η ανάλυση ενός ψηφιδωτού συνόλου δεδομένων είναι το μέγεθος της ψηφίδας σε μονάδες εδάφους. Για παράδειγμα, σε μια LIDAR ψηφιακή εικόνα κάθε κελί είναι μια ψηφίδα που αντιπροσωπεύει μια περιοχή 3μΧ3μ. Συνήθως τα κελιά αντιπροσωπεύουν τετραγωνικές περιοχές του εδάφους αλλά μπορεί να αντιπροσωπεύουν και περιοχές διαφορετικού σχήματος.

Τα διανυσματικά δεδομένα (Vector) χρησιμοποιούν για την αντιπροσώπευση των αντικειμένων γεωμετρικά στοιχεία όπως είναι τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα. Ένα παράδειγμα είναι τα όρια ενός οικοπέδου το οποίο απεικονίζεται από ένα πολύγωνο και ορισμένα

χαρακτηριστικά σημεία ενδιαφέροντος (μουσεία, αεροδρόμια) που απεικονίζονται ως σημεία. Τα διανυσματικά δεδομένα ακολουθούν κάποιους κανόνες τοπολογίας, όπως για παράδειγμα το ότι τα πολύγωνα δεν πρέπει να επικαλύπτονται, ώστε να διατηρείται η χωρική ακεραιότητα του πραγματικού κόσμου. Επιπλέον, τα διανυσματικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιπροσωπευθούν συνεχώς μεταβαλλόμενα φαινόμενα. Οι ισούψεις καμπύλες και τα τριγωνικά ακανόνιστα δίκτυα (TIN) χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν τα υψόμετρα και άλλες συνεχώς μεταβαλλόμενες τιμές.

Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σχετικά με τη χρησιμοποίηση ψηφιδωτών ή διανυσματικών δεδομένων για την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου. Τα ψηφιδωτά σύνολα δεδομένων χρησιμοποιούν μια τιμή για όλα τα σημεία της περιοχής που αντιπροσωπεύει μια ψηφίδα, γεγονός που συνεπάγεται μεγαλύτερες απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο από την απεικόνιση των δεδομένων διανυσματικά, ώστε να αποθηκεύονται μόνο τα απαιτούμενα δεδομένα. Από την άλλη πλευρά, τα ψηφιδωτά δεδομένα επιτρέπουν την ευκολότερη διαχείρηση λειτουργιών προβολής. Τα διανυσματικά δεδομένα προβάλλονται ως γραφικά που χρησιμοποιούνται στους παραδοσιακούς χάρτες ενώ τα ψηφιδωτά δεδομένα εμφανίζονται ως εικόνες. Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε με την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν διανυσματικά δεδομένα.

Σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, παράλληλα με τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν και μη χωρικές πληροφορίες οι οποίες αποτελούν τα περιγραφικά δεδομένα. Τα περιγραφικά δεδομένα είναι χαρακτηριστικά γνωρίσματα του αντικειμένου που απεικονίζεται με τα χωρικά δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα πολύγωνο που αντιπροσωπεύει μια δασώδη περιοχή μπορεί να συνοδεύεται από μια αναγνωριστική τιμή και πληροφορία σχετικά με τα είδη των δένδρων που περιέχει, το εμβαδόν της περιοχής και οποιεσδήποτε άλλες επιπλέον σχετικές πληροφορίες ενδιαφέρουν το χρήστη. Στα ψηφιδωτά δεδομένα, η τιμή της ψηφίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κωδικός αναγνώρισης για τη συσχέτιση με μια εγγραφή σε έναν άλλο πίνακα ο οποίος θα περιέχει επιπλέον περιγραφικές πληροφορίες<sup>17</sup>.

Στις μέρες μας υπάρχουν διάφορα λογισμικά γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών που καλύπτουν επαρκώς τις ανάγκες των χρηστών. Τα πλέον ανεπτυγμένα εμπορικά λογισμικά είναι αυτά της ERSI (ArcGIS) και της Autodesk (AutodeskGIS). Εκτός από τα εμπορικά λογισμικά GIS, το κόστος των οποίων είναι αρκετά υψηλό, αναπτύσσονται συνεχώς και λογισμικά γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ανοιχτού κώδικα. Τα λογισμικά ανοιχτού κώδικα ακολουθούν τις προδιαγραφές που καθορίζονται από το Open Geospatial Consortium (OGC [http://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Geospatial\\_Consortium](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium)). Το OGC είναι μια διεθνής, μη κερδοσκοπική ένωση εταιρειών, κυβερνητικών γραφείων και πανεπιστημίων που ακολουθούν μια συλλογική διαδικασία ανάπτυξης δημοσίως διαθέσιμων προδιαγραφών επεξεργασίας γεωγραφικών

δεδομένων. Γραφικά περιβάλλοντα και πρωτόκολλα ανοιχτού λογισμικού που καθορίζονται από τις προδιαγραφές του OpenGis υποστηρίζουν διαδραστικές λύσεις επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων με υπηρεσίες του διαδικτύου, των ασύρματων συσκευών και γενικότερα με την τρέχουσα τεχνολογία της πληροφορίας. Επιπλέον, το OGC ενθαρρύνει τους ανθρώπους που ασχολούνται με την ανάπτυξη των λογισμικών να καταστήσουν τις σύνθετες χωρικές πληροφορίες και υπηρεσίες προσβάσιμες και διαθέσιμες για πλήθος εφαρμογών όλων των ειδών.

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν γεωγραφικά δεδομένα εκτελούν μια σειρά λειτουργιών, η σημαντικότερη και η ευκολότερα κατανοητή από τις οποίες είναι η παραγωγή χαρτών. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της δόμησης ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών είναι ότι η επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων μπορεί να διαρκέσει ώρες ή και μέρες για να ολοκληρωθεί, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός ενός νέου τμήματος δρόμου. Τέτοιες εκτεταμένες λειτουργίες ενημέρωσης που μπορεί να περιλαμβάνουν ένα πλήθος μικρών συναλλαγών και χρηστών αναφέρονται ως μεγάλες συναλλαγές. Η λύση για την υποστήριξη μεγάλων συναλλαγών πρέπει να παρέχει ένα πλαίσιο για τη διαχείριση δεδομένων το οποίο θα μπορεί να διαχειριστεί πολλούς χρήστες που δουλεύουν στα ίδια δεδομένα το ίδιο χρονικό διάστημα και συχνά για μεγάλη διάρκεια χωρίς όμως να υπάρχουν διπλοεγγραφές των δεδομένων. Όλες αυτές οι απαιτήσεις ικανοποιούνται σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων με την υιοθέτηση της τεχνικής του “versioning”.

### 3 Versioning

Ως έκδοση ενός σχεδίου θα μπορούσε να οριστεί μια όψη ή ένα στιγμιότυπο του σχεδίου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Κατά τη διαδικασία δόμησης ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών μπορεί να χρειαστεί να μελετηθούν διάφορες λύσεις για την απεικόνιση της ίδιας γεωγραφικής περιοχής στο σχέδιο. Η τεχνική του versioning διευκολύνει την επιστροφή σε προηγούμενη κατάσταση του σχεδίου όταν μια προτεινόμενη λύση σχεδίασης αποδειχτεί ανεπαρκής. Επιπλέον, επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση ενός τμήματος του σχεδίου, αφού από μια προηγούμενη έκδοση μπορούν να δημιουργηθούν μία ή περισσότερες νέες εκδόσεις σχεδίου.

Το versioning εμπεριέχει την καταγραφή και διαχείριση αλλαγών σε μια πολυχρηστική γεωγραφική βάση δεδομένων δημιουργώντας μία “έκδοση” της βάσης – μια εναλλακτική, ανεξάρτητη, σταθερή όψη της βάσης που δε σημαίνει αντιγραφή των δεδομένων και επιτρέπει την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών χρηστών. Οι εκδόσεις αντιπροσωπεύουν τη σειρά των εργασιών, εναλλακτικά σχέδια ή στιγμιότυπα της βάσης σε διάφορες χρονικές στιγμές. Οι εκδόσεις είναι ανεπηρέαστες από τις αλλαγές που συμβαίνουν σε άλλες εκδόσεις αφού οι αλλαγές που γίνονται σε κάθε έκδοση καταγράφονται ξεχωριστά<sup>13</sup>.

Το Versioning παρέχει στο χρήστη τις παρακάτω δυνατότητες:

- Υποστήριξη ταυτόχρονης επεξεργασίας δεδομένων από πολλούς χρήστες χωρίς τη δημιουργία πολλαπλών αντιγράφων των δεδομένων
- Υποστήριξη δημιουργίας εναλλακτικών σχεδίων χωρίς να επηρεάζεται η κύρια έκδοση σχεδίου
- Υποστήριξη τίτρησης ιστορικού των αλλαγών ενός σχεδίου παρέχοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να ανατρέξει σε μια παλαιότερη έκδοση σχεδίου

Ο τρόπος που υλοποιείται το versioning δεν είναι αυστηρά καθορισμένος αλλά εξαρτάται από τις απαιτήσεις του κάθε γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και των χρηστών του. Τα τελευταία χρόνια, οι χωροχρονικές ερευνητικές εργασίες έχουν εστιάσει κυρίως στη χωροχρονική διαμόρφωση και την ταξινόμηση των χωρικών αλλαγών. Προκειμένου να αντιπροσωπευθούν οι ιστορικές πληροφορίες, τα υπάρχοντα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) έχουν επεκταθεί με μια ή περισσότερες χρονικές διαστάσεις, όπως ο έγκυρος χρόνος και ο χρόνος συναλλαγής. Ο έγκυρος χρόνος, που καλείται επίσης και χρόνος γεγονότος ή πραγματικός παγκόσμιος χρόνος, δείχνει το χρόνο όταν πραγματοποιείται ένα γεγονός στον κόσμο, ενώ ο χρόνος συναλλαγής, επίσης γνωστός ως χρόνος βάσεων δεδομένων ή χρόνος συστημάτων, δείχνει τη στιγμή που το γεγονός καταχωρείται στη βάση δεδομένων. Στις γεωγραφικές ή περιβαλλοντικές εφαρμογές ειδικά, μπορεί επίσης να αντιπροσωπευθεί ο χρόνος παρατήρησης. Δείχνει το χρόνο που ένα γεγονός παρατηρείται στον κόσμο. Οι Hunter και Williamson<sup>12</sup> (1990) προτείνουν τον χαρακτηρισμό των αντικειμένων με πεδία timestamp κατά την ημερομηνία δημιουργίας τους και την ημερομηνία της διαγραφής τους. Υποστηρίζουν ότι οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, που αποθηκεύουν τα πλήρη στρώματα των γραφικών πληροφοριών για τις διαφορετικές περιόδους είναι μη πρακτικές. Το σύστημά τους αποτελείται από ένα γραφικό αρχείο των τρεχόντων αντικειμένων για την καθημερινή χρήση αρχειοθετώντας τα ιστορικά χωρικά στοιχεία σε ένα χωριστό αρχείο. Οι θεματικές πληροφορίες και η αναφορά στις γραφικές πληροφορίες αποθηκεύονται σε ξεχωριστά αρχεία<sup>1</sup>.

Σε παρόμοιο πνεύμα, οι Lemmen και Van Oosterom<sup>9</sup> (1995), Van Oosterom<sup>10</sup> (1997), και Van Oosterom και Lemmen<sup>11</sup> (2001) προτείνουν να διαχειριστούν τα ιστορικά κτηματολογικά στοιχεία στις Κάτω Χώρες με την επέκταση του μοντέλου δεδομένων τους με δύο ιδιότητες, τον ελάχιστο χρόνο (tmin) και τον τρέχοντα χρόνο (tmax). Όταν ένα αντικείμενο δημιουργείται, στον τρέχοντα χρόνο (χρόνος συναλλαγής) τίθεται tmin, και tmax τίθεται σε μια ειδική τιμή. Όταν ένα αντικείμενο πρέπει να ενημερωθεί, το tmax του τίθεται στον τρέχοντα χρόνο, και η πλήρης σχετική εγγραφή αντιγράφεται με τις νέες τιμές των πεδίων της. Η βάση δεδομένων είναι τύπου roll-back. Ένα αντικείμενο προσδιορίζεται από το ζευγάρι (object\_id, t\_max) σε αυτό το πρότυπο, όπου object\_id είναι το προσδιοριστικό του αντικειμένου. Η σύνδεση μεταξύ ενός αντικειμένου και της τοπολογίας του γίνεται μόνο μέσω του object\_id. Σε περίπτωση που το προσδιοριστικό του αναφερόμενου

αντικειμένου έχει αλλάξει, το αναφερόμενο αντικείμενο ενημερώνεται και δημιουργείται μια νέα έκδοση. Η σύνδεση μεταξύ των προκατόχων και των διαδόχων αντικειμένων δεν αποθηκεύεται ρητά. Αυτές οι πληροφορίες λαμβάνονται από τις χωρικές ερωτήσεις επικάλυψης. Η ενημέρωση της βάσης δεδομένων εξασφαλίζει τη συνέπειά της με τη ρύθμιση για όλα τα ενημερωμένα αντικείμενα ίδιων timestamps στο tmin και tmax. Αυτή η εφαρμογή επιτρέπει την εξέλιξη ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας το προσδιοριστικό του και την ανάκτηση των ενημερωμένων αντικειμένων μεταξύ μιας χρονικής περιόδου, με τη χρησιμοποίηση tmax και tmin<sup>1</sup>.

Στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν προταθεί συγκεκριμένες λύσεις για τις ανάγκες των χρηστών και στα υπάρχοντα πρότυπα των χωροχρονικών γεωγραφικών βάσεων δεδομένων η εστίαση είναι γενικά στην αντιπροσώπευση της εξέλιξης είτε με τη βοήθεια των διαδοχικών καταστάσεων του σχεδίου είτε με την εισαγωγή timestamps σε διαφορετικά επίπεδα της βάσης δεδομένων (επίπεδο σχέσεων, επίπεδο εγγραφών, επίπεδο ιδιοτήτων). Συνεπώς, αυτά τα πρότυπα επιτρέπουν την αντιπροσώπευση είτε της σφαιρικής εξέλιξης ενός σχεδίου είτε της τοπικής εξέλιξης ενός αντικειμένου. Κατά συνέπεια, εμπεριέχουν σύνθετους υπολογισμούς για την κατασκευή της ιστορίας των αντικειμένων ή ενός συνεπούς σχεδίου. Επιπλέον, μπορεί να είναι σχεδόν αδύνατο για τα συστήματα αυτά να περιγραφεί η διαδικασία της εξέλιξης ενός αντικειμένου με τρόπο ώστε ένας χρήστης να καταλαβαίνει το λόγο μιας αλλαγής στη βάση δεδομένων. Η προσέγγιση DSM (Documented Spatiotemporal Maps)<sup>1</sup>, χειρίζεται την αντιπροσώπευση των αλλαγών σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων τόσο συνολικά, στο επίπεδο του σχεδίου στο σύνολό του, όσο και τοπικά για ένα μεμονωμένο ή ένα σύνολο αντικειμένων. Επιπλέον, βοηθά τους χρήστες στην κατανόηση της αιτίας που κρύβεται πίσω από τις αλλαγές.

Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές που αφορούν στην εύρεση διαφορών δύο γεωγραφικών βάσεων δεδομένων που αντιπροσωπεύουν την ίδια περιοχή. Στηρίζονται κυρίως στη σύγκριση της γεωμετρίας και προτείνουν την απομόνωση των διαφορών χρησιμοποιώντας μια μέθοδο σύγκρισης των γεωγραφικών δεδομένων η οποία συγκρίνει τη γεωμετρία κάθε αντικειμένου της βάσης δεδομένων με τη γεωμετρία του σε μια δεύτερη έκδοση. Μια άλλη μεθοδολογία που προτείνεται<sup>2</sup>, ονομάζεται Updating by map versions (UMV) και στηρίζεται στη χρήση multi-version βάσεων δεδομένων οι οποίες υποστηρίζουν τη διαχείριση εκδόσεων σχεδίου. Με τη μέθοδο αυτή, ο προσδιορισμός των συσχετισμένων ενημερώσεων βασίζεται στην αυτόματη ταυτοποίηση όλων των αντικειμένων της βάσης δεδομένων και όχι στη σύγκριση της γεωμετρίας τους.

Σήμερα το versioning υποστηρίζεται πλήρως και με προκαθορισμένο τρόπο από τα εμπορικά πακέτα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, όπως είναι το ArcGis της ESRI με χρήση του ArcSDE και του Geodatabase, η Oracle με χρήση του OracleSpatial και το AutodeskGis. Για παράδειγμα, το ArcGis υποστηρίζει το versioning με τη χρησιμοποίηση ενός πίνακα με το

γενεalogικό δένδρο των καταστάσεων του σχεδίου και δύο πίνακες στους οποίους καταχωρούνται ξεχωριστά οι εισαγωγές και οι διαγραφές της βάσης δεδομένων. Για να απεικονιστεί σωστά κάθε έκδοση της βάσης δεδομένων οι πίνακες αυτοί ανιχνεύονται σε συνδυασμό με τον πίνακα των εκδόσεων και των καταστάσεων του σχεδίου ώστε να προσδιοριστεί ποια αλλαγή έγινε σε ποια κατάσταση της βάσης. Η έκδοση τότε αποτελεί μια όψη των δεδομένων που περιλαμβάνει την αρχική κατάσταση των δεδομένων και τις αλλαγές που έχουν γίνει<sup>13</sup>.

Δυνατότητα υλοποίησης της τεχνικής του versioning υπάρχει και στα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα ανοιχτού λογισμικού, όπου όμως θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός της γεωγραφικής βάσης δεδομένων ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής. Ένα παράδειγμα υλοποίησης του versioning σε γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα ανοιχτού λογισμικού είναι το BC Digital Road Atlas (BCDRA) (<http://bcdra.refractions.net/>) το οποίο παρέχει πληροφορίες πρόσφατες και παλαιότερες για τους δρόμους στην British Columbia. Στο σχεδιασμό της γεωγραφικής βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η έννοια του χρόνου σε πεδία τύπου timestamp (ημερομηνία δημιουργίας, αποδοχής, πιο πρόσφατη κατάσταση) ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση της μορφής του σχεδίου σε οποιαδήποτε παλαιότερη χρονική στιγμή.

## 4 Η Εφαρμογή

Στόχος της εφαρμογής είναι η δημιουργία μιας γεωγραφικής βάσης διανυσματικών δεδομένων η οποία θα παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του versioning. Θα παρέχεται η δυνατότητα τήρησης του ιστορικού των αλλαγών του σχεδίου ώστε να είναι κατανοητός ο λόγος που πραγματοποιήθηκε μια αλλαγή καθώς και η δυνατότητα δημιουργίας εκδόσεων σχεδίου από έναν ή περισσότερους χρήστες.

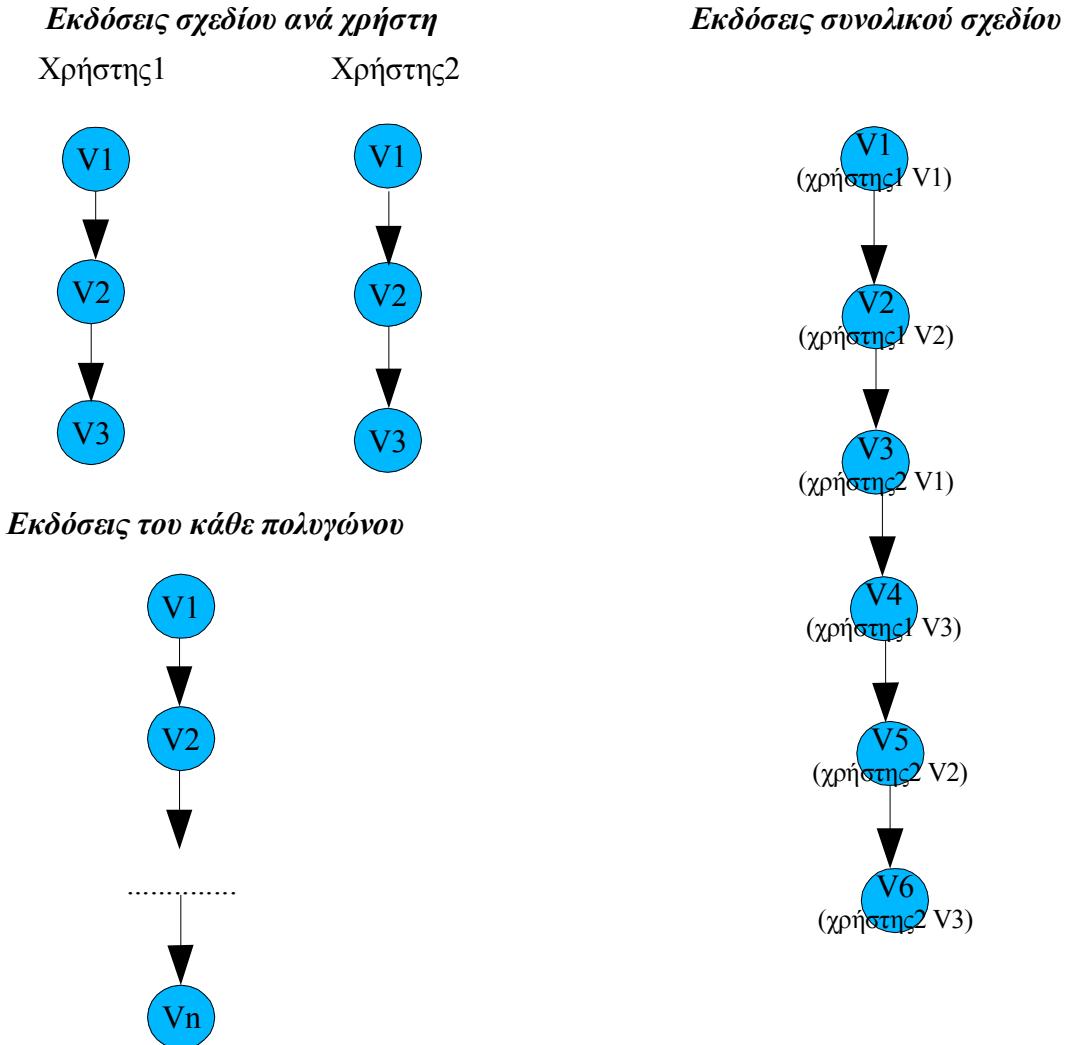
Οι εκδόσεις θα αφορούν το κάθε πολύγωνο ή και το σύνολο του σχεδίου και ο κάθε χρήστης θα χειρίζεται τη δική του σειρά εκδόσεων σχεδίου. Το συνολικό σχέδιο θα αποτελείται από μια σειρά εκδόσεων τις οποίες δημιουργούν και καθορίζουν οι χρήστες. Όταν η γεωμετρία ενός πολυγώνου μεταβάλλεται, η νέα μορφή του πολυγώνου θα αποτελεί μια νέα έκδοσή του. Πολλές εκδόσεις του ίδιου πολυγώνου θα είναι δυνατόν να ανήκουν στην ίδια ή διαφορετική έκδοση σχεδίου ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη. Ο κάθε χρήστης θα ορίζει σε ποια έκδοση σχεδίου θα ανήκουν τα πολύγωνα που επεξεργάζεται. Για παράδειγμα, μπορεί να ορίσει ότι τα πολύγωνα μιας συγκεκριμένης περιοχής ανήκουν στην πρώτη έκδοση του σχεδίου του και ότι τα πολύγωνα μιας άλλης περιοχής του σχεδίου ανήκουν στη δεύτερη έκδοση. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργήσει εναλλακτική μορφή των πολυγώνων μιας συγκεκριμένης περιοχής τα οποία θα ορίσει ότι ανήκουν σε μια διαφορετική έκδοση

σχεδίου. Κάθε έκδοση σχεδίου θα ρυθμίζεται χωριστά και ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες που αντιπροσωπεύουν την ίδια περιοχή. Κατά συνέπεια, στο χρήστη, οι διαφορετικές εκδόσεις σχεδίου θα εμφανίζονται ως ανεξάρτητα σχέδια. Ο κάθε χρήστης θα εργάζεται σε μια έκδοση σχεδίων της επιλογής του όπως σε ένα κλασσικό σχέδιο εκτελώντας λειτουργίες ανάγνωσης, εισαγωγής και ενημέρωσης εγγραφών στη γεωγραφική βάση δεδομένων. Οι αναπροσαρμογές θα εκτελούνται σε μια έκδοση σχεδίου χωρίς οποιεσδήποτε παρενέργειες σε άλλες υπάρχουσες εκδόσεις στη βάση δεδομένων, έτσι ώστε η εξέλιξη των ενημερωμένων αντικειμένων να είναι σύμφωνη με τα άλλα αντικείμενα που ανήκουν στην ίδια έκδοση σχεδίου.

Η ανάκτηση των παλαιότερων εκδόσεων θα μπορεί να γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών. Θα υπάρχει η δυνατότητα αναζήτησης με κριτήρια χρονικά (π.χ. εύρεση πολυγώνου με βάση την ημερομηνία δημιουργίας ή διαγραφής του), χωρικά (π.χ. εύρεση πολυγώνων που υπήρχαν σε παλαιότερες εκδόσεις σχεδίου σε μια συγκεκριμένη περιοχή του σχεδίου), ονομαστικά (π.χ. εύρεση πολυγώνου με βάση την έκδοσή του ή την έκδοση του σχεδίου στην οποία ανήκει) και ανά χρήστη (π.χ. εύρεση του χρήστη που πραγματοποίησε μια αλλαγή ή των εκδόσεων που δημιούργησε ένας χρήστης). Ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών, θα υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης του ιστορικού του σχεδίου με συνδυασμένα κριτήρια αναζήτησης. Για παράδειγμα, θα μπορεί να γίνει αναζήτηση των πολυγώνων που επεξεργάστηκε ένας χρήστης σε μια συγκεκριμένη περιοχή του σχεδίου κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος μεταξύ δύο διαδικασιών.

Οι εκδόσεις που δημιουργούνται από τον κάθε χρήστη θα χαρακτηρίζονται από αυτόν ως τρέχουσες ή μη. Μια έκδοση θα χαρακτηρίζεται ως τρέχουσα όταν ο χρήστης αποφασίσει ότι έχει ολοκληρωθεί η επεξεργασία μιας έκδοσης και τα πολύγωνα που ανήκουν σε αυτή αποτελούν μέρος του τελικού ή τρέχοντος σχεδίου. Η τελική μορφή του σχεδίου θα προκύπτει από τη συνένωση των τελικών εκδόσεων όλων των χρηστών. Τόσο στο στάδιο της συνένωσης των τελικών εκδόσεων όσο και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του σχεδίου από τον κάθε χρήστη, θα πραγματοποιείται έλεγχος των επικαλύψεων που μπορεί να προκύψουν μεταξύ των πολυγώνων της ίδιας ή διαφορετικής έκδοσης ώστε να εντοπίζονται από τους χρήστες και να γίνονται οι αναγκαίες διορθώσεις στην τοπολογία του σχεδίου. Για παράδειγμα, αν δύο χρήστες έχουν δημιουργήσει και επεξεργαστεί πολύγωνα της ίδιας περιοχής του σχεδίου, οι επικαλύψεις των πολυγώνων θα εντοπίζονται ώστε να προβούν οι χρήστες στις απαραίτητες διορθώσεις.

Παρακάτω απεικονίζονται σχηματικά οι πιθανές ροές των εκδόσεων από τις οποίες θα αποτελείται ένα σχέδιο.



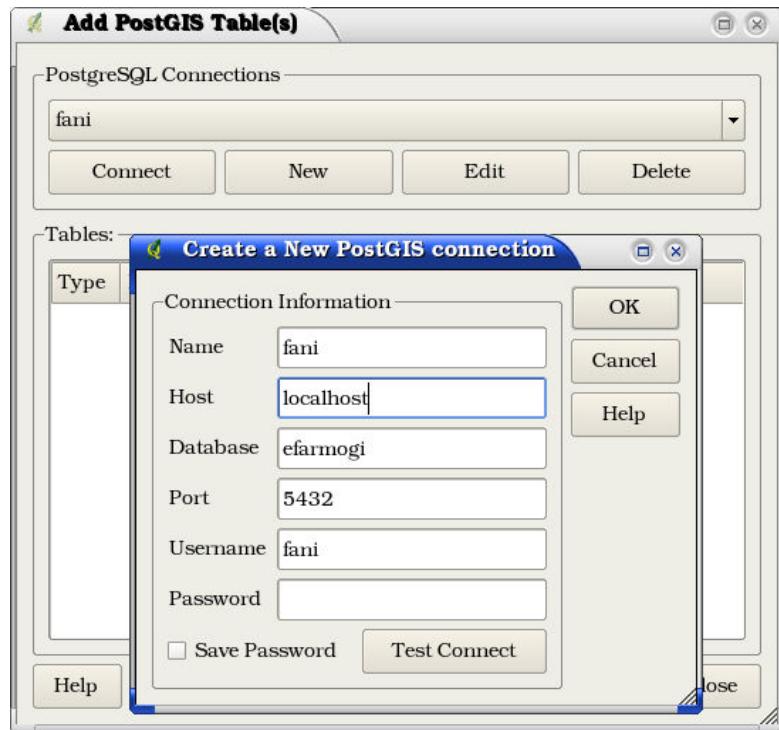
#### 4.1 Απαραίτητο λογισμικό

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός λογισμικών βάσεων δεδομένων και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ανοιχτού κώδικα. Επιπλέον, εκτός από τα διαθέσιμα στο διαδίκτυο έτοιμα λογισμικά ανοιχτού κώδικα, χρησιμοποιήθηκε και μια μικρή βιοηθητική εφαρμογή που δημιουργήθηκε με χρήση του περιβάλλοντος ανάπτυξης λογισμικού Qt3 σε γλώσσα προγραμματισμού C++.

Η εφαρμογή βασίζεται στο αντικειμενοστραφές σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (object-relational database management system (ORDBMS)) PostgreSql και το PostGis το οποίο αποτελεί χωρική επέκταση της Postgresql ανάλογη του Oracle Spatial της Oracle και του ArcSDE του ArcGis της ESRI. Το PostGis αναπτύσσεται από την Refractions Research Inc ως ερευνητικό πρόγραμμα τεχνολογίας χωρικών βάσεων δεδομένων. Η Refractions είναι μια συμβουλευτική σε βάσεις δεδομένων και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών εταιρεία που εδρεύει στη Βικτόρια του

Καναδά η οποία εξειδικεύεται στην ακεραιότητα των δεδομένων και στην ανάπτυξη λογισμικού. Σκοπός της ανάπτυξης του PostGis είναι η υποστήριξη μιας σειράς λειτουργιών γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών συμπεριλαμβανόμενης της πλήρους υποστήριξης γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ανοιχτού λογισμικού, ανεπτυγμένων τοπολογικών κατασκευαστών (coverages, surfaces, networks), εργαλεία γραφικού περιβάλλοντος για την προβολή και επεξεργασία δεδομένων γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και εργαλεία πρόσβασης σε web-based εφαρμογές. Το PostGis δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής της διανυσματικής γεωμετρικής πληροφορίας ενός σχεδίου, δηλαδή σημεία, γραμμές, πολύγωνα, multipoint, multiline, multipolygon και γεωμετρικές συλλογές (geometrycollections), σε μια βάση δεδομένων της Postgresql. Επιπλέον, χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη γεωμετρικών λειτουργιών Geos η οποία προσφέρει ορισμένες συναρτήσεις επεξεργασίας της γεωμετρικής πληροφορίας, όπως για παράδειγμα οι συναρτήσεις Intersection(geometry,geometry) και Difference(geometry,geometry) οι οποίες επιστρέφουν τη χωρική επικάλυψη και διαφορά δύο πεδίων που περιέχουν γεωμετρική πληροφορία<sup>14</sup>.

Η προβολή και επεξεργασία των δεδομένων είναι δυνατή με τη χρήση του προγράμματος γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών ανοιχτού λογισμικού QuantumGis. Το QuantumGis (Home: <http://qgis.org> Community: <http://community.qgis.org>) λειτουργεί στα λειτουργικά συστήματα Linux, Unix, Mac OS X, Windows Xp και δημιουργήθηκε αρχικά με σκοπό να αποτελέσει ένα λογισμικό προβολής αρχείων GIS. Η ανάπτυξή του όμως, συνεχίζεται διαρκώς καθώς προστίθενται όλο και περισσότερες νέες δυνατότητες επεξεργασίας αρχείων GIS. Το QuantumGis παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης σε μια βάση δεδομένων της Postgresql και προβολής και επεξεργασίας των χωρικών δεδομένων που αποθηκεύονται στη βάση με τη βοήθεια του PostGis. Η σύνδεση με μια βάση δεδομένων της Postgresql και η προβολή των δεδομένων που αποθηκεύονται με τη βοήθεια του PostGis επιτυγχάνεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα: Επιλέγοντας το εργαλείο “Add a PostGis Layer” από το μενού του QuantumGis, εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου από το οποίο με επιλογή του κουμπιού “New” αναδύεται ένα νέο παράθυρο διαλόγου όπου ο χρήστης πληκτρολογεί τις απαραίτητες παραμέτρους σύνδεσης στην Postgresql (όνομα χρήστη, κωδικό, όνομα της βάσης δεδομένων, όνομα του Host).



Σχέδιο 1: Δημιουργία σύνδεσης στην Postgresql

Αφού καταχωρηθούν όλες οι απαραίτητες παράμετροι για τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων, ο χρήστης επιλέγει το κουμπί “Connect” και στο παράθυρο διαλόγου εμφανίζονται όλοι οι χωρικοί πίνακες που διαθέτει η βάση δεδομένων.

The screenshot shows the 'Add PostGIS Table(s)' application interface. At the top, there's a 'PostgreSQL Connections' section with a dropdown menu showing 'fani'. Below it are buttons for 'Connect', 'New', 'Edit', and 'Delete'. A table view titled 'Tables:' displays a list of tables with columns 'Type', 'Name', and 'Sql'. The table contains the following data:

Type	Name	Sql
green square	public.city_view (the_geom)	
green square	public.intersections (the_geom)	
green square	public.parcels3 (the_geom)	
green square	public.polygona (the_geom)	
blue square	public.streets (the_geom)	
green square	public.uniontest (geomunion)	

At the bottom, there are 'Help', 'Add', and 'Close' buttons.

Σχέδιο 2: Πίνακες της βάσης δεδομένων

Από τη λίστα των πινάκων με χωρική πληροφορία της βάσης δεδομένων, ο χρήστης επιλέγει αυτόν που θέλει να προβληθεί ως επίπεδο στο QuantumGis και με το πάτημα του κουμπιού “Add” προστίθεται το επιλεγμένο επίπεδο στον κανβά του QuantumGis και προβάλλονται τα χωρικά δεδομένα υπό μορφή σχεδίου. Δυνατότητα προβολής αρχείων PostGis παρέχουν και άλλα λογισμικά ανοιχτού κώδικα, όπως για παράδειγμα είναι το GisToolkit<sup>16</sup> που στηρίζεται σε Java αλλά για τη συγκεκριμένη εφαρμογή προτιμήθηκε η χρησιμοποίηση του QuantumGis λόγω του εύχρηστου γραφικού περιβάλλοντος που διαθέτει.

Η εισαγωγή, διαγραφή και επεξεργασία των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων της βάσης είναι επίσης δυνατή με τη χρήση sql εντολών. Για ευκολότερη διαχείριση της βάσης και εκτέλεση sql εντολών χρησιμοποιείται το PgAdmin III, εύχρηστο και ανοιχτού λογισμικού γραφικό περιβάλλον σχεδίασης και διαχείρισης βάσεων δεδομένων της Postgresql το οποίο προσφέρει δυνατότητες όπως η δημιουργία βάσεων δεδομένων, πινάκων, trigger, functions, rules, views, sequences και η εκτέλεση ερωτημάτων και sql εντολών.

Για τη δοκιμή της ορθής λειτουργίας της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν διανυσματικά χωρικά δεδομένα που αφορούν την επαρχία Mandison του Ohio τα οποία είναι διαθέσιμα σε μορφή shapefile στην ιστοσελίδα <http://downloads.ddti.net/MadisonOH/>. Η μετατροπή ενός αρχείου shapefile σε αρχείο του PostGis είναι δυνατή με τη χρήση του pluggin SPIT που παρέχει το QuantumGis και εισάγει τα δεδομένα του shapefile σε έναν πίνακα της βάσης δεδομένων.

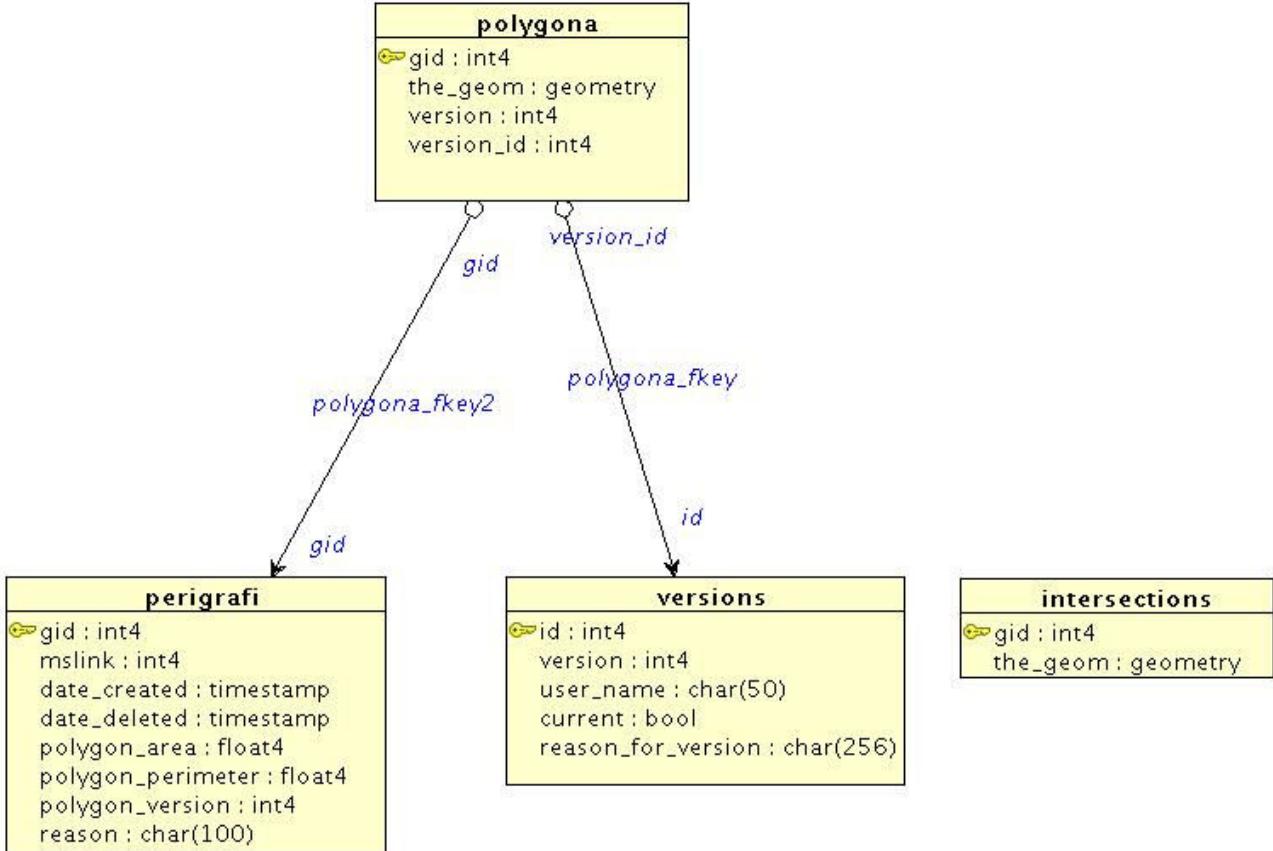
## 5 Δομή της βάσης δεδομένων

Η γεωγραφική βάση δεδομένων αποτελείται από τους παρακάτω τέσσερις πίνακες:

- έναν κυρίως πίνακα (polygons) όπου καταχωρείται η χωρική διανυσματική πληροφορία (τα πολύγωνα με τη γεωμετρία τους),
- έναν πίνακα (perigrafi) στον οποίο καταχωρούνται τα περιγραφικά δεδομένα (attributes) των πολυγώνων, όπως για παράδειγμα το εμβαδόν, η περίμετρος, η έκδοση του κάθε πολυγώνου, η ημερομηνία δημιουργίας και διαγραφής του ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία είναι απαραίτητη ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη
- έναν πίνακα (versions) στον οποίο καταχωρούνται οι εκδόσεις του συνολικού σχεδίου
- έναν πίνακα (intersections) στον οποίο καταχωρούνται οι επικαλύψεις μεταξύ των πολυγώνων που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του σχεδίου από έναν ή περισσότερους χρήστες.

Παρακάτω απεικονίζονται οι πίνακες της βάσης δεδομένων και περιγράφονται αναλυτικά τα πεδία από τα οποία αποτελούνται, ο τύπος των πεδίων και το είδος της πληροφορίας που

καταχωρείται σε αυτά.



Σχέδιο 3: ER διάγραμμα της βάσης δεδομένων

## 5.1 Οι πίνακες της βάσης δεδομένων

Οι πίνακες από τους οποίους αποτελείται η γεωγραφική βάση δεδομένων είναι οι εξής:

1. polygona (Πίνακας χωρικών δεδομένων)		
Πεδίο	Τύπος	Περιγραφή
gid	Integer	Πρωτεύον και ξένο κλειδί. Μοναδικός κωδικός αναγνώρισης πολυγώνου
the_geom	Geometry	Γεωμετρία πολυγώνου
version	Integer	Αριθμός έκδοσης σχεδίου ανά χρήστη
version_id	Integer	Ξένο κλειδί. Αριθμός έκδοσης του συνολικού σχεδίου

Στο πεδίο the\_geom του παραπάνω πίνακα των χωρικών δεδομένων, καταχωρείται η γεωμετρική πληροφορία σύμφωνα με τις καθορισμένες από το OpenGis μορφές έκφρασης των

χωρικών δεδομένων. Η πρώτη μορφή είναι η Well-Known Text (WKT) και η δεύτερη μορφή είναι η Well-Known Binary (WKB). Και οι δύο μορφές έκφρασης των χωρικών δεδομένων περιλαμβάνουν πληροφορία για τον τύπο του αντικειμένου (π.χ. πολύγωνο, σημείο, γραμμή) και τις συντεταγμένες των σημείων από τα οποία αποτελείται το αντικείμενο (π.χ. συντεταγμένες των κορυφών ενός πολυγώνου, συντεταγμένες των δύο άκρων μιας γραμμής).

2. <i>perigrafi</i> (Πίνακας περιγραφικών δεδομένων)		
Πεδίο	Τύπος	Περιγραφή
gid	Integer	Πρωτεύον κλειδί. Μοναδικός κωδικός αναγνώρισης πολυγώνου
mslink	Integer	Μοναδικός κωδικός αναγνώρισης του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο
date_created	Timestamp	Ημερομηνία δημιουργίας του πολυγώνου
date_deleted	Timestamp	Ημερομηνία διαγραφής του πολυγώνου
polygon_area	Double	Εμβαδόν πολυγώνου
polygon_perimeter	Double	Περίμετρος πολυγώνου
polygon_version	Integer	Αριθμός έκδοσης πολυγώνου
reason	Char	Αιτία αλλαγής πολυγώνου

Η πληροφορία που καταχωρείται στο πεδίο mslink του πίνακα των περιγραφικών δεδομένων αναφέρεται στο αντικείμενο του πραγματικού κόσμου που απεικονίζει ένα πολύγωνο του σχεδίου. Για παράδειγμα, ένα οικόπεδο μιας πόλης με αριθμό 456 μπορεί να απεικονίζεται στο σχέδιο από ένα πολύγωνο το οποίο θα έχει μοναδικό κωδικό αναγνώρισης πολυγώνου (gid) = 879 και μοναδικό κωδικό αναγνώρισης του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο (mslink) = 456. Αν το πρώτο πολύγωνο που απεικονίζει το οικόπεδο χρειαστεί να αλλάξει, τότε θα προστεθεί ένα νέο πολύγωνο το οποίο θα αντιπροσωπεύει το ίδιο οικόπεδο και έτσι η νέα εγγραφή του νέου πολυγώνου θα έχει έναν νέο μοναδικό κωδικό αναγνώρισης gid και τον ίδιο κωδικό αναγνώρισης του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο mslink = 456. Η πληροφορία του πεδίου mslink καταχωρείται από το χρήστη. Αν δεν καταχωρηθεί από το χρήστη, το πεδίο συμπληρώνεται με την τιμή του πεδίου gid που έχει το πολύγωνο που μεταβάλλεται από το χρήστη. Σε επόμενα κεφάλαια αναλύεται εκτενέστερα ο ρόλος του πεδίου mslink.

3. versions (Πίνακας των εκδόσεων σχεδίου)		
Πεδίο	Τύπος	Περιγραφή
id	Integer	Πρωτεύον κλειδί. Μοναδικός κωδικός αναγνώρισης της κάθε έκδοσης του συνολικού σχεδίου
version	Integer	Αριθμός έκδοσης σχεδίου ανά χρήστη
user_name	Char	Όνομα χρήστη
current	Boolean	Τρέχουσα ή κύρια έκδοση του συνολικού σχεδίου
reason_for_version	Char	Αιτία δημιουργίας νέας έκδοσης σχεδίου

Το πεδίο current στον παραπάνω πίνακα των εκδόσεων του σχεδίου, είναι τύπου boolean και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσουν οι χρήστες τις εκδόσεις που δημιουργούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του σχεδίου ως τρέχουσες ή όχι.

4. Intersections (Πίνακας των επικαλύψεων)		
Πεδίο	Τύπος	Περιγραφή
gid	Integer	Πρωτεύον και ξένο κλειδί. Μοναδικός κωδικός αναγνώρισης πολυγώνου
the_geom	Geometry	Γεωμετρία πολυγώνου

## 5.2 Σχέσεις των πινάκων

Η σχέση των πινάκων των χωρικών δεδομένων (polygona) και των περιγραφικών δεδομένων (perigrafi) είναι 1 προς 1. Κάθε εγγραφή του πίνακα των χωρικών δεδομένων αντιστοιχεί σε μία εγγραφή στον πίνακα με τα περιγραφικά δεδομένα και κάθε εγγραφή του πίνακα των περιγραφικών δεδομένων αντιστοιχεί σε μία εγγραφή του πίνακα των χωρικών δεδομένων. Η σχέση μεταξύ των πινάκων των εκδόσεων του σχεδίου (versions) και των χωρικών δεδομένων (polygona) είναι 1-m. Μία εγγραφή στον πίνακα των εκδόσεων αντιστοιχεί σε μία ή περισσότερες εγγραφές στον πίνακα των χωρικών δεδομένων (polygona) και κάθε εγγραφή στον πίνακα των χωρικών δεδομένων αντιστοιχεί σε μία εγγραφή στον πίνακα των εκδόσεων σχεδίου. Τέλος, κάθε εγγραφή στον πίνακα των επικαλύψεων αντιστοιχεί σε μία εγγραφή στον πίνακα των πολυγώνων και σε μία εγγραφή στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων.

## 5.3 Κώδικας δημιουργίας της βάσης δεδομένων

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο κώδικας δημιουργίας της γεωγραφικής βάσης δεδομένων και των πινάκων της.

```
CREATE DATABASE efarmogi
  WITH OWNER = fani
    ENCODING = 'UNICODE'
  TABLESPACE = pg_default;

CREATE TABLE polygona
(
  gid int4 NOT NULL DEFAULT nextval('public.polygon_id'::text),
  the_geom geometry,
  version int4,
  version_id int4,
  CONSTRAINT polygona_pkey PRIMARY KEY (gid),
  CONSTRAINT polygona_fkey FOREIGN KEY (version_id) REFERENCES versions (id) ON
UPDATE CASCADE ON DELETE CASCADE,
  CONSTRAINT polygona_fkey2 FOREIGN KEY (gid) REFERENCES perigrafi (gid) ON
UPDATE CASCADE ON DELETE CASCADE,
  CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
  CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'POLYGON'::text OR the_geom IS NULL),
  CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = -1)
)
WITH OIDS;
```

Ο πίνακας polygona έχει δύο ξένα κλειδιά. Το πρώτο, πεδίο `gid`, αναφέρεται στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων (`perigrafi`) και το δεύτερο, `version_id` αναφέρεται στον πίνακα των εκδόσεων (`versions`). Και στις δύο περιπτώσεις ισχύουν οι περιορισμοί `ON UPDATE CASCADE` και `ON DELETE CASCADE` ώστε να διαγράφονται και να ενημερώνονται ταυτόχρονα οι αντίστοιχες εγγραφές των πινάκων που συνδέονται με τα ξένα κλειδιά. Έτσι, για παράδειγμα, με τη διαγραφή μιας εγγραφής στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων διαγράφεται και η αντίστοιχη εγγραφή στον πίνακα των χωρικών δεδομένων. Οι περιορισμοί `enforce_geotype_the_geom` και `enforce_srid_the_geom` εξασφαλίζουν τον τύπο των γεωμετρικών δεδομένων του πεδίου `the_geom` ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα κατά την προβολή του πίνακα σε ένα πρόγραμμα προβολής αρχείων γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών που συνδέεται με την Postgresql και το PostGis.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας δημιουργίας του πίνακα των περιγραφικών δεδομένων:

```
CREATE TABLE perigrafi
(
    gid int4 NOT NULL,
    mslink int4,
    date_created timestamp,
    date_deleted timestamp,
    polygon_area float4,
    polygon_perimeter float4,
    polygon_version int4,
    reason char(100),
    CONSTRAINT perigrafi_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH OIDS;
```

Ο πίνακας των επικαλύψεων δημιουργείται με τη βοήθεια του παρακάτω κώδικα:

```
CREATE TABLE intersections
(
    gid int4 NOT NULL,
    the_geom geometry,
    CONSTRAINT intersections_pkey PRIMARY KEY (gid),
    CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
    CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'POLYGON'::text OR the_geom IS NULL),
    CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = -1)
)
WITH OIDS;
```

Ο κώδικας δημιουργίας του πίνακα των εκδόσεων του σχεδίου είναι ο εξής:

```
CREATE TABLE versions
(
    id int4 NOT NULL DEFAULT nextval('public.version_id'::text),
    version int4 NOT NULL,
    user_name char(50) NOT NULL,
    current bool,
    reason_for_version char(256),
    CONSTRAINT versions_pkey PRIMARY KEY (id)
```

```
)  
WITH OIDS;
```

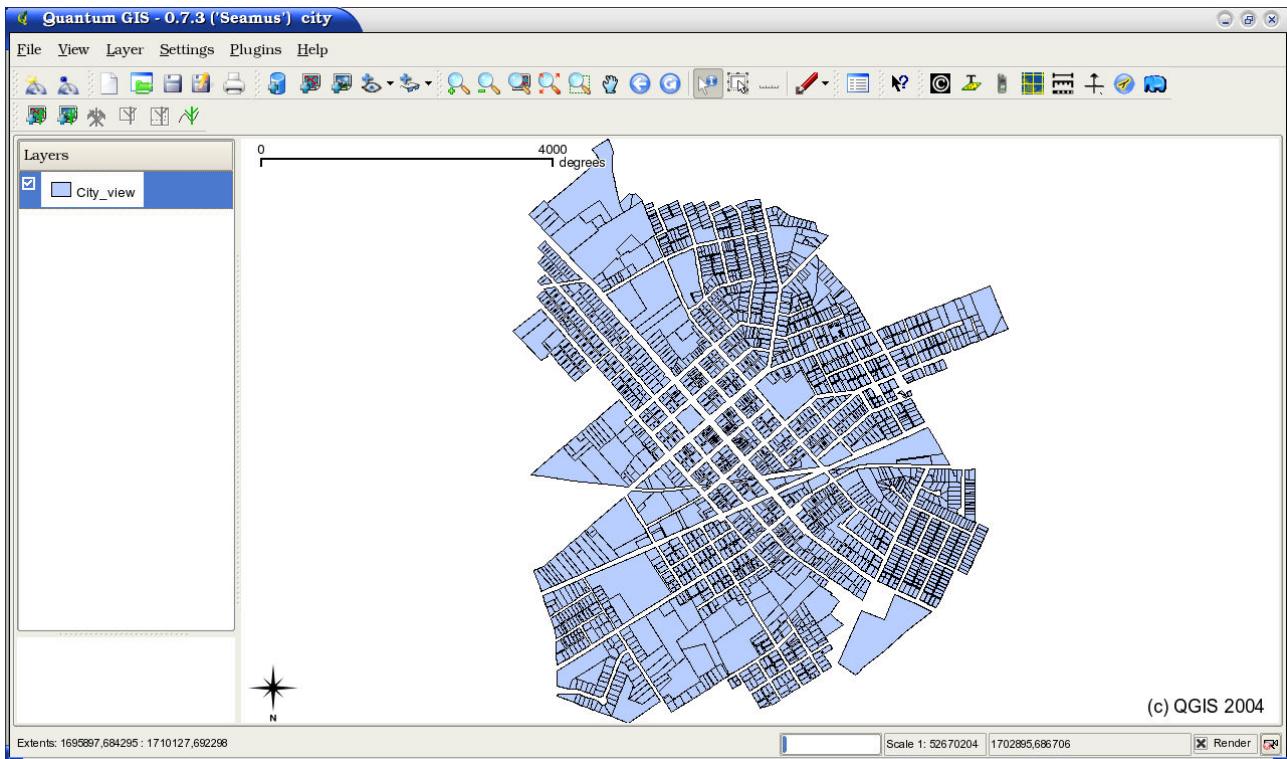
Τα πεδία gid και id των πινάκων των χωρικών δεδομένων (polygons) και των εκδόσεων σχεδίου (versions) ενημερώνονται αυτόματα με τη χρήση των ακόλουθων sequence.

```
CREATE SEQUENCE polygon_id  
INCREMENT 1  
MINVALUE 1  
MAXVALUE 9223372036854775807  
START 1  
CACHE 1;
```

```
CREATE SEQUENCE version_id  
INCREMENT 1  
MINVALUE 1  
MAXVALUE 9223372036854775807  
START 1  
CACHE 1
```

Ως προκαθορισμένη τιμή του πεδίου gid του πίνακα των χωρικών δεδομένων (polygons) τίθεται η τρέχουσα τιμή του sequence polygon\_id, δηλαδή η nextval('public.polygon\_id'::text) ώστε να μην υποχρεώνεται ο χρήστης στην καταχώριση ενός μοναδικού αριθμού κατά την εισαγωγή ενός νέου πολυγώνου. Ομοίως, ως προκαθορισμένη τιμή του πεδίου id του πίνακα των εκδόσεων (versions) τίθεται η τρέχουσα τιμή του sequence version\_id, δηλαδή η nextval ('public.version\_id'::text). Ετσι, τα πεδία αυτά ενημερώνονται αυτόματα με μια συνεχόμενη αρίθμηση κατά την εισαγωγή μιας νέας εγγραφής.

Για την προβολή και επεξεργασία των δεδομένων ο χρήστης χρησιμοποιεί μία όψη η οποία φορτώνεται στο QuantumGis ως επίπεδο (layer) και προβάλει συνδυασμένα τα περιγραφικά και χωρικά δεδομένα της γεωγραφικής βάσης δεδομένων.



Σχέδιο 4: Προβολή layer στο Qgis

Η όψη δημιουργείται από το συνδυασμό των πινάκων των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων και παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας δημιουργίας της.

```
CREATE OR REPLACE VIEW city_view AS
  SELECT polygona.gid, polygona.the_geom, polygona.version AS user_version,
  polygona.version_id AS design_version, perigrafi.date_created,
  perigrafi.date_deleted, perigrafi.polygon_perimeter, perigrafi.polygon_area,
  perigrafi.polygon_version, perigrafi.mslink, perigrafi.reason
  FROM polygona, perigrafi
  WHERE polygona.gid = perigrafi.gid;
```

Για να είναι δυνατή η δημιουργία, ενημέρωση και διαγραφή ενός πολυγώνου στην όψη είναι απαραίτητη η δημιουργία instead of rules που επιτρέπουν την επεξεργασία των δεδομένων των πινάκων από την όψη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο κώδικας δημιουργίας των απαραίτητων rules για την εισαγωγή, ενημέρωση και διαγραφή μιας εγγραφής στην όψη.

```
CREATE OR REPLACE RULE view_ins AS
  ON INSERT TO city_view DO INSTEAD
  ( INSERT INTO polygona (the_geom, version)
```

```
VALUES (new.the_geom, new.user_version);
UPDATE perigrafi SET reason = new.reason, mslink=new.mslink
WHERE perigrafi.gid = currval('public.polygon_id'::text);
);
```

Με το παραπάνω rule όταν ο χρήστης επιχειρεί την εισαγωγή ενός πολυγώνου στην όψη από το QuantumGis, πραγματοποιείται εισαγωγή μιας εγγραφής στον πίνακα των χωρικών δεδομένων με τις νέες τιμές της γεωμετρίας και της έκδοσης που καθορίζει ο χρήστης για το νέο πολύγωνο. Παράλληλα, ενημερώνονται με τις τιμές που καθορίζει ο χρήστης τα πεδία reason και mslink της αντίστοιχης εγγραφής για το νέο πολύγωνο στον πίνακα (perigrafi) των περιγραφικών δεδομένων. Η αντίστοιχη εγγραφή στον πίνακα perigrafi έχει εισαχθεί με την εκτέλεση κατάλληλου trigger κατά την εισαγωγή νέας εγγραφής στον πίνακα polygona, όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

```
CREATE OR REPLACE RULE view_del AS
  ON DELETE TO city_view DO INSTEAD
    DELETE FROM polygona
      WHERE polygona.gid = old.gid;
```

Με τον παραπάνω κανόνα, όταν ο χρήστης επιλέγει τη διαγραφή ενός πολυγώνου στην όψη, δίνεται εντολή για τη διαγραφή του πολυγώνου στον πίνακα polygona και ενεργοποιείται το κατάλληλο trigger που έχει εφαρμοστεί στον πίνακα polygona για τη διαγραφή πολυγώνου το οποίο αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο.

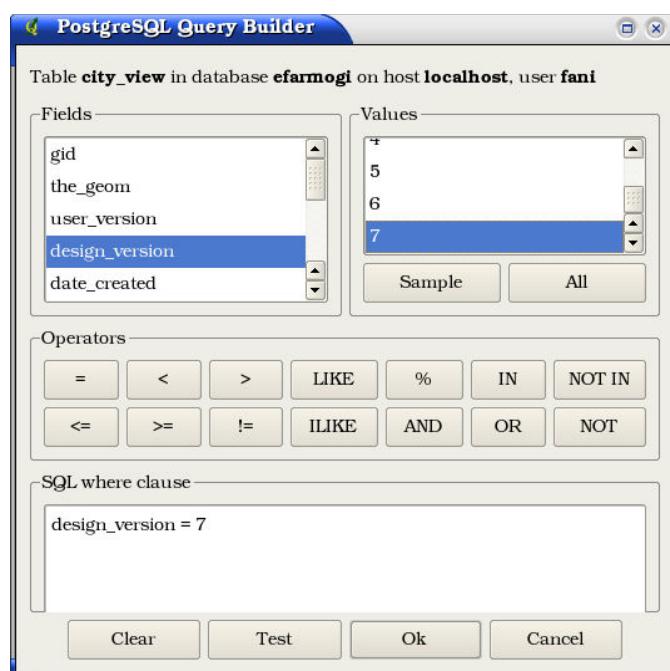
```
CREATE OR REPLACE RULE view_up AS
  ON UPDATE TO city_view DO INSTEAD ( INSERT INTO polygona (the_geom, version)
    VALUES (new.the_geom, new.user_version);
    UPDATE perigrafi SET date_deleted = 'now'::text::timestamp(6) with time zone
      WHERE perigrafi.gid = old.gid;
    UPDATE perigrafi SET polygon_version = new.polygon_version + 1, mslink =
      new.mslink, reason = new.reason
      WHERE perigrafi.gid = currval('public.polygon_id'::text);
);
```

Κατά την ενημέρωση ενός πολυγώνου στην όψη, εκτελείται ο παραπάνω κανόνας ο οποίος δίνει την εντολή για την εισαγωγή ενός νέου πολυγώνου με τα νέα στοιχεία και την αντίστοιχη νέα εγγραφή στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη λειτουργία

του κανόνα αυτού που εκτελείται κατά τη μεταβολή ενός πολυγώνου δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο.

#### 5.4 Εκτέλεση ερωτημάτων

Η αναζήτηση και προβολή του ιστορικού του σχεδίου και των εκδόσεών του γίνεται από το χρήστη ανάλογα με τα κριτήρια αναζήτησης με τη χρήση του εργαλείου QueryBuilder που διαθέτει το QuantumGis. Ο QueryBuilder δίνει τη δυνατότητα εκτέλεσης sql ερωτημάτων στη βάση δεδομένων. Έτσι, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης οποιουδήποτε ερωτήματος στην όψη ή και σε συνδυασμό της όψης και των υπόλοιπων πινάκων της βάσης δεδομένων. Το αποτέλεσμα του κάθε ερωτήματος είναι ένας αριθμός πολυγώνων που ικανοποιούν τα κριτήρια αναζήτησης και προβάλλονται μόνα τους στον κανβά του Qgis. Για να εμφανιστεί ο QueryBuilder ο χρήστης επιλέγει το layer και από το μενού που αναδύεται με δεξί κλικ επιλέγει την επιλογή Properties. Στο παράθυρο των ιδιοτήτων που εμφανίζεται, επιλέγει την καρτέλα General και στη συνέχεια με το κουμπί QueryBuilder εμφανίζεται ο QueryBuilder.



Σχέδιο 5: Ο QueryBuilder στο Qgis

Ορισμένα άλλα παραδείγματα συμπλήρωσης του πεδίου “SQL where clause” στον QueryBuilder για την εκτέλεση ερωτημάτων είναι τα εξής:

- date deleted is null: Επιστρέφει τα πολύγωνα που δεν έχουν διαγραφεί
- date\_created < '2006-01-11': Επιστρέφει τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν πριν από μια συγκεκριμένη ημερομηνία

- `design_version=versions.id` and `versions.current=true`: Επιστρέφει τα πολύγωνα που ανήκουν σε εκδόσεις που οι χρήστες έχουν χαρακτηρίσει ως τρέχουσες
- `design_version=versions.id` and `versions.user_name='fani'`: Επιστρέφει τα πολύγωνα που επεξεργάστηκε ένας συγκεκριμένος χρήστης.

Με παρόμοιο τρόπο μπορεί να εκτελεστεί οποιοδήποτε ερώτημα με συνδυασμένα κριτήρια αναζήτησης, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη.

Στη συνέχεια περιγράφεται και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται η εφαρμογή τις διαγραφές, τις εισαγωγές και τις ενημερώσεις των εγγραφών στη γεωγραφική βάση δεδομένων και παρουσιάζονται ορισμένα συνηθισμένα σενάρια χρήσης με τα οποία αναλύονται οι δυνατότητες που προσφέρει η χρήση του versioning στην ανάπτυξη ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών.

## 6 Διαχείριση εισαγωγών

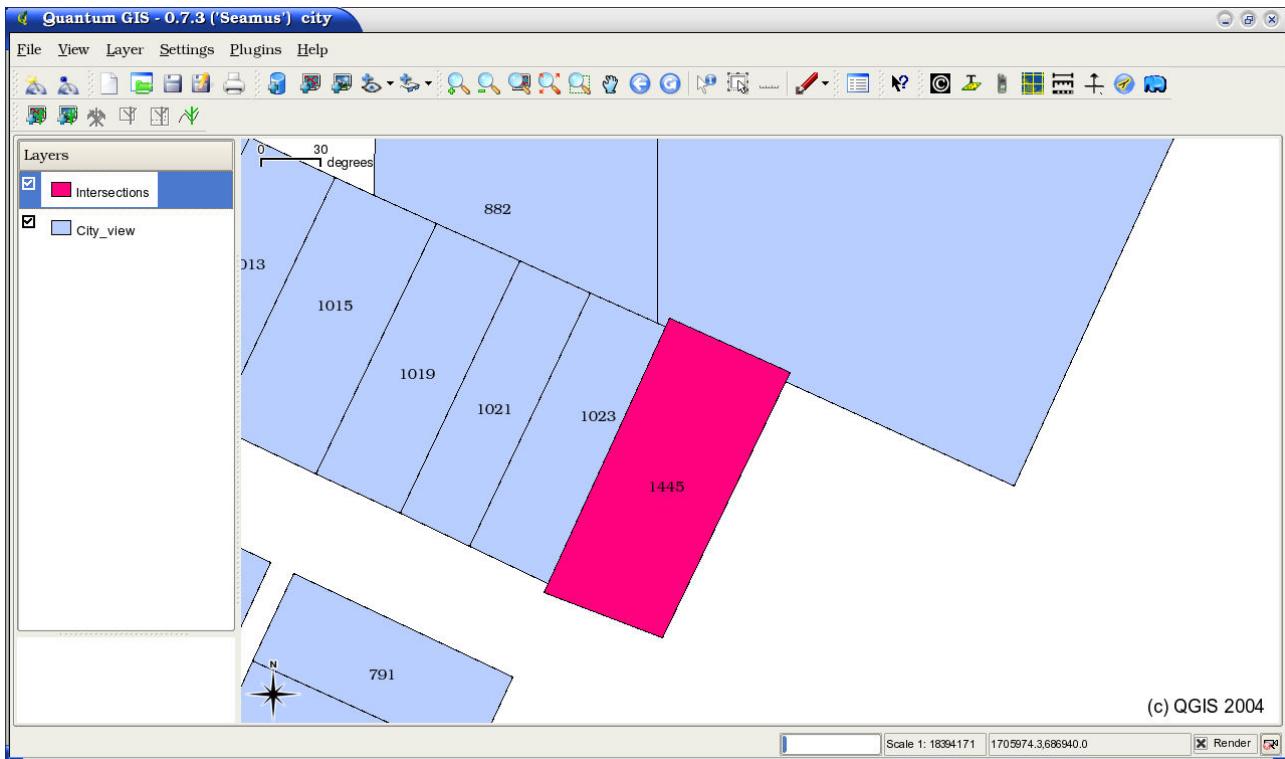
Κατά την εισαγωγή ενός νέου πολυγώνου στον πίνακα των χωρικών δεδομένων (`polygona`) είναι απαραίτητη η εισαγωγή μιας αντίστοιχης εγγραφής στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων (`perigrafi`). Επίσης είναι απαραίτητο να γίνεται έλεγχος για το αν υπάρχει αντίστοιχη εγγραφή για την έκδοση σχεδίου στην οποία ανήκει το νέο πολύγωνο στον πίνακα των εκδόσεων (`versions`). Αν διαπιστωθεί ότι τέτοια εγγραφή δεν υπάρχει, θα πρέπει να εισάγεται.

Για να ικανοποιηθούν τα παραπάνω, λίγο πριν από την εισαγωγή μιας νέας εγγραφής ενός πολυγώνου στον πίνακα των χωρικών δεδομένων (`polygona`), εκτελείται ένα before insert trigger το οποίο καλεί μια συνάρτηση (`function`) που εισάγει στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων μια νέα εγγραφή με ενημερωμένα τα πεδία `polygon_area`, `polygon_perimeter` και `date_created` με το εμβαδόν του αντίστοιχου πολυγώνου, την περίμετρο και την ημερομηνία δημιουργίας του αντίστοιχα. Αν ο χρήστης δεν πληκτρολογήσει τιμή για το πεδίο `mslink` τότε αυτό ενημερώνεται με την ίδια τιμή με το πεδίο `gid` και το πεδίο `polygon_version` ενημερώνεται με την τιμή 1 καθώς το κάθε νέο πολύγωνο αποτελεί και την πρώτη του έκδοση. Επιπλέον, γίνεται έλεγχος στον πίνακα των εκδόσεων για το αν υπάρχει εγγραφή της ίδιας έκδοσης σχεδίου του συγκεκριμένου χρήστη στην οποία ανήκει το νέο πολύγωνο. Όποτε χρειάζεται, προστίθεται μια νέα εγγραφή για τη νέα έκδοση σχεδίου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας του trigger και του function.

```
CREATE TRIGGER ins_polygona
BEFORE INSERT
ON polygona
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE a_before_ins_polygona();
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION a_before_ins_polygona()
RETURNS "trigger" AS
$BODY$declare verint integer;
begin
INSERT INTO perigrafi (gid, mslink, polygon_version, polygon_area,
polygon_perimeter, date_created)
VALUES (new.gid,new.gid, 1, area(new.the_geom), perimeter(new.the_geom),
'now'::text::timestamp(6) with time zone);
select count(versions.id) into verint where versions.version=new.version and
versions.user_name=current_user;
if verint=0 then
    insert into versions(version,user_name) values(new.version,current_user);
end if;
return new;
end;$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

Αμέσως μετά την εισαγωγή ενός νέου πολυγώνου στον πίνακα των χωρικών δεδομένων, είναι απαραίτητο να γίνεται έλεγχος της επικάλυψης που μπορεί να υπάρχει μεταξύ δύο μη διαγραμμένων πολυγώνων της ίδιας ή διαφορετικής έκδοσης σχεδίου. Αν το νέο πολύγωνο επικαλύπτεται με κάποιο από τα ήδη υπάρχοντα πολύγωνα στο σχέδιο, πρέπει να ενημερωθεί ο χρήστης ώστε να διορθώσει τη γεωμετρία των πολυγώνων. Ο έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια της συνάρτησης του PostGis overlaps (geometry,geometry) η οποία επιστρέφει true όταν δύο πολύγωνα επικαλύπτονται μεταξύ τους. Όταν εντοπίζεται τέτοια επικάλυψη η εγγραφή του νέου πολυγώνου αντιγράφεται στον πίνακα των επικαλύψεων (intersections), τον οποίο ο χρήστης πρέπει να εμφανίζει ως δεύτερο επίπεδο στο QuantumGis ώστε να έχει επίγνωση των επικαλύψεων μεταξύ των πολυγώνων του σχεδίου του και να προβεί στις απαραίτητες διορθώσεις. Για παράδειγμα, αν εισαχθεί το πολύγωνο με κωδικό αναγνώρισης 1445 με τέτοιο τρόπο ώστε να επικαλύπτει τμήμα των δύο γειτονικών του πολυγώνων, τότε στον πίνακα των επικαλύψεων (intersections) θα εισαχθεί η εγγραφή του πολυγώνου 1445. Αν ο χρήστης έχει φορτώσει τον πίνακα των επικαλύψεων ως επίπεδο στο QuantumGis, το πολύγωνο 1445 θα εμφανιστεί στον κανβά με το χρώμα που έχει οριστεί για το επίπεδο των επικαλύψεων. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η προβολή του πολυγώνου του παραδείγματος που παρουσιάζει επικάλυψη με τα γειτονικά του πολύγωνα.



Σχέδιο 6: Προβολή πολυγώνου που επικαλύπτεται με τα γειτονικά του

Επίσης, κατά την εισαγωγή ενός νέου πολυγώνου είναι απαραίτητο να ενημερώνεται το πεδίο `version_id` του πίνακα των χωρικών δεδομένων με την έκδοση του συνολικού σχεδίου. Για να ικανοποιηθούν τα παραπάνω εκτελείται ένα trigger το οποίο εκκινείται αμέσως μετά την εισαγωγή μιας εγγραφής στον πίνακα `polygona` και καλεί μια function που ελέγχει τις επικαλύψεις των πολυγώνων και ενημερώνει τον πίνακα των χωρικών δεδομένων με την έκδοση του συνολικού σχεδίου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας του trigger.

```
CREATE TRIGGER after_ins_polygona
AFTER INSERT ON polygona
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE a_after_ins_polygona();
```

Ο κώδικας του function είναι:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION a_after_ins_polygona()
RETURNS "trigger" AS
$BODY$declare inter integer;
declare verint integer;
begin
```

```
select count(polygona.gid) into inter where overlaps(polygona.the_geom,
new.the_geom) = true and polygona.gid<>new.gid
and city_view.date_deleted is null;
if inter>0 then
    insert into intersections(gid,the_geom) values
(new.gid,new.the_geom);
end if;
select count(versions.id) into verint where versions.version=new.version and
versions.user_name=current_user;
if verint=0 then
    update polygona set version_id=currval('public.versions_id'::text)+1 where
gid=new.gid;
else
    update polygona set version_id=versions.id where gid=new.gid and
versions.version=new.version and versions.user_name=current_user;
end if;
return new;
end;$BODY$  
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

## 7 Διαχείριση διαγραφών

Όταν ο χρήστης επιλέγει τη διαγραφή ενός πολυγώνου, εκτελείται ένα rule το οποίο δεν επιτρέπει τη διαγραφή της εγγραφής του πολυγώνου από τον πίνακα των χωρικών δεδομένων διότι θα πρέπει να τηρείται το ιστορικό των μεταβολών των αντικειμένων του σχεδίου. Στη βάση δεδομένων η εγγραφή του πολυγώνου στον πίνακα polygona διατηρείται και στο πεδίο date\_deleted της αντίστοιχης εγγραφής του πολυγώνου στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων (perigrafi) συμπληρώνεται η ημερομηνία διαγραφής του. Με τη χρήση του Query Builder ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να μην εμφανίζονται τα πολύγωνα που έχουν συμπληρωμένη την ημερομηνία διαγραφής. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας του rule των διαγραφών στον πίνακα των χωρικών δεδομένων:

```
CREATE OR REPLACE RULE polygona_del AS
    ON DELETE TO polygona DO INSTEAD    UPDATE perigrafi SET date_deleted =
'now'::text::timestamp(6) with time zone
    WHERE perigrafi.gid = old.gid;
```

Αμέσως μετά την ενημέρωση του πίνακα των περιγραφικών δεδομένων με την ημερομηνία διαγραφής εκτελείται ένα trigger το οποίο καλεί μια procedure με την οποία γίνεται και πάλι έλεγχος των επικαλύψεων μεταξύ των πολυγώνων. Στην περίπτωση που με τη διαγραφή ενός πολυγώνου διορθώνεται μια επικάλυψη, διαγράφονται από τον πίνακα των επικαλύψεων (intersections) όλα τα πολύγωνα που παρουσίαζαν επικάλυψη με το διαγραμμένο πολύγωνο. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας του trigger και του procedure που εφαρμόζονται στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων.

```
CREATE TRIGGER up_perigrafi
  AFTER UPDATE ON perigrafi
  FOR EACH ROW
  EXECUTE PROCEDURE a_up_perigrafi();

CREATE OR REPLACE FUNCTION a_up_perigrafi()
  RETURNS "trigger" AS
$BODY$declare countdel integer;
declare newgid integer;
declare i integer;
begin
if new.mmlink is null then
    update perigrafi set mmlink=new.gid where perigrafi.gid=new.gid;
end if;
select count(city_view.gid) into countdel
    where intersects((select the_geom from city_view where
city_view.gid=new.gid),intersections.the_geom)=true
        and new.date_deleted is not null;
if countdel>0 then
for i in 1..countdel loop
    select gid into newgid from intersections
    where intersects((select the_geom from city_view where
city_view.gid=new.gid),intersections.the_geom)=true
        and new.date_deleted is not null;
    delete from intersections where intersections.gid=newgid;
end loop;
end if;
return new;
end;$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

## 8 Διαχείριση ενημερώσεων

Οι μεταβολές που πραγματοποιούνται στα χωρικά ή περιγραφικά δεδομένα ενός πολυγώνου, αποτελούν μια νέα έκδοσή του και δεν επηρεάζουν την προηγούμενη κατάστασή του. Όποτε ενημερώνονται τα χωρικά ή περιγραφικά δεδομένα ενός πολυγώνου, στη βάση δεδομένων διατηρείται η παλιά εγγραφή του πολυγώνου και καταχωρείται μια νέα εγγραφή με τα δεδομένα μιας νέας έκδοσης πολυγώνου στους πίνακες των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων. Το παλιό πολύγωνο χαρακτηρίζεται ως διαγραμμένο και αντικαθίσταται από το καινούργιο. Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, για την ενημέρωση των εγγραφών στην όψη, εκτελείται το παρακάτω rule.

```
CREATE OR REPLACE RULE view_up AS
  ON UPDATE TO city_view DO INSTEAD (
    INSERT INTO polygona (the_geom, version)
      VALUES (new.the_geom, new.user_version);
    UPDATE perigrafi SET date_deleted = 'now'::text::timestamp(6) with time zone
      WHERE perigrafi.gid = old.gid;
    UPDATE perigrafi SET polygon_version = new.polygon_version + 1, mslink =
      new.mslink, reason = new.reason
      WHERE perigrafi.gid = currval('public.polygon_id'::text);
  );
```

Έτσι, όταν ο χρήστης μεταβάλει τα δεδομένα ενός πολυγώνου, στον πίνακα των χωρικών δεδομένων εισάγεται μια νέα εγγραφή και στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων γίνονται οι απαραίτητες ενημερώσεις: στην παλιά εγγραφή ενημερώνεται το πεδίο date\_deleted με την ημερομηνία διαγραφής του και η νέα εγγραφή ενημερώνεται με τη νέα έκδοση του πολυγώνου, την αιτία αλλαγής του και τον κωδικό αναφοράς του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο (πεδίο mslink) ο οποίος έχει την ίδια τιμή που είχε το πολύγωνο πριν την ενημέρωσή του. Η σύνδεση μεταξύ του παλιού και του ενημερωμένου πολυγώνου γίνεται μέσω του πεδίου mslink η τιμή του οποίου είναι η ίδια και για τα δύο πολύγωνα.

## 9 Σενάρια χρήσης

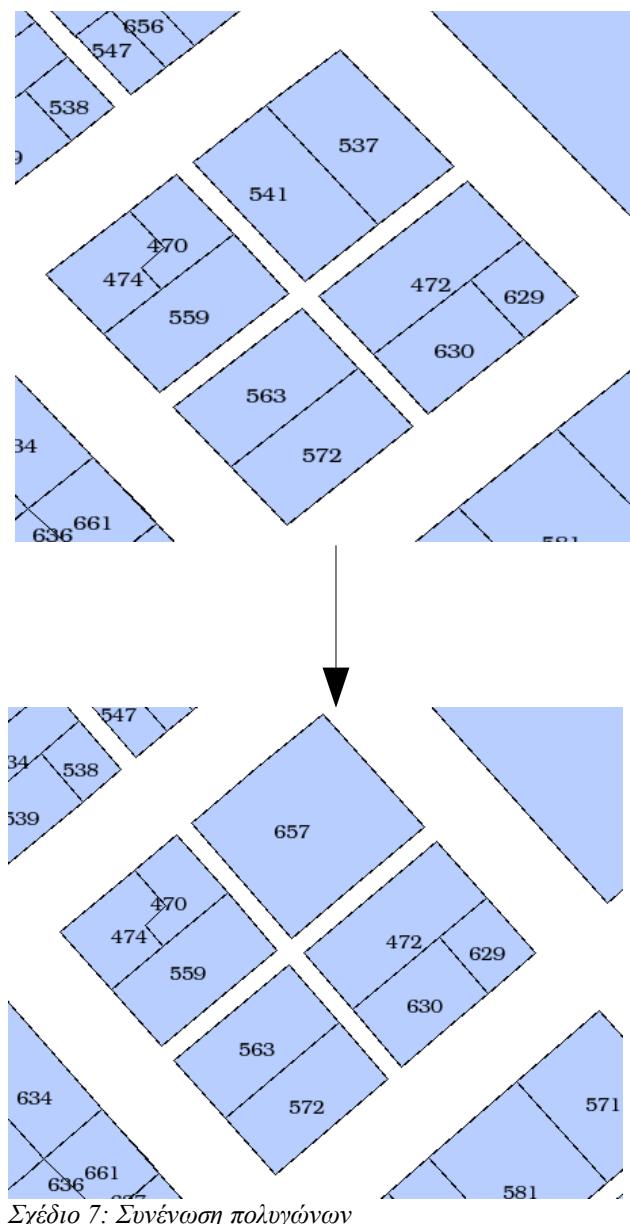
Η εφαρμογή προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα επεξεργασίας του σχεδίου με τέτοιο τρόπο ώστε να μη χάνεται η πληροφορία της παλαιότερης κατάστασης του σχεδίου. Οποιαδήποτε στιγμή, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να επιστρέψουν σε μια παλαιότερη κατάσταση της περιοχής του σχεδίου που τους ενδιαφέρει, να ενημερωθούν για την αιτία πραγματοποίησης μιας μεταβολής και να προβούν σε νέες, διαφορετικές αλλαγές. Η ανάκτηση της επιθυμητής πληροφορίας είναι δυνατή με την εκτέλεση των κατάλληλων ερωτημάτων με χρήση διαφόρων συνδυασμών κριτηρίων. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα σενάρια χρήσης με τα οποία αναλύονται οι δυνατότητες που προσφέρει η εφαρμογή κατά τη διάρκεια γεωμετρικών αναπροσαρμογών των πολυγώνων του σχεδίου από τους χρήστες. Οι συνηθέστερες γεωμετρικές αναπροσαρμογές ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών είναι η συνένωση, η διαίρεση και η μεταβολή των ορίων των πολυγώνων του σχεδίου.

### 9.1 Συνένωση πολυγώνων

Έστω ότι τα πολύγωνα με κωδικό αναγνώρισης (gid) 537, 541 πρόκειται να συνενωθούν και να αποτελέσουν ένα νέο πολύγωνο, το οποίο θα λάβει νέο κωδικό αναγνώρισης πολυγώνου 657. Ο χρήστης διαγράφει τα δύο πολύγωνα 537 και 541 και εισάγει το νέο πολύγωνο που αποτελεί τη συνένωσή τους. Η εισαγωγή του νέου πολυγώνου είναι δυνατόν να γίνει είτε γραφικά με χρήση του εργαλείου “capture polygons” του QuantumGis είτε, για μεγαλύτερη ακρίβεια, με χρήση της ακόλουθης sql πρότασης:

```
insert into polygona (the_geom,version) values ((SELECT geomunion  
(city_view.the_geom, polygona.the_geom)  
  
WHERE city_view.gid = 537 AND polygona.gid = 541),2);
```

Στην παραπάνω sql εντολή χρησιμοποιείται η συνάρτηση geomunion(geometry,geometry) της βιβλιοθήκης γεωμετρικών λειτουργιών Geos η οποία εφαρμόζεται σε δύο πεδία που περιέχουν πληροφορία τύπου geometry και επιστρέφει ένα νέο πολύγωνο που αποτελεί τη γεωμετρική συνένωση δύο πολυγώνων. Στην παραπάνω sql εντολή, η έκφραση “SELECT geomunion (city\_view.the\_geom, polygona.the\_geom) WHERE city\_view.gid = 537 AND polygona.gid = 541” επιστρέφει τη γεωμετρική συνένωση των δύο πολυγώνων 537 και 541. Η νέα κατάσταση θα αντιπροσωπεύεται από μια νέα έκδοση σχεδίου. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η νέα κατάσταση του σχεδίου μετά τη συνένωση των δύο πολυγώνων.



Στη βάση δεδομένων οι εγγραφές των πολυγώνων 537, 541 διατηρούνται με ενημερωμένο το πεδίο date\_deleted. Το πολύγωνο 657 αντιπροσωπεύεται από μία νέα εγγραφή.

gid	user_version	design_version	date_created	date_deleted	polygon_perim	polygon_area	polygon_version
537	1	1	2006-01-01 16	2006-01-01 16	413.375	9850.28	1
541	1	1	2006-01-01 16	2006-01-01 16	411.086	9697.03	1
657	2	2	2006-01-01 17		560.162	19547.3	1

Όταν ο χρήστης θελήσει να ενημερωθεί για την παλαιότερη κατάσταση του σχεδίου στην

περιοχή του πολυγώνου 657 εκτελεί την ακόλουθη αναζήτηση με τη χρήση του QueryBuilder και στον κανβά του Qgis εμφανίζονται τα πολύγωνα 657, 541, 537:



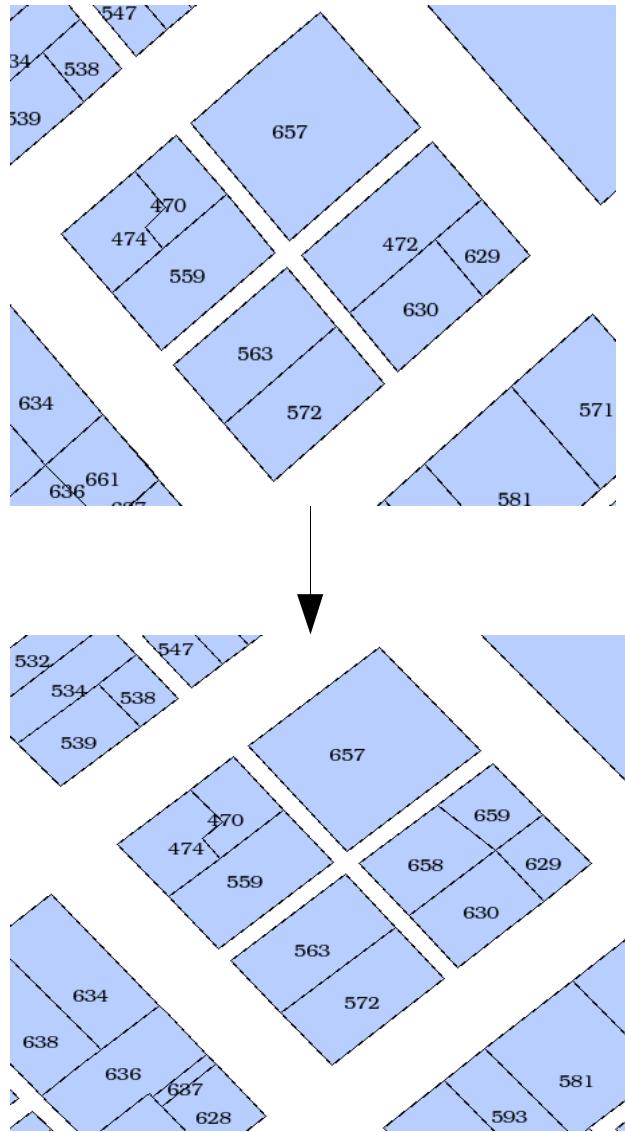
Σχέδιο 8: Χωρική αναζήτηση με τον QueryBuilder

Στην παραπάνω έκφραση που συμπληρώνεται στο πεδίο “SQL where clause” του QueryBuilder χρησιμοποιείται η συνάρτηση `within(geometry,geometry)` της βιβλιοθήκης γεωμετρικών λειτουργιών Geos η οποία επιστρέφει τα πολύγωνα που περικλείονται από ένα μεγαλύτερο πολύγωνο.

## 9.2 Διαίρεση πολυγώνου

Έστω ότι το πολύγωνο με κωδικό αναγνώρισης 472 πρόκειται να χωριστεί σε δύο νέα πολύγωνα, τα οποία θα λάβουν νέους κωδικούς αναγνώρισης πολυγώνου 658 και 659. Ο χρήστης διαγράφει το πολύγωνο 472 και εισάγει στη θέση του δύο νέα πολύγωνα. Η νέα κατάσταση θα ανήκει σε μια διαφορετική έκδοση σχεδίου του χρήστη που πραγματοποιεί την αλλαγή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η νέα κατάσταση του σχεδίου μετά τη διαίρεση του πολυγώνου 472 του παραδείγματος στα δύο νέα πολύγωνα.

*Versioning σε γεωγραφικές βάσεις δεδομένων*



*Σχέδιο 9: Διαιρέση πολυγώνου*

Στη βάση δεδομένων η εγγραφή του πολυγώνου 472 διατηρείται με ενημερωμένο το πεδίο date\_deleted. Τα δύο νέα πολύγωνα 658 και 659 αντιπροσωπεύονται από δύο νέες εγγραφές.

gid	user_version	design_version	date_created	date_deleted	polygon_perim	polygon_area	polygon_version
472	1	1	2006-01-01 16	2006-01-01 18	430.858	9813.01	1
658	2	2	2006-01-01 18		315.926	6028.76	1
659	2	2	2006-01-01 18		246.406	3759.15	1

### 9.3 Αλλαγή γεωμετρίας πολυγώνου

Έστω ότι ο ιδιοκτήτης του οικοπέδου που αντιπροσωπεύεται από το πολύγωνο 637 αγόρασε τμήμα του γειτονικού οικοπέδου που αντιπροσωπεύεται από το πολύγωνο 636. Η οριοθέτηση των πολυγώνων 636 και 637 θα πρέπει να αλλάξει ώστε να απεικονιστεί η νέα πραγματικότητα στην περιοχή. Ο χρήστης μεταβάλει τη θέση των κορυφών των δύο πολυγώνων. Η αλλαγή των ορίων των πολυγώνων γίνεται με τη βοήθεια εκτέλεσης sql εντολής διότι το QuantumGis δε διαθέτει προς το παρόν σχεδιαστικό εργαλείο επεξεργασίας πολυγώνου ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή των ορίων του γραφικά. Με την ακόλουθη sql εντολή που χρησιμοποιείται για την αλλαγή των ορίων του πολυγώνου 637 δίνονται οι νέες συντεταγμένες των κορυφών του:

```
update city_view set the_geom=geomfromtext('POLYGON((1702928.033 688157.337,
1702880.6 688214.3, 1702926.4 688254.2, 1702974.875 688197.562, 1702974.911
688197.52, 1702928.603 688156.663, 1702928.033 688157.337))')
where city_view.gid=637;
```

Για μεγαλύτερη ακρίβεια, μετά την αλλαγή των ορίων του πολυγώνου 637, τα όρια του πολυγώνου 636 μεταβάλλονται με την εκτέλεση της παρακάτω sql εντολής ώστε το σχήμα του να προσαρμοστεί ακριβώς στα νέα όρια του 637:

```
update city_view set the_geom=(SELECT difference(r.the_geom, m.the_geom)
FROM city_view AS r, polygona AS m
WHERE r.the_geom && m.the_geom
AND intersects(r.the_geom, m.the_geom)
AND r.gid =636 and m.gid=661)
where city_view.gid=636;
```

Στην παραπάνω εντολή χρησιμοποιείται η συνάρτηση difference(geometry,geometry) η οποία επιστρέφει το πολύγωνο που αποτελεί τη γεωμετρική διαφορά δύο πολυγώνων που επικαλύπτονται. Η παλαιότερη και νέα κατάσταση του σχεδίου μετά τις μεταβολές του παραδείγματος που προαναφέρθηκαν, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχέδιο 10: Αλλαγή γεωμετρίας πολυγώνου

Στη βάση δεδομένων οι εγγραφές των πολυγώνων 636 και 637 διατηρούνται όπως ήταν πριν την αλλαγή των ορίων τους με ενημερωμένο το πεδίο `date_deleted`. Η νέα κατάσταση αντιπροσωπεύεται από δύο νέα πολύγωνα τα οποία έχουν από ένα νέο κωδικό αναγνώρισης `gid`. Στο πεδίο `reason` καταχωρείται από το χρήστη η αιτία αλλαγής της γεωμετρίας των πολυγώνων. Στο πεδίο `mslink` των νέων εγγραφών διατηρείται η τιμή του προηγούμενου πολυγώνου και στο πεδίο `polygon_version` τίθεται η τιμή 2 καθώς το νέο πολύγωνο αποτελεί μια νέα έκδοση του προηγούμενου πολυγώνου. Η αναζήτηση του ιστορικού του κάθε πολυγώνου γίνεται με χρήση του πεδίου `mslink` καθώς ο κωδικός που καταχωρείται στο πεδίο αυτό αναφέρεται στο αντικείμενο του πραγματικού κόσμου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα οικόπεδα 636, 637 απεικονιζόντουσαν αρχικά στο σχέδιο με τα πολύγωνα 636 και 637 και στη συνέχεια από τα πολύγωνα 661 και 662 αντίστοιχα. Έτσι, η

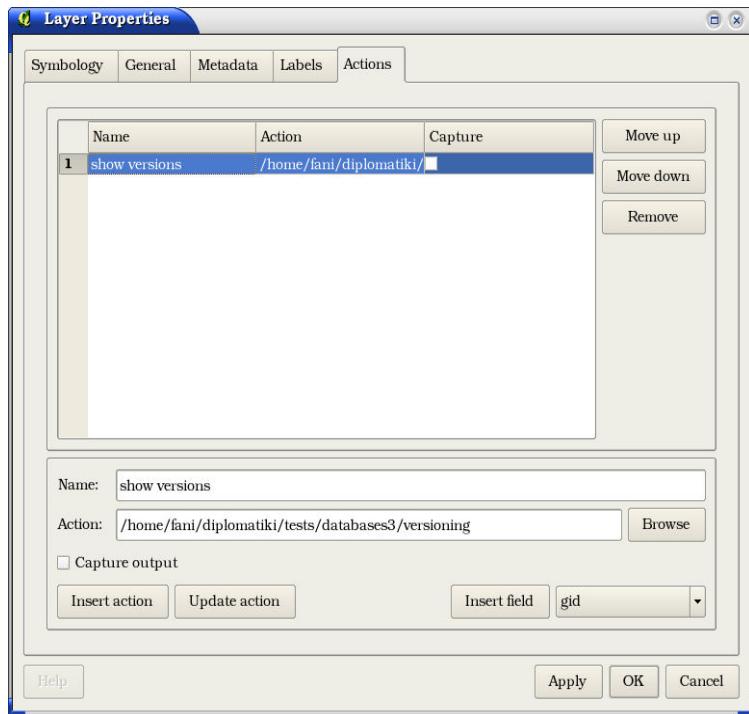
αναζήτηση του ιστορικού των οικοπέδων 636 και 637 γίνεται με βάση το πεδίο mslink.

gid	user_version	design_version	date_created	date_deleted	polygon_perimeter	polygon_area	polygon_version	mslink	reason
636	1	1	2006-01-01 16	2006-01-01 20	390.93	8063.46	1	636	
637	1	1	2006-01-01 16	2006-01-01 20	147.456	740.659	1	637	
661	1	1	2006-01-01 20		276.732	4754.78	2	637	Αγορά
662	1	1	2006-01-01 20		255.509	4054.71	2	636	Πώληση

#### 9.4 Συνένωση εκδόσεων σχεδίου

Έστω ότι δύο χρήστες ενημερώνουν ταυτόχρονα τη βάση δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών μιας πόλης. Ο κάθε χρήστης έχει αναλάβει να κατασκευάσει μια συγκεκριμένη περιοχή του σχεδίου δημιουργώντας τις δικές του εκδόσεις σχεδίου. Όταν ο κάθε χρήστης ολοκληρώσει την εργασία του, επιλέγει ποιες από τις εκδόσεις σχεδίου που έχει διαχειριστεί είναι ολοκληρωμένες και τις χαρακτηρίζει ως τρέχουσες. Η προβολή της τελικής μορφής του σχεδίου γίνεται με αναζήτηση όλων των εκδόσεων σχεδίου που έχουν χαρακτηριστεί ως τρέχουσες από τους χρήστες.

Ο χαρακτηρισμός των εκδόσεων ως τρέχουσες γίνεται στον πίνακα των εκδόσεων και στο πεδίο current. Η προβολή του πίνακα των εκδόσεων, τα πεδία του οποίου δε συμπεριλαμβάνονται στην όψη, γίνεται με χρήση του εργαλείου actions που διαθέτει το QuantumGis και την εκτέλεση μιας εξωτερικής βοηθητικής εφαρμογής. Επιλέγοντας το layer της όψης στο QuantumGis και στη συνέχεια με την επιλογή properties του αναδυόμενου μενού που εμφανίζεται με δεξί κλικ, εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου των ιδιοτήτων του layer. Στην επιλογή actions προστίθεται το action με όνομα “show versions” ως εξής. Στο πεδίο name εισάγεται το όνομα του action “show versions” και στο πεδίο Action εισάγεται η πλήρης διαδρομή στην οποία βρίσκεται το εκτελέσιμο αρχείο της εξωτερικής εφαρμογής. Στη συνέχεια, με την επιλογή Apply εφαρμόζεται η αντιστοίχηση της εξωτερικής εφαρμογής στο action με όνομα “show versions” .



Σχέδιο 11: Παράθυρο διαλόγου ιδιοτήτων του Layer

Όταν ο χρήστης επιλέξει ένα πολύγωνο στον κανβά του QuantumGis, εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά του από την όψη city\_view. Επιλέγοντας το εικονίδιο του action εκτελείται η εξωτερική εφαρμογή η οποία προβάλει μια φόρμα των πίνακα των εκδόσεων και προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να τον ενημερώσει είτε χαρακτηρίζοντας μια έκδοση ως τρέχουσα είτε ενημερώνοντας το πεδίο reason\_for\_version με την αιτία δημιουργίας της κάθε ξεχωριστής έκδοσης.

Feature	Value
gid	2503
action	show versions
date_created	2006-01-02 20:39:00.914428
date_deleted	
design_version	5
gid	2503
mslink	2503
polygon_area	5103.58
polygon_perimeter	348.258
polygon_version	1
reason	
user_version	1

Σχέδιο 12: Προβολή χαρακτηριστικών πολυγώνου

Σχέδιο 13: Εξωτερική εφαρμογή που εκτελείται με την επιλογή action στην προβολή χαρακτηριστικών πολυγώνου

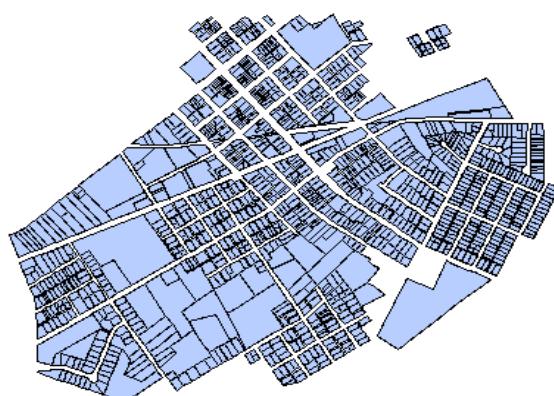
Έστω ότι ο πρώτος χρήστης έχει χαρακτηρίσει ως τρέχουσες τις δύο πρώτες εκδόσεις σχεδίου και ο δεύτερος τις τρεις δικές του πρώτες εκδόσεις σχεδίου. Με τη χρήση του QueryBuilder γίνεται αναζήτηση όλων των εκδόσεων που έχουν χαρακτηριστεί ως τρέχουσες και προβάλλεται η τρέχουσα ή τελική μορφή του συνολικού σχεδίου.



Σχέδιο 14: Εκδόσεις του πρώτου χρήστη



Σχέδιο 15: Εκδόσεις του δεύτερου χρήστη



Σχέδιο 16: Τρέχουσα μορφή του σχεδίου

#### 9.4.1 Εξωτερική εφαρμογή

Η εξωτερική εφαρμογή προβολής του πίνακα των εκδόσεων δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος ανάπτυξης λογισμικού Qt3 σε γλώσσα προγραμματισμού C++ και η σύνδεσή της στη βάση δεδομένων είναι ανεξάρτητη από τη σύνδεση που χρησιμοποιείται από το QuantumGis για την προβολή των γεωμετρικών πινάκων. Χρησιμοποιεί τον driver της Postgresql για το Qt3 και συνδέεται απευθείας με τη βάση δεδομένων. Το όνομα της βάσης και του server καθώς και

οι απαραίτητοι κωδικοί σύνδεσης στη βάση δεδομένων password και username δίνονται εκ των προτέρων στον κώδικα της εφαρμογής και συγκεκριμένα στο αρχείο main.cpp το οποίο περιέχει τον ακόλουθο κώδικα:

```
#include <qapplication.h>
#include "versions.h"
#include <qlsqldatabase.h>
bool createConnections()
{
    // create the default database connection
    QSqlDatabase *defaultDB = QSqlDatabase::addDatabase( "QPSQL7" );
    if ( ! defaultDB ) {
        qWarning( "Failed to connect to driver" );
        return FALSE;
    }
    defaultDB->setDatabaseName( "efarmogi" );
    defaultDB->setUserName( "fani" );
    defaultDB->setPassword( "" );
    defaultDB->setHostName( "localhost" );
    if ( ! defaultDB->open() ) {
        qWarning( "Failed to open efarmogi database: " +
                  defaultDB->lastError().driverText() );
        qWarning( defaultDB->lastError().databaseText() );
        return FALSE;
    }
    return TRUE;
}
int main( int argc, char ** argv )
{
    QApplication a( argc, argv );
    if ( ! createConnections() )
        return 1;
    versions w;
    w.show();
    a.connect( &a, SIGNAL( lastWindowClosed() ), &a, SLOT( quit() ) );
    return a.exec();
}
```

Εκτός από το παραπάνω αρχείο main.cpp, το project της εφαρμογής περιλαμβάνει και το

αρχείο versions.u1 το οποίο αποτελεί τη βασική φόρμα της εφαρμογής. Στη φόρμα, τα πεδία που αφορούν τους αριθμούς των εκδόσεων του συνολικού σχεδίου και του κάθε χρήστη και το όνομα του χρήστη είναι ανενεργά καθώς οι τιμές τους καθορίζονται κατά την επεξεργασία του σχεδίου. Με την εκτέλεση της εντολής qmake versioning.pro στο τερματικό, δημιουργείται το αρχείο Makefile και στη συνέχεια με την εκτέλεση της εντολής make δημιουργείται το εκτελέσιμο αρχείο versioning το οποίο καλείται από το QuantumGis με την επιλογή του εργαλείου actions.

## 10 Συμπεράσματα

Με την παρούσα εργασία επιχειρήθηκε ο σχεδιασμός και η δόμηση μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων με τρόπο ώστε να παρέχεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης της τεχνικής του versioning από τους χρήστες. Η εφαρμογή στηρίχθηκε σε διανυσματικά δεδομένα τύπου “πολύγωνα” και χρησιμοποιήθηκε λογισμικό βάσεων δεδομένων και γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων ανοιχτού κώδικα. Οι κυριότερες δυνατότητες που προσφέρει ένας τέτοιος σχεδιασμός μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων στους χρήστες γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι επιγραμματικά οι εξής:

- Πραγματοποιείται ταυτόχρονος χειρισμός του ιστορικού της εξέλιξης των μεταβολών του κάθε πολυγώνου, περιοχών του σχεδίου και του σχεδίου στο σύνολό του. Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας εκδόσεων ανά πολύγωνο, ανά χρήστη και εκδόσεων του συνολικού σχεδίου.
- Οι μεταβολές που συμβαίνουν σε μία έκδοση σχεδίου, δεν επηρεάζουν την κατάσταση του σχεδίου στις υπόλοιπες εκδόσεις. Κάθε έκδοση σχεδίου είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες χωρίς να δημιουργούνται διπλοεγγραφές των δεδομένων
- Κάθε χρήστης μπορεί να εργάζεται προβάλλοντας μόνο τις δικές του εκδόσεις σχεδίου τις οποίες αντιλαμβάνεται ως ένα ξεχωριστό αρχείο
- Επιτρέπει τη δημιουργία εναλλακτικών μορφών σχεδίασης στην ίδια περιοχή του σχεδίου
- Επιτρέπει την τήρηση του ιστορικού όλων των μεταβολών που έχει υποστεί το σχέδιο
- Προσφέρει τη δυνατότητα καταγραφής της αιτίας δημιουργίας μιας νέας έκδοσης ώστε να είναι κατανοητός ο λόγος που ένα πολύγωνο ή μια περιοχή του σχεδίου έχει υποστεί μεταβολές
- Οι μεταβολές που συμβαίνουν σε κάθε πολύγωνο συνδέονται με το χρήστη που τις πραγματοποιεί
- Η τελική μορφή του σχεδίου είναι μοναδική και δεν περιέχει τις δοκιμαστικές εκδόσεις των χρηστών και τα διαγραμμένα πολύγωνα. Προκύπτει από τη συνένωση όλων των εκδόσεων των χρηστών που έχουν χαρακτηριστεί ως τελικές
- Παρέχεται μηχανισμός ελέγχου ώστε να τηρείται ο βασικός κανόνας τοπολογίας σύμφωνα με τον οποίο τα ενεργά πολύγωνα δεν πρέπει να επικαλύπτονται

- Χρησιμοποιείται η έννοια του χρόνου ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση μιας κατάστασης σχεδίου με βάση ένα ορισμένο χρονικό διάστημα πραγματοποίησης μεταβολών.

Η έννοια της έκδοσης σχεδίου δεν είναι αυστηρά καθορισμένη. Εξαρτάται από το χρήστη και τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής. Για παράδειγμα, σε κάποιες εφαρμογές μπορεί να αρκεί η τήρηση του ιστορικού των αλλαγών ενός σχεδίου με καταγραφή της ημερομηνίας που πραγματοποιήθηκε κάθε μεταβολή χωρίς να υπάρχει χαρακτηρισμός των εκδόσεων. Ο βασικός σκοπός είναι η πραγματοποίηση μεταβολών με τρόπο ώστε να τηρείται το ιστορικό των αλλαγών, να παρέχεται η δυνατότητα ανάκτησης οποιασδήποτε παλαιότερης κατάστασης σχεδίου και να διατηρείται η ακεραιότητα των αντικειμένων από τα οποία αποτελείται το σχέδιο. Η ιδέα είναι γενική και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε εφαρμογή γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών που αποθηκεύει τη χωρική πληροφορία σε μια βάση δεδομένων.

## 11 Βιβλιογραφία

1. “*The management of the cadastral evolution using documented cadastral plans*”, Ally Peerbocus, Genevieve Jomier Lamsade—Universite Paris Dauphine, Place du Marechal de Lattre de Tassigny (2003)
2. “*A methodology for updating geographic databases using map versions*”, Ally Peerbocus, Genevieve Jomier, Thierry Badard
3. “*A framework for programming multiversion databases*”, Stephane Gancarski, Genevieve Jomier (2001)
4. “*Object versioning and information management*”, S. Khaddaja, A. Adamua, M. Moradb (2003)
5. “*Versioning and configuration management in design using CAD and complex wrapped objects*”, J.C. Miles, W.A. Gray, T.W. Carnduff, I. Santoyridis, A. Faulconbridge (2000)
6. “*Historical Spatio-Temporal Aggregation*”, YUFEI TAO City University of Hong Kong and DIMITRIS PAPADIAS Hong Kong University of Science and Technology
7. “*Versioning and Configuration Management in an Object-Oriented Data Model*”, Edward Sciore (1993)
8. “*IT Managing spatiotemporal evolution in a geographic database*” Ph.D. thesis, LAMSADE, University of Paris IX Dauphine, France (2001)
9. “*Efficient and automatic production of periodic updates of cadastral maps*”, Lemmen, C., & van Oosterom P. (1995). In JEC’95, Joint European conference and exhibition on geographical information
10. “*Maintaining consistent topology including historical data in a very large spatial database*”, van Oosterom, P. (1997). Auto Carto 13, Seattle, WA.
11. “*Spatial data-management on a very large cadastral database*”, van Oosterom, P., & Lemmen, C. (2001). Computers, Environment and Urban Systems, 25(4–5), 509–528.
12. “*The development of a historical digital cadastral database*”, Hunter, G. J., & Williamson, I. P. (1990). International Journal of Geographic Information Systems, 4, 169–179.
13. “*Versioning*”, An ESRI Technical Paper (2004)
14. “*PostGis Manual*”, <http://postgis.refractions.net/>
15. “*PostgreSQL 8.0.0 Documentation*”, <http://www.postgresql.org/>
16. <http://www.opensourcegis.org/> Ιστοσελίδα που περιέχει λίστα με λογισμικά GIS ανοιχτού κώδικα
17. <http://www.opengeospatial.org/> Ιστοσελίδα του OGC (Open Geospatial Consortium)
18. <http://www.postgresql.org/> Ιστοσελίδα της Postgresql
19. <http://postgis.refractions.net/> Ιστοσελίδα του PostGis
20. <http://postgis.refractions.net/pipermail/postgis-users/> Ιστοσελίδα όπου οι χρήστες του PostGis

ανταλλάσουν μηνύματα και συζητούν για τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν

21. <http://www.qgis.org/> Ιστοσελίδα του QuantumGis
22. <http://bcdra.refractions.net/> Ιστοσελίδα του BC Digital Road Atlas το οποίο αποτελεί μια εφαρμογή χρησιμοποίησης του versioning βασισμένη στο PostGis και σε συνδυασμό λογισμικών ανοιχτού κώδικα
23. <http://downloads.ddti.net/MadisonOH/> Ιστοσελίδα από την οποία είναι δυνατή η μεταφόρτωση δεδομένων GIS σε μορφή shapefile. Τα δεδομένα αφορούν την επαρχία Mandison του Ohio και χρησιμοποιήθηκαν για να δοκιμαστεί η ορθή λειτουργία της εφαρμογής
24. <http://www.linuxquestions.org/> Ιστοσελίδα με forum συζητήσεων ελεύθερης πρόσβασης όπου χρήστες των Linux ανταλλάσουν μηνύματα σχετικά με τα λογισμικά ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιούν και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν