

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

*‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’*

Κατεύθυνση ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**«Συγκριτική Μελέτη των Δυνατοτήτων του Λογισμικού ARCGIS 9.3  
και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS»**

Διπλωματική εργασία του Χρυσοβαλάντη Σκουρή

Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

*‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’*

Κατεύθυνση ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**«Συγκριτική Μελέτη των Δυνατοτήτων του Λογισμικού ARCGIS 9.3  
και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS»**

Διπλωματική εργασία του Χρυσοβαλάντη Σκουρή  
Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Χαλκιάς Χρίστος, Επίκουρος Καθηγητής.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος .....	6
Περίληψη.....	7
Abstract .....	8
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	9
1. Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 1: Λογισμικό – Εξέλιξη Ανοικτού και Εμπορικού Λογισμικού..	14
1.1 Η έννοια του Λογισμικού.....	14
1.2 Εμπορικό Λογισμικό – Ιστορική Εξέλιξη. ....	15
1.3 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Γενικά Χαρακτηριστικά.....	18
1.4 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Ιστορική Εξέλιξη.....	20
1.5 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Άδειες Χρήσεις .....	23
1.6 Σύγκριση κι Ανταγωνισμός Εμπορικού (PROPRIETARY) - Ανοιχτού/ Ελευθέρου Λογισμικού (FOSS) 25	
Κεφάλαιο 2: Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) – Εξέλιξη/Ιστορική Αναδρομή – Εμπορικά και Ανοικτά Λογισμικά – ARCGIS 9.3 VS QUANTUM_GIS+GRASS .....	25
2.1 Η έννοια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).....	29
2.2 Λογισμικό GIS – Βασικές Έννοιες και Ιδιότητες. ....	32
2.3 Λογισμικό GIS – Ιστορική Εξέλιξη. ....	34
2.4 Ανοιχτό Λογισμικό GIS – Ιστορική Εξέλιξη.....	36
2.5 Λογισμικό ARCGIS 9.3.....	38
2.6 Λογισμικό QUANTUM_GIS. ....	40
2.7 Λογισμικό GRASS. ....	42
Κεφάλαιο 3: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας (Σύγκριση λογισμικών GIS – Εφαρμογές GIS με λογισμικό ανοιχτού κώδικα).....	44
3.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Συγκριτικών Μελετών Μεταξύ Εμπορικών κι Ανοιχτών Λογισμικών. 44	
3.2 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Μελετών, Υλοποιηθέντων με τη Χρήσης Ανοιχτών Λογισμικών GIS. 50	

## **ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ..... 53**

### **Κεφάλαιο 4: Πεδία Σύγκρισης αναφορικά με τις δυνατότητες του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS. 54**

4.1	Αποθήκευση και Διαχείριση Διανυσματικών Δεδομένων.....	55
4.2	Αποθήκευση και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων.....	57
4.3	Συστήματα Αναφοράς – Γεωαναφορά Δεδομένων.....	58
4.4	Δυνατότητες Χαρτογραφικής Σύνθεσης .....	61
4.5	Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων .....	62
4.6	Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων .....	62
4.7	Διαχείριση και Βασική Επεξεργασία Υψομετρικών Δεδομένων.....	63
4.8	Γενικότερες Διαφορές και Ομοιότητες μεταξύ του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QGIS/GRASS. ....	65

## **ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ..... 72**

### **Κεφάλαιο 5: Εφαρμογές Εξειδικευμένης Ανάλυσης με τη χρήση των λογισμικών ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS. .... 73**

5.1	Υδρολογική Ανάλυση – Εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου και λεκανών απορροής με τη χρήση DEM. ....	74
5.1.1	Υδρολογική Ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3 .....	77
5.1.2	Υδρολογική Ανάλυση με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS. ....	87
5.1.3	Σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων - Συμπεράσματα.....	96
5.2	Γεωκωδικοποίηση - Geocoding.....	103
5.2.1	Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3 .....	107
5.2.2	Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS. ....	122
5.2.3	Σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων - Συμπεράσματα.....	138
5.3	Συμπεράσματα αναφορικά με τις αναλυτικές εφαρμογές. ....	144

### **Κεφάλαιο 6: Αποτίμηση των Εργασιών – Τελικά Συμπεράσματα ..... 147**

6.1	Συμπεράσματα Συγκριτικής Μελέτης ανά Πεδίο Σύγκρισης. ....	149
6.2	Αξιολόγηση λογισμικών με βάση τα αποτελέσματα της παραπάνω σύγκρισης. ....	156



6.3 Καταλληλότητα Λογισμικών με Βάση τη χρήση τους.....	165
6.4 Μελλοντικές Εξελίξεις – Τα ARCGIS, QGIS και GRASS στο μέλλον.....	168

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ..... 173

1. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	174
ARCGIS 9.3 και Διανυσματικά Δεδομένα.....	174
Συνδυασμός QUANTUM_GIS/GRASS και Διανυσματικά Δεδομένα.....	193
2. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	210
ARCGIS 9.3 και Ψηφιδωτά Δεδομένα.....	210
Συνδυασμός QUANTUM_GIS/GRASS και Ψηφιδωτά Δεδομένα.....	218
3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	228
ARCGIS 9.3 και Συστήματα Αναφοράς.....	228
Συνδυασμός QUANTUM/GRASS και Συστήματα Αναφοράς.....	234
4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ .....	244
ARCGIS 9.3 και Χαρτογραφική Σύνθεση.....	244
QUANTUM/GRASS και Χαρτογραφική Σύνθεση .....	251
5. ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	256
Ανάλυση Διανυσματικών Δεδομένων και ARCGIS 9.3 .....	256
Ανάλυση Διανυσματικών Δεδομένων και QGIS/GRASS.....	269
6. ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	285
Ανάλυση Ψηφιδωτών Δεδομένων και ARCGIS 9.3 .....	285
Ανάλυση Ψηφιδωτών Δεδομένων και QGIS/GRASS.....	301
7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑ ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	309
Υψομετρικά Δεδομένα και ARCGIS 9.3 .....	309
Υψομετρικά Δεδομένα και QGIS/GRASS.....	324

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 339

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 344

## Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ασχολείται με τρία από τα πιο ευρέως διαδεδομένα λογισμικά ΣΓΠ στην Ελλάδα, αλλά και στον κόσμο. Τα λογισμικά αυτά είναι το εμπορικό λογισμικό ARCGIS 9.3 της ESRI (Environmental Research Systems Institute), και τα Ανοιχτού Κώδικα (Open Source) λογισμικά QUANTUM GIS και GRASS τα οποία αντιμετωπίζονται ως ένας ενιαίος συνδυασμός λογισμικών ΣΓΠ. Το ARCGIS αποτελεί το πλέον διαδεδομένο εμπορικό λογισμικό ΣΓΠ της Ελληνικής αγοράς, έχοντας κατακτήσει το μεγαλύτερο μέρος αυτής. Αντίθετα ο συνδυασμός QUANTUM GIS και GRASS αποτελεί την πλέον διαδεδομένη και αξιόπιστη εναλλακτική λύση ελεύθερου λογισμικού για τους χρήστες ΣΓΠ. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να επιχειρηθεί μια σύγκριση μεταξύ των δύο παραπάνω εναλλακτικών επιλογών λογισμικού ΣΓΠ, όσον αφορά τις κύριες τους λειτουργίες, και να καταδειχτούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός. Ταυτόχρονα η εργασία στοχεύει στην δημιουργία ενός αρκετά αναλυτικού οδηγού χρήσης, για τα δύο παραπάνω λογισμικά (ο συνδυασμός QUANTUM\_GRASS) αντιμετωπίζεται ως ένα λογισμικό), ικανού να καθοδηγήσει τόσο νέους όσο και παλιούς χρήστες στην αποτελεσματική χρήση των βασικότερων λειτουργιών τους.

## Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ασχολείται με τη σύγκριση των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QUANTUM\_GIS/GRASS, αναφορικά με τις βασικότερες λειτουργίες τους. Κατά τη διάρκεια της εργασίας ο συνδυασμός QUANTUM\_GIS/GRASS αντιμετωπίζεται ως ένα ενιαίο λογισμικό, παρά το γεγονός ότι στην ουσία πρόκειται για δύο διαφορετικά πακέτα λογισμικού, λόγω της ύπαρξης ενός αρκετά ανεπτυγμένου περιβάλλοντος διασύνδεσης μεταξύ των δύο αυτών λογισμικών. Το περιβάλλον αυτό επιτρέπει την χρήση των περισσότερων λειτουργιών του GRASS μέσα από το περιβάλλον διεπαφής του QUANTUM\_GIS. Ταυτόχρονα επιχειρείται μια γενικότερη προσέγγιση των διαφορών μεταξύ εμπορικών και ανοιχτών λογισμικών GIS, καθώς και μια ιστορική ανάδρομη στην εξέλιξη των λογισμικών αυτών. Η ανάδρομη αυτή αφορά κυρίως τα λογισμικά ΣΓΠ (τα οποία αποτελούν το αντικείμενο της εργασίας), αλλά (σε πολύ μικρότερο βαθμό) και την εξέλιξη των λογισμικών γενικότερα. Παράλληλα διεξάγεται μια συνοπτική καταγραφή μέρους της βιβλιογραφίας αναφορικά με τη σύγκριση των λογισμικών μελέτης, τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα λογισμικά GIS. Επίσης γίνεται βιβλιογραφική αναφορά σε εργασίες οι οποίες έχουν διεξαχθεί με τη χρήση ανοικτών λογισμικών ΣΓΠ, προκειμένου να καταδειχθεί η σημασία τους. Το κυρίως μέρος της εργασίας καταλαμβάνει η σύγκριση μεταξύ των πακέτων ARCGIS 9.3 και QUANTUM\_GIS/GRASS σε συγκεκριμένα πεδία και με βάση συγκεκριμένες λειτουργίες τις οποίες διαθέτουν. Είναι προφανές ότι η σύγκριση αυτή δεν μπορεί να συμπεριλάβει όλες τις εφαρμογές και τις λειτουργίες των λογισμικών αυτών, καθώς κάτι τέτοιο ξεφεύγει από τα στενά πλαίσια μιας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας. Παράλληλα, στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας διεξάγονται δύο απλές εφαρμογές οι οποίες λειτουργούν ως ένα επιπλέον (πιο εξειδικευμένο) πεδίο σύγκρισης μεταξύ των λογισμικών μελέτης, καθώς παρέχουν τη δυνατότητα εξερεύνησης των αναλυτικών δυνατοτήτων των λογισμικών αυτών. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν μια απλή Υδρολογική Ανάλυση και μια εξίσου απλή εφαρμογή Γεωκωδικοποίησης, ενώ παράλληλα αναλύονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των λογισμικών μέσα από τις εν λόγω εφαρμογές. Τέλος η εργασία περιλαμβάνει τα συνολικά συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από την σύγκριση των λογισμικών, καθώς και την αξιολόγηση τους βάσει των συμπερασμάτων αυτών. Τα εν λόγω συμπεράσματα αφορούν τόσο τα αποτελέσματα της σύγκρισης, όσο και την καταλληλότητα των λογισμικών (ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών) καθώς και πιθανές μελλοντικές εξελίξεις .

## Abstract

The current Post Graduate Thesis focuses on the comparison between ARCGIS 9.3 and the combination of QUANTUM\_GIS and GRASS, in relation to the most basic functions of the two software packages. Throughout the present paper, the combination of QUANTUM\_GIS/GRASS is treated as a single software package, in spite of the fact that it is actually a combination of two packages, due to the existence of a comprehensive integration environment between them. This environment allows for the integration of a large part of GRASS functionality, to the QUANTUM\_GIS Graphic User Interface. At the same time, the paper attempts a more general approach of the differences between proprietary and open source software, as well as a historical overview of the development of such software (proprietary and open source). This historical overview is mainly concentrated on, but not limited to GIS software (which represents the main focus of the paper) solely, and is also expanded to cover (to a much smaller degree) the development of software generally. At the same time, the paper attempts a bibliographic review of other papers on the comparison of the aforementioned pieces of software, both to each other and to other software as well. In conjunction to the above mentioned bibliographic review, further review, of papers focusing on the use of Open Source GIS software is conducted in order to clarify the significance of such software to the scientific community. The main part of the paper focuses on the comparison between ARCGIS 9.3 and the combination of QUANTUM\_GIS and GRASS, with regard to certain areas, and based on certain functions that both software packages include. It is evident that this comparison cannot include all the functions that the aforementioned software packages have, since such an attempt would fall outside the limitations of a Post Graduate Thesis. At the same time the paper includes two Analytical Applications which act as extra fields of comparison between the software packages, providing insight into the analytical functions of the aforementioned software. These applications involve a simplified Hydrological Analysis model and an equally simplified Geocoding application, and are followed by the documentation of the results of the comparison between ARCGIS and QGIS/GRASS, based on the processes and results of these analytical applications. Finally, the overall conclusions of the comparison along with an evaluation the two GIS packages (ARCGIS 9.3 vs QUANTUM\_GIS/GRASS), are also included in the paper, followed by conclusions regarding software suitability (in relation to user needs and requirements) and possible future developments.

# ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

## 1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια κατακόρυφη αύξηση της χρήσης λογισμικού Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information Systems) η οποία έχει συνοδευθεί από μια αντίστοιχη αύξηση του αριθμού των λογισμικών αυτών. Ταυτόχρονα παρατηρείται μια διαρκής εξέλιξη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, τα οποία γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα ενσωματώνοντας διαρκώς νέες λειτουργίες, ενώ παράλληλα αναπτύσσονται διαρκώς νέοι αλγόριθμοι αλλά και νέες εφαρμογές οι οποίες κάνουν χρήση των συγκεκριμένων τεχνολογιών. Σύμφωνα με τον Μανιάτη αυτό συμβαίνει γιατί τις τελευταίες δεκαετίες :

*«...διαπιστώθηκε σε πολλές χώρες ότι οι ανάγκες για αξιόπιστες κι ενημερωμένες πληροφορίες γύρω από τη γη δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης κι επεξεργασίας των πληροφοριών» (Μανιάτης, 1996).*

Οι λόγοι οι οποίοι έπαιξαν κομβικό ρολό στην ώθηση η οποία δόθηκε στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι οι παρακάτω:

- *« Η μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής και το διαρκώς μειούμενο κόστος των μηχανημάτων*
- *Η βελτίωση των μαθηματικών μεθόδων ανάλυσης, ερμηνείας και πρόβλεψης των συνθηκών του γήινου περιβάλλοντος*
- *Η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για τη περιβαλλοντική υποβάθμιση τόσο σε τοπική, όσο και σε εθνική και υπερεθνική κλίμακα*
- *Η αδυναμία επεξεργασίας με παραδοσιακούς τρόπους του τεραστίου αριθμού στοιχείων και συνθέτων επεξεργασιών που απαιτούνται για τη μελέτη των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών μεγεθών των σύγχρονων πολύπλοκων προβλημάτων ανάπτυξης» .(Μανιάτης, 1996)*

Λαμβάνοντας υπόψιν την παραπάνω άποψη, είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς τη σημασία των ΣΓΠ στην επιστημονική κοινότητα, όχι μόνο σε σχέση με τις επιστήμες της Γεωγραφίας και Τοπογραφίας, αλλά και γενικότερα. Άλλωστε το σύνολο των χρήσεων των συγχρόνων ΣΓΠ, όπως θα φανεί και στη συνέχεια, καλύπτει ένα τεράστιο εύρος με εφαρμογές κατάλληλες για τη μελέτη φαινομένων τα οποία σχετίζονται και με άλλες επιστήμες όπως οι

εφαρμογές υγείας, η αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών ή η μελέτη κι απεικόνιση κοινωνικών φαινομένων στο χώρο. Το γεγονός αυτό καθίστα τα ΣΓΠ ιδιαίτερα σημαντικά για την επιστήμη και ιδιαίτερα ελκυστικά ως αντικείμενο μελέτης.

Η συγκεκριμένη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία ασχολείται με τη μελέτη ενός μόνο μέρους των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Συγκεκριμένα το αντικείμενο της εργασίας είναι η σύγκριση μεταξύ ενός εμπορικού λογισμικού, κι ενός συνδυασμού δύο ανοιχτού κώδικα λογισμικών τα οποία συνδυαζόμενα παρέχουν στο χρήστη αντίστοιχες δυνατότητες με τα εμπορικά λογισμικά. Τα λογισμικά της μελέτης είναι το λογισμικό ARCGIS 9.3 της ESRI (Environmental Research Systems Institute), και τα (Open Source) λογισμικά QUANTUM GIS και GRASS.

Η σύγκριση των λογισμικών γίνεται σε συγκεκριμένα πεδία εφαρμογών και με βάση συγκεκριμένες λειτουργίες τις οποίες διαθέτουν τα παραπάνω λογισμικά, ενώ σημειώνεται ότι ο συνδυασμός QUANTUM GIS και GRASS αντιμετωπίζεται ως ενιαίο πακέτο λογισμικού. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της δυνατότητας πρόσβασης στις λειτουργίες του πακέτου GRASS μέσα από τις κατάλληλες διεπαφές του λογισμικού QUANTUM GIS, γεγονός το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να χρησιμοποιεί τα δύο λογισμικά σαν να είναι ένα. Φυσικά είναι προφανές ότι η σύγκριση περιορίζεται σε συγκεκριμένα πεδία και λειτουργίες (όπως έχει ήδη αναφερθεί), καθώς μια γενικότερη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών ως προς το σύνολο των δυνατοτήτων τους δεν μπορεί να περιορισθεί στα στενά πλαίσια μια Διπλωματικής Εργασίας.

Παράλληλα η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με την γενικότερη εξέλιξη των λογισμικών ΣΓΠ καθώς και την εξέλιξη των λογισμικών ανοιχτού κώδικα. Έτσι στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στην έννοια του λογισμικού και στην εξέλιξη του (εξέλιξη της πληροφορικής), ενώ ταυτόχρονα περιγράφεται η εξέλιξη του λογισμικού ανοιχτού κώδικα. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται επίσης αναφορά στις διαφορές μεταξύ των εμπορικών και των «ανοιχτών» λογισμικών, κυρίως ως προς τα νομικά ζητήματα τα οποία έχουν να κάνουν με τις άδειες χρήσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ακολουθεί η αναφορά στα ΣΓΠ, με σαφή περιγραφή του όρου **“Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών”** ή **GIS**. Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται η απόδοση της έννοιας των GIS με τη χρήση των διαφόρων ορισμών οι οποίοι έχουν δοθεί κατά καιρούς. Στη συνέχεια ακολουθεί μια ιστορική ανάδρομη στην εξέλιξη των

συστημάτων αυτών με έμφαση στο διαχωρισμό των εμπορικών εφαρμογών από τις ανοιχτού κώδικα εφαρμογές. Φυσικά στο σημείο αυτό η εργασία επικεντρώνεται κυρίως στα λογισμικά της μελέτης (ARCGIS 9.3, QUANTUM GIS και GRASS), ενώ η επέκταση σε αλλά λογισμικά περιορίζεται σε απλή αναφορά τους, όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά μια σύντομη επισκόπηση μέρους της βιβλιογραφίας σχετικά με τα λογισμικά GIS, τόσο ανοιχτού κώδικα όσο και εμπορικών. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αρχικά διάφορες μελέτες οι οποίες έχουν γίνει σχετικά με την σύγκριση των ανοιχτών με τα εμπορικά λογισμικά GIS, με έμφαση να δίνεται στις συγκριτικές μελέτες μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3, QUANTUM GIS/GRASS. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε ήδη υλοποιηθήσες εφαρμογές με τη χρήση ανοιχτού κώδικα λογισμικού GIS, με σκοπό να καταδειχτεί η σπουδαιότητα του ρόλου τους.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί σημαντικό μέρος της εργασίας καθώς αφορά τα πεδία σύγκρισης των λογισμικών. Τα πεδία αυτά είναι τα εξής:

- 1. Αποθήκευση και Διαχείριση Διανυσματικών Δεδομένων*
- 2. Αποθήκευση και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων*
- 3. Συστήματα Αναφοράς – Γεωαναφορά.*
- 4. Χαρτογραφική Απεικόνιση (Χαρτογραφική Σύνθεση)*
- 5. Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων*
- 6. Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων*
- 7. Διαχείριση και Βασική Επεξεργασία Υψομετρικών Δεδομένων*
- 8. Γενικότερες Διάφορες Μεταξύ των δύο λογισμικών.*

Αφού γίνουν αναφορές στο θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο αφορά το συγκεκριμένο πεδίο σύγκρισης, ακολουθεί ανάλυση του τρόπου με τον οποίο το κάθε λογισμικό καλύπτει το αντικείμενο του αντιστοίχου πεδίου σύγκρισης, η οποία διεξάγεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

Το πέμπτο Κεφάλαιο αφορά τη διεξαγωγή κάποιων εξειδικευμένων εφαρμογών ανάλυσης με τη χρήση καταλλήλων εργαλείων των εν λόγω λογισμικών. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα εργαλεία τα οποία ξεφεύγουν από το πεδίο της Βασικής



Ανάλυσης, με σκοπό την εμβάθυνση στις δυνατότητες των συγκεκριμένων λογισμικών. Τα πεδία στα οποία εξαντλούνται οι εφαρμογές εξειδικευμένης ανάλυσης του Κεφάλαιου 5 είναι:

1. *Υδρολογική Ανάλυση*
2. *Γεωκωδικοποίηση (GEOCODING)*

Το έκτο κεφάλαιο περιέχει τα συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από τη μελέτη των λογισμικών και τη σύγκριση τους. Παράλληλα στο κεφάλαιο αυτό, με τη βοήθεια της βιβλιογραφίας, επιχειρείται μια εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης των λογισμικών GIS, τόσο των εμπορικών όσο και των λογισμικών ανοιχτού κώδικα. Τέλος, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της εργασίας διεξάγεται η αναλυτική περιγραφή των διαφορών μεταξύ των λογισμικών μελέτης, αναφορικά με τα πεδία σύγκρισης του Κεφάλαιου 4. Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας θα ακολουθήσει η παράθεση της Βιβλιογραφίας, έντυπης και ηλεκτρονικής, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

# Κεφάλαιο 1: Λογισμικό – Εξέλιξη Ανοικτού και Εμπορικού Λογισμικού.

Το Πρώτο Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας πραγματεύεται την ιστορική εξέλιξη του λογισμικού, τόσο ανοικτού όσο και κλειστού κώδικα καθώς και τις εξελίξεις οι οποίες έλαβαν χώρα σε σχέση με την ανάπτυξη λογισμικού τα τελευταία 50 χρόνια. Η ανάπτυξη λογισμικού ουσιαστικά ξεκινά τη δεκαετία του 60, ενώ η ανάπτυξη λογισμικού ανοικτού κώδικα είναι ακόμα πιο πρόσφατη. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι διαφορές μεταξύ των δύο μορφών λογισμικού καθώς και η εξέλιξη τους, ενώ δίνεται βάρος στις άδειες διανομής και χρήσης του ανοικτού λογισμικού οι οποίες διαφέρουν από τις γνώστες άδειες χρήσης του εμπορικού λογισμικού.

Παράλληλα γίνεται διάκριση μεταξύ του ανοικτού και του ελεύθερου λογισμικού, τα οποία δεν ταυτίζονται και γίνεται προσπάθεια να δοθούν κάποιοι ορισμοί σχετικά με τις έννοιες του ανοικτού και του ελεύθερου λογισμικού. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε μελέτες οι οποίες έχουν γίνει με στόχο τη σύγκριση των δύο μορφών λογισμικού (ανοιχτό/ελεύθερο vs εμπορικό).

## 1.1 Η έννοια του Λογισμικού.

Η προσπάθεια να δοθεί ένας ορισμός για την έννοια του λογισμικού καταλήγει σε διαφόρους ορισμούς οι οποίοι συνήθως περιστρέφονται γύρω από το ίδιο αντικείμενο. Έτσι, σύμφωνα με την ιστοσελίδα <http://dictionary.reference.com/> το λογισμικό είναι:

- «Τα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τη χρήση ενός υπολογιστή, καθώς και η βιβλιογραφική τεκμηρίωση η οποία παρέχει οδηγίες για τη χρήση τους.» (<http://dictionary.reference.com/>)
- «Οτιδήποτε δεν αποτελεί μέρος του hardware αλλά χρησιμοποιείται παράλληλα με το hardware, ιδίως οπτικοακουστικό υλικό όπως ταινίες, κασέτες, δίσκοι κλπ.» (<http://dictionary.reference.com/>)

Ομοίως η ιστοσελίδα <http://en.wikipedia.org> αναφέρει ότι λογισμικό είναι : « μια συλλογή προγραμμάτων υπολογιστή και σχετικών δεδομένων τα οποία παρέχουν τις οδηγίες οι οποίες λένε σε έναν υπολογιστή τι να κάνει και πώς να το κάνει.». (<http://en.wikipedia.org>). Σύμφωνα

με τον ορισμό αυτό το λογισμικό είναι «μια συλλογή προγραμμάτων, διαδικασιών, αλγορίθμων (μαζί με την τεκμηρίωση τους) τα οποία σχετίζονται με τη λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας.» .».( <http://en.wikipedia.org>). Τέλος ένας ακόμα ορισμός της έννοιας του λογισμικού, ο οποίος δίνεται από τους Τσουρουπλή και Κλημόπουλο αναφέρει ότι: « Λογισμικό είναι ένα γενικό όνομα το οποίο δίνεται στα προγράμματα που “τρέχουν” από το υλικό (υπολογιστής), το κάθε ένα από τα οποία εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία». (Τσουροπλής, Κλημόπουλος, 1991). Το λογισμικό δηλαδή είναι στην ουσία πληροφορίες και προδιαγραφές εργασιών, ενώ χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες, το λογισμικό των εφαρμογών και το λογισμικό του συστήματος. Το πρώτο εκτελεί τις εργασίες για τις οποίες αγοράζεται ο υπολογιστής, ενώ το δεύτερο αποτελείται από προγράμματα υποστήριξης της λειτουργίας του υπολογιστή (Τσουροπλής, Κλημόπουλος, 1991).

## 1.2 Εμπορικό Λογισμικό – Ιστορική Εξέλιξη.

Οι απαρχές της δημιουργίας του λογισμικού μπορούν να εντοπιστούν στην εργασία του Alan Turing με τίτλο *Computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem (Decision problem)* η οποία δημοσιεύθηκε το 1935. Στην εργασία αυτή ο Turing περιγράφει μια μηχανή η οποία θα μπορούσε να διεξάγει κάθε είδους μαθηματικούς υπολογισμούς. Σύμφωνα με τη θεωρία του Turing η μηχανή αυτή θα έκανε τους υπολογισμούς ακολουθώντας μια σειρά αριθμητικών βημάτων και θα ήταν «παγκόσμια» (universal) ώστε η τάξη και το είδος των βημάτων να ορίζουν τη μαθηματική συνάρτηση η οποία χρησιμοποιείται. Τα δεδομένα θα μεταφέρονταν σε κάποια συσκευή καταγραφής, «κασέτα», και τα βήματα θα διεξήγοντο από έναν ελεγκτή (controller), ενώ απέδειξε ότι μια τέτοια μηχανή θα μπορούσε να αναπαράγει κάθε γνωστή μαθηματική συνάρτηση. (Hally, Mike 2005)

Οι πρώτοι υπολογιστές εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1940, με τη δημιουργία του Mark I το 1942. Ο συγκεκριμένος υπολογιστής κατασκευάστηκε από την IBM σε συνεργασία με τον φυσικό Howard Alken και είχε βάρος 5 τόνων. Οι δυνατότητες του για την εποχή ήταν σημαντικές καθώς μπορούσε να πολλαπλασιάσει δύο αριθμούς 23 ψηφίων σε 6 δευτερόλεπτα. (Τσουροπλής, Κλημόπουλος, 1991) Στις επόμενες δεκαετίες η εξέλιξη των υπολογιστών έφερε και ανάλογη εξέλιξη στον τομέα του λογισμικού με κομβικό σημείο τη δεκαετία του 1960 η οποία χαρακτηρίζεται από ανάπτυξη πολλών εφαρμογών λογισμικού.

Συγκεκριμένα τη δεκαετία αυτή εμφανίσθηκαν λειτουργικά συστήματα, γλώσσες προγραμματισμού και πακέτα εφαρμογών τα οποία ήταν πλούσια σε λειτουργίες και σχετικά αξιόπιστα. Επιπροσθέτως οι εξελίξεις αυτές έθεσαν τις προδιαγραφές των βασικών αρχιτεκτονικών σχεδίασης λογισμικού, οι οποίες παραμένουν σταθερές για την ανάπτυξη και μετέπειτα εφαρμογών. Έτσι κατά τη δεκαετία του 1960 σε τουλάχιστον 35 διαφορετικές βιομηχανίες (ειδή βιομηχανιών) γινόταν χρήση λογισμικού εφαρμογών σε τέτοιο βαθμό, ώστε οι περισσότερες μεγάλες εταιρείες και οργανισμοί έκαναν χρήση υπολογιστών για τη διεξαγωγή των καθημερινών τους εργασιών. (Cortada, 2002)

Το αποτέλεσμα ήταν ότι ένα ποσοστό μεταξύ του 50% - 70% των μεγαλύτερων εταιρειών στις ΗΠΑ έκαναν χρήση υπολογιστών μέχρι το 1969. Η βιομηχανία των υπολογιστών αναπτύχθηκε με διψήφια ποσοστά ανάπτυξης κατά τη δεκαετία του 1960, ενώ μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1970 σχεδόν το 100% των εταιρειών της λίστας Fortune 500 έκαναν χρήση υπολογιστών. Την ίδια περίοδο έκαναν την εμφάνισή τους οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές λογισμικού, οπότε η εποχή των πακέτων λογισμικού τα οποία δημιουργούσε η κάθε εταιρεία μονή της ("roll your own" software), η οποία ήταν κοινή πρακτική κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960, άρχισε σιγά σιγά να χάνεται. Έτσι, στο τέλος της δεκαετίας του 1970 το 50% ή και περισσότερο των εταιρειών χρησιμοποιούσαν πλέον εμπορικά διαθέσιμα πακέτα λογισμικού. (Cortada, 2002)

Παρά το γεγονός όμως ότι οι δεκαετίες του 1960 και του 1970 ήταν αυτές στις οποίες το λογισμικό σημείωσε την πλέον ραγδαία ανάπτυξη του, η δεκαετία του 1950 παραμένει ως η «χρυσή δεκαετία» των γλωσσών προγραμματισμού. Οι βασικές λειτουργίες και αρχιτεκτονικές δομές των γλωσσών προγραμματισμού καθιερώθηκαν τη δεκαετία του 1950, ενώ οι ίδιες αυτές αρχές επηρέασαν κι επηρεάζουν τον μετέπειτα σχεδιασμό γλωσσών προγραμματισμού έως και τις μέρες μας. (Cortada, 2002)

Η βιομηχανία λογισμικού, όπως έχει ήδη ειπωθεί, συνέχισε να αναπτύσσεται σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1970 ακολουθώντας αρχικά το παράδειγμα της IBM η οποία διαχώρισε το λογισμικό (software) από το hardware, ενώ προς το τέλος της δεκαετίας ευεργετήθηκε από την εμφάνιση του προσωπικού υπολογιστή PC. Η δεκαετία του 1980, με τη σειρά της, έφερε δραματική διόγκωση της βιομηχανίας λογισμικού με ποσοστά αύξησης τα οποία ξεπερνούσαν το 20% ετησίως. (Campell-Kelly M. , 1995)

Περά όμως από την εμπορική διάσταση της εξέλιξης του λογισμικού υπάρχουν δύο ακόμα παράμετροι στις οποίες αξίζει να σταθεί κανείς. Η πρώτη παράμετρος αφορά το πολιτισμικό περιεχόμενο των πακέτων λογισμικού. Τα πρώτα πακέτα λογισμικού ήταν σχεδόν αποκλειστικά «εφαρμοστικά» και «μηχανιστικά» πακέτα τα οποία μετέτρεπαν δεδομένα από μια μορφή σε μια άλλη (από γλώσσα προγραμματισμού σε γλώσσα μηχανής) και διεξήγαγαν συγκεκριμένες λειτουργίες. Με την εισαγωγή πιο ισχυρών υπολογιστικών συστημάτων κατά τη δεκαετία του 1970, τα λογισμικά άρχισαν να περιλαμβάνουν και πιο πλούσιο πολιτισμικό περιεχόμενο. Για παράδειγμα μια εφαρμογή μισθοδοσίας περιελάμβανε πλέον και πληροφoρία σχετικά με το πλαίσιο φορολόγησης ή εργασιακής νομοθεσίας. Ομοίως, μια εφαρμογή προσανατολισμένη σε μια συγκεκριμένη βιομηχανία περιελάμβανε κωδικοποιημένες πολλές από τις συνήθειες ή τις πρακτικές της βιομηχανίας αυτής. (Campell-Kelly M. , 1995)

Με την εισαγωγή των PC η ισορροπία μεταξύ λειτουργικού και πολιτισμικού περιεχομένου διαταράχτηκε περισσότερο, καθώς ακόμα και σε ένα υπολογιστικό πακέτο ίσως μόνο το 10% του πακέτου να ασχολείται με υπολογισμούς ενώ το υπόλοιπο έχει σχέση με τη δημιουργία φιλικού περιβάλλοντος χρήσης και με εργαλεία για την παρουσίαση και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Τέλος το λογισμικό αναψυχής (π.χ. παιχνίδια, ταινίες, μουσική) το οποίο αναπτύχθηκε διατάραξε ακόμα περισσότερο την παραπάνω ισορροπία υπέρ ενός πλουσιότερου πολιτισμικού και καλλιτεχνικού περιεχομένου του λογισμικού. (Campell-Kelly M. , 1995)

Η δεύτερη παράμετρος της εξέλιξης του λογισμικού αφορά τη μεταμόρφωση της αγορά των προϊόντων λογισμικού από μια αγορά η οποία αρχικά απευθυνόταν στους λίγους επαγγελματίες χρήστες, σε μια αγορά η οποία πλέον απευθύνεται στον απλό καταναλωτή. Η μεταβολή αυτή συνοδεύτηκε από αύξηση του όγκου και μείωση του κόστους του λογισμικού. Έτσι κατά τις δεκαετίες 1950 – 1960 η τιμή μιας custom-written εφαρμογής κυμαινόταν από 100,000 έως 1,000,000 δολάρια και ο αγοραστής της ήταν σίγουρα το υπολογιστικό τμήμα κάποιας μεγάλης επιχείρησης ή άλλου οργανισμού. (Campell-Kelly M. , 1995)

Αντίστοιχα τη δεκαετία του 1970 η εμφάνιση των πακέτων λογισμικού έδωσε στις εταιρείες τη δυνατότητα να αγοράζουν λογισμικά (προσανατολισμένα στις ανάγκες της κάθε βιομηχανίας) σε τιμές μεταξύ 10,000 και 100,000 δολαρίων. Η εμφάνιση του PC έκανε το λογισμικό ακόμα πιο προσιτό στον καθημερινό χρήστη καθώς αποτέλεσε έναυσμα για την

περαιτέρω μείωση των τιμών πολλών εφαρμογών οι οποίες πλέον κυμαίνονται μεταξύ 200 και 500 δολαρίων (για πολλές άπλες εφαρμογές) ενώ το ψυχαγωγικό λογισμικό (όπως παιχνίδια και προϊόντα πολυμέσων) τιμολογείται πλέον κάτω των 100 δολαρίων. (Campell-Kelly M. , 1995)

Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί, διαπιστώνεται ότι η εξέλιξη του λογισμικού τα τελευταία χρόνια είναι ραγδαία, ενώ ένα μεγάλο ρολό παίζει (όπως θα φανεί στη συνέχεια) το λεγόμενο ανοιχτό λογισμικό ή λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Ταυτόχρονα, αξίζει να σημειωθεί ότι η εξέλιξη του λογισμικού είναι μια δυναμική διεργασία η οποία συνεχίζεται και τώρα, ενώ δεν αφορά μόνο τη σχεδίαση και την ανάπτυξη του λογισμικού αλλά και το κόστος και το περιεχόμενο του.

### **1.3 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Γενικά Χαρακτηριστικά.**

Η έννοια του ελευθέρου/ανοιχτού λογισμικού (Free or Open Source Software – FOSS) δεν διαφέρει στη βάση της από αυτή του εμπορικού (Proprietary or Commercial Software) καθώς και πάλι ισχύουν οι ορισμοί της παραγράφου 1.1 σχετικά με την έννοια του λογισμικού. Αυτό το οποίο αλλάζει δραματικά στην περίπτωση του FOSS όμως, είναι το μοντέλο διανομής του λογισμικού το οποίο δεν έχει σχέση με το μέχρι τώρα γνωστό μοντέλο διάθεσης των εμπορικών πακέτων. Το εμπορικό λογισμικό στην εποχή των PC διανέμεται ως τελικό ολοκληρωμένο προϊόν το οποίο εγκαθίσταται σε συγκεκριμένο χώρο του σκληρού δίσκου του χρήστη, ενώ η μεταφορά σε έναν άλλο υπολογιστή του λογισμικού απαιτεί την απόκτηση (αγορά) νέας άδειας χρήσης. Συγχρόνως καθίσταται σαφές ότι αν η εταιρεία η οποία παράγει το λογισμικό πτωχεύσει ή σταματήσει την υποστήριξη του ο χρήστης δεν έχει πλέον πηγή στην οποία μπορεί να απευθυνθεί, ενώ οι διορθώσεις σφαλμάτων του λογισμικού εξαρτώνται αποκλειστικά από την εταιρεία η οποία αναπτύσσει και διαθέτει το λογισμικό (Bretthauer D., 2001)

Αντίθετα το λογισμικό ανοιχτού κώδικα παρέχει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα του λογισμικού δίνοντας στο χρήστη δυνατότητα εγκατάστασης σε οποιοδήποτε υπολογιστή χωρίς ανάγκη αγοράς νέας άδειας, καθώς και τη δυνατότητα λήψης υποστήριξης (μέσω τρίτων) προϊόντων, τα οποία δεν υποστηρίζονται πλέον από τον κατασκευαστή. Τέλος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διορθώσει ο ίδιος προβλήματα (bugs) του κώδικα, καθώς ο κώδικας είναι προσβάσιμος. Τέλος το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχεται με μια ευρεία

γκάμα αδειών χρήσης, οι οποίες διασφαλίζουν ότι ο πηγαίος κώδικας θα παραμείνει διαθέσιμος ελεύθερα οπου κι αν χρησιμοποιείται. (Bretthauer D., 2001)

Επίσης είναι αναγκαίο να καταστεί σαφές ότι το λογισμικό ανοιχτού κώδικα δεν είναι shareware, public domain ή freeware. Αυτό συμβαίνει γιατί το μεν shareware λογισμικό δεν παρέχει συνήθως πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα, ενώ σε αντίθεση με τα public domain software και freeware, το λογισμικό ανοιχτού κώδικα έχει σαφή πνευματικά δικαιώματα και παρέχεται με άδειες χρήσης οι οποίες εξασφαλίζουν ότι ο πηγαίος κώδικας θα είναι πάντοτε προσβάσιμος. Τέλος ακόμα κι αν απαιτείται ένα μικρό πόσο πληρωμής για έξοδα αποστολής ή υποστήριξης, το πακέτο ανοιχτού λογισμικού περιέχει ολόκληρο το πρόγραμμα καθώς και τον πηγαίο του κώδικα. (Bretthauer D., 2001)

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όλα σχεδόν τα projects ανοιχτού κώδικα ευθυγραμμίζονται με κάποιες κοινές πρακτικές οι οποίες συνοψίζονται σύμφωνα με τον Bretthauer στις παρακάτω:

- «*Ανεξάρτητα από την άδεια χρήσης η οποία δίνει τη δυνατότητα στον οποιοδήποτε να τροποποιεί των πηγαίο κώδικα, συνήθως υπάρχει ένα άτομο (ή μια ομάδα εθελοντών) το οποίο διατηρεί τον έλεγχο του λογισμικού κι ενσωματώνει patches, bug fixes και νέα χαρακτηριστικά τα οποία προσφέρονται από τους χρήστες, σε νέες εκδόσεις. Αυτό το άτομο είναι συνήθως ο δημιουργός του πακέτου, ή έχει προσφερθεί εθελοντικά να διαδεχθεί το δημιουργό κι έχει αποσπάσει την άδεια του δημιουργού για να συνεχίσει την περαιτέρω ανάπτυξη του project*»
- «*συνήθως ένα project ανοιχτού κώδικα περιλαμβάνει μια λίστα δημιουργού, όπου τα άτομα τα οποία συνεισφέρουν patches, bug fixes και νέα χαρακτηριστικά συζητούν τις ιδέες και τα προβλήματα τους*».
- «*Συνήθως υπάρχει μια διαφορετική λίστα συζητήσεων για τους χρήστες του λογισμικού, οι οποίοι συνήθως δεν είναι κατάλληλα τεχνικά καταρτισμένοι και δεν συνεισφέρουν στον πηγαίο κώδικα, αλλά μπορούν να αναφέρουν προβλήματα και να ζητήσουν βοήθεια, από άλλους χρήστες ή developers*»
- «*Το project και το λογισμικό συνήθως έχουν μια ιστοσελίδα αφιερωμένη σε αυτά, ενώ το site του λογισμικού μπορεί να διαθέτει το δικό του domain name ( i.e. <http://www.apache.org>. )*»

- *«Οι διαχειριστές ανακοινώνουν τις νέες εκδόσεις σε σχετικά websites»*
- *«Παρά το γεγονός ότι η τεκμηρίωση αποτελεί μέρος του πακέτου, τα πακέτα λογισμικού με μεγάλη αποδοχή συχνά έχουν επιπλέον γραπτή τεκμηρίωση σε μορφή βιβλίων τα οποία εκδίδονται από εμπορικές εταιρείες.»*

#### **1.4 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Ιστορική Εξέλιξη**

Η εξέλιξη του FOSS οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε ανθρώπους όπως ο Richard Stallman, ο οποίος εργαζόταν ως προγραμματιστής στο Εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης του MIT (Masachusetts Institute of Technology), κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και ως τα μέσα της δεκαετίας του 1980, και ο οποίος ίδρυσε το Free Software Foundation. Το Εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης στο οποίο εργαζόταν, αρχικά χρησιμοποιούσε λογισμικό το οποίο είχε αναπτυχθεί από τους ίδιους τους επιστήμονες, γεγονός που επέτρεπε την ελεύθερη διανομή του μεταξύ των επιστημόνων χωρίς χρήση πνευματικών δικαιωμάτων. (Bretthauer D., 2001)

Όταν αυτό άλλαξε και το εργαστήριο άρχισε να χρησιμοποιεί εμπορικό λειτουργικό σύστημα, ο Stallman επέλεξε να αναπτύξει ένα νέο λειτουργικό το οποίο θα ήταν ελεύθερο και θα περιείχε όλα τα απαραίτητα εργαλεία, ενώ θα ήταν συμβατό με το λειτουργικό UNIX. Το νέο λειτουργικό ονομάστηκε GNU από το ακρωνύμιο της φράσης GNU 's Not UNIX, ενώ πρέπει να τονισθεί ότι ο Stallman με τον ορό «ελεύθερο» αναφέρεται στην ελευθέρια που παρέχει το λογισμικό και όχι στο κόστος του. (Bretthauer D., 2001)

Ο Stallman έθεσε κανόνες με βάση τους οποίους για να θεωρείται ένα λογισμικό ελεύθερο, πρέπει να παρέχει τις τέσσερις παρακάτω διαθέσιμες «ελευθερίες» στον χρήστη του:

- *«την ελευθερία να τρέχει το πρόγραμμα για κάθε σκοπο.*
- *«την ελευθερία να τροποποιεί τα πρόγραμμα όπως ορίζουν οι ανάγκες του χρήστη. (Αυτό σημαίνει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα, καθώς η πραγματοποίηση αλλαγών στο πρόγραμμα χωρίς τον πηγαίο κώδικα είναι δύσκολη».*
- *«Την ελευθερία να διανέμει αντίγραφα, είτε δωρεάν είτε με κάποιο αντίτιμο» .*
- *«Την ελευθερία διανομής τροποποιημένων εκδόσεων του λογισμικού, με σκοπο την ευεργεσία της κοινότητας χρηστών από τις βελτιώσεις» .*



Τέλος, προκειμένου να προστατέψει τη δουλειά του από τις εταιρείες λογισμικού οι οποίες θα μπορούσαν να την ενσωματώσουν σε κλειστά εμπορικά πακέτα, ανέπτυξε τη γενική ιδέα του COPYLEFT, σύμφωνα με την οποία το λογισμικό είχε πνευματικά δικαιώματα (COPYRIGHT), όμως στα δικαιώματα αυτά προστίθενται όροι διάθεσης οι οποίοι καθορίζουν ότι ο χρήστης μπορεί να διαθέτει ελεύθερα το λογισμικό ή οποιοδήποτε παράγωγο του εφόσον οι όροι διάθεσης παραμένουν αμετάβλητοι. (Bretthauer D., 2001)

Κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών ακολούθησαν μια σειρά από άλλες άδειες χρήσης οι οποίες αναπτύχθηκαν από διάφορους οργανισμούς και δημιουργούς λογισμικού, ενώ αναπτύχθηκαν αντίστοιχα πακέτα λογισμικού. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το πακέτο UNIX της Bell Labs το οποίο εξελίχθηκε σε τρία λειτουργικά συστήματα ανοιχτού κώδικα, τα NetBSD, FreeBSD και OpenBSD. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η άδεια χρήσης του BSD δεν αποτρέπει τη δημιουργία κλειστού εμπορικού (proprietary) κώδικα με τη χρήση τροποποιημένου κώδικα BSD, αντίθετα με ότι συμβαίνει με την GPL. (Bretthauer D., 2001)

Ένα ακόμα σημαντικό βήμα στην διάδοση των FOSS ήταν η διάθεση του kernel του λειτουργικού LINUX, από τον Linus Torvalds τον Οκτώβριο του 1991. Στη συνέχεια το LINUX συνέχισε να αναπτύσσεται χάρη στην κοινότητα των χρηστών, γεγονός το οποίο το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα λογισμικά. Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα πακέτα το LINUX δεν αναπτύχθηκε αποκλειστικά από μια κλειστή ομάδα προγραμματιστών αλλά αντίθετα οφείλει τη διάδοση και την συνεχή ανάπτυξη του σε εκατοντάδες προγραμματιστές-χρήστες οι οποίοι συνεισφέρουν κώδικα. (Bretthauer D., 2001)

Τέλος, σύμφωνα με τον Bretthauer, κάποια άλλα λογισμικά, η δημιουργία των οποίων υπήρξε καταλυτική στην διάδοση των FOSS είναι τα παρακάτω:

- *«Η γλώσσα προγραμματισμού PERL 1.0 η οποία διανεμήθηκε για πρώτη φορά το 1987 από τον Larry Wall»*
- *«Η γλώσσα προγραμματισμού Python η οποία διανεμήθηκε για πρώτη φορά το 1990 από τον Guido Van Rossum»*
- *«Η γλώσσα προγραμματισμού PHP/FI η οποία διανεμήθηκε για πρώτη φορά το 1994 από τον Rasmus Lerdorf»*

- «Το λογισμικό Δικτυακού Server Apache το οποίο διανεμήθηκε για πρώτη φορά το 1995 κι έγινε το πιο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό Δικτυακού Server»
- «Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων *mSQL*, *MySQL*, *PostgreSQL* οι οποίες διανεμήθηκαν για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1990»
- «Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 ο Andrew Tridgell δημιούργησε το Samba, ένα σετ λειτουργιών το οποίο επιτρέπει σε μηχανές που χρησιμοποιούν UNIX να χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο δικτυακής επικοινωνίας με τα Microsoft Windows».
- «Τον Ιανουάριο του 1998 η Netscape έδωσε ελεύθερα τον κώδικα του λογισμικού του browser της ο οποίος μετεξελίχθηκε στο project Mozilla και φυσικά στον γνωστό σε όλους Firefox.» (Bretthauer D., 2001)
- Η ανάπτυξη του Open Office και στη συνέχεια του Libre Office
- Η ανάπτυξη εξειδικευμένων ανοιχτών εφαρμογών όπως αυτές των GIS οι οποίες θα εξεταστούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Τελειώνοντας την Ιστορική Ανάδρομη του ανοιχτού λογισμικού, θεωρείται απαραίτητο να αναφερθεί ότι ο όρος λογισμικό ανοιχτού κώδικα (Open Source Code Software) είναι αρκετά νέος, καθώς προτάθηκε από την Christine Peterson το 1998 σε μια συνάντηση προγραμματιστών οι οποίοι εργάζονταν εκτός της βιομηχανίας εμπορικού λογισμικού, ενώ το domain [www.Open Source.org](http://www.Open Source.org) δηλώθηκε λίγο αργότερα. Η ομάδα αυτή στη συνέχεια ανέπτυξε το πιστοποιητικό OSI το οποίο λαμβάνει ένα λογισμικό όταν ανήκει στην κατηγορία των Open Source Software. Οι προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να πληροί ένα τέτοιο λογισμικό είναι οι παρακάτω:

- «Η άδεια δεν θα περιορίζει τον οποιοδήποτε από την πώληση ή τη δωρεά του λογισμικού ως συστατικού μιας ολοκληρωμένης διανομής λογισμικού η οποία περιέχει προγράμματα από διαφορετικές πηγές.»
- «Το πρόγραμμα πρέπει να περιέχει τον πηγαίο κώδικα, και πρέπει να επιτρέπει τη διανομή τόσο με τη μορφή πηγαίου κώδικα όσο και με μορφή *compiled*.»
- «Η άδεια πρέπει να επιτρέπει τις τροποποιήσεις και τα παράγωγα έργα, και πρέπει να επιτρέπει τη διανομή τους με τους ιδίους ορους με την άδεια του αρχικού λογισμικού.»

- «Η άδεια μπορεί να περιορίζει τη διανομή του πηγαίου κώδικα σε τροποποιημένη μορφή, μόνο αν η άδεια επιτρέπει τη διανομή αρχείων *patch* με τον πηγαίο κώδικα για το σκοπό της τροποποίησης του προγράμματος κατά τη στιγμή του «κτισίματος» του προγράμματος.»
- «Η άδεια δεν μπορεί να κάνει διάκριση ενάντιων ενός πρόσωπου ή μιας ομάδας προσώπων.»
- «Η άδεια δεν μπορεί να περιορίζει κανέναν από το να κάνει χρήση του προγράμματος σε ένα συγκεκριμένο τομέα ή δραστηριότητα.»
- «Τα δικαιώματα τα οποία επισυνάπτονται στο πρόγραμμα πρέπει να ισχύουν για όλους αυτούς στους οποίους διανέμεται το πρόγραμμα χωρίς την ανάγκη εκτέλεσης περαιτέρω αδειών από αυτούς.»
- «Η άδεια δεν μπορεί να αναφέρεται συγκεκριμένα σε ένα προϊόν.»
- «Η άδεια δεν επιτρέπεται να πλήττει άλλο λογισμικό θέτοντας περιορισμούς σε οποιοδήποτε λογισμικό διανέμεται μαζί με το διανεμόμενο λογισμικό.»

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι έννοιες του ανοιχτού και του ελεύθερου λογισμικού δεν ταυτίζονται απαραίτητα, αλλά το πρώτο δύναται να εμπεριέχει το δεύτερο. Σε γενικές γραμμές το ανοιχτό λογισμικό αφορά κυρίως τη διαθεσιμότητα του πηγαίου κώδικα, ενώ το ελεύθερο λογισμικό αφορά κυρίως τις ελευθερίες που έχει ο χρήστης ενός προγράμματος σε σχέση με τη χρήση και τη διάθεση του προγράμματος και των παραγώγων του.

## 1.5 Ανοιχτό/ Ελεύθερο Λογισμικό FOSS – Άδειες Χρήσεις

Όπως έχει γίνει σαφές από τις προηγούμενες παραγράφους, τα εμπορικά λογισμικά διαφέρουν από τα ελεύθερα και τα ανοικτά λογισμικά κυρίως ως προς την άδεια χρήσης τους. Έτσι τα εμπορικά λογισμικά αναπτύσσονται αποκλειστικά από εταιρείες οι οποίες στη συνέχεια τα διαθέτουν μέσω κάποιας άδειας χρήσης, η οποία επιτρέπει την εγκατάσταση του λογισμικού σε ένα μόνο υπολογιστή και απαγορεύει κάθε επέμβαση του χρήστη στον κώδικα και κάθε προσπάθεια αναδιανομής του λογισμικού από τον χρήστη. Αντίθετα τα ελεύθερα και τα ανοικτά λογισμικά επιτρέπουν επεμβάσεις τόσο στον κώδικα όσο και αναδιανομή του λογισμικού ή παραγώγων του μέσω κάποιων ειδικών αδειών χρήσης οι οποίες εξετάζονται στη συνέχεια.

Η διαφοροποίηση μεταξύ του ελευθέρου και του ανοιχτού λογισμικού, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες οι οποίοι αφορούν κυρίως τις διαφορές απόψεων μεταξύ των δημιουργών FOSS (Free/Open Source Software), οδήγησαν στην υιοθέτηση διαφορετικών μοντέλων αδειοδότησης των προϊόντων αυτών. Τα κυρίαρχα μοντέλα αδειοδότησης ελευθέρου κι ανοιχτού λογισμικού χωρίζονται σύμφωνα με τους Wu και Lin σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- *«Τα ελευθέρα: Το λογισμικό μπορεί να τροποποιηθεί και να διατεθεί ελευθέρα»*
- *«Το γενικό μοντέλο COPYLEFT: Ο ιδιοκτήτης παραχωρεί την πνευματική ιδιοκτησία και την προσωπική αδειοδότησης (private licensing)».*
- *«Τα συμβατά με την άδεια GPL: Οι άδειες είναι νομικά συνδεδεμένες με τη δομή αδειοδότησης GPL.».*

Πέρα από τα τρία αυτά βασικά μοντέλα αδειοδότησης οι δημιουργοί έχουν αναπτύξει εκατοντάδες άλλα λιγότερο γνωστά μοντέλα τα οποία επιτείνουν τη σύγχυση μεταξύ των χρηστών, οι οποίοι σπάνια διαβάζουν την συμφωνία αδειοδότησης λεπτομερώς. (Wu, Lin, 2001). Σε γενικές γραμμές τα πιο γνωστά κι ευρέως διαδεδομένα μοντέλα αδειοδότησης είναι τα παρακάτω:

- *«Η General Public License (GPL) : Αυτή η άδεια χρήσης ελευθέρου λογισμικού χρησιμοποιεί το μοντέλο COPYLEFT, το οποίο αυστηρά εξασφαλίζει τη διανομή κάθε παραγώγου έργου κάτω από το ίδιο μοντέλο άδειας με το αρχικό έργο.»*
- *«Η Lesser General Public License (LGPL) : Αρχικά γνώστη σαν library GPL επιτρέπει την επέκταση του πηγαίου κώδικα με εμπορικά (proprietary) στοιχεία (modules).»*
- *«Berkeley Software Distribution : Το συγκεκριμένο μοντέλο προσφέρει ελεύθερη διανομή κώδικα κι επιτρέπει την κάλυψη παραγώγων έργων υπό διαφορετικούς ορους, εφόσον απόδίδεται μνεία (credit) στους δημιουργούς. Παραδείγματα αποτελούν τα λογισμικά Apache, BSD OS.»*
- *«Mozilla Public License : Η συγκεκριμένη άδεια απαιτεί τη διάθεση παραγώγων έργων κάτω από την άδεια MPL, γεγονός το οποίο σήμαινε ότι το παράγωγο έργο χάνει τα δικαιώματα πατέντας (patent rights), μπορεί όμως να διατηρήσει τα δικαιώματα ατομικής αδειοδότησης (private licensing). Ωστόσο ένα στοιχείο (module) το οποίο*

καλύπτεται από την MPL δεν μπορεί να συνδεθεί με ένα στοιχείο (module) το οποίο καλύπτεται από την GPL.»

- «*Netscape Public License* : Πρόκειται για προέκταση της MPL η οποία επιτρέπει στην Netscape να χρησιμοποιήσει προστιθέμενο από τον χρήστη κώδικα ακόμα και σε εμπορικές (proprietary) εκδόσεις του λογισμικού.»
- «*Qt Public License* : Η συγκεκριμένη άδεια δεν κάνει χρήση του μοντέλου COPYLEFT, κι επιβάλλει τη διάθεση κάθε διανομής τροποποιημένου κώδικα με τη μορφή PATCH.»
- «*Artistic License* : Σχεδόν πανομοιότυπη με την GPL η AL δεν απαιτεί τη διανομή των παραγώγων έργων με τους ιδίους ορους με το αρχικό έργο όταν μια εταιρεία κάνει εσωτερική μόνο χρήση των παραγώγων έργων.» ( Wu, Lin, 2001).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα συγκεκριμένα λογισμικά, πάρα τις δυνατότητες τους, χωλαίνουν ως προς τη σαφήνεια των όρων χρήσης τους, γεγονός το οποίο αφορά κυρίως (άλλα όχι μόνο) τους επαγγελματικούς χρήστες, με αποτέλεσμα να προκαλείται ανασφάλεια στον χρήστη σχετικά με το τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει (από νομικής πλευράς) με το συγκεκριμένο λογισμικό. Το γεγονός αυτό είναι δυνατό να αποτελέσει μειονέκτημα για κάποιους χρήστες σε σχέση με ένα εμπορικό λογισμικό, το οποίο είναι σαφές ως προς το καθεστώς αδειοδότησης και χρήσης του.

## **1.6 Σύγκριση κι Ανταγωνισμός Εμπορικού (PROPRIETARY) - Ανοιχτού/ Ελευθέρου Λογισμικού (FOSS)**

Η εξέλιξη των λογισμικών και η διαφοροποίησή τους σε δύο γενικές κατηγορίες (εμπορικά vs ανοικτά/ελεύθερα) έχει σαν αποτέλεσμα τον ανταγωνισμό μεταξύ των δύο κατηγοριών λογισμικού. Ο ανταγωνισμός αυτός έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια καθώς αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερα ανοικτά/ελεύθερα λογισμικά, τα οποία με τη σειρά τους καλύπτουν όλο και περισσότερα γνωστικά κι επιχειρηματικά αντικείμενα. Το γεγονός αυτό καθιστά αναπόφευκτη τη σύγκριση μεταξύ των δύο κατηγοριών λογισμικών στη βάση συγκεκριμένων πεδίων σύγκρισης τα οποία αφορούν κυρίως την τεχνολογική εξέλιξη και τις ικανότητες τους από τη μια πλευρά, και την συμβατότητα τους με διαδεδομένα πρότυπα από την άλλη. Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα γίνει προσπάθεια επισκόπησης κάποιων μελετών οι οποίες έχουν ασχοληθεί αποκλειστικά με το συγκεκριμένο θέμα.

Έτσι, η μελέτη των Dale και Jullien ασχολείται με τον τεχνολογικό ανταγωνισμό μεταξύ του εμπορικού και του ανοιχτού λογισμικού χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο από την θεωρία αλληλεπίδρασης (Interaction Theory). Οι Dale και Jullien επιχειρηματολογούν ότι ο συνδυασμός του οργανωτικού μοντέλου του ανοιχτού λογισμικού σε συνδυασμό με την συμβατότητα καθιστά πιθανό το ενδεχόμενο να υπερκεράσουν κάποια στιγμή τα ανοικτά λογισμικά τα αντίστοιχα εμπορικά. (Dale, Jullien, 2001).

Οι τρεις λόγοι για τους οποίους αυτό συμβαίνει σύμφωνα με τους Dale και Jullien είναι οι εξής:

- a) *«Η ανάπτυξη λογισμικού σε έναν εμπορικό οργανισμό πολλές φορές έχει λάθος στόχευση καθώς οι προγραμματιστές δεν είναι ταυτόχρονα και χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι δεν γνωρίζουν ποιες λειτουργίες πρέπει να λάβουν προτεραιότητα ή ποια προβλήματα παρουσιάζονται. Αντίθετα οι κοινότητες ανοιχτού λογισμικού επωφελούνται σημαντικά από τους χρήστες, ενώ ελκύουν προγραμματιστές οι οποίοι έχοντας διαφορετική εμπειρία διορθώνουν περισσότερα προβλήματα και προτείνουν νέες εφαρμογές.»*
- b) *«Οι παραγωγοί εμπορικού λογισμικού προτιμούν να κυκλοφορούν νέες εκδόσεις σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε οι χρήστες να είναι εξαρτημένοι από αυτούς και να αγοράζουν τις νέες εκδόσεις. Αντίθετα οι κοινότητες ανοιχτού λογισμικού δημοσιεύουν τακτικά εκδόσεις του λογισμικού τους μέσω διαδοχικών εκδόσεων οι οποίες εισάγουν νέες λειτουργίες ή διορθώνουν σφάλματα και κάνουν βελτιώσεις.»*
- c) *«Η απόδοση ενός εμπορικού λογισμικού βασίζεται στην επένδυση σε Έρευνά κι Ανάπτυξη την οποία κάνει ο κατασκευαστής του, η οποία με τη σειρά της μειώνεται σε περιπτώσεις μονοπωλίων. Αντίθετα οι κοινότητες ανοιχτού λογισμικού δεν έχουν κέρδη και οι προγραμματιστές παρέχουν κώδικα δωρεάν, ενώ η ανάπτυξη ανοιχτού κώδικα ελκύει πολύ ικανά άτομα τα οποία προτιμούν το μοντέλο οργάνωσης των κοινοτήτων ανοιχτού κώδικα. Έτσι περισσότεροι δημιουργοί συνεισφέρουν σε ένα συγκεκριμένο λογισμικό ανοιχτού κώδικα από ότι σε ένα αντίστοιχο εμπορικό.» (Dale, Jullien, 2001).*

Η δεύτερη παραδοχή των Dale και Jullien αφορά το γεγονός ότι:

*«ένας παραγωγός ενός κυριάρχου εμπορικού λογισμικού δεν έχει κανένα κίνητρο να κάνει την τεχνολογία του συμβατή με τον ανταγωνιστή του, στον τομέα του ανοιχτού κώδικα. Αντίθετα κάθε λογισμικό ανοιχτού κώδικα το οποίο είναι εναλλακτικό ενός υπάρχοντος εμπορικού προτύπου πρέπει να είναι συμβατό με το υπάρχον πρότυπο».* (Dale, Jullien, 2001). Αυτό καθιστά ευκολότερη την υιοθέτηση μιας συμβατής, με κάποιο υφιστάμενο εμπορικό πρότυπο, ανοιχτής τεχνολογίας αντί μιας εναλλακτικής μη συμβατής εμπορικής τεχνολογίας.

Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το ανοιχτό λογισμικό μπορεί να υπερτερεί όντως του εμπορικού, χωρίς όμως αυτό να ισχύει πάντοτε. Αυτό που καθορίζει την έκβαση του ανταγωνισμού σύμφωνα με τους Dale και Jullien είναι καταρχάς το επίπεδο οργάνωσης των κοινοτήτων ελεύθερου λογισμικού το οποίο παίζει κρίσιμο ρολό στην εξέλιξη της διαμάχης. Επίσης κατέληξαν ότι σημαντικό ρολό παίζει η συμβατότητα του ανοιχτού λογισμικού με τα πρότυπα του εμπορικού και με τις απαιτήσεις των χρηστών. (Dale, Jullien, 2001)

Η μελέτη των Meng και Lee εξετάζει το ζήτημα της συμβατότητας μεταξύ των εμπορικών κι ανοιχτών/ελευθέρων λογισμικών από την πλευρά των δημιουργών εμπορικού λογισμικού, προσπαθώντας να κατανοήσει τη συμπεριφορά των δημιουργών εμπορικού λογισμικού, ως προς τη συμβατότητα των προϊόντων τους με αντίστοιχα ανοιχτού κώδικα, μέσα στο πλαίσιο του ανταγωνισμού για την κάλυψη όσο γίνεται μεγαλύτερου μεριδίου της αγοράς. Οι Meng και Lee χρησιμοποιούν το λεγόμενο «γραμμικό μοντέλο πόλης Hotelling» στην έρευνα τους και θεωρούν ότι υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες συμβατότητας λογισμικών (ασυμβατότητα, αμφίδρομη συμβατότητα, εσωτερική συμβατότητα κι εξωτερική συμβατότητα). Η ασυμβατότητα αφορά δύο προϊόντα (ένα εμπορικό κι ένα ελεύθερο) τα οποία είναι ασύμβατα μεταξύ τους, ενώ η αμφίδρομη συμβατότητα αφορά την πλήρη συμβατότητα μεταξύ των δύο λογισμικών, γεγονός που επιτρέπει στα αρχεία του ενός να είναι αναγνώσιμα και διαχειρίσιμα από το άλλο. Η εσωτερική συμβατότητα αφορά την περίπτωση που το εμπορικό λογισμικό υποστηρίζει τα αρχεία και τις λειτουργίες του ανοιχτού χωρίς να συμβαίνει το αντίστροφο, ενώ η εξωτερική συμβατότητα αφορά την περίπτωση που το ανοιχτό λογισμικό υποστηρίζει τα αρχεία και τις λειτουργίες του εμπορικού χωρίς και πάλι να συμβαίνει το αντίστροφο. Οι περιπτώσεις της εξωτερικής συμβατότητας είναι πολύ σπάνιες. (Meng, Lee, 2005)

Τα αποτελέσματα της έρευνας τους συνδέουν την επιλογή του μοντέλου συμβατότητας το οποίο θα επιλέξει ο πάροχος του εμπορικού λογισμικού με το ποσοστό κάλυψης της αγοράς στην οποία απευθύνεται. Σε μια πλήρως καλυμμένη αγορά η εσωτερική συμβατότητα είναι η καλύτερη επιλογή για τον εμπορικό κατασκευαστή, ενώ σε μια μερικώς καλυμμένη αγορά η αμφίδρομη συμβατότητα είναι η καλύτερη λύση. Στην περίπτωση που ο πάροχος του ανοιχτού λογισμικού αρχίσει να αυξάνει το μερίδιο της αγοράς που του ανήκει, η επιλογή της αμφίδρομης συμβατότητας είναι η καλύτερη επιλογή και για τους δύο. Τέλος οι Meng και Lee κατέληξαν ότι ένας πάροχος εμπορικού λογισμικού δεν επιθυμεί την μετάλλαξη ενός ανταγωνιστή του ο οποίος παρέχει κι αυτός εμπορικό λογισμικό σε πάροχο ανοιχτού λογισμικού, καθώς αυτό θα περιορίσει τόσο το μέγεθος της αγοράς όσο και τα κέρδη του αρχικού παρόχου εμπορικού λογισμικού. (Meng, Lee, 2005)

Αν συνδυάσει κανείς τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω ερευνών αντιλαμβάνεται ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ των εμπορικών και των ανοιχτών λογισμικών είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Ο ανταγωνισμός αυτός δεν αφορά μόνο τις ικανότητες των λογισμικών, οι οποίες σε αυτό το στάδιο πλέον είναι παρόμοιες, αλλά και την οργάνωση των αντιστοίχων παρόχων καθώς και τις στρατηγικές επιλογές τους σε θέματα συμβατότητας με ήδη διαδεδομένα πρότυπα.

Τέλος μια ακόμα έρευνα η οποία αξίζει να αναφερθεί είναι η μελέτη των Camara και Onsrud η οποία εξετάζει το αν πράγματι τα ανοικτά λογισμικά ανταποκρίνονται στο μύθο ο οποίος έχει δημιουργηθεί γύρω από αυτά. Η συγκεκριμένη μελέτη αφορά τα λογισμικά GIS τα οποία θα εξεταστούν στο επόμενο κεφάλαιο, καταλήγει όμως σε κάποια σημαντικά συμπεράσματα. Συγκεκριμένα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι από τους 29 κατασκευαστές ανοιχτού λογισμικού GIS οι 17 είναι ιδιωτικές εταιρείες, 8 είναι κυβερνητικοί φορείς και μόνο 4 είναι Πανεπιστήμια. (Camara, Onsrud, 2004)

Το γεγονός αυτό δεν συμβαδίζει με την επικρατούσα άποψη ότι το ανοιχτό λογισμικό αναπτύσσεται από ανοιχτές κοινότητες χρηστών χωρίς βλέψεις κέρδους, και σίγουρα αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται κανείς το ανοιχτό λογισμικό. Από την άλλη πλευρά η ερευνά των Camara και Onsrud ήταν στοχευμένη σε ένα μόνο τμήμα της αγοράς λογισμικού (λογισμικό GIS), όποτε τα συμπεράσματα τους ίσως να μη αφορούν ολόκληρη την κοινότητα ανοιχτού λογισμικού. Σε κάθε περίπτωση όμως η παραπάνω έρευνα περιπλέκει περισσότερο το ζήτημα του ανταγωνισμού και της σύγκρισης μεταξύ των εμπορικών και των ανοιχτών λογισμικών, καθώς καθιστά λιγότερο ειδυλλιακή την εικόνα του ανοιχτού λογισμικού.



## **Κεφάλαιο 2: Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) – Εξέλιξη/Ιστορική Αναδρομή – Εμπορικά και Ανοικτά Λογισμικά – ARCGIS 9.3 VS QUANTUM\_GIS+GRASS**

Το Κεφάλαιο 2 της Διπλωματικής Εργασίας ασχολείται με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, τα οποία αποτελούν και το κύριο αντικείμενο της εργασίας. Στις επόμενες παραγράφους επιχειρείται μια αρχική προσέγγιση του όρου Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών μέσω διαφόρων ορισμών οι οποίοι έχουν δοθεί κατά καιρούς. Ταυτόχρονα γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη των λογισμικών GIS, τόσο όσον αφορά τα εμπορικά όσο και αναφορικά με τα ελεύθερα λογισμικά. Η εξέλιξη των παραπάνω λογισμικών είναι σχετικά πρόσφατη και παρουσιάζεται με τη βοήθεια σχετικής βιβλιογραφίας η οποία διαρκώς εμπλουτίζεται, καθώς το αντικείμενο της Ιστορίας των GIS καθίσταται όλο και πιο ελκυστικό για τους ερευνητές.

Τέλος γίνεται ξεχωριστή αναφορά στα λογισμικά τα οποία αποτελούν το βασικό αντικείμενο της εργασίας τα οποία είναι το λογισμικό ARCGIS 9.3 της ESRI, και ο συνδυασμός των λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS η εξέλιξη των οποίων θα παρουσιαστεί χωριστά. Η σύγκριση των λογισμικών αυτών με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία ακολουθεί στο Κεφάλαιο 3, καθώς η σχετική βιβλιογραφία είναι αρκετά ευρεία για να ενσωματωθεί στο παρόν Κεφάλαιο 2.

### **2.1 Η έννοια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).**

Η έννοια του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι σχετικά πολύπλοκη στην κατανόηση της, γιατί δεν περιλαμβάνει απλά ένα λογισμικό, αλλά αναφέρεται σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο στοχεύει στην αξιοποίηση της Γεωγραφικής Πληροφορίας. Στην παράγραφο αυτή θα γίνει προσπάθεια να επεξηγηθεί ο όρος GIS, με τη βοήθεια κάποιων επιλεγμένων ορισμών οι οποίοι έχουν δοθεί στο παρελθόν από ειδικούς..

Έτσι αρχικά ο Tomlinson αναφέρει ότι ένα GIS « δεν αποτελεί ένα πεδίο από μόνο του άλλα αποτελεί τον κοινό τόπο μεταξύ της επεξεργασίας πληροφορίας και των πολλών πεδίων τα ποια

κάνουν χρήση τεχνικών χωρικής ανάλυσης». (Tomlinson, 1972 ). Ομοίως ο Clarke το 1986 ορίζει τα GIS σαν «υποβοηθούμενα από υπολογιστή συστήματα για την συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, ανάλυση και οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων» (Clarke, 1986).

Ο Goodchild από την άλλη μεριά αναφέρεται στη σημασία της ύπαρξης βάσης δεδομένων , ως ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό ενός GIS καθώς αναφέρει ότι «ένα GIS ορίζεται ορθότερα ως ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί μια χωρική βάση για να παρέχει απαντήσεις σε ερωτήματα γεωγραφικής φύσης. ...Το GIS έτσι μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο εξειδικευμένων χωρικών ρουτινών εγκατεστημένων επάνω από ένα συνηθισμένο σύστημα διαχείρισης σχεσιακής βάσης δεδομένων», ενώ παράλληλα αναφέρει ότι «ένα GIS είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης κι απεικόνισης πληροφοριών σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης.» (Goodchild, 1985 ).

Ο παραπάνω ορισμός δίνει μια ευρύτερη διάσταση στην έννοια του GIS από αυτή που αφορά απλά το λογισμικό ή το hardware το οποίο απαιτείται για την υλοποίηση ενός GIS, γεγονός που σύμφωνα με τον Μανιάτη σημαίνει ότι το GIS « αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως ένα άθροισμα μηχανημάτων και προγραμμάτων άλλα ως μια νέα, διαφορετική τεχνολογία» (Μανιάτης, 1996). Τέλος και πάλι ο Μανιάτης αναδημοσιεύει τον ορισμό της FIG (Federation Internationale des Geometres) του 1983, σύμφωνα με τον οποίο «Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μια Βάση Δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη και από την άλλη αποτελείται από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η Βάση ενός ΣΓΠ είναι ένα ενιαίο σύστημα γεωγραφικής αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα τα οποία περιέχουν στοιχεία για τη γη». (Μανιάτης, 1996)

Ο παραπάνω ορισμός είναι αρκετά πλήρης καθώς αντιμετωπίζει τα ΣΓΠ ως ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών και λήψεως αποφάσεων. Σε παρόμοιο μήκος κύματος κινείται και ο Cowen ο οποίος καταλήγει ότι ένα GIS «μπορεί να οριστεί ακριβέστερα ως ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων το οποίο περιλαμβάνει την ενσωμάτωση χωρικών δεδομένων σε ένα περιβάλλον επίλυσης προβλημάτων. Το σημαντικότερο μέρος του ορισμού αυτού είναι η έμφαση στην ενσωμάτωση (integration)». (Cowen, 1988)

Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα γίνεται αντιληπτή η ευρύτητα του όρου Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, ο οποίος περιλαμβάνει μια σειρά από υποσυστήματα τα οποία αναφέρονται τόσο στο λογισμικό όσο και στον εξοπλισμό άλλα και στις διαδικασίες οι οποίες απαιτούνται για την επίτευξη του σκοπού ενός GIS. Όπως άλλωστε αναφέρει και ο Maguire «ένα GIS περιγράφεται καλύτερα ως μια ολοκληρωμένη συλλογή hardware, λογισμικού, δεδομένων και ανθρωπίνου δυναμικού (*liveware*), τα οποία λειτουργούν σε ένα “ιδρυματικό περιβάλλον” (*institutional context*).» (Maguire, 1991)

Για τον Maguire ο πλέον σωστός τρόπος για να καταλήξει κάποιος σε έναν ορισμό για τα GIS είναι να συνοψίσει όλες τις διαφορετικές απόψεις σε μια σειρά από βασικούς άξονες οι οποίοι αφορούν τα GIS. Οι τρεις προφανέστεροι άξονες είναι η χαρτογραφική απεικόνιση, η ύπαρξη βάσεως δεδομένων και ο άξονας της ανάλυσης των δεδομένων. Ένα σημείο τομής και των τριών παραπάνω αξόνων είναι ότι τα GIS είναι μια επιμέρους περίπτωση πληροφοριακών συστημάτων, επομένως μοιράζονται πολλά στοιχεία με άλλα πληροφοριακά συστήματα. Αυτό που διαφοροποιεί τα GIS σε σχέση με άλλα πληροφοριακά συστήματα είναι η επικέντρωση τους σε χωρικές οντότητες και συσχετίσεις σε συνδυασμό με την έμφαση σε διαδικασίες χωρικής ανάλυσης και μοντελοποίησης, καθώς η χωρική αναζήτηση και υπέρθεση δεδομένων είναι κομβικής σημασίας για τα GIS (Maguire, 1991).

Το συμπέρασμα το οποίο προκύπτει από τους παραπάνω ορισμούς είναι ότι τα GIS αποτελούν ολοκληρωμένες διαδικασίες οι οποίες αποσκοπούν τόσο στην απεικόνιση και ανάλυση του χώρου όσο και στην υποστήριξη λήψεως αποφάσεων. Το γεγονός αυτό τα διαφοροποιεί σε σχέση με τα απλά πακέτα αυτοματοποιημένης σχεδίασης (CAD) ή τα απλά συστήματα διαχείριση βάσεων δεδομένων (DBMS), στα οποία έχουν τις ρίζες τους, όπως θα φανεί στη συνέχεια. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική την ειδική αναφορά στο λογισμικό GIS, το οποίο είναι στην πραγματικότητα ένα μόνο τμήμα αυτού που γενικά ονομάζεται Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Άλλωστε, το αντικείμενο της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας αφορά το λογισμικό GIS και συγκεκριμένα τρία πακέτα λογισμικού και όχι την έννοια των GIS γενικότερα. Η ανάλυση των ιδιοτήτων των λογισμικών αυτής της κατηγορίας ακολουθεί στις επόμενες παραγράφους.

## 2.2 Λογισμικό GIS – Βασικές Έννοιες και Ιδιότητες.

Σύμφωνα με τους Steiniger και Weibel, το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, την ανάλυση, τη διαχείριση και την οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων συνήθως ταξινομείται κάτω από τον γενικό ορό λογισμικό GIS. Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει διαφορετικά είδη λειτουργιών, ενώ χωρίζεται με τη σειρά του σε διαφορετικές υποκατηγορίες ανάλογα με τις λειτουργίες τις οποίες παρέχει. (Steiniger, Weibel, 2009)

Στην παράγραφο αυτή θα αναπτυχθούν περιληπτικά οι βασικότερες έννοιες και λειτουργίες οι οποίες εμπεριέχονται σε ένα λογισμικό GIS, και οι οποίες διαφοροποιούν το λογισμικό αυτό σε σχέση με άλλα λογισμικά πακέτα αυτοματοποιημένης σχεδίασης (CAD) ή απλά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS). Επίσης θα γίνει μια αρχική αναφορά στις διάφορες κατηγορίες λογισμικών GIS και στις βασικές διαφορές μεταξύ των βασικών αυτών κατηγοριών.

Όσον αφορά τις βασικές έννοιες ενός λογισμικού GIS, αυτές αφορούν κυρίως το είδος δεδομένων τα οποία διαχειρίζονται τα λογισμικά αυτά. Τα δεδομένα αυτά εμφανίζονται στα λογισμικά GIS με δύο μορφές, την **Διανυσματική** και την **Ψηφιδωτή** μορφή. Η ψηφιδωτή μορφή αφορά δεδομένα τα οποία αποθηκεύονται με τη μορφή καννάβου κελιών, όπου το κάθε κελί διατηρεί καταγεγραμμένη την τιμή ενός χαρακτηριστικού (attribute). Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την αναπαράσταση συνεχών χωρικά μεταβλητών όπως το ανάγλυφο και οι χρήσεις γης. (Steiniger, Weibel, 2009)

Αντίθετα το μοντέλο διανυσματικών δεδομένων, τα οποία αναπαριστούν συνήθως διακριτά αντικείμενα, βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε αντικείμενο αναπαριστάται από ένα είδος διανυσματικής γεωμετρίας (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) και από πεδία τιμών τα οποία περιέχουν τη μη χωρική πληροφορία και τα οποία βρίσκονται σε μορφή πινάκων. Τέλος τα δεδομένα τα οποία έχουν την ίδια γεωμετρική και περιγραφική αναπαράσταση (π.χ. κτίρια, δρόμοι κλπ) συνήθως ενοποιούνται σε ενιαία επίπεδα πληροφορίας τα οποία αποκαλούνται Layers. (Steiniger, Weibel, 2009)

Όσον αφορά τις βασικές λειτουργίες ενός λογισμικού GIS, αυτές αφορούν συνολικά τη συλλογή, διαχείριση, αποθήκευση κι ανάλυση των χωρικών δεδομένων καθώς και την εξαγωγή και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Είναι λοιπόν προφανές ότι τα λογισμικά GIS επιτελούν μια πληθώρα λειτουργιών οι οποίες όμως σύμφωνα με τους

Steiniger και Weibel μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες βασικών λειτουργιών:

1. Δημιουργία Δεδομένων (Data Creation)
2. Επεξεργασία Δεδομένων (Data Editing)
3. Αποθήκευση Δεδομένων (Data Storage)
4. Οπτικοποίηση Δεδομένων (Data Viewing)
5. Ενσωμάτωση Δεδομένων με ήδη υπάρχοντα δεδομένα (Data Conflation)
6. Διεξαγωγή Ερωτημάτων σε δεδομένα (Data Querying)
7. Ανάλυση Δεδομένων (Data Analysis)
8. Μετασχηματισμός και μετατροπή δεδομένων (Data Transformation and Manipulation)
9. Χαρτογραφική Απόδοση των Αποτελεσμάτων (Map Representation of Query and Analysis Results)

Τέλος όσον αφορά τα διαφορετικά είδη των λογισμικών GIS, οι κυριότερες κατηγορίες διαχωρισμού τους αφορούν τα DESKTOP GIS, τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Χωρικών Δεδομένων (SPATIAL DBMS), οι WEB MAP SERVERS και CLIENTS, οι διάφορες βιβλιοθήκες κι επεκτάσεις και τέλος τα Mobile GIS. Τα DESKTOP GIS παρέχουν τρία διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας (Οπτικοποίηση, Επεξεργασία, Ανάλυση) και ταξινομούνται ανάλογα με το επίπεδο λειτουργικότητας τους. Τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Χωρικών Δεδομένων (SPATIAL DBMS) χρησιμοποιούνται κυρίως για την αποθήκευση δεδομένων, παρέχουν όμως κι εργαλεία διαχείρισης κι ανάλυσης (π.χ. Oracle Spatial, PostGIS). Οι WEB MAP SERVERS και CLIENTS αφορούν τη διάχυση δεδομένων στον ιστό και την πρόσβαση σε διαδικτυακές εφαρμογές οπτικοποίησης κι ανάλυσης-επεξεργασίας χωρικών δεδομένων. Οι βιβλιοθήκες και οι επεκτάσεις παρέχουν επιπλέον λειτουργικότητα ανάλυσης, σε ήδη υπάρχοντα προϊόντα λογισμικού GIS, η οποία δεν υπήρχε στα αρχικά πακέτα. Τέλος τα Mobile GIS χρησιμοποιούνται για την συλλογή δεδομένων πεδίου και την απευθείας ενσωμάτωση τους σε περιβάλλον GIS. (Steiniger, Weibel, 2009)

Με βάση τα όσα ειπωθήκαν στην παράγραφο αυτή καθίσταται σαφές ότι τα λογισμικά GIS περιλαμβάνουν μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών οι οποίες είναι σχεδιασμένες να παρέχουν διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας στο χρήστη, κάνοντας χρήση διαφορετικών τεχνολογιών (π.χ. WEB GIS VS DESKTOP GIS VS SPATIAL DMBS). Η διαφοροποίηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αντίστοιχη διαφοροποίηση του τρόπου αποθήκευσης και διαχείρισης των δεδομένων, καθώς και την ανάπτυξη σύνθετων διαδικασιών για τη μεταφορά δεδομένων από τη μια κατηγορία λογισμικού σε μια άλλη, καθώς και τη μετατροπή των δεδομένων από μια μορφή σε μια άλλη, συμβατή με κάποια άλλη κατηγορία λογισμικού GIS.

### 2.3 Λογισμικό GIS – Ιστορική Εξέλιξη.

Η Ιστορική Εξέλιξη του λογισμικού GIS αποτελεί αντικείμενο μελέτης για τους ερευνητές τα τελευταία χρόνια. Σε γενικές γραμμές είναι αποδεκτό ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, τα οποία κάνουν χρήση Η/Υ, εμφανίσθηκαν για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1960 στην Βόρειο Αμερική, ενώ σημαντικό ρολό στην εξέλιξη των συστημάτων έπαιξαν κρατικοί φορείς πως το US Bureau of Census, το US Geological Survey, το Harvard Laboratory for Computer Graphics κ.α. Τα προβλήματα όμως τα οποία οδήγησαν στην ανάπτυξη των συστημάτων αυτών είναι πολύ παλιότερα κι έχουν να κάνουν με τη διαχείριση και κυρίως την απεικόνιση χωρικής πληροφορίας. Ο πιο γνωστός τρόπος απεικόνισης της χωρικής πληροφορίας είναι, ως γνωστόν, ο χάρτης ο οποίος αποτυπώνει τόσο τη χωρική πληροφορία όσο και τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών στοιχείων. Έτσι η παραγωγή χαρτών είχε ανέκαθεν κομβικό ρόλο όσον αφορά την εξερεύνηση του χώρου και την κατανόηση του κόσμου. (Keenan, 2003).

Στη διάρκεια του χρόνου όμως φάνηκε ότι η χρήση χαρτών, μπορεί να συνεισφέρει και σε άλλους τομείς πέρα από την εξερεύνηση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα έρχεται από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, όταν ο Ιατρικός κόσμος βρισκόταν σε σύγχυση σχετικά με την προέλευση και τη διάδοση της χολέρας. Έτσι το 1854 ένας Βρετανός ιατρός ο John Snow χρησιμοποίησε ένα χάρτη του Λονδίνου στον οποίο αποτύπωσε στις θέσεις των σπιτιών τα οποία είχαν νεκρούς από την χολέρα. Αυτό το οποίο αντίκρισε ήταν η συγκέντρωση των σπιτιών γύρω από μια συγκεκριμένη αντλία νερού, γεγονός το οποίο ενίσχυσε την άποψη ότι το μολυσμένο νερό συνέβαλλε στην εξάπλωση της ασθένειας. Όταν η αντλία τέθηκε εκτός λειτουργίας, κατόπιν εντολής του Snow, η επιδημία υποχώρησε. (Keenan, 2003).

Το παραπάνω παράδειγμα αποτελεί ίσως την πρώτη εφαρμογή γεωγραφικής ανάλυσης στην Ιστορία, και καταδεικνύει τη σημασία των συστημάτων λογισμικού τα οποία παρέχουν τέτοιες δυνατότητες. Με την έλευση του 20<sup>ου</sup> αιώνα και την εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών οι δυνατότητες χαρτογράφησης αρχικά, και διαχείρισης/ανάλυσης χωρικών δεδομένων στη συνέχεια, σταδιακά γιγαντώθηκαν.

Η εξέλιξη του λογισμικού GIS έλαβε χώρα κυρίως στη Βόρεια Αμερική (ΗΠΑ – Καναδάς), μέχρι τη δεκαετία του 1980. Στη συνέχεια, κι άλλες χώρες όπως η Μεγάλη Βρετανία και η Ιαπωνία, άλλα κι άλλες Ευρωπαϊκές χώρες γνώρισαν ανάπτυξη στον τομέα των GIS, η οποία μάλιστα υπήρξε αλματώδης. Σε γενικές γραμμές, η ιστορική εξέλιξη των λογισμικών ΣΓΠ μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις χρονικά επικαλυπτόμενες περιόδους, οι οποίες περιλαμβάνουν διαφορετικές φάσεις της εξέλιξης των λογισμικών αυτών. Η πρώτη φάση έλαβε χώρα στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία και αφορά την περίοδο από τη δεκαετία του 1950 έως το 1975 ενώ χαρακτηρίζεται από ατομικές κυρίως παρεμβάσεις, περιορισμένες διεθνείς επαφές και από φιλοδοξίες οι οποίες ήταν πολύ μπροστά από τις υπολογιστικές ικανότητες της εποχής. (Coppock, Rhind, 1991)

Η δεύτερη περίοδος κράτησε από το 1973 περίπου μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, ενώ στην περίοδο αυτή οι ατομικές παρεμβάσεις μειωθήκαν σε εθνικό επίπεδο, με εξαίρεση κάποιους επικεφαλής χαρτογραφικών υπηρεσιών. Η περίοδος αυτή αντικαταστάθηκε πολύ γρήγορα από την εμπορική περίοδο με αρχή περίπου το 1982, έως το τέλος της δεκαετίας του 1980, η οποία σημαδεύτηκε από τον έντονο ανταγωνισμό μεταξύ των παρόχων λογισμικού. Οι δύο τελευταίες περίοδοι συνοδεύθηκαν από δύο σημαντικές εξελίξεις, η πρώτη εκ των οποίων αφορούσε τη δυνατότητα των χρηστών να διαχειρίζονται απομακρυσμένα αρχεία μέσω δικτύων, ενώ η δεύτερη τη δυνατότητα σε απλούς χρήστες να εργάζονται χωρίς να απαιτείται η συνεχής παρουσία ειδικών για την επίλυση προβλημάτων λογισμικού ή hardware. Τέλος η τετάρτη φάση της εξέλιξης των GIS συνεχίζεται ως σήμερα και χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία των χρηστών, τον ανταγωνισμό μεταξύ των παρόχων λογισμικού, την προτυποποίηση των ανοιχτών συστημάτων και την ολοένα και αυξανόμενη συμφωνία ως προς τη δομή και τις λειτουργίες ενός λογισμικού GIS (Coppock, Rhind, 1991).

Η παραπάνω εξελικτική διαδικασία είναι κοινή για τα εμπορικά και τα ανοικτά λογισμικά μέχρι και τη δεκαετία του 1980. Στη συνέχεια, αν και οι ρίζες των GIS βρίσκονται σε κρατικούς οργανισμούς και Πανεπιστήμια, η ανάπτυξη συστημάτων πέρασε στα χέρια του

Ιδιωτικού Τομέα, είτε για λογούς καθαρά εμπορικούς, είτε για λογούς εξεύρεσης κεφαλαίων για τη συνεχή ανάπτυξη των λογισμικών. Έτσι από τη δεκαετία του 1980 και μέχρι και τη δεκαετία του 1990 ο κύριος όγκος των λογισμικών ΣΓΠ ήταν εμπορικής φύσης.

Το αποτέλεσμα των παραπάνω εξελίξεων ήταν η ανάπτυξη μιας μεγάλης γκάμας εμπορικού λογισμικού η οποία περιλαμβάνει προϊόντα όπως τα ARCGIS της ESRI, το MAP GUIDE της AUTODESK, το GEOMEDIA της INTERGRAPH, το BENTLEY MAP της BENTLEY SYSTEMS, το IGIS της SCANPOINT GEOMATICS καθώς και τα MAPINFO και SMALLWORLD με το τελευταίο να ειδικεύεται στη διαχείριση δικτύων κοινής ωφέλειας. Τα λογισμικά αυτά καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς εμπορικού λογισμικού GIS, χωρίς όμως να είναι τα μοναδικά τα οποία διατίθενται.

Το ανοιχτό λογισμικό αντίθετα έκανε την εμφάνιση του σταδιακά τη δεκαετία του 1990, βασιζόμενο στη δουλειά η οποία είχε προηγηθεί σε προηγούμενες δεκαετίες. Η εξέλιξη του ανοιχτού λογισμικού GIS θα εξεταστεί συνοπτικά στην επόμενη παράγραφο.

## **2.4 Ανοιχτό Λογισμικό GIS – Ιστορική Εξέλιξη.**

Η εξέλιξη του λογισμικού GIS ανοιχτού κώδικα έλαβε χώρα κυρίως κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, καθώς έως και τη δεκαετία του 1980 το λογισμικό GIS αναπτύσσονταν κυρίως από Πανεπιστήμια και Κρατικούς Οργανισμούς και ήταν γενικά διαθέσιμο στους χρήστες χωρίς εμπορική εκμετάλλευση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της τακτικής είναι τα λογισμικά MOSS (MAP OVERLAY AND STATISTICAL SYSTEM ) και GRASS (GEOGRAPHICAL RESOURCES ANALYSIS SUPPPORT SYSTEM). Το πρώτο αναπτύχθηκε το 1978, και είναι στην ουσία το πρώτο λογισμικό ΣΓΠ το οποίο έκανε χρήση Διανυσματικών άλλα και Ψηφιδωτών Δεδομένων και ήταν διαθέσιμο για χρήση σε μικροϋπολογιστές, ενώ παράλληλα ήταν διαθέσιμο σε μια μεγάλη γκάμα υπηρεσιών κι οργανισμών σε μια εποχή που τα GIS δεν είχαν την απήχηση που έχουν σήμερα. (<http://www.scribd.com/doc/4606038/2004-Article-by-Carl-Reed-MOSS-A-Historical-perspective>).

Το δεύτερο αναπτύχθηκε από το US Army Corps of Engineers μεταξύ του 1982 και του 1995 και υποστήριζε επίσης Διανυσματικά άλλα και Ψηφιδωτά Δεδομένα, ενώ έτρεχε σε περιβάλλον UNIX. Μετά το 1995 την ανάπτυξη του ανέλαβε το GRASS Development Team, μια διεθνής κοινότητα χρηστών η οποία συνεχίζει μέχρι σήμερα την εξέλιξη του. Αρχικά η



διάθεση του γινόταν ως λογισμικό public domain, το 1999 όμως η άδεια χρήσης του άλλαξε καθώς υιοθέτησε την GNU GPL. ([http://wiki.osgeo.org/wiki/Open\\_Source\\_GIS\\_History](http://wiki.osgeo.org/wiki/Open_Source_GIS_History))

Αυτή η διαδικασία κοινής ανάπτυξης λογισμικού άλλαξε, όπως έχει ειπωθεί, τη δεκαετία του 1980 με τον Ιδιωτικό Τομέα να αναλαμβάνει τα ηνία στην ανάπτυξη λογισμικού GIS. Αυτό συνέβη για διάφορους λόγους, είχε όμως σαν αποτέλεσμα την εμπορευματοποίηση του λογισμικού GIS το οποίο έγινε ξαφνικά δυσπρόσιτο σε μη εμπορικούς χρήστες. Έτσι αν και κάποιοι δημιουργοί λογισμικού GIS εξελιχτήκαν από μη εμπορικές σε εμπορικές επιχειρήσεις (όπως η ESRI), κάποιοι άλλοι επέλεξαν να ακολουθήσουν το δρόμο του ελεύθερου λογισμικού, όπως το GRASS και το MOSS τα οποία ήδη αναφέρθηκαν.

Η συνέχεια υπήρξε εντυπωσιακή με όλο και περισσότερα projects να εμφανίζονται. Έτσι το 1995 έκανε την εμφάνιση του ο MapServer, το 1998 ξεκίνησε η ανάπτυξη της βιβλιοθήκης δεδομένων GDAL, ενώ το 2001 ξεκίνησε η ανάπτυξη της επέκτασης PostGIS η οποία παρέχει δυνατότητα διαχείρισης χωρικών δεδομένων στην βάση δεδομένων PostgreSQL. Το 2002 ξεκίνησε η ανάπτυξη του QUANTUM\_GIS, ενώ το 2003 ξεκίνησε το gvSIG, ένα πακέτο λογισμικού GIS το οποίο παρέχει ολοκληρωμένη διαχείριση χωρικών δεδομένων. Το 2004 εμφανίστηκε το SAGA το οποίο αφορά κυρίως τις Γεωεπιστήμες και αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο του GOTTINGEN στη Γερμανία. Τέλος το 2006 ξεκίνησε η ανάπτυξη του OpenLayers, μιας εφαρμογής η οποία επιτρέπει την προσθήκη χαρτογραφικών δεδομένων σε ιστοσελίδες, ενώ το 2008 το GRASS απέκτησε τη δυνατότητα να τρέχει σε υπολογιστές με WINDOWS OS. ([http://wiki.osgeo.org/wiki/Open\\_Source\\_GIS\\_History](http://wiki.osgeo.org/wiki/Open_Source_GIS_History))

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα λογισμικά ανοιχτού κώδικα ακολουθούν τα πρότυπα τα οποία έχουν οριστεί από το OGC (OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM), το οποίο ιδρύθηκε το 1994. Το OGC αποτελείται από πάνω από 400 εμπορικούς, κυβερνητικούς, μη κερδοσκοπικούς κι ερευνητικούς οργανισμούς κι αποσκοπεί στην ανάπτυξη κι εφαρμογή κοινών προτύπων για το χωρικό περιεχόμενο και τις υπηρεσίες, καθώς και την επεξεργασία και διάθεση γεωχωρικών δεδομένων. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Geospatial\\_Consortium](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium))

Οι παραπάνω αναφορές είναι μόνο ένα μικρό μέρος των εξελίξεων στο χώρο των ανοιχτών λογισμικών GIS, είναι όμως ενδεικτικές της ραγδαίας εξέλιξης των συγκεκριμένων λογισμικών. Όσον αφορά τις επιπτώσεις της ύπαρξης των συγκεκριμένων λογισμικών στους τομείς των GIS και της χαρτογραφίας, αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν μόνο ως θετικές.

Αυτό συμβαίνει μεταξύ άλλων γιατί πέρα από την έλλειψη κόστους, η πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα των λογισμικών δημιουργεί νέες δυνατότητες για τους χρήστες, ειδικά σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα περισσότερα λογισμικά καλύπτονται από την άδεια GPL, η οποία επιτρέπει τη συνεχή βελτίωση των ήδη υπαρχόντων. (Pucher, 2003)

Στη συνέχεια του Κεφάλαιου 2 ακολουθεί αναφορά στην εξέλιξη και τις δυνατότητες των τριών λογισμικών ARCGIS 9.3, QUANTUM\_GIS και GRASS, τα οποία αποτελούν το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Η περιγραφή των λογισμικών η οποία ακολουθεί είναι σχετικά σύντομη, καθώς η πλήρης ανάλυση των δυνατοτήτων τους ξεφεύγει από το αντικείμενο της εργασίας. Η περαιτέρω εμβάθυνση στις δυνατότητες των λογισμικών, ακολουθεί στο Κεφάλαιο 4 και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, όπου γίνεται η σύγκριση μεταξύ του ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS σε συγκεκριμένα πεδία σύγκρισης.

## **2.5 Λογισμικό ARCGIS 9.3.**

Το πακέτο λογισμικού ARCGIS 9.3 είναι προϊόν της εταιρείας ESRI (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE), η οποία ιδρύθηκε το 1969 από το J.Dandermond, έναν Αρχιτέκτονα Τοπίου, ο οποίος το 1968 είχε πάει στο HARVARD με σκοπο να ολοκληρώσει το Μεταπτυχιακό του. Η ESRI ξεκίνησε αρχικά ως μη κερδοσκοπική οργάνωση η οποία δραστηριοποιούνταν στον τομέα της παροχής Περιβαλλοντικών Συμβουλευτικών Υπηρεσιών, αν και σε ένα διαφημιστικό της το 1970 εμφανίζονταν να παρέχει επαγγελματικές υπηρεσίες στον τομέα των Computer Graphics. Στα μέσα της δεκαετίας του 1970 η εταιρεία ανέπτυξε ένα σύστημα βασιζόμενο σε διανυσματικά δεδομένα, το PIOS (PLANNING INFORMATION OVERLAY SYSTEM), ενώ λίγα χρόνια μετά την ίδρυση της, κατέστη σαφές ότι δεν θα μπορούσε να συγκεντρώσει τα απαραίτητα κεφαλαία για την επέκταση της ως μη κερδοσκοπική οργάνωση, όποτε εξελίχθηκε σε εμπορική επιχείρηση. (Coppock, Rhind, 1991).

Το λογισμικό το οποίο υπήρξε προκάτοχος του ARCGIS 9.3 ήταν κατά πρώτο λόγο το λογισμικό ARC/INFO, το οποίο έκανε την εμφάνιση του το 1982 και το οποίο σύμφωνα με την εταιρεία ήταν το πρώτο σύγχρονο λογισμικό GIS. Το λογισμικό αυτό ήταν γραμμένο σε FORTRAN και αποτελείτο από μια σειρά προγραμμάτων τα οποία συνδυάζονταν σε ένα περιβάλλον γραμμής εντολών (command line environment) κι έδιναν τη δυνατότητα

διεξαγωγής εργασιών ανάπτυξης βάσης δεδομένων, γεωεπεξεργασίας κι απεικόνισης των αποτελεσμάτων.( <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>)

Οι επόμενες εκδόσεις του λογισμικού παρείχαν δυνατότητες δημιουργίας εφαρμογών με τη χρήση της γλώσσας AML (ARC MACRO LANGUAGE) και διαχείρισης ψηφιδωτών δεδομένων ενώ το 1999 εκδόθηκε το ARCGIS 8.0 το οποίο αποτελεί στην ουσία μια νέα πλατφόρμα. Από το σημείο αυτό και μετά το ARC/INFO σταμάτησε να αναπτύσσεται ενώ συνέχισε να διατίθεται με το όνομα ARCINFO WORKSTATION. (<http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>)

Παράλληλη πορεία ακολούθησε και το λογισμικό ARCVIEW, το οποίο πρωτοεμφανίστηκε το 1995 και το οποίο επίσης αποτέλεσε προκάτοχο του ARCGIS 9.3. Το συγκεκριμένο λογισμικό στην αρχική του έκδοση 1.x επέτρεπε μόνο τη θέαση και τη διεξαγωγή ερωτημάτων στα δεδομένα, ενώ δεν υποστήριζε τη δομή δεδομένων SHAPEFILE. Η επόμενη έκδοση 2.x έφερε μεγαλύτερη λειτουργικότητα κι επέτρεπε εγκατάσταση σε λειτουργικά συστήματα WINDOWS 95 - 2000, UNIX και MAC OS 9. Η τελική έκδοση 3.x έφερε δυνατότητες γεωεπεξεργασίας και δυνατότητες επεξεργασίας αρχείων 3D και RASTER. ([http://en.wikipedia.org/wiki/ArcView\\_3.x](http://en.wikipedia.org/wiki/ArcView_3.x))

Το 1999 η ESRI εξέδωσε το λογισμικό ARCGIS 8.0 το οποίο λειτουργούσε σε περιβάλλον WINDOWS και συνδύαζε το οπτικό user-interface του ARCVIEW 3.x με τις δυνατότητες του ARC/INFO 7.2. Το νέο αυτό προϊόν ενσωμάτωνε το ARCINFO WORKSTATION (περιβάλλον χρήσης εντολών) καθώς κι ένα νέο περιβάλλον διεπαφής το οποίο ονομάστηκε ARCMAP και το οποίο ενσωμάτωνε ένα μεγάλο μέρος της λειτουργικότητας του ARCINFO WORKSTATION. Ταυτόχρονα περιείχε την εφαρμογή ARCCATALOG η οποία παρείχε στο χρήστη τη δυνατότητα διαχείρισης αρχείων χωρικών δεδομένων. ([http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS\\_9.3](http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS_9.3))

Η μετάβαση στο νέο αυτό προϊόν σηματοδότησε την εγκατάλειψη της γλώσσας AML προς όφελος της VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS), ενώ υιοθετήθηκε η μορφή δεδομένων geodatabase (γεωβάση) η οποία αποτελεί προϊόν της εταιρείας η οποία έχει και τα πνευματικά δικαιώματα της. Άλλες καινοτομίες του νέου λογισμικού υπήρξαν η δυνατότητα αλλαγής προβολικού συστήματος των δεδομένων on the fly και η ενσωμάτωση τοπολογίας στη δομή της γεωβάσης, κάτι που μέχρι τότε ήταν διαθέσιμο μόνο για τη δομή coverages η οποία εγκαταλείφθηκε μαζί με το ARC/INFO. ([http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS\\_9.3](http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS_9.3))

Η έκδοση ARCGIS 9.x έφερε τη δυνατότητα εκτέλεσης όλων των παραδοσιακών λειτουργιών γεωεπεξεργασίας, είτε με τη χρήση του λογισμικού είτε με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών με τη βοήθεια γλωσσών προγραμματισμού όπως η Python και η VBScript. Επίσης για πρώτη φορά δημιουργήθηκε ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού το οποίο ονομάστηκε MODEL BUILDER και το οποίο επιτρέπει τη διασύνδεση εργαλείων γεωεπεξεργασίας, δημιουργώντας έτσι νέα εργαλεία τα οποία ονομάζονται μοντέλα, με τρόπο παρόμοιο με το ERDAS IMAGINE. ([http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS\\_9.3](http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS_9.3))

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η διάθεση του ARCGIS 9.3 γίνεται με βάση ένα μοντέλο αδειοδότησης το οποίο περιλαμβάνει διαφορά επίπεδα. Το κάθε επίπεδο περιλαμβάνει συγκεκριμένα τμήματα (modules) με συγκεκριμένη λειτουργικότητα η οποία αυξάνεται καθώς αυξάνεται και το κόστος του αντιστοίχου προϊόντος κάθε επιπέδου. Έτσι στην πιο πλήρη του μορφή, έχει δυνατότητες διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων, υποστήριξης διαφόρων προβολικών συστημάτων, Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων καθώς και εκτέλεσης λειτουργιών χωρικής ανάλυσης (γεωστατιστικής), ενώ διατηρεί τη δυνατότητα συνεργασίας με τη σχεσιακή βάση δεδομένων ORACLE μέσω του ARCSERVER. Τέλος η ESRI έχει αναπτύξει και κάποια πολύ εξειδικευμένα εργαλεία-εφαρμογές, με τη μορφή επεκτάσεων (extensions) τα οποία παρέχουν ακόμα μεγαλύτερη λειτουργικότητα σε πολύ εξειδικευμένους τομείς όπως π.χ. τα ARC HYDRO, ARC LOGISTICS, PLTS και MOLE.

## 2.6 Λογισμικό QUANTUM\_GIS.

Το λογισμικό Quantum GIS είναι ένα ανοιχτό λογισμικό GIS το οποίο έχει αναπτυχθεί με τη χρήση της γλωσσάς προγραμματισμού C++ και διανέμεται κάτω από την άδεια GPL. Τρέχει στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα, περιλαμβανομένων των LINUX, UNIX, MAC OS και WINDOWS. Το λογισμικό παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης, επεξεργασίας και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων, ενώ έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί χαρτογραφικές συνθέσεις. Παράλληλα, μέσα από το GRASS PLUG-IN έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί τις λειτουργίες ανάλυσης του λογισμικού GRASS, το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια, μέσα από το περιβάλλον εργασίας του QUANTUM\_GIS. Τέλος, τα αρχεία τα οποία μπορεί να διαχειρισθεί καλύπτουν τόσο διανυσματικά όσο και ψηφιδωτά δεδομένα, και περιλαμβάνουν αρχεία μορφής [PostGIS](#), [GRASS](#), [Shapefile](#), [GML2](#), [WFS](#), [GPX](#), [WMS](#), [GeoTiff](#), [PNG](#) κ.α., ενώ το ίδιο το λογισμικό έχει τη δυνατότητα επέκτασης μέσω διαφόρων επεκτάσεων (γραμμένες κυρίως σε Python ή C++), οι οποίες διατίθενται σε μορφή plug-ins

και οι οποίες μπορούν να εγκατασταθούν επάνω στο λογισμικό με τη χρήση ενός Python Plug-in Installer, ο οποίος αποτελεί μέρος του λογισμικού. (Vatsavai et all)

Η ανάπτυξη του συγκεκριμένου λογισμικού ξεκίνησε το 2002 από τον Gary Sherman ο οποίος αναζητούσε ένα λογισμικό το οποίο να επιτρέπει την οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων, το οποίο να τρέχει σε LINUX και να υποστηρίζει διάφορες πηγές δεδομένων. Έτσι τον Ιούνιο του 2002 το QGIS ξεκίνησε επίσημα ως project υπό ανάπτυξη, ενώ άρχισε να προσελκύει όλο και περισσότερους χρήστες αλλά και δημιουργούς (developers), με αποτέλεσμα τον Ιανουάριο του 2011 το λογισμικό να περιέχει περίπου 500.000 γραμμές κώδικα και να χρησιμοποιείται από χιλιάδες χρήστες ανά τον κόσμο. (Vatsavai et all)

Οι δυνατότητες τις οποίες παρέχει περιλαμβάνουν όλες τις τυπικές λειτουργίες ενός λογισμικού GIS, όπως απεικόνιση διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων, υποστήριξη πινάκων ιδιοτήτων για τα διανυσματικά δεδομένα, δυνατότητες συμβολισμού των δεδομένων με βάση τις ιδιότητες τους καθώς και δημιουργία LABELS. Παράλληλα παρέχει δυνατότητες επεξεργασίας των δεδομένων (editing) με ή χωρίς τη χρήση εργαλείων CAD, αλλαγής προβολικών συστημάτων (και δυνατότητα προβολής on-the-fly), δημιουργίας κι εκτύπωσης χαρτογραφικών συνθέσεων και Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων. (Vatsavai et all)

Παράλληλα έχει δυνατότητα υποστήριξης δεδομένων GPS σε διαμόρφωση live tracking η οποία επιτρέπει στο λογισμικό να διαβάζει δεδομένα από GPS σε πραγματικό χρόνο, ενώ διαθέτει μια ευρεία γκάμα εργαλείων ανάλυσης, τόσο μέσω της χρήσης του GRASS όσο και μέσω κάποιων ενσωματωμένων εργαλείων ανάλυσης (κυρίως υπέρθεσης διανυσματικών δεδομένων, ανάλυση μοντέλων επιφανείας raster και χωρικής παρεμβολής). Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με απόμακρους SERVERS (π.χ. WMS, WFS κ.α ), ενώ όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως έχει τη δυνατότητα επέκτασης μέσω extensions (plug-ins) τα οποία είναι αποθηκευμένα σε εξωτερικές «δεξαμενές» (repositories) και εγκαθίστανται από τον χρήστη, εφόσον παραστεί ανάγκη. Τέλος ένα σημαντικό πλεονέκτημα του QUANTUM\_GIS είναι η δυνατότητα συνεργασίας του με την βάση δεδομένων PostgreSQL με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν μεταξύ του ARCSDE και της Oracle για το λογισμικό ARCGIS 9.3.(Vatsavai et all)

Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό ότι το λογισμικό QUANTUM\_GIS αποτελεί μια αξιόπιστη λύση στον τομέα των λογισμικών GIS η οποία καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών

κάθε χρήστη. Το μεγαλύτερο του πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι εξελίσσεται διαρκώς, καθώς νέα εργαλεία προστίθενται καθημερινά, έτσι ώστε να είναι σε θέση να καλύψει πολύ σύντομα τα όποια λειτουργικά κενά ακόμα παραμένουν. Τέλος η άδεια χρήσης του επιτρέπει και την επαγγελματική του χρήση και την πώληση των προϊόντων της χρήσης αυτής, καθώς η υποχρέωση παροχής του κώδικα αφορά μόνο την διανομή του λογισμικού. Το γεγονός αυτό το καθιστά πολύ πιο ευέλικτο από άλλα εμπορικά (proprietary) λογισμικά.

## 2.7 Λογισμικό GRASS.

Το πακέτο λογισμικού GRASS (GEOGRAPHICAL RESOURCES ANALYSIS SUPPORT SYSTEM), είναι ένα ανοιχτού τύπου λογισμικό GIS το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή, ανάλυση και χαρτογραφική απεικόνιση χωρικών δεδομένων. Το λογισμικό αυτό διαχειρίζεται δεδομένα 2 και 3 διαστάσεων (2D - 3D data), περιλαμβάνει δυνατότητες υλοποίησης τοπολογίας για διανυσματικά δεδομένα ενώ κάνει χρήση της SQL για τη διαχείριση των περιγραφικών χαρακτηριστικών (attributes). Τέλος παρέχει δυνατότητες ανάλυσης διανυσματικών δικτύων, τρισδιάστατων απεικονίσεων και επεξεργασίας εικόνας (LIDAR, πολυφασματικές εικόνες.), ενώ μπορεί να συνδεθεί με άλλα λογισμικά GIS (ανοικτά κι εμπορικά) για τη διεξαγωγή γεωστατιστικών αναλύσεων, χαρτογραφικών απεικονίσεων κι εφαρμογών WEB-GIS. (Neteler et all, 2012)

Το GRASS ήταν το πρώτο λογισμικό ανοιχτού κώδικα το οποίο μπήκε σε παραγωγή, ενώ ήταν από τα πρώτα λογισμικά τα οποία υποστήριζαν ταυτόχρονα διανυσματικά και ψηφιδωτά δεδομένα. Η ανάπτυξη του ξεκίνησε το 1982 από το US Army Corps of Engineers και συγκεκριμένα από το Construction Engineering Research Laboratory (CERL), ενώ το λογισμικό διανεμόταν ελεύθερα μέσω της ακαδημαϊκής κοινότητας και των κυβερνητικών οργανισμών. Το 1990 το CERL δημιούργησε το Open GRASS Foundation το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε στο OGC, ενώ η διακοπή της ανάπτυξης του GRASS από το CERL το 1996 είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία της GRASS Development Team η οποία αναπτύσσει το λογισμικό έως και σήμερα. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι αν και αρχικά το λογισμικό διατίθετο ως public domain software, το 1999 υιοθέτησε την GNU GPL άδεια η οποία έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 1. (Neteler et all, 2012)

Το γεγονός αυτό επιτρέπει την ελεύθερη διάθεση του λογισμικού και την εγκατάσταση του σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα και σε περιβάλλον το οποίο μπορεί να είναι εμπορικό ή μη. Έτσι επιτρέπεται η χρήση του από εμπορικές εταιρείες και η παραγωγή προϊόντων

προστιθέμενης αξίας τα οποία μπορούν να διατεθούν προς πώληση, καθώς η δωρεάν παροχή του πηγαίου κώδικα είναι υποχρεωτική μόνο εφόσον διατίθεται το πακέτο λογισμικού. . (Neteler et all, 2012)

Οι πλέον πρόσφατες εκδόσεις του περιλαμβάνουν ένα πιο σύγχρονο περιβάλλον διεπαφής χρήστη, τη δυνατότητα χρήσης της γλώσσας SQL καθώς και τη δυνατότητα εγκατάστασης σε όλες τις εκδόσεις WINDOWS, MAC OS και UNIX. Περιλαμβάνει μια μεγάλη γκάμα προβόλων και συστημάτων αναφοράς, ενώ παρέχει τη δυνατότητα επιλογής προβολής ή ορισμού νέου προβολικού συστήματος από το χρήστη, καθώς και τη δυνατότητα επαναπροβολής δεδομένων σε άλλο προβολικό σύστημα. Το λογισμικό επίσης εξασφαλίζει συμβατότητα με την πλειονότητα των format χωρικών δεδομένων μέσω της βιβλιοθήκης GDAL, ενώ μπορεί να συνδεθεί με απομακρυσμένους SERVERS (WMS, WFS) και να υποδεχθεί αντίστοιχα δεδομένα. (Neteler et all, 2012)

Τέλος εξασφαλίζει τη δυνατότητα απεικόνισης και διαχείρισης 3D δεδομένων, ενώ μπορεί να συνδεθεί με μια πληθώρα άλλων ανοιχτών ή εμπορικών λογισμικών (QUANTUM\_GIS, R, GSTAT, MATLAB), έτσι ώστε να επεκτείνει τη λειτουργικότητα του ή καλύτερα να αποδώσει τη λειτουργικότητα του στις συγκεκριμένες εφαρμογές. Η ίδια δυνατότητα σύνδεσης παρέχεται και για μια σειρά από συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων όπως οι [PostgreSQL](#), [MySQL](#), και [SQLite](#), γεγονός που αυξάνει περαιτέρω τη χρηστικότητα του. (Neteler et all, 2012)

Συνοψίζοντας τα όσα ειπωθήκαν για το GRASS, καταλήγει εύκολα κανείς στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα πάρα πολύ ευέλικτο και ισχυρό εργαλείο ανάλυσης, επεξεργασίας και οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων. Το γεγονός αυτό καθιστά το συγκεκριμένο λογισμικό εξαιρετικά ενδιαφέρον, ειδικά αν ληφθεί υπόψιν η συνδυασμένη χρήση του με κάποιο άλλο λογισμικό. Η δυνατότητα χρήσης του μέσα από το περιβάλλον του QUANTUM\_GIS, για παράδειγμα, αυξάνει την χρηστικότητα του καθώς συνδυάζει την λειτουργικότητα του GRASS με την απλότητα του περιβάλλοντος εργασίας του QUANTUM\_GIS. Ο παραπάνω συνδυασμός μελετάται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 4 και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ όπου εκτελείται η σύγκριση του με το εμπορικό πακέτο ARCGIS 9.3.



## **Κεφάλαιο 3: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας (Σύγκριση λογισμικών GIS – Εφαρμογές GIS με λογισμικό ανοιχτού κώδικα).**

Το Κεφάλαιο 3 της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί μια σύντομη επισκόπηση μέρους της Βιβλιογραφίας σχετικά με τη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών GIS (εμπορικών – ανοιχτών), αλλά και τη χρήσης ανοιχτών λογισμικών σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Το συγκεκριμένο Κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο μέρη εκ των οποίων το πρώτο αφορά την επισκόπηση μέρους των συγκριτικών μελετών οι οποίες έχουν γίνει στο παρελθόν. Στο τμήμα αυτό της εργασίας αναφέρονται οι διάφορες μελέτες και τα αποτελέσματά τους, ενώ σκοπός του είναι αφενός η κατάδειξη της εργασίας η οποία έχει γίνει ως τώρα στον συγκεκριμένο τομέα, κι αφετέρου η οριοθέτηση του πλαισίου εντός του οποίου διεξάγεται η σύγκριση μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3, QUANTUM\_GIS και GRASS στην παρούσα εργασία.

Το δεύτερο μέρος του Κεφάλαιου 3 αφορά τη συνοπτική παρουσίαση κάποιων εφαρμογών οι οποίες έχουν υλοποιηθεί με ανοιχτό λογισμικό GIS. Οι εργασίες αυτές δεν αφορούν μόνο τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS, αλλά τα λογισμικά GIS ανοιχτού κώδικα γενικότερα. Ο σκοπός της παραγράφου αυτής είναι η κατάδειξη της σημασίας του ανοιχτού λογισμικού GIS με παραδείγματα, αλλά και του εύρους των δυνατοτήτων των λογισμικών αυτών σε σχέση με την υλοποίηση σύνθετων εφαρμογών.

### **3.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Συγκριτικών Μελετών Μεταξύ Εμπορικών κι Ανοιχτών Λογισμικών.**

Την τελευταία 20ετία σημειώθηκε μια εκρηκτική ανάπτυξη στον τομέα του λογισμικού GIS ανοιχτού κώδικα, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Η ανάπτυξη αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την ένταση του ανταγωνισμού μεταξύ εμπορικού κι ανοιχτού λογισμικού GIS, ο οποίος αναπόφευκτα έφερε στο προσκήνιο το ζήτημα της σύγκρισης μεταξύ των λογισμικών ανοιχτού και κλειστού (proprietary) κώδικα. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει μια σειρά από μελέτες σύγκρισης μεταξύ συγκεκριμένων πακέτων λογισμικού, είτε σε συνολικό επίπεδο είτε σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Μια από αυτές τις μελέτες υλοποιήθηκε από τις Migliaccio, Carrion και Zambrano οι οποίες μελέτησαν τα λογισμικά ARCGIS 9.3 και GRASS σε σχέση με το περιβάλλον ανάπτυξης



εφαρμογών ανάλυσης γεωχωρικών δεδομένων. Η μελέτη τους εστιάστηκε στην ανάπτυξη μιας εργαλειοθήκης για την χωρική και χρονική ανάλυση δεδομένων με στόχο τη μελέτη των εκπομπών CO (μονοξειδίου του άνθρακα), με βάση τις καύσεις βιομάζας σε παγκόσμιο επίπεδο. Αρχικά η εργαλειοθήκη αναπτύχθηκε σε περιβάλλον ARCGIS 9.3 με τη χρήση της γλώσσας Python 2.5 και της βιβλιοθήκης Matplotlib, ενώ στη συνέχεια έγινε προσπάθεια δημιουργίας μιας αντίστοιχης εργαλειοθήκης με χρήση των GRASS 6.4 και της γλώσσας C. (Migliaccio et al, 2010)

Το αποτέλεσμα ήταν ότι ένα σημαντικό μέρος των περίπου 50 εργαλείων τα οποία δημιουργήθηκαν με το ARCGIS 9.3 μπόρεσαν να εισαχθούν στο περιβάλλον του GRASS, γεγονός που σημαίνει ότι η μετάπτωση από το ένα περιβάλλον στο άλλο είναι εφικτή. Οι κυριότερες δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι ερευνήτριες ήταν η μετάπτωση του κώδικα από Python σε C και η ορισμένες φορές εξαιρετικά συνοπτική τεκμηρίωση των εργαλείων του GRASS, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ορισμένες λειτουργίες της συγκεκριμένης έκδοσης του GRASS λειτουργούσαν μόνο σε περιβάλλον UNIX. Τέλος τα αποτελέσματα για τον χρήστη δεν είχαν διαφορά καθώς τα εργαλεία που δημιουργήθηκαν είχαν παρόμοιο interface. (Migliaccio et al, 2010)

Οι Steiniger και Hay συνέκριναν οκτώ (8) λογισμικά GIS ανοιχτού κώδικα με εμπορικό λογισμικό προκειμένου να καταλήξουν στην καταλληλότητα τους σε σχέση με εφαρμογές οικολογίας τοπίου (landscape ecology). Τα συγκεκριμένα λογισμικά ήταν τα GRASS GIS, Quantum GIS, ILWIS, uDig, SAGA GIS, OpenJUMP, MapWindowGIS, και gvSIG. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι α) όλα τα ανοικτά λογισμικά παρέχουν τη βασική λειτουργικότητα η οποία απαιτείται στον τομέα μελέτης τους, β) όλα τα λογισμικά ανοιχτού κώδικα μπορούν να υποστούν παραμετροποίηση και γ) ότι όλα έχουν ικανοποιητική υποστήριξη μέσω FORUM και e-mails. Τα μειονεκτήματα των ανοιχτών λογισμικών τα οποία εξεταστήκαν αφορούν α) το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα λογισμικά είναι σχετικά καινούργια, όποτε το μέγεθος των κοινοτήτων ανάπτυξης και χρηστών τους είναι σχετικά μικρό και β) η ελλιπής ικανότητα των λογισμικών να παρέχουν προχωρημένες λειτουργίες χωρικής ανάλυσης με την αντίστοιχη τεκμηρίωση, ενώ ως αρνητικό στοιχείο περιγράφεται και η έλλειψη στατιστικών εργαλείων (Steiniger, Hay, 2009)

Οι Sillero και Tarroso ερεύνησαν την καταλληλότητα έξι λογισμικών (ARCGIS 9.3, gvSIG, ILWIS, QGIS, GRASS, DIVA) σχετικά με την χρήση τους σε εφαρμογές που αφορούν τον τομέα της ερπετολογίας. Αξιολόγησαν τα παραπάνω λογισμικά με βάση τις επιδόσεις τους

στη διαχείριση κι ανάλυση διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων, καθώς και τις δυνατότητες δημιουργίας και παραγωγής χαρτών (Layouts). Τα αποτελέσματα τους κατέταξαν τα ARCGIS 9.3 και gvSIG στις δύο πρώτες θέσεις, ενώ τα QGIS και GRASS κατέλαβαν την τρίτη και τέταρτη θέση αντίστοιχα. Τέλος τα ILWIS, DIVA κατέλαβαν τις δύο τελευταίες θέσεις της κατάταξης. (SILLERO, TARROSO, 2010)

Οι Bektas και Coltekin συνέκριναν οκτώ λογισμικά (ARCGIS 9.3, Intergraph, ERDAS IMAGINE, AUTOCAD MAP 3D, MICROSTATION, MAPINFO, QUANTUM, GRASS), σχετικά με τις δυνατότητες τους στον τομέα της 3D απεικόνισης και ανάλυσης, καθώς και στερεοσκοπικής όρασης. Τα αποτελέσματα τους κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όλα τα λογισμικά παρέχουν δυνατότητα 3D απεικόνισης είτε ως μέρος του λογισμικού, είτε μέσω κάποιου extension. Αντίθετα μόνο ένα μέρος των λογισμικών είχε δυνατότητες στερεοσκοπικής απεικόνισης, κυρίως με τη χρήση EXTENSION, όπως ο συνδυασμός ARCGIS 9.3 + STEREO ANALYST. Τέλος τόσο το GRASS όσο και το QUANTUM δεν παρείχαν δυνατότητες στερεοσκοπικής όρασης, χωρίς τη χρήση EXTENSION, όπως φαίνεται στην περίπτωση του QGIS 1.8.0 με το εργαλείο GLOBE. (Bektas, Coltekin, 2009)

Οι el Nasr και Van Orshonen ερεύνησαν την καταλληλότητα των ανοιχτών και των εμπορικών λογισμικών στην εκπαίδευση νέων επαγγελματιών και φοιτητών στους τομείς της συνηθισμένης χρήσης GIS και της υψηλού επιπέδου χωρικής ανάλυσης. Για την έρευνα τους συνεργάστηκαν με το Spatial Applications Division του Katholieke Universiteit Leuven και το Flemish Interuniversity Council, τα οποία οργάνωσαν δύο προγράμματα κατάρτισης, ένα για τα εμπορικά λογισμικά ARCGIS 9.3, ERDAS IMAGINE κι ένα για τα ανοικτά λογισμικά QUANTUM GIS και GRASS. Στη συνέχεια οι απόφοιτοι των δύο προγραμμάτων εκκλήθησαν να απαντήσουν σε ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τις εντυπώσεις και τις δεξιότητες τις οποίες απέκτησαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι απόφοιτοι και των δύο προγραμμάτων έδειξαν να εκτιμούν τις γνώσεις που απέκτησαν αν και οι απόφοιτοι του προγράμματος εμπορικού λογισμικού εξέφρασαν επιφυλάξεις σχετικά με την διαθεσιμότητα του λογισμικού για μελλοντική χρήση. Αντίθετα οι απόφοιτοι του προγράμματος ανοιχτού λογισμικού εξέφρασαν βούληση για περαιτέρω χρήσης του λογισμικού. Τέλος οι ερευνητές προτείνουν τη χρήσης ανοιχτού λογισμικού για την αρχική εκπαίδευση χρηστών και την εξοικείωση τους με τη γεωπληροφορική, ενώ η προχωρημένη εκπαίδευση στα GIS θα μπορούσε να αξιοποιεί συνδυασμό τόσο ανοιχτών όσο κι εμπορικού λογισμικού. (el Nasr, Van Orshonen, 2008)

Οι Akkala et al, συνέκριναν μια σειρά λογισμικών GIS σχετικά με τις δυνατότητες παρεμβολής τις οποίες τα λογισμικά παρείχαν. Συγκεκριμένα καθόρισαν έντεκα (11) διαφορετικές τεχνικές παρεμβολής και στη συνέχεια αξιολόγησαν τα λογισμικά ανάλογα με τον αριθμό των τεχνικών τις οποίες αυτά περιελάμβαναν. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι το ARCGIS 9.3 βρίσκεται στην κορυφή με 9 στις 11 τεχνικές ενώ τα QUANTUM, GRASS και ILWIS περιλαμβάνουν τις πέντε (5) ίδιες τεχνικές. Τέλος τα υπόλοιπα λογισμικά περιλαμβάνουν από 0 – 4 τεχνικές παρεμβολής. (Akkala et al, 2010)

Οι Dobesova και Kusendova προσεγγίζουν το θέμα της μέτρησης και τις αξιολόγησης των χαρτογραφικών εργαλείων τα οποία παρέχονται στα λογισμικά GIS, μέσω της Goal-Question-Metric μεθόδου, η οποία, όπως αναφέρουν, αρχικά αναπτύχθηκε από τον Victor Basili στο University of Maryland, College Park και στο Software Engineering Laboratory στο Goddard Space Flight Centre της NASA. Αρχικά έθεσαν μια σειρά από στόχους τους οποίους πρέπει να υλοποιεί σε σχέση με τις χαρτογραφικές του λειτουργίες, ένα λογισμικό GIS. Στη συνέχεια έθεσαν κάποια βάρη στους στόχους και διατύπωσαν κάποια ερωτήματα σχετικά με αυτούς. Κάθε απάντηση σε κάθε ερώτημα πριμοδοτείται με έναν αριθμό πόντων (0,1,2), ενώ το συνολικό σκορ για κάθε λογισμικό μετατρέπεται σε ποσοστό. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν αποσκοπεί στην σύγκριση μεγάλου αριθμού λογισμικών σε σχέση με όλες τις λειτουργίες τους, επιτρέπει όμως σε χρήστες να συγκρίνουν κάποια λογισμικά, σε ορισμένους τομείς με τη χρήση ενός επιστημονικά τεκμηριωμένου μοντέλου σύγκρισης. Τα αποτελέσματα κατατάσσουν το ARCGIS 9.3 στην πρώτη θέση με σκορ 82,25 ενώ δεύτερο ακολουθεί το MAPINFO με σκορ 70,45. Το GRASS 6.2 είναι τέταρτο με σκορ 59,88 ενώ το QUANTUM GIS 1.0. 2 (πολύ παλιά έκδοση) βρίσκεται στην 12<sup>η</sup> θέση με σκορ 43,85. Τα πλήρη αποτελέσματα της έρευνας είναι διαθέσιμα στη ιστοσελίδα <http://www.geoinformatics.upol.cz/app/visegrad/result.php> (Dobesova, Kusendova, 2009)

Οι Samaddar et al ερευνούν την αποτελεσματικότητα των λογισμικών GIS ανοιχτού κώδικα, κάνοντας μια σύγκριση μεταξύ ορισμένων τέτοιων λογισμικών. Εξετάζουν διάφορα λογισμικά σε σχέση με τις δυνατότητες τους στους τομείς δημιουργίας βάσεων χωρικών δεδομένων, χωρικής ανάλυσης και διαδικτυακών γεωχωρικών δυνατοτήτων. Στη μελέτη τους, το QUANTUM GIS εμφανίζεται υποδεέστερο άλλων λογισμικών στους δύο πρώτους τομείς, όμως αυτό πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα διασύνδεσης του με το GRASS, το οποίο δεν εξετάζεται καθόλου. (Samaddar et al, 2009)

Οι Duncan et al εξέτασαν τη λειτουργικότητα του ARCGIS 9.3 και της διαδικτυακής εφαρμογής batchgeo.com στον τομέα της γεωκωδικοποίησης. Κατέληξαν ότι γενικά η δικτυακή εφαρμογή μπορεί να παρέχει αντίστοιχα αποτελέσματα με το ARCGIS 9.3, αν και τα αποτελέσματα του batchgeo.com πιθανόν να εξαρτώνται και από την περιοχή μελέτης. Γενικά το ARCGIS 9.3 είναι προτιμότερο εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ένα γνωστό προϊόν το οποίο, μεταξύ άλλων, παρέχει στο χρήστη ένα σκορ το οποίο δείχνει το πόσο κοντά στην πραγματική του θέση γεωκωδικοποιήθηκε ένα σημείο. Οι ερευνητές επίσης αναφέρουν ότι το λογισμικό QUANTUM GIS έχει δυνατότητα γεωκωδικοποίησης, αλλά ενός μόνο σημείου τη φορά. (Duncan et al, 2011)

Μια παρόμοια μελέτη διεξήχθη από τους Martinez, Coll και Irigoyen, στο τμήμα Χαρτογραφίας, Γεωδαισίας και Φωτογραμμετρίας του Πολυτεχνείου της Βαλένθια. Οι συγκεκριμένοι μελετητές χρησιμοποίησαν το ARCGIS 9.3 αφενός, και το ανοιχτό σύστημα διαχείριση βάσης δεδομένων (DBMS) PostgreSQL με την επέκταση PostGIS αφετέρου, για να υλοποιήσουν μια μελέτη χωροθέτησης ενός εργαστήριου. Η ανάλυση προέβλεπε τη χωροθέτηση του εργαστήριου σε συγκεκριμένο τύπο εδάφους, και σε συγκεκριμένη απόσταση από το δίκτυο απόχτευσης και το υδρολογικό δίκτυο, ενώ παράλληλα έθετε περιορισμό ελαχίστης επιφανείας 5000τ.μ. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων χωρικής ανάλυσης ήταν ακριβώς τα ίδια, γεγονός το οποίο αποδεικνύει την ικανότητα της PostGIS να εκτελεί συνθέτες εργασίες χωρικής ανάλυσης με αξιοπιστία ανάλογη αυτής των εμπορικών λογισμικών. (Martinez et al, 2005)

Μια ακόμη, σημαντική μελέτη σύγκρισης μεταξύ κλειστού κι ανοιχτού λογισμικού διεξήχθη από την Shamal Kiran Matty, στα πλαίσια της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής της εργασίας στο Πανεπιστήμιο του Σαν Ντιέγκο. Η συγκεκριμένη μελέτη αφορούσε τη σύγκριση μεταξύ της ORACLE SPATIAL και της PostGIS, δύο πολύ διαδεδομένων συστημάτων διαχείρισης βάσεων χωρικών δεδομένων. Τα συμπεράσματα της εργασίας δίνουν καθαρό προβάδισμα στην PostGIS, καθώς είναι « α) πιο οικονομική ως προϊόν ανοιχτού κώδικα, β) εύκολη στην υιοθέτηση, καθώς υποστηρίζεται ήδη από, κι επομένως είναι συμβατή με, έναν μεγάλο αριθμό projects. γ) είναι ευκολότερη στη χρήση δ) υπερτερεί σε απόδοση καθώς χρησιμοποιεί τον ελάχιστο αριθμό bytes που μπορεί για να αποθηκεύσει την πληροφορία, όποτε περιορίζει τις απόπειρες έγγραφης στο δίσκο, αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος, ε) περιέχει πολλές επιπλέον λειτουργίες που δεν διατίθενται στην ORACLE SPATIAL και στ) απαιτεί μόνο 532

*MB στο δίσκο για την εγκατάσταση της, αντί για τα 3,3 GB της ORACLE SPATIAL.» (Matty , 2012)*

Οι Steiniger και Bocher, κάνουν μια γενική σύγκριση ενός αριθμού λογισμικών GIS, ανοικτού κώδικα και καταγράφουν τις βασικές διαφορές όσον αφορά τη λειτουργικότητα τους. Τα συμπεράσματα τους αναφέρουν ότι από τα 10 λογισμικά τα οποία εξεταστήκαν, τα τέσσερα (4) αναπτύχθηκαν αρχικά από εμπορικές εταιρείες, ενώ αλλά πέντε (5) από ερευνητικά προγράμματα, ενώ μόνο ένα αναπτύχθηκε μόνο από χρήστες. Επίσης όλα τα λογισμικά τα οποία εξεταστήκαν θεωρούνται από τους ερευνητές ως ώριμα, ενώ οι ερευνητές συμφωνούν με την κριτική η οποία γίνεται προς τους κατασκευαστές εμπορικού λογισμικού σχετικά με την αργή ενσωμάτωση ήδη ανεπτυγμένων μοντέλων κι αλγορίθμων (από την κοινότητα ανοιχτού λογισμικού) στα εμπορικά προϊόντα τους. Τέλος οι ερευνητές καταλήγουν ότι αν και τα ανοικτά λογισμικά GIS μπορεί να μη είναι κατάλληλα για όλους τους χρήστες, παραμένουν η καλύτερη λύση για όσους ασχολούνται με τον τομέα της έρευνας. (Steiniger, Bocher, 2009)

Τέλος μια ακόμα έρευνα η οποία (αν και έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 1.6) αξίζει να αναφερθεί στο σημείο αυτό, είναι η μελέτη των Camara και Onsrud η οποία εξετάζει το αν πράγματι τα ανοικτά λογισμικά GIS ανταποκρίνονται στο μύθο ο οποίος έχει δημιουργηθεί σε σχέση με την προέλευση τους. Συγκεκριμένα η μελέτη εξετάζει την προέλευση κι εξέλιξη των λογισμικών αυτών, και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι από τους 29 κατασκευαστές ανοιχτού λογισμικού GIS οι 17 είναι ιδιωτικές εταιρείες, 8 είναι κυβερνητικοί φορείς και μόνο 4 είναι Πανεπιστήμια. Σύμφωνα με τους ερευνητές αν και πάνω από τα μισά projects τα οποία μελετήθηκαν οφείλονται σε μεμονωμένα άτομα ή μικρές ομάδες ατόμων, τα αποτελέσματα των projects αυτών είναι συνήθως εξειδικευμένες εφαρμογές που εστιάζουν στη μετατροπή δεδομένων μεταξύ ήδη διαθέσιμων format ή απλά στην οπτικοποίηση δεδομένων. Αντίθετα οι εταιρείες παράγουν το 41% όλων των λογισμικών, τα οποία είναι γενικά πιο ποιοτικά από αντίστοιχα, μη παραγόμενα από εταιρείες, λογισμικά τα οποία αποτελούν μεμονωμένες προσπάθειες. (Camara, Onsrud, 2004)

### 3.2 Βιβλιογραφική Επισκόπηση Μελετών, Υλοποιηθέντων με τη Χρήσης Ανοιχτών Λογισμικών GIS.

Όπως έχει ήδη διατυπωθεί σε προηγούμενες παραγράφους, η ανάπτυξη των λογισμικών GIS ανοιχτού κώδικα τα τελευταία χρόνια υπήρξε αλματώδης. Το αποτέλεσμα ήταν η εξίσου αλματώδης αύξηση των εφαρμογών οι οποίες υλοποιούνται με αυτού του είδους το λογισμικό, ειδικά όσον αφορά ερευνητικές (και όχι τόσο εμπορικές) εφαρμογές. Έτσι παρατηρείται ένας αυξημένος αριθμός ερευνητικών εφαρμογών, διαφόρων ερευνητικών πεδίων, ο οποίος βασίζεται στη χρήση λογισμικών GIS ανοιχτού κώδικα αντί για τα συνηθισμένα εμπορικά λογισμικά.

Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής είναι η εργασία των Mitchell, Csillag και Tague, οι οποίοι έκαναν χρήση του λογισμικού GRASS προκειμένου να μοντελοποιήσουν την χωρική ετερογένεια (spatial heterogeneity) η οποία παρατηρείται σε διάφορα περιβαλλοντικά μοντέλα. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι το λογισμικό GRASS αφενός παρέχει ένα μεγάλο μέρος των εργαλείων τα οποία απαιτούνται για την μοντελοποίηση της χωρικής ετερογένειας, ενώ αφετέρου δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης νέων εργαλείων όπου αυτά δεν υπάρχουν. Έτσι κατάφεραν να σχεδιάσουν ένα σύστημα βασισμένο στο GRASS, το οποίο μπορεί να αντιμετωπίσει την ετερογένεια η οποία παρατηρείται σε σύνθετα περιβαλλοντικά μοντέλα. (Mitchell et al, 2002)

Επίσης, ο George Tudor του Γεωλογικού Ινστιτούτου της Ρουμανίας, χρησιμοποίησε το ανοιχτό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (DBMS) PostgreSQL με την επέκταση PostGIS για την αποθήκευση γεωλογικών δεδομένων σε διανυσματική και ψηφιδωτή μορφή. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονταν στη βάση PostgreSQL σε μορφή πινάκων, ενώ η οπτικοποίηση τους γινόταν μέσα από τα πακέτα QUANTUM\_GIS και gvSIG. Η PostGIS με τη χρήση χωρικών τελεστών και λειτουργιών τις οποίες διαθέτει, καθώς και της γλώσσας SQL, επέτρεπε την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, ενώ η διασύνδεση των ανοιχτών λογισμικών GIS με το συγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων διευκόλυνε τις εργασίες μέσω της παροχής στο χρήστη φιλικών διεπαφών. Τέλος με εξαίρεση την εκτέλεση χαρτογραφικών εργασιών (όπου το ARCGIS 9.3, το οποίο χρησιμοποίησε ως μετρώ σύγκρισης της αποτελεσματικότητας των ενεργειών του, απέδειξε την ανωτερότητα του), ο Tudor κατέληξε ότι η χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι εξίσου αποτελεσματική με τη χρήση εμπορικού λογισμικού. (Tudor, 2009)

Οι Yokoi et al. σχεδίασαν ένα σύστημα διαχείρισης καταστροφών προερχομένων από σεισμικά φαινόμενα (EARTHQUAKE DISASTER MITIGATION), με τη χρήση των ανοιχτών λογισμικών QUANTUM\_GIS, GRASS και του ανοιχτού DBMS PostgreSQL/PostGIS. Το σύστημα χρησιμοποιεί το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού QUANTUM\_GIS, σε συνδυασμό με το περιβάλλον ανάλυσης του GRASS, ενώ η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται με τη χρήση της PostgreSQL/PostGIS. Το παραπάνω σύστημα σχεδιάστηκε με στόχο την κάλυψη των αναγκών μικρών κοινοτήτων (ή αναπτυσσόμενων κρατών) οι οποίες αδυνατούν να χρηματοδοτήσουν τη χρήση high-end εμπορικών εφαρμογών όπως ο συνδυασμός ARCGIS 9.3 + ORACLE SPATIAL. (Yokoi et al., 2008)

Οι Bhatt et al., του Pennsylvania State University χρησιμοποίησαν τον κώδικα του QUANTUM\_GIS, για να σχεδιάσουν ένα δικό τους σύστημα CUSTOM GIS, το οποίο μπορεί να διαχειριστεί το υδρογραφικό μοντέλο PIHM (PEN STATE INTEGRATED HYDROLOGIC MODEL), το οποίο ανέπτυξε το ομόλογο Πανεπιστήμιο. Η νέα εφαρμογή ονομάζεται PIHMgis και αξιοποιεί πλήρως το μοντέλο PIHM μέσα από ένα περιβάλλον φιλικό στο χρήστη το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση του κώδικα του QUANTUM. (Bhatt et al., 2008)

Τέλος, ο Brendon Wolff-Piggott εξετάζει μια σειρά από εφαρμογές, στους τομείς της διαχείρισης υδάτων και της μηχανικής, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί με τη χρήση ανοιχτού λογισμικού. Η έρευνα του περιορίζεται στη Νότιο Αφρική, ενώ εξετάζει μια σειρά από λογισμικά όπως τα QUANTUM, GRASS, και την PostgreSQL/PostGIS. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι λειτουργικά ώριμη και αρκετά ικανή, ενώ η ικανότητα του ανοιχτού λογισμικού να συνδυάζεται με το εμπορικό, ανοίγει το δρόμο και για τον εξορθολογισμό των τιμών των αδειών των εμπορικών λογισμικών. (Wolff-Piggott B., 2010)

Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με την σύγκριση ανοιχτού και κλειστού λογισμικού, αλλά και σε σχέση με ήδη υπάρχουσες εφαρμογές ανοιχτού λογισμικού. Το επόμενο κεφάλαιο περιγράφει τα πεδία σύγκρισης με βάση τα οποία διεξάγεται η συγκριτική μελέτη δύο συνδυασμών λογισμικού (ARCGIS 9.3 VS QUANTUM\_GIS/GRASS), καθώς τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS αντιμετωπίζονται ως συνδυασμός λογισμικού κι όχι ως μεμονωμένα λογισμικά.

Τα συγκεκριμένα πεδία σύγκρισης καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα της λειτουργικότητας των λογισμικών μελέτης, ενώ αφορούν τις βασικότερες λειτουργίες των εν λόγω λογισμικών. Η συγκριτική αυτή μελέτη μεταξύ των λογισμικών λαμβάνει χώρα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ενώ τα συμπεράσματα της ενσωματώνονται στα γεικότερα συμπεράσματα της Εργασίας στο Κεφάλαιο 6.



# ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

## Κεφάλαιο 4: Πεδία Σύγκρισης αναφορικά με τις δυνατότητες του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS.

Το Κεφάλαιο 4 αναφέρεται στα πεδία σύγκρισης μεταξύ των δυνατοτήτων του λογισμικού ARCGIS 9.3 της εταιρείας ESRI και του συνδυασμού των λογισμικών QUANTUM\_GIS και GRASS, σχετικά με την αποθήκευση, διαχείριση και ανάλυση χωρικών δεδομένων. Η σύγκριση αυτή λαμβάνει χώρα σε μια σειρά από πεδία εφαρμογών τα οποία βρίσκονται εντός των δυνατοτήτων και των δύο πακέτων λογισμικών, και περιγράφεται εκτενώς στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS αντιμετωπίζονται ως ένα ενιαίο πακέτο λογισμικού, καθώς το λογισμικό GRASS προσεγγίζεται μέσα από την επιλογή GRASS TOOLS του QUANTUM, ενώ ο συνδυασμός τους αποτελεί μια ολοκληρωμένη εναλλακτική λύση, αντί της χρήσης του ARCGIS 9.3. Έτσι για κάθε ένα από τα πεδία εφαρμογών, τα οποία αποτελούν αντικείμενα σύγκρισης, το λογισμικό ARCGIS 9.3 συγκρίνεται ως προς τις δυνατότητες του με τον συνδυασμό QUANTUM\_GIS και GRASS TOOLS, ενώ όπου τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS διαφοροποιούνται, αναφορικά με την εκτέλεση κάποιας λειτουργίας, η διαφοροποίηση αυτή καταγράφεται. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η σύγκριση γίνεται μεταξύ των εκδόσεων ARCGIS 9.3, QGIS 1.8.0, GRASS 6.4.2, ενώ στην περίπτωση του QGIS έχουν ενεργοποιηθεί τα extensions ATLAS, CAD TOOLS, DB MANAGER, GRASS, GDAL TOOLS, GEOREFERENCER GDAL, GLOBE, INTERPOLATION PLUGIN, RASTER TERRAIN ANALYSIS, RASTER CALC, SEXTANTE, SPIT, VTERRAIN, FTOOLS, MMQGIS και SPATIAL QUERY. Τα πεδία σύγκρισης μεταξύ των δύο πακέτων λογισμικών έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να καλύπτουν όσο γίνεται μεγαλύτερο εύρος εκ των δυνατοτήτων των λογισμικών, και είναι τα παρακάτω:

1. Αποθήκευση και Διαχείριση Διανυσματικών Δεδομένων

2. Αποθήκευση και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων

3. Συστήματα Αναφοράς – Γεωαναφορά.

4. Χαρτογραφική Απεικόνιση (Χαρτογραφική Σύνθεση)

#### 5.Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων

#### 6.Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων

#### 7.Διαχείριση και Βασική Επεξεργασία Υψομετρικών Δεδομένων

#### 8. Γενικότερες Διαφορές Μεταξύ των δύο λογισμικών.

Κάθε ένα από τα παραπάνω πεδία εφαρμογής αναλύεται σε ξεχωριστό υποκεφάλαιο, στο οποίο γίνεται αρχικά αναφορά στο σχετικό θεωρητικό υπόβαθρο, εφόσον αυτό κρίθηκε απαραίτητο. Οι δε επιμέρους διαφορετικές μέθοδοι προσέγγισης κι επίλυσης συγκεκριμένων προβλημάτων μεταξύ των δύο πακέτων λογισμικού καταγράφονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

### **4.1 Αποθήκευση και Διαχείριση Διανυσματικών Δεδομένων.**

Το πρώτο πεδίο εφαρμογών, στο οποίο επιχειρείται σύγκριση μεταξύ του ARCGIS 9.3 και των QUANTUM/GRASS είναι η αποθήκευση και η διαχείριση των διανυσματικών δεδομένων. Συγκεκριμένα τα δύο πακέτα λογισμικών συγκρίνονται ως προς τους τρόπους με τους όποιους αποθηκεύουν τα διανυσματικά δεδομένα, καθώς και σε σχέση με το είδος και το πλήθος των διανυσματικών δεδομένων τα οποία είναι διαχειρίσιμα από το κάθε λογισμικό.

Στο σημείο αυτό, είναι απαραίτητο να γίνει μια πολύ σύντομη αναφορά στον ορό «διανυσματικά δεδομένα» και στη χρησιμότητά τους. Εν συντομία, μπορεί κανείς να πει ότι τα διανυσματικά δεδομένα αποτελούν μια συνηθισμένη μορφή χωρικών δεδομένων τα οποία βασίζονται στην έννοια του διανύσματος (vector), ως τη βασική τους δομική μονάδα. Το διάνυσμα είναι το ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ δύο σημείων γνωστών συντεταγμένων, κι έχει φορά ανάλογη με τη σειρά δημιουργίας (ψηφιοποίησης) των σημείων. Τα διανυσματικά δεδομένα έχουν τρεις βασικές μορφές, η κάθε μια από τις οποίες αξιοποιεί τις ιδιότητες της προηγούμενης, και οι οποίες είναι οι εξής:

- Σημεία: Πρόκειται για ζεύγη συντεταγμένων, σε συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς, τα οποία υλοποιούν συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις.
- Γραμμές: Στην ουσία πρόκειται για αλυσίδες σημείων, τα οποία ενώνονται με ευθύγραμμα τμήματα τα οποία ονομάζονται segments. Το σύνολο των segments

υλοποιεί μια γραμμή, τα άκρα της οποίας ονομάζονται κόμβοι, ενώ τα ενδιάμεσα σημεία (άκρα των segments) ονομάζονται vertices.

- Πολύγωνα: Πρόκειται στην ουσία για κλειστές γραμμές οι οποίες αποτελούνται από segments, και οι οποίες περικλείουν συγκεκριμένη εκταση.

Με την χρήση των παραπάνω μορφών δεδομένων, μπορούν να υλοποιηθούν πιο πολύπλοκες μορφές διανυσματικών δεδομένων όπως τα δεδομένα multipart και τα δίκτυα, ή οι πολυγωνικοί δακτύλιοι. Τα διανυσματικά δεδομένα περιγράφουν τη γεωμετρία των χωρικών δεδομένων, ενώ η περιγραφική πληροφορία η οποία τα ακολουθεί, αποθηκεύεται σε μια σειρά από πίνακες οι οποίοι συσχετίζονται με τις γραμμές, τα σημεία και τα πολύγωνα με τη χρήση πεδίων κλειδιών. Ανάλογα με το λογισμικό και το μοντέλο διαχείρισης βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται, υπάρχει γενικά και η δυνατότητα αποθήκευσης της γεωμετρίας, ως πεδίο, στον ίδιο πίνακα με τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (αντικείμενο-σχεσιακό μοντέλο).

Ανεξάρτητα από το μοντέλο αποθήκευσης το οποίο χρησιμοποιείται, μια σημαντική ιδιότητα των διανυσματικών δεδομένων είναι η δυνατότητα υλοποίησης και αποθήκευσης τοπολογίας, για τα δεδομένα διανυσματικής μορφής. Η έννοια της τοπολογίας είναι μια αρκετά σύνθετη μαθηματική έννοια η οποία στην περίπτωση των GIS, μπορεί να περιγράφει απλοϊκά ως το σύνολο των χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών (χωρικών) οντοτήτων. Η τοπολογία αποτελεί χαρακτηριστικό των διανυσματικών δεδομένων, ενώ δεν συναντάται στα ψηφιδωτά δεδομένα, και είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά, η δημιουργία και διαχείριση των οποίων διαφοροποιούν τα λογισμικά τα οποία συγκρίνονται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι τα διανυσματικά δεδομένα χρησιμοποιούνται στην μοντελοποίηση διακριτών (discrete) κυρίως δεδομένων, όπως οι χρήσεις γης, τα σημεία ενδιαφέροντος και οι γραμμικές χωρικές οντότητες. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση τους σε εφαρμογές μοντελοποίησης κι ανάλυσης δικτύων, πλοήγησης κ.α. Η ανάλυση του τρόπου με τον οποίο τα λογισμικά ARCGIS 9.3 και QUANTUM/GRASS, ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις αποθήκευσης, διαχείρισης και τοπολογικής επαλήθευσης διανυσματικών δεδομένων, καθώς και η ανάλυση των μορφών διανυσματικών δεδομένων τα οποία είναι διαχειρίσιμα από κάθε λογισμικό και τα μοντέλα υλοποίησης τους, περιγράφονται εκτενέστερα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

## 4.2 Αποθήκευση και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων.

Το επόμενο σημαντικό σημείο σύγκρισης μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QUANTUM\_GIS/GRASS, αφορά τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύουν και διαχειρίζονται τα ψηφιδωτά δεδομένα (RASTER DATA). Τα ψηφιδωτά δεδομένα αποτελούν μια εναλλακτική δομή δεδομένων, η οποία δεν βασίζεται στο διανυσματικό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιεί σημεία (ζεύγη συντεταγμένων) και ευθύγραμμα τμήματα για να απεικονίσει χωρικές οντότητες. Αντίθετα η δομική μονάδα των ψηφιδωτών δεδομένων είναι το εικονοστοιχείο ή εικονοψηφίδα ή pixel. Το εικονοστοιχείο είναι στην πραγματικότητα μια περιοχή ή οποία έχει συγκεκριμένες διαστάσεις και η οποία θεωρείται ότι σε όλη της την έκταση έχει τις ίδιες ακριβώς ιδιότητες. Έτσι ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων γειτονικών ψηφιδών (κάθε μια από τις οποίες περιέχει μια τιμή μιας ιδιότητας) συνθέτουν μια ευρύτερη και πολυπλοκότερη δομή. Με τον τρόπο αυτό η εικόνα της τηλεόρασης ή μια ψηφιακή φωτογραφία συντίθεται από χιλιάδες εικονοστοιχεία, κάθε ένα από τα οποία αντιπροσωπεύει, κι απεικονίζεται με, συγκεκριμένο χρώμα.

Σε γενικές γραμμές ένα ψηφιδωτό μοντέλο πρέπει, σύμφωνα με τον Μανιάτη, να ικανοποιεί δύο συνθήκες:

- «δυνατότητα απεριόριστης επέκτασης στο χώρο» (Μανιάτης, 1996)
- «δυνατότητα συνεχούς κι επαναλαμβανόμενης υποδιαίρεσης σε μικρότερο ιδίου σχήματος ενότητες.» (Μανιάτης, 1996)

Έτσι τα εικονοστοιχεία τα οποία συνθέτουν ένα ψηφιδωτό μοντέλο μπορεί να έχουν διάφορα σχήματα, τα οποία να ικανοποιούν μία από ή και τις δύο παραπάνω συνθήκες. Συνήθως χρησιμοποιούνται, ανάλογα με την εφαρμογή, τριγωνικά, εξαγωνικά ή και οκταγωνικά μοντέλα, ενώ το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο είναι το τετραγωνικό μοντέλο. Το συγκεκριμένο μοντέλο συνθέτει την εικόνα με τη χρήση τετραγωνικών εικονοστοιχείων συγκεκριμένης επιφανείας, ενώ ικανοποιεί και τις δύο παραπάνω συνθήκες.

Τα ψηφιδωτά αρχεία έχουν ένα πλήθος διαφορετικών μορφών, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με το μοντέλο αποθήκευσης τους και το χώρο τον οποίο καταλαμβάνουν στο σκληρό δίσκο. Οι κυριότερες μορφές τέτοιων αρχείων είναι οι μορφές .tiff, .jpg, png, bmp, .img καθώς και η γνωστή σε όσους ασχολούνται με GIS μορφή GRID. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα αρχεία μορφής raster είναι δυνατό να γεωαναφερθούν, όποτε το μέγεθος του

εικονοστοιχείου πλέον υπολογίζεται σε μονάδες μέτρησης που αντιστοιχούν σε μήκη στην επιφάνεια της γης. (π.χ. GRID, GEOTIFF κλπ).

Η συνοπτική περιγραφή των δυνατοτήτων οπτικοποίησης, αποθήκευσης, αξιοποίησης κι επεξεργασίας των ψηφιδωτών δεδομένων από τα λογισμικά QUANTUM\_GIS/GRASS και ARCGIS 9.3 ακολουθεί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ενώ δεν θα γίνει αναφορά στις εργασίες ανάλυσης με τη χρήση τέτοιων δεδομένων, καθώς αυτό το θέμα καλύπτεται σε επόμενο υποκεφάλαιο,

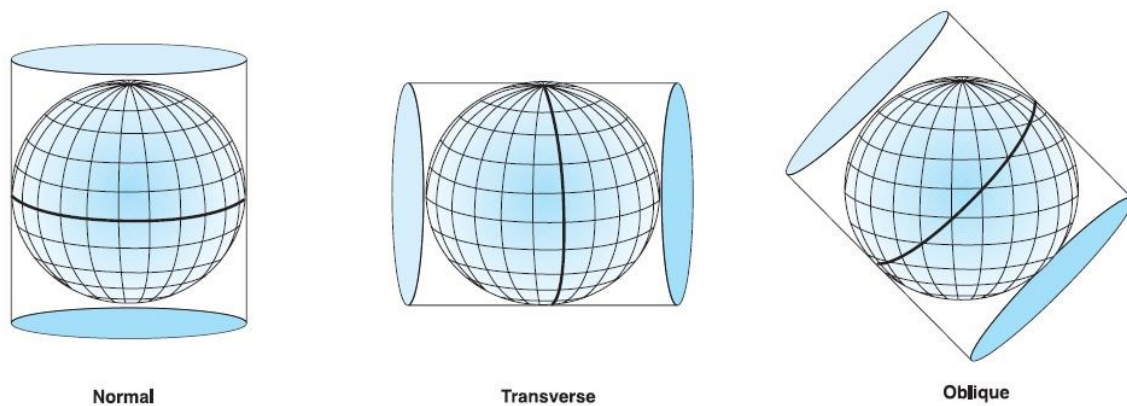
### **4.3 Συστήματα Αναφοράς – Γεωαναφορά Δεδομένων.**

Η συγκεκριμένη παράγραφος συγκεκριμένο υποκεφάλαιο αφορά τις δυνατότητες των λογισμικών ARCGIS και QUANTUM\_GIS/GRASS, σε σχέση με τη διαχείριση των διαφορετικών προβολικών συστημάτων και συστημάτων αναφοράς. Συγκεκριμένα τα λογισμικά συγκρίνονται ως προς τον τρόπο με τον οποίο μετασχηματίζουν τα δεδομένα από ένα σύστημα αναφοράς σε ένα άλλο, από τον τρόπο με τον οποίο προσδίδουν Γεωαναφορά σε ψηφιδωτά δεδομένα, και από τα συστήματα αναφοράς τα οποία υποστηρίζουν.

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να γίνει μια σύντομη περιγραφή των όρων προβολικό σύστημα και σύστημα αναφοράς (συντεταγμένων), καθώς οι όροι αυτοί αναφέρονται κατά κόρον στη συνέχεια. Ως γνωστόν, η γήινη επιφάνεια δεν είναι ούτε επίπεδη, ούτε όμως και σφαιρική καθώς δεν αποτελεί τέλεια σφαίρα συγκεκριμένης ακτίνας. Έτσι η προσπάθεια προσέγγισης της με ένα κατανοητό σχήμα οδήγησε αρχικά στην έννοια του γεωειδούς, το οποίο αποτελεί σε γενικές γραμμές την ισοδυναμική επιφάνεια η οποία «ταυτίζεται» με τη μέση στάθμη των θαλασσών. Η επιφάνεια αυτή είναι πολύ δύσκολο να μοντελοποιηθεί μαθηματικά, γεγονός το οποίο οδήγησε στην έννοια του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής το οποίο αποτελεί μαθηματική επιφάνεια εύκολα μοντελοποιήσιμη, και η οποία είναι ο πλέον αξιόπιστος τρόπος αναπαράστασης του σχήματος της γης.

Στην περίπτωση της χαρτογραφίας όμως παρουσιάζεται το πρόβλημα της απεικόνισης χαρακτηριστικών, τα οποία βρίσκονται επάνω σε μια καμπύλη επιφάνεια, σε έναν επίπεδο χάρτη. Η αναπαράσταση της καμπύλης γήινης επιφανείας σε μορφή επιπέδου χάρτη, απαιτεί αφενός μια σειρά πολύπλοκων μαθηματικών εξισώσεων μετασχηματισμού, κι αφετέρου την επιλογή της σχετικής θέσης του χαρτιού προβολής σε σχέση με την γήινη επιφάνεια, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 54 (συνήθως η γήινη επιφάνεια προβάλλεται σε ένα χάρτη ο οποίος

θεωρείται ότι τυλίγει τη γη). Το σύνολο των δύο αυτών παραγόντων ονομάζεται χαρτογραφική προβολή ή προβολικό σύστημα.



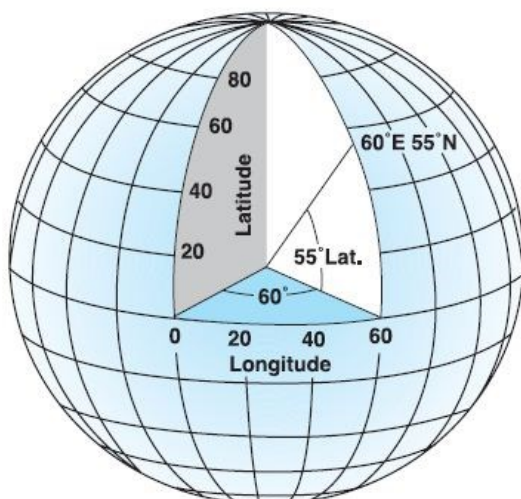
*Εικόνα 1 Απεικόνιση προβολικών συστημάτων (μερκατορικών) (ARCGIS 9.3 HELP)*

Τα προβολικά συστήματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες, η ανάπτυξη όλων των οποίων δεν αφορά τη συγκεκριμένη εργασία. Αρκεί να αναφερθεί ότι η κυριότερη διάκριση μεταξύ των προβολικών συστημάτων, αφορά τα χαρακτηριστικά τα οποία η κάθε προβολή διατηρεί αναλλοίωτα. Έτσι οι προβολές διακρίνονται στις τρεις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- Ισαπέχουσες οι οποίες διατηρούν αναλλοίωτες τις αποστάσεις
- Ισοδύναμες οι οποίες διατηρούν αναλλοίωτα τα εμβαδά
- Σύμμορφες οι οποίες διατηρούν αναλλοίωτες τις γωνίες

Τα συστήματα αναφοράς αφορούν συστήματα τα οποία προσδίδουν συντεταγμένες, σε αντικείμενα στο χώρο, με βάση τις οποίες προσδιορίζονται οι θέσεις των αντικειμένων αυτών. Τα συστήματα αναφοράς διαχωρίζονται κι αυτά σε διάφορες κατηγορίες, στην περίπτωση των λογισμικών GIS όμως οι βασικές κατηγορίες διαχωρισμού είναι οι δύο παρακάτω:

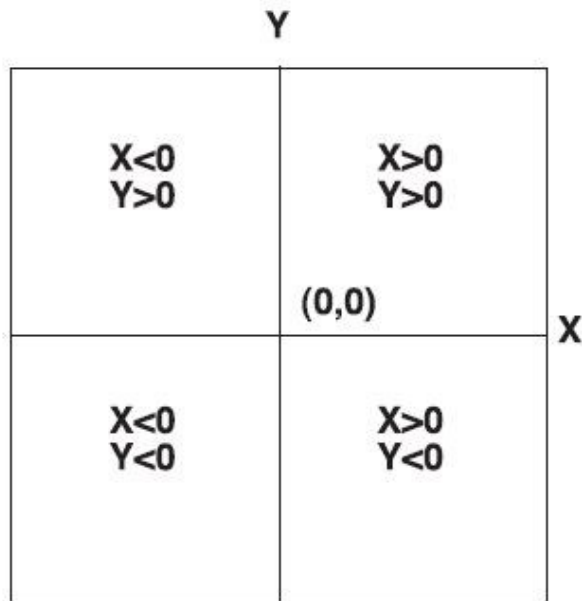
- Γεωγραφικά Συστήματα Αναφοράς (Geographic Coordinate Systems): Τα συστήματα αυτά προσεγγίζουν τη γήινη επιφάνεια ως σφαίρα, κι εκφράζουν τη θέση ενός αντικειμένου με βάση το γεωγραφικό του μήκος και πλάτος. Η αρχή μέτρησης των μεγεθών αυτών είναι συνήθως το σημείο τομής του 1<sup>ου</sup> μεσημβρινού Greenwich και του Ισημερινού (για τα περισσότερα συστήματα) (ARCGIS 9.3 HELP)



*Εικόνα 2 Γεωγραφικό Σύστημα αναφοράς (ARCGIS 9.3 HELP)*

- Προβλεβημένα Συστήματα Αναφοράς (Projected Coordinate Systems): Τα συστήματα αυτά διατηρούν αναλλοίωτα τα μήκη, τις πλευρές και τις γωνίες, κατά μήκος δύο αξόνων, ενώ εντοπίζουν τη θέση ενός αντικειμένου από τις συντεταγμένες X,Y τις οποίες του προσδίδουν. Πρόκειται στην ουσία για Καρτεσιανά Συστήματα Συντεταγμένων, στα οποία το σημείο αρχής ορίζεται κατά συνθήκη από τους δημιουργούς του Συστήματος. Είναι σχεδιασμένα ώστε να καλυπτουν με ακρίβεια συγκεκριμένες εκτάσεις της γήινης επιφανείας, κι επομένως έχουν ουσιαστικά τοπικό χαρακτήρα, γεγονός το οποίο τους προσδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια και τα καθιστά κατάλληλα για χρήση με μεγάλες κλίμακες. (ARCGIS 9.3 HELP)





Εικόνα 3 Προβλεπμένο Σύστημα αναφοράς (ARC GIS 9.3 HELP)

Τέλος με τον ορό Γεωαναφορά ονομάζονται οι διαδικασίες με τις οποίες προσδίδεται ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς στα γεωγραφικά δεδομένα, ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης και με την απαιτούμενη γεωμετρική ακρίβεια. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της εργασίας γίνεται περιγραφή του τρόπου με τον οποίο τα λογισμικά ARCGIS, QUANTIM\_GIS/GRASS διαχειρίζονται τα χωρικά δεδομένα σε σχέση με την Γεωαναφορά τους.

#### 4.4 Δυνατότητες Χαρτογραφικής Σύνθεσης

Μια από τις βασικότερες λειτουργίες ενός πακέτου λογισμικού GIS, είναι η δυνατότητα χαρτογραφικής σύνθεσης και δημιουργίας θεματικών (ή άλλων) χαρτών, οι οποίοι απεικονίζουν χωρικές οντότητες, καθώς και σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων ή διεργασίες οι οποίες εξελίσσονται στο χώρο. Οι εφαρμογές της Επιστήμης της Χαρτογραφίας είναι ευρύτατες και δεν αποτελεί στόχο της παρούσης εργασίας η περαιτέρω επέκταση σε αυτές. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι οι δυνατότητες ενός πακέτου GIS στον συγκεκριμένο τομέα, αποτελούν ένα από τα βασικότερα σημεία σύγκρισης του με αντίστοιχα λογισμικά. Στην περίπτωση των λογισμικών ARCGIS, QUANTUM\_GIS/GRASS, μπορεί να ειπωθεί ότι οι δυνατότητες των πακέτων λογισμικού είναι αρκετά εκτεταμένες, όπως γίνεται κατανοητό

από την εκτενή περιγραφή του περιβάλλοντος χαρτογραφικής σύνθεσης των λογισμικών η οποία ακολουθεί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

#### **4.5 Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων**

Η συγκεκριμένη παράγραφος αφορά τη σύγκριση των λογισμικών ARCGIS, QUANTUM/GRASS, σε σχέση με τις δυνατότητες τις οποίες προσφέρουν στον τομέα των Βασικών Λειτουργιών Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων. Ως Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης, θεωρούνται όλες οι λειτουργίες οι οποίες αφορούν την ανάλυση διανυσματικών δεδομένων, τα οποία δεν αφορούν δίκτυα, υψομετρικά μοντέλα εδάφους TIN, ή οποιαδήποτε άλλη μορφή δεδομένων η οποία να απαιτεί χρήση εξειδικευμένων αναλυτικών μοντέλων ή τεχνικών. Η σύγκριση των λογισμικών στον τομέα της Βασικής Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων ακολουθεί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ με το λογισμικό ARCGIS 9.3 να εξετάζεται πρώτο.

#### **4.6 Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων**

Η συγκεκριμένη παράγραφος εξετάζει τις δυνατότητες των λογισμικών σε σχέση με τις Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων. Ως τέτοιες θεωρούνται οι λειτουργίες:

- αποκοπής τμημάτων ψηφιδωτών αρχείων
- δημιουργίας ζωνών επιρροής (buffer zones) με τη χρήση ψηφιδωτών αρχείων
- επαναταξινόμησης των τιμών των κελιών των ψηφιδωτών αρχείων, και
- διενέργειας μαθηματικών ή άλλων (λογικών) πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων.

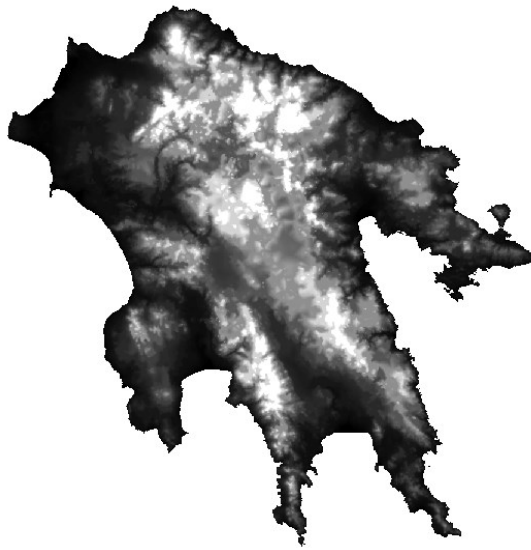
Οι συγκεκριμένες λειτουργίες αποτελούν ένα μικρό μόνο μέρος των συνολικών δυνατοτήτων των λογισμικών μελέτης σχετικά με την Ανάλυση Ψηφιδωτών δεδομένων, καθώς αυτές επεκτείνονται και σε εξειδικευμένες εφαρμογές οι οποίες απαιτούν τη χρήση συνθέτων διαδικασιών κι αναλυτικών μοντέλων. Η ανάλυση των συγκεκριμένων συνθέτων λειτουργιών δεν αποτελεί στόχο του συγκεκριμένου κεφαλαίου το οποίο αφορά τη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών σε σχέση με τις Βασικές Δυνατότητες και Λειτουργίες τους. Στο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ γίνεται παρουσίαση των δυνατοτήτων του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QGIS/GRASS σχετικά με τις παραπάνω βασικές λειτουργίες.

#### **4.7 Διαχείριση και Βασική Επεξεργασία Υψομετρικών Δεδομένων**

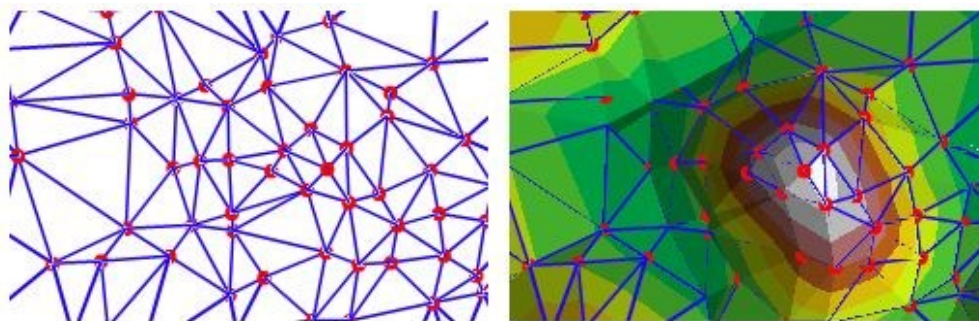
Η παράγραφος 4.7 αφορά τον τρόπο με τον οποίο τα λογισμικά της μελέτης διαχειρίζονται τα υψομετρικά δεδομένα, καθώς και τα βασικά εργαλεία δημιουργίας και ανάλυσης των συγκεκριμένων δεδομένων. Τα υψομετρικά δεδομένα διαφοροποιούνται από τα δισδιάστατα δεδομένα, εξαιτίας του γεγονότος ότι περιέχουν πληροφορία σχετικά με την τρίτη διάσταση, του υψόμετρου Z. Σε γενικές γραμμές, οι κυριότεροι τρόποι αναπαράστασης της τρίτης διάστασης της γήινης επιφανείας, σε ένα λογισμικό GIS, είναι οι παρακάτω:

- Υψομετρικές καμπύλες: Πρόκειται για διανυσματικά δεδομένα τα οποία αποτελούνται από καμπύλες οι οποίες ενώνουν σημεία του ίδιου υψόμετρου. Το υψόμετρο των καμπυλών αποθηκεύεται σε αντίστοιχο πεδίο του πίνακα χαρακτηριστικών για κάθε καμπύλη.
- Υψομετρικά Αρχεία ASCII: Πρόκειται για τα γνωστά σε όσους ασχολούνται με τη φωτογραμμετρία, DTMs, τα οποία είναι στην ουσία αρχεία (textfiles) τα οποία περιέχουν τις συντεταγμένες και τα υψόμετρα σημείων του εδάφους. Τα σημεία αυτά είναι κατανεμημένα σε μορφή καννάβου συγκεκριμένου βήματος, ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια.
- DEM: Πρόκειται για ψηφιδωτά αρχεία μορφής FLOATING GRID, τα οποία απεικονίζουν το γήινο ανάγλυφο με τη μορφή συνεχόμενης επιφανείας. Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται συνήθως με τη χρήση αρχείων των δύο προηγούμενων μορφών, ενώ η ακρίβεια με την οποία αναπαριστούν τη γήινη επιφάνεια εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του εικονοστοιχείου.



*Εικόνα 4 Η μορφή ενός αρχείου DEM.*

- TIN: Πρόκειται για μορφή αναπαράστασης του γήινου αναγλύφου με τη χρήση διανυσματικών αρχείων, τα οποία δημιουργούνται μέσω τριγωνισμού μεταξύ των vertices προϋπαρχόντων διανυσματικών αρχείων. Τα vertices αυτά ενώνονται με σκοπό την κατασκευή τριγώνων, τα οποία αποτελούν τις όψεις (facets) του αναγλύφου, το οποίο αναπαριστάται μέσα από αυτές. Τα τρίγωνα τα οποία σχηματίζονται ικανοποιούν το κριτήριο του DELEUNAY, ενώ το τελικό αποτέλεσμα έχει γενικά μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τα DEM.



*Εικόνα 5 Η μορφή ενός αρχείου TIN.*  
(<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=About%20TIN%20surfaces>)

Φυσικά οι παραπάνω μορφές απεικόνισης της υψομετρικής πληροφορίας της γήινης επιφανείας, δεν είναι οι μοναδικές. Το αντικείμενο της εργασίας όμως δεν αφορά την

ανάλυση όλων των μορφών απεικόνισης του αναγλύφου, αλλά τον τρόπο με τον οποίο τα λογισμικά μελέτης αξιοποιούν τις βασικότερες από τις μορφές αυτές. Οι δύο πρώτες μορφές απεικόνισης υψομετρικών δεδομένων αφορούν τις υψομετρικές καμπύλες και τα αρχεία ASCII, οι οποίες όμως παρουσιάζουν πολύ μικρό ενδιαφέρον. Άλλωστε οι μεν καμπύλες αποτελούν απλά διανυσματικά αρχεία, η διαχείριση των οποίων έχει αναλυθεί σε προηγούμενες παραγράφους, ενώ τα αρχεία ASCII είναι απλά αρχεία κειμένου τα οποία δημιουργούνται από φωτογραμμετρικές κυρίως εφαρμογές. Το αποτέλεσμα είναι ότι και οι δύο αυτές μορφές αρχείων χρησιμοποιούνται κυρίως ως αρχεία εισόδου, προκειμένου να δημιουργηθούν οι δύο επόμενες μορφές αναπαράστασης του αναγλύφου (DEM, TIN).

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ γίνεται εκτενής αναφορά στον τρόπο με τον οποίο τα λογισμικά μελέτης αξιοποιούν τα DEM και TIN προκειμένου να απεικονίσουν τη γήινη επιφάνεια. Η συγκεκριμένη περιγραφή των δυνατοτήτων των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS εστιάζεται στις παρακάτω λειτουργίες:

- Βασικά εργαλεία δημιουργίας DEM, TIN
- Βασικά εργαλεία αρχική ανάλυσης των DEM, TIN (slope, aspect, hillshade, contours)
- Εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων DEM, TIN σε μορφή 3D.

Τέλος,, λαμβάνεται υπόψιν η χρήση του λογισμικού GRASS, ως επέκταση του QGIS, μέσα από το περιβάλλον των GRASS TOOLS, ενώ αντίθετα το ARCGIS 9.3, το οποίο εξετάζεται πρώτο, αποτελεί ενιαίο λογισμικό.

#### **4.8 Γενικότερες Διαφορές και Ομοιότητες μεταξύ του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QGIS/GRASS.**

Η συγκεκριμένη παράγραφος αφορά μια γενικότερη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών μελέτης, με αντικείμενο τις σχετικές ομοιότητες και διαφορές τους, τόσο σε δομικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο. Η εν λόγω σύγκριση δεν υπεισέρχεται σε λεπτομερή καταγραφή όλων των διαθέσιμων εργαλείων και λειτουργιών, αλλά περισσότερο αφορά μια γενικότερη σύγκριση των εν λόγω λογισμικών και την κατάδειξη κάποιων σημείων σύγκλισης τα οποία διαφαίνονται.

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να ειπωθεί ότι μια βασική ομοιότητα των λογισμικών GRASS, QUANTUM\_GIS και ARCGIS 9.3 είναι η επεκτασιμότητα τους, καθώς και τα τρία λογισμικά έχουν μια σπονδυλωτή δομή (modular structure), η οποία επιτρέπει τον διαρκή εμπλουτισμό τους με νέες λειτουργίες με τη μορφή νέων modules ή εργαλειοθηκών. Το μεν ARCGIS είναι κατεξοχήν σπονδυλωτό λογισμικό, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να αγοράσει τα modules τα οποία επιθυμεί ανάλογα με τις ανάγκες του, ενώ η ESRI φροντίζει να ενημερώνει το λογισμικό προσθέτοντας νέα modules με τη μορφή νέων εκδόσεων. Τα modules αυτά περιέχουν συνήθως ομάδες πολλαπλών εργαλείων, περιορισμένων σε ένα ενιαίο λειτουργικό πλαίσιο. Έτσι υπάρχουν ειδικά modules για Υδρολογική Ανάλυση, για Ανάλυση Δικτύων, για Εφαρμογές Χωρική Ανάλυσης (Γεωστατιστικών) κλπ.

Ομοίως, τα QGIS, GRASS επεκτείνονται διαρκώς με τη δημιουργία νέων εργαλείων τα οποία κατασκευάζουν χρήστες του λογισμικού και τα οποία διατίθενται είτε μεμονωμένα, είτε με τη μορφή εργαλειοθηκών. Οι εργαλειοθήκες αυτές συνήθως παρέχονται με τη μορφή προσθέτων τα οποία είναι διαθέσιμα στο χρήστη εφόσον το επιθυμεί, ενώ κάποιες από τις εργαλειοθήκες αυτές, με την πάροδο του χρόνου, προστίθενται στο κεντρικό περιβάλλον του λογισμικού από τους διαχειριστές (developers). Η διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων έγκειται κυρίως στη συχνότητα εισαγωγής νέων λειτουργιών στο λογισμικό, η οποία διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στο ARCGIS και στα QGIS, GRASS. Έτσι ενώ για το μεν ARCGIS η συχνότητα προσθήκης νέων λειτουργιών εξαρτάται από τη συχνότητα παροχής νέων εκδόσεων, στην περίπτωση των QGIS, GRASS η αντίστοιχη συχνότητα είναι πολύ μεγαλύτερη καθώς νέα εργαλεία προστίθενται σχεδόν σε καθημερινή βάση.

Τέλος, μια ακόμη ομοιότητα μεταξύ των λογισμικών μελέτης, αποτελεί η δυνατότητα διασύνδεσης με συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS). Έτσι το μεν ARCGIS μέσω του ARCSDE αρχικά, και του ARCSERVER στη συνέχεια, παρέχει δυνατότητα διασύνδεσης με το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων ORACLE δίνοντας τη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας από πολλούς χρήστες, τεραστίων όγκων δεδομένων. Ομοίως τα QGIS/GRASS παρέχουν αντίστοιχη δυνατότητα διασύνδεσης με το σύστημα PostgreSQL/PostGIS, το οποίο επιτρέπει τη διαχείριση εξίσου μεγάλων όγκων δεδομένων.

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των εν λόγω λογισμικών αφορά την έκταση των αντικειμένων τα οποία καλύπτουν οι λειτουργίες τους, και τον τρόπο επιλογής των αντικειμένων αυτών. Έτσι στην περίπτωση του ARCGIS, το οποίο είναι εμπορικό λογισμικό,

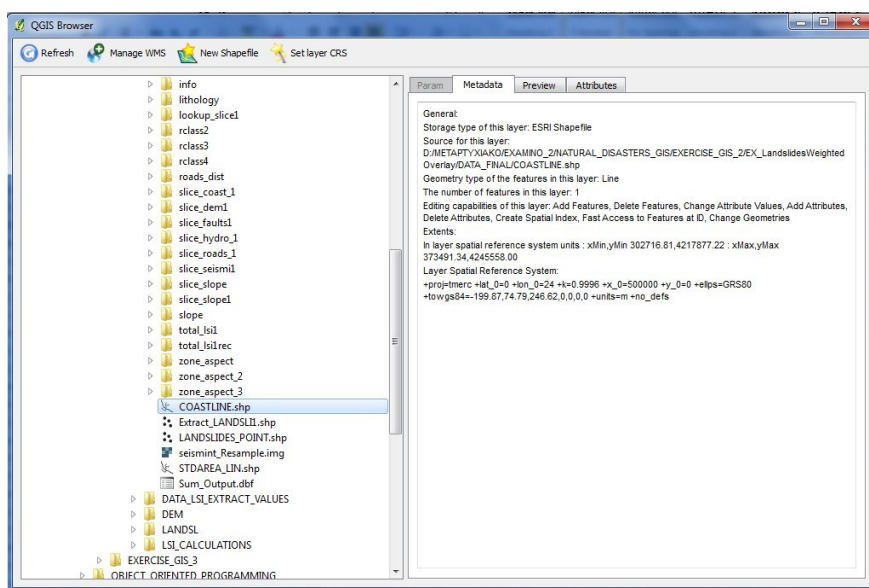
η ESRI επιλέγει να καλύψει μια γκάμα επιστημονικών αντικειμένων (π.χ. υδρολογική ανάλυση, ανάλυση δικτύων, γεωστατιστικών, ανάλυση 3d επιφανειών κλπ.) με στόχο να δημιουργήσει ένα ισορροπημένο λογισμικό, το οποίο θα καλύπτει πολλά διαφορετικά πεδία ανάλυσης παρέχοντας έτσι ένα προϊόν το οποίο απευθύνεται σε όσο γίνεται μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Φυσικά, τα εργαλεία αυτά δεν διατίθενται όλα με τη βασική έκδοση του λογισμικού, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι η πλήρης έκδοση του λογισμικού, η οποία εξετάζεται στην παρούσα εργασία, αποτελεί την πιο ισορροπημένη μορφή του, ενώ άλλες, λιγότερο πλήρεις, εκδόσεις είναι προσανατολισμένες σε συγκεκριμένα λειτουργικά πεδία.

Αντίθετα τα QGIS, GRASS καλύπτουν τις ανάγκες τις οποίες αναγνωρίζουν οι χρήστες και οι διαχειριστές τους ως πιο επιτακτικές ή σημαντικές. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα λογισμικά αυτά να έχουν έναν συνολικό προσανατολισμό σε συγκεκριμένες λειτουργίες, ενώ κάποιες άλλες αντιμετωπίζονται ως δευτερεύουσας σημασίας ή προτεραιότητας. Έτσι το QGIS είναι προσανατολισμένο περισσότερο στη διαχείριση διανυσματικών δεδομένων σε σχέση με τα ψηφιδωτά δεδομένα, όπου παρέχει λιγότερα εργαλεία επεξεργασίας και ανάλυσης. Ομοίως το GRASS, αν και παρέχει παρά πολλά εργαλεία διαχείρισης κι ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων, μεταξύ των οποίων κι εργαλεία εξειδικευμένης ανάλυσης (ανάλυση δικτύων), εξακολουθεί να ρίχνει περισσότερο βάρος στην ανάλυση των ψηφιδωτών δεδομένων. Στον τομέα αυτό (εξειδικευμένη ανάλυση ψηφιδωτών δεδομένων) πιθανόν να υπερτερεί του ARCGIS (χωρίς τη χρήση επιπλέον προσθέτων), καθώς παρέχει λειτουργίες τις οποίες το ARCGIS δε διαθέτει όπως ανάλυση δορυφορικών εικόνων, υπολογισμός δεικτών βλάστησης, εργαλεία ανάλυσης TASSELED CAP κ.α.

Ο συνδυασμός των δύο λογισμικών QGIS, GRASS δημιουργεί ένα πιο ισορροπημένο σύνολο, το οποίο καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών, χωρίς όμως να καλύπτει όλα τα αντικείμενα τα οποία καλύπτει το ARCGIS 9.3 σε ανάλογο βαθμό. Έτσι αν και τα GRASS TOOLS παρέχουν κάποιες δυνατότητες π.χ. γεωστατιστικής, όπως γραμμικής παλινδρόμησης, ο χρήστης θα πρέπει να καταφύγει στην περαιτέρω διασύνδεση των λογισμικών, με το λογισμικό R για πιο σύνθετες λειτουργίες. Έτσι θα πρέπει να εγκαταστήσει τρία διαφορετικά λογισμικά για να αποκτήσει δυνατότητες εξειδικευμένης ανάλυσης σε πεδία ανάλογα με τα πεδία τα οποία καλύπτει το ARCGIS μόνο του ή έστω με την προσθήκη του GEOSTATISTICAL ANALYST.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση τουλάχιστον του QGIS, διαφαίνεται μια προσπάθεια των δημιουργών του να υιοθετήσουν κάποιες λειτουργίες του

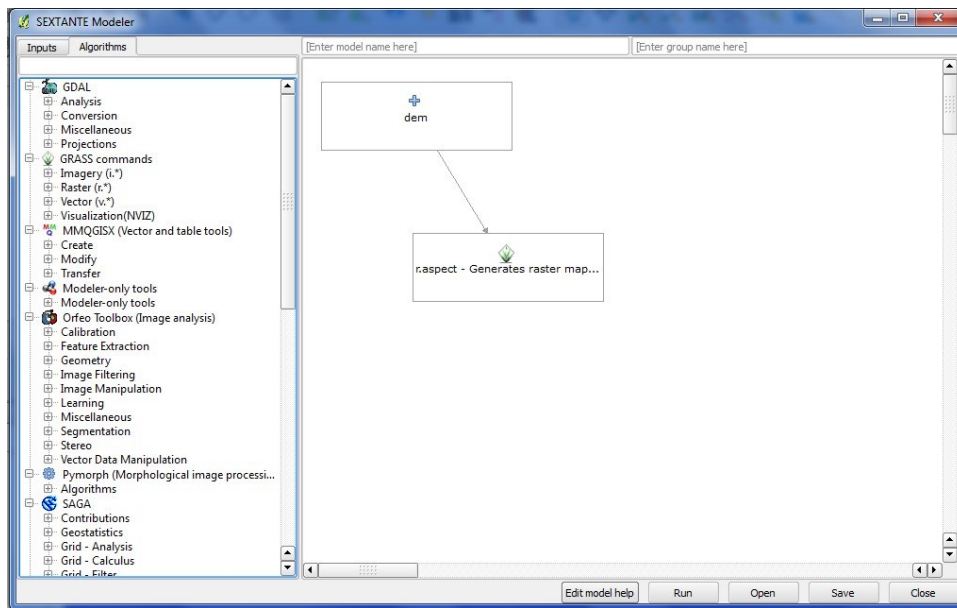
ARCGIS με τη δημιουργία επεκτάσεων, οι οποίες έχουν ανάλογη μορφή με αντίστοιχα modules του ARCGIS. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τακτικής αποτελεί το εργαλείο QGIS\_BROWSER, το οποίο αποτελεί μια προσπάθεια των δημιουργών του λογισμικού να δημιουργήσουν ένα εργαλείο ανάλογο του ARCCATALOG. Το συγκεκριμένο εργαλείο βέβαια είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο και δεν παρέχει αντίστοιχες δυνατότητες με αυτές του ARCCATALOG, όπως ανάλυση ή πλήρης διαχείριση (αντιγραφή, απόσβεση κλπ.) των αρχείων. Είναι όμως αρκετά υποσχόμενο, καθώς παρέχει ένα αρχικό περιβάλλον στο οποίο θα μπορούσαν να προστεθούν επιπλέον εργαλεία δίνοντας του έτσι την λειτουργικότητα η οποία του λείπει.



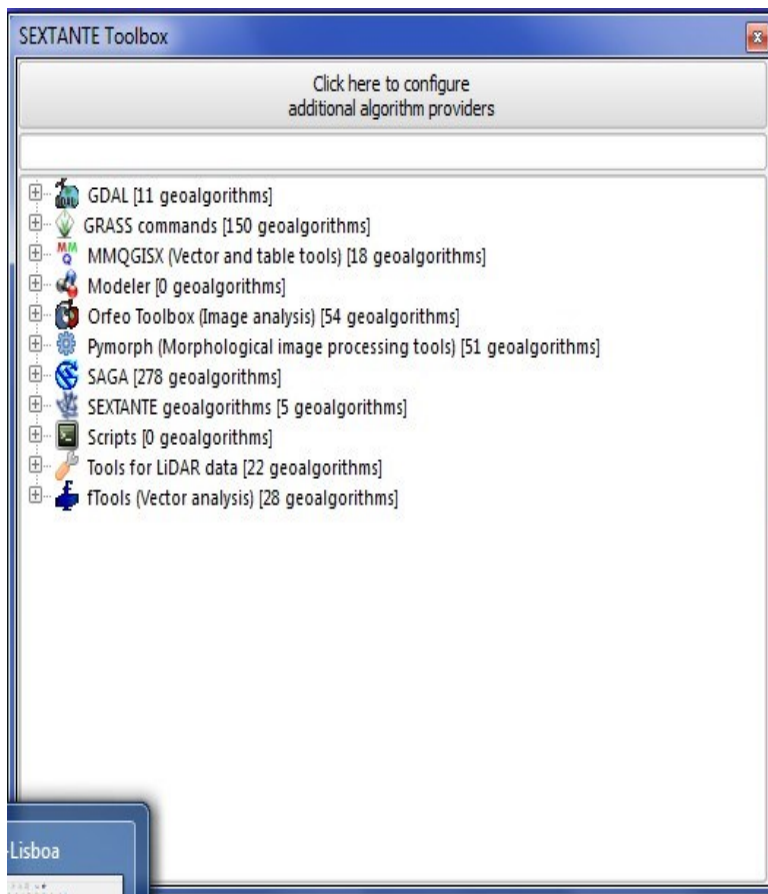
Εικόνα 6 Η μορφή του εργαλείου QUANTUM\_GIS BROWSER.

Ένα ακόμα εργαλείο το οποίο αποτελεί προσπάθεια μίμησης του περιβάλλοντος του ARCGIS, είναι η εργαλειοθήκη SEXTANTE η οποία καλύπτει τόσο το ρόλο της εργαλειοθήκης (αντίστοιχης του ARCCATALOG), όσο και του περιβάλλοντος ανάπτυξης αναλυτικών μοντέλων (αντιστοίχου του MODEL BUILDER). Το εν λόγω εργαλείο, μέσω της λειτουργίας SEXTANTE TOOLBOX παρέχει πρόσβαση σε μια σειρά εργαλείων ανάλυσης διαφόρων επιμέρους εργαλειοθηκών ή και λογισμικών, όπως τα GRASS TOOLS, FTOOLS, SAGA κ.α.), εφόσον τα αντίστοιχα λογισμικά έχουν εγκατασταθεί στον Η/Υ. Ταυτόχρονα μέσω της λειτουργίας SEXTANTE MODEL, δημιουργεί ένα περιβάλλον ανάπτυξης αναλυτικών μοντέλων παρόμοιο με αυτό του ARCGIS 9.3 MODEL BUILDER ενώ παράλληλα, το εργαλείο GLOBE το οποίο έχει ήδη περιγράψει, αποτελεί μια ακόμη προσπάθεια μίμησης του αντιστοίχου εργαλείου ARCGLOBE του ARCGIS 9.3.

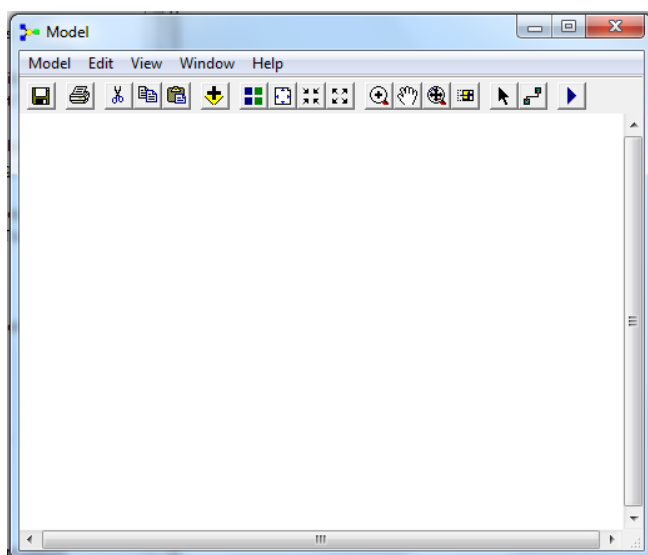




Εικόνα 7 Η μορφή του εργαλείου SEXTANTE MODEL.



Εικόνα 8 Η μορφή του εργαλείου SEXTANTE TOOLBOX.



*Εικόνα 9 Η μορφή του εργαλείου MODEL\_BUILDER.*

Το αποτέλεσμα των ενεργειών αυτών είναι η σύγκλιση του λογισμικού QGIS προς το ARCGIS, γεγονός το οποίο είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο προς τους χρήστες του ARCGIS καθώς κάνει τη μετάβαση τους στο QGIS πιο εύκολη. Άλλωστε ολόκληρο το περιβάλλον εργασίας του QGIS είναι αρκετά όμοιο με το αντίστοιχο περιβάλλον του ARCGIS 9.3, κάτι το οποίο δε συμβαίνει με το GRASS καθώς αναπτύχθηκε με εντελώς διαφορετική λογική. Η δυνατότητα χρήσης των GRASS TOOLS όμως, μέσα από το QGIS, κάνει την εξοικείωση του χρήστη και με το GRASS πιο εύκολη καθώς είναι σχετικά εύκολο για έναν εξοικειωμένο με τα GRASS TOOLS χρήστη, να μεταβεί στη συνέχεια στο περιβάλλον του αυτόνομου λογισμικού GRASS.

Το γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν όσα ειπωθήκαν στην παράγραφο 4.8, είναι ότι το λογισμικό QGIS είναι σε θέση να παρέχει στους χρήστες του δυνατότητες διαφόρων λογισμικών, μέσα από τη διασύνδεση του με τα λογισμικά αυτά, ενώ παράλληλα οι διαχειριστές του προσπαθούν να το κάνουν όσο πιο φιλικό στους χρήστες του ARCGIS γίνεται. Έτσι μέσα από τη διασύνδεση του με τα GRASS, R και SAGA ( η οποία γίνεται και μέσω του SEXTANTE) ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στα εργαλεία των λογισμικών αυτών, εφόσον τα έχει εγκαταστήσει στο σκληρό του δίσκο. Το γεγονός αυτό μετατρέπει το QGIS περισσότερο σε μια πλατφόρμα διασύνδεσης υπαρχόντων λογισμικών GIS, παρά σε αυτόνομο λογισμικό το οποίο μπορεί από μόνο του να διεξάγει πολλαπλές αναλυτικές διεργασίες με τη χρήση χωρικών δεδομένων. Ταυτόχρονα το περιβάλλον εργασίας του και η προσπάθεια μίμησης του ARCGIS με τη δημιουργία αντιστοίχων εργαλείων, διευκολύνουν τη μετάβαση των χρηστών του λογισμικού της ESRI στο QGIS.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί και πάλι ότι ο σκοπός της Διπλωματικής αυτής Εργασίας είναι η σύγκριση μεταξύ του ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού των λογισμικών QGIS/GRASS, και όχι η σύγκριση μεταξύ τριών ανεξάρτητων λογισμικών. Το γεγονός αυτό καθίστα την οποία περαιτέρω αναφορά στο λογισμικό GRASS (ως αυτόνομο λογισμικό), περιττή κι εκτός του σκοπού της εργασίας. Έτσι στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η σύγκριση των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS, στα οκτώ (8) πεδία εφαρμογών τα οποία επελέχθησαν προκειμένου να διεξαχθεί η παραπάνω σύγκριση. Στη συνέχεια ακολουθεί το Κεφάλαιο 5, το οποίο ασχολείται με τη διενέργεια δύο εξειδικευμένων αναλυτικών εφαρμογών με τη χρήση των λογισμικών μελέτης, και την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων αναφορικά με τις δυνατοτητές τους.

# ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

## **Κεφάλαιο 5: Εφαρμογές Εξειδικευμένης Ανάλυσης με τη χρήση των λογισμικών ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QUANTUM\_GIS/GRASS.**

Το συγκεκριμένο Κεφάλαιο αφορά τη διεξαγωγή δύο εφαρμογών χωρικής ανάλυσης, με τη χρήση απλών αναλυτικών μοντέλων, με σκοπό τη σύγκριση των λογισμικών μελέτης στο τομέα της εξειδικευμένης ανάλυσης. Ο στόχος του Κεφαλαίου 5 είναι η ανάλυση των δυνατοτήτων των λογισμικών μελέτης σε σχέση με τη διεξαγωγή εφαρμογών χωρικής ανάλυσης οι οποίες ξεφεύγουν από το πεδίο εργασιών ενός απλού (αρχικού χρήστη) και προσεγγίζουν το πεδίο εργασιών των λεγόμενων «μέσων» (πιο εξειδικευμένων) χρηστών. Οι χρήστες αυτοί αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της κοινότητας των λογισμικών GIS, το οποίο είναι εκ φύσεως πιο απαιτητικό ως προς τις δυνατότητες των λογισμικών τα οποία χρησιμοποιεί σε σύγκριση με τους απλούς χρήστες.

Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν τη χρήση τόσο ψηφιδωτών όσο και διανυσματικών δεδομένων, ενώ διεξάγονται με τη χρήση τόσο του ARCGIS 9.3 όσο και του συνδυασμού QGIS/GRASS. Τα αναλυτικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται, είναι απλά ώστε να μην απαιτείται η χρήση ιδιαίτερα εξειδικευμένων προσθέτων του ARCGIS, τα οποία λόγω κόστους δεν είναι διαθέσιμα.

Αυτό συμβαίνει επειδή το ARCGIS 9.3 αν και διαθέτει ένα μεγάλο μέρος εργαλείων εξειδικευμένης ανάλυσης, περιλαμβάνει ταυτόχρονα ένα μέρος των εργαλείων αυτών με τη μορφή εξειδικευμένων προσθέτων όπως τα ARCHYDRO, ARCLOGISTICS, ARCFM, GEOSTATISTICAL ANALYST, PLTS, MOLE κλπ τα οποία δεν είναι διαθέσιμα. Αντίθετα τα QGIS/GRASS, παρέχουν όλα τα εργαλεία τους ελεύθερα, όσο εξειδικευμένα και να είναι αυτά. Το αποτέλεσμα μιας σύγκρισης στα πεδία εξειδικευμένης ανάλυσης με τη χρήση ιδιαίτερα πολύπλοκων αναλυτικών μοντέλων (και εργαλείων αντίστοιχα), πιθανώς να ήταν μεροληπτικό, καθώς εικάζεται ότι θα οδηγούσε στην υπεροχή του συνδυασμού των ανοιχτών λογισμικών QGIS/GRASS έναντι του ARCGIS 9.3, χωρίς να εξετάζει το σύνολο των διαθέσιμων εργαλείων (τα οποία διατίθενται με τη μορφή επεκτάσεων) του ARCGIS 9.3. Το γεγονός αυτό δεν είναι αποδεκτό καθώς τα αποτελέσματα της σύγκρισης θα ήταν επηρεασμένα από τη μη διαθεσιμότητα των παραπάνω επεκτάσεων (ARCHYDRO,

ARCLOGISTICS, ARCFM, GEOSTATISTICAL ANALYST, PLTS, MOLE), οι οποίες είναι στην πραγματικότητα καίριας σημασίας.

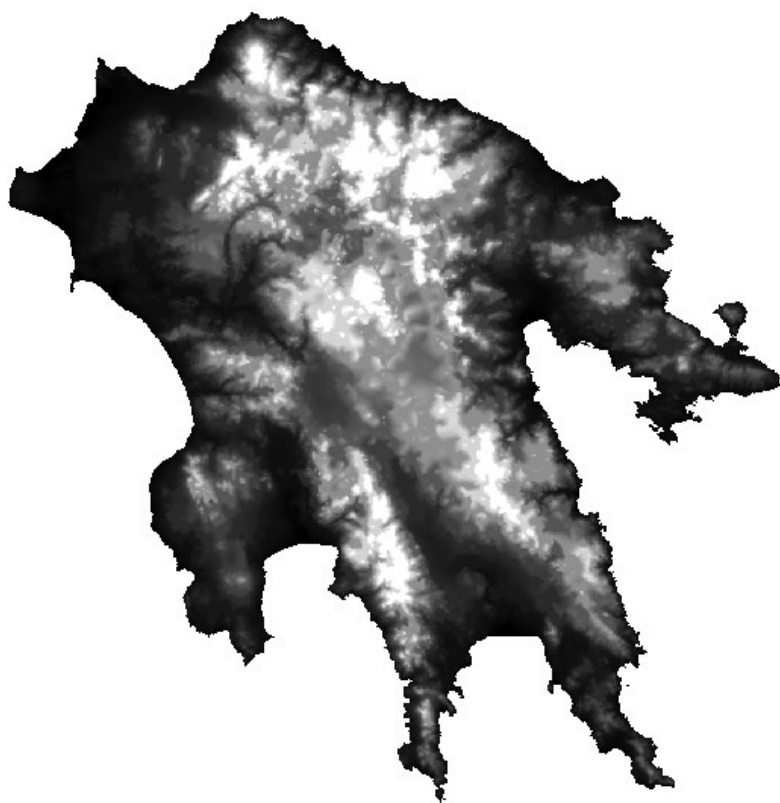
Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί παραπάνω, αλλά και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, οι εφαρμογές οι οποίες διεξάγονται στο παρόν Κεφάλαιο αφορούν τα παρακάτω πεδία:

1. Υδρολογική Ανάλυση
2. Γεωκωδικοποίηση (GEOCODING)

Τα δεδομένα των εφαρμογών αυτών αποτελούν εκπαιδευτικά δεδομένα, κι έχουν συγκεντρωθεί από εργαστηριακές ασκήσεις κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του ΠΜΣ «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου». Έτσι στις επόμενες παραγράφους ακολουθεί η διεξαγωγή των παραπάνω εφαρμογών με τη χρήση των λογισμικών μελέτης και η συγκριτική αποτίμηση των δυνατοτήτων και των αποτελεσμάτων των εργασιών, για κάθε εφαρμογή χωριστά. Σημειώνεται ότι, δεν θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο θεωρητικό πλαίσιο το οποίο αφορά τις εν λόγω εφαρμογές καθώς κάτι τέτοιο ξεφεύγει από το σκοπό της Διπλωματικής Εργασίας, η οποία αφορά τη σύγκριση λογισμικών κι όχι την κατεξοχήν υλοποίηση εφαρμογών.

### **5.1 Υδρολογική Ανάλυση – Εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου και λεκανών απορροής με τη χρήση DEM.**

Το αντικείμενο του υποκεφάλαιου 5.1 είναι η εκτέλεση μιας απλοποιημένης υδρολογικής μελέτης για την περιοχή της Πελοποννήσου. Συγκεκριμένα θα εντοπισθούν οι υδρολογικές υπολεκάνες και τα χαρακτηριστικά ρέματα επιφανειακής απορροής για την περιοχή μελέτης η οποία όπως αναφέρθηκε ήδη, περιλαμβάνει ολόκληρη την έκταση της Πελοποννήσου. Η ανάλυση θα διεξαχθεί σε περιβάλλον GIS με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS και του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS. Τα δεδομένα της Άσκησης περιορίζονται σε ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους μορφής DEM για την περιοχή μελέτης το οποίο έχει μέγεθος εικονομηφίδας (pixel size) 250 x 250 μέτρα, και το οποίο απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



*Εικόνα 10 Η μορφή του αρχικού DEM της Πελοποννήσου (Πηγή SRTM 90x90 με τροποποιήσεις).*

Η υδρολογική ανάλυση με χρήση ψηφιακού μοντέλου εδάφους DEM, σε γενικές γραμμές, είναι μια αρκετά περίπλοκη εργασία η οποία αποτελείται από αρκετά στάδια. Ο στόχος της είναι η μελέτη της συμπεριφοράς του νερού κατά την κίνηση του επάνω στη γήινη επιφάνεια, σε αντίθεση με την υπόγεια υδρολογική ανάλυση η οποία μελετά την συμπεριφορά του νερού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. (Kennedy, M., 2006)

Έτσι, σύμφωνα και πάλι με τον Kennedy τα στάδια στα οποία αναλύεται η επιφανειακή υδρολογική ανάλυση περιλαμβάνουν τα παρακάτω βήματα:

- Την δημιουργία μιας μαθηματικά σωστής αναπαράστασης της γήινης επιφάνειας της περιοχής μελέτης, θεωρώντας το υψόμετρο ενός συγκεκριμένου σημείου ως το υψόμετρο της επιφάνειας του αντίστοιχου κελιού το οποίο περικλείει το σημείο αυτό.
- Τον προσδιορισμό της διεύθυνσης ροής από το κάθε ένα κελί της επιφάνειας αυτής.

- Τον καθορισμό του γειτονικού κελιού προς το οποίο το νερό θα κινηθεί εάν κάθε κελί *''πλημμυρίσει''* με συγκεκριμένο όγκο νερού.
- Τον προσδιορισμό των κελιών τα οποία δέχονται τη μεγίστη ροή και τον καθορισμό τους ως *ρέματα* ή *ποτάμια* (είτε σε συνεχή βάση είτε κατά η διάρκεια των πλημμυρών)
- Την ανάπτυξη ενός υδρογραφικού δικτύου των ποταμών ή ρεμάτων αυτών, την ιεραρχική τους κατάταξη και την ταξινόμηση τους με βάση των όγκο νερού σε σχέση με τις ανάντη υδρολογικές λεκάνες .
- Τον προσδιορισμό των υδρολογικών υπολεκανών οι οποίες εκρέουν προς τα ποτάμια ή τα *ρέματα* και τον καθορισμό των σημείων εξόδου του νερού.
- Τον καθορισμό των λεκανών απορροής προς τις οποίες ένα συγκεκριμένο υγρό (νερό ή υγρός μολυσματικός παράγοντας) θα εκρεύσει και σε ποια ποσότητα. (Kennedy, M., 2006)

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό, στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκαν τα ακόλουθα στάδια:

- a) Δημιουργία μοντέλου εδάφους χωρίς εξάρσεις και ταπεινώσεις
- b) Προσδιορισμός της διεύθυνσης ροής και με τη δημιουργία της αντίστοιχης επιφανείας διευθύνσεων ροής.
- c) Προσδιορισμός της συσσωρευτικής ροής για κάθε κελί με τη δημιουργία της αντίστοιχης επιφανείας συσσωρευτικής ροής.
- d) Εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου μέσω της χρήσης κατάλληλης τιμής κατωφλιού (*threshold*), η οποία περιγράφεται στη συνέχεια, και διανυσματοποίηση του με αυτοματοποιημένο τρόπο.
- e) Εντοπισμός όλων των υδρολογικών υπολεκανών της περιοχής μελέτης με τη χρήση του μοντέλου εδάφους και του αρχείου διεύθυνσης ροής.

Στην περίπτωση του λογισμικού ARCGIS, τα παραπάνω στάδια είναι διαδοχικά και υλοποιούνται με τη σειρά με την οποία παρουσιάστηκαν, ενώ στην περίπτωση του συνδυασμού QGIS/GRASS, τα στάδια b έως e υλοποιούνται ταυτόχρονα με τη χρήση της εντολής *r.watershed*. Επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση του λογισμικού ARCGIS η τιμή κατωφλιού αφορά μια τιμή συσσωρευτικής ροής με βάση την οποία επαναταξινομείται το αρχείο συσσωρευτικής ροής προκειμένου να εντοπισθεί το υδρογραφικό δίκτυο. Αντίθετα, στην περίπτωση του συνδυασμού QGIS/GRASS δεν απαιτείται ταξινόμηση του αρχείου συσσωρευτικής ροής για την εξαγωγή του υδρογραφικού δικτύου, ενώ η τιμή κατωφλιού



άφορα την ελαχίστη επιφάνεια της μικρότερης υδρολογικής λεκάνης της όποιας ζητείται ο εντοπισμός. Τέλος, και στις δύο περιπτώσεις η τιμή κατωφλιού προκύπτει μετά από δοκιμές και είναι διαφορετική για κάθε περιοχή για την οποία διεξάγεται η συγκεκριμένη ανάλυση. Η διεξαγωγή των παραπάνω σταδίων λαμβάνει χώρα με τη χρήση αρχικά του λογισμικού ARCGIS 9.3 και στη συνέχεια με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS.

### 5.1.1 Υδρολογική Ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3

Το λογισμικό ARCGIS 9.3 περιλαμβάνει μια σειρά εργαλείων τα οποία είναι κατάλληλα για τη διεξαγωγή υδρολογικής ανάλυσης. Τα εργαλεία αυτά διατίθενται με τη μορφή επεκτάσεων, και συγκεκριμένα των επεκτάσεων SPATIAL ANALYST και ARC HYDRO, εκ των οποίων η πρώτη περιλαμβάνει βασικά εργαλεία υδρολογικής ανάλυσης, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει πιο σύνθετα κι εξειδικευμένα εργαλεία παρέχοντας στο χρήστη περισσότερες δυνατότητες. Παράλληλα, το λογισμικό παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει μοντέλα υδρολογικής ανάλυσης μέσω του περιβάλλοντος του model builder, κάνοντας χρήση των εργαλείων υδρολογικής ανάλυσης των παραπάνω επεκτάσεων, τα οποία εισάγονται σε αναλυτικά μοντέλα έτσι ώστε να καταστεί εφικτή η χρήση τους και για άλλα σετ δεδομένων. Η υδρολογική ανάλυση η οποία ακολουθεί περιλαμβάνει μια σειρά από βήματα τα οποία κάνουν χρήση συγκεκριμένων εργαλείων της εργαλειοθήκης με τίτλο HYDROLOGY του extension SPATIAL ANALYST. Τα βήματα αυτά καθώς και τα αποτελέσματα τους, περιγράφονται στη συνέχεια της συγκεκριμένης παραγράφου και είναι τα εξής:

#### ➤ Δημιουργία νέου μοντέλου εδάφους DEM χωρίς ταπεινώσεις.

Το πρώτο στάδιο της υδρολογικής ανάλυσης μετά τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, είναι η προεπεξεργασία του μοντέλου αυτού. Ένα σημαντικό πρόβλημα για την υδρολογική ανάλυση με τη χρήση DEM, είναι η παρουσία τοπικών ταπεινώσεων (SINKS) στα δεδομένα της μορφής αυτής. Οι ταπεινώσεις είναι κελιά τα οποία έχουν χαμηλότερο υψόμετρο από τα γειτονικά τους κελιά, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθοδική κλίση μεταξύ των κελιών αυτών και των γειτονικών τους, πράγμα που με τη σειρά του δεν επιτρέπει τη ροή του νερού έξω από τα εν λόγω κελιά. Οι ταπεινώσεις αυτές εμφανίζονται τόσο σε επίπεδες όσο και σε κλειστές περιοχές, ενώ τείνουν να είναι πιο κοινές σε περιοχές με μη έντονο

αναγλύφο. Παρά το γεγονός ότι κάποιες από αυτές μπορεί όντως να αναπαριστούν πραγματικές μορφές της γήινης επιφανείας, η πλειοψηφία τους αποτελείται από σφάλματα κατά την διαδικασία παρεμβολής για τη δημιουργία του DEM, ή από την περιορισμένη ανάλυση του DEM. Η δυνατότητα προσομοίωσης ροής διαμέσου των ταπεινώσεων αυτών αποτελεί βασικό παράγοντα της υδρολογικής ανάλυσης. Για το σκοπό αυτό, όλα τα λογισμικά τα οποία διενεργούν υδρολογικές αναλύσεις, περιέχουν εργαλεία απάλειψης των ταπεινώσεων αυτών (Lyon, Grimson, 2003)

Επομένως το πρώτο βήμα της επεξεργασίας των αρχικών δεδομένων της Άσκησης, είναι η δημιουργία ενός DEM το οποίο δεν θα έχει ταπεινώσεις. Αυτό γίνεται με τη χρήση του εργαλείου `FILL` από την εργαλειοθήκη `HYDROLOGY` της εργαλειοθήκης `SPATIAL_ANALYST_TOOLS`. Σαν αρχικό DEM εισάγεται το `PEL_DEM` το οποίο αποτελεί το αρχικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους ενώ σαν τελικό αποτέλεσμα της εργασίας αυτής λαμβάνεται το ψηφιδωτό αρχείο `FII_PEL_DEM1` το οποίο αποτελεί τη μορφή του αναγλύφου μετά την απαλοιφή των ταπεινώσεων. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής έχει δημιουργηθεί ένα νέο μοντέλο εδάφους το οποίο είναι απηλλαγμένο πλέον από ταπεινώσεις, και το οποίο μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του αρχείου διευθύνσεων ροής. Η μορφή του νέου ψηφιακού μοντέλου εδάφους απεικονίζεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας.



*Εικόνα 11 Η μορφή του απηλλαγμένου από ταπεινώσεις DEM της Πελοποννήσου.*

➤ Δημιουργία αρχείου διευθύνσεων ροής.

Το επόμενο βήμα της υδρολογικής ανάλυσης της περιοχής είναι ο προσδιορισμός της διεύθυνσης ροής από κάθε κελί ενός ψηφιδωτού αρχείου raster. Η λειτουργία αυτή υλοποιείται μέσα από το εργαλείο FLOW\_DIRECTION της εργαλειοθήκης HYDROLOGY της εργαλειοθήκης SPATIAL\_ANALYST\_TOOLS.

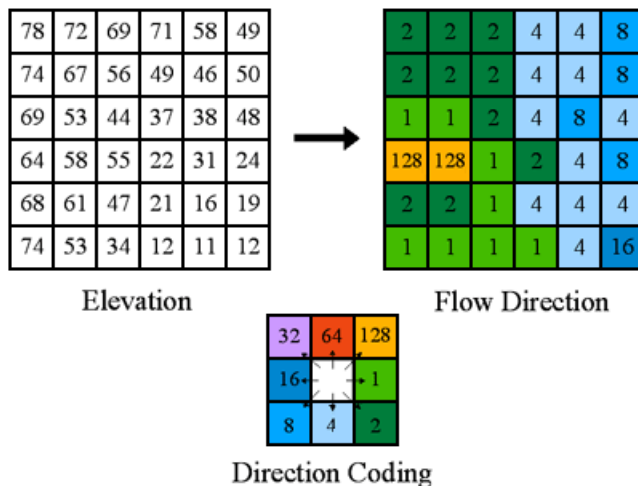
Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιεί το αρχείο εισόδου, το οποίο είναι μορφής DEM, και δημιουργεί ένα νέο ψηφιδωτό αρχείο το οποίο περιέχει την διεύθυνση από την οποία θα εξέλθει το νερό ρέοντας από το συγκεκριμένο pixel. Είναι σαφές ότι, καθώς το νερό ρέει προς επιφάνειες με χαμηλότερο υψόμετρο, η κίνηση του νερού καθώς εξέρχεται από ένα εικονοστοιχείο θα έχει διεύθυνση προς κάποιο γειτονικό του pixel ακολουθώντας τη διαδρομή με τη μεγαλύτερη κλίση. Έτσι το νερό εξερχόμενο από την επιφάνεια ενός pixel θα κινηθεί προς την επιφάνεια εκείνου του γειτονικού του pixel το οποίο θα έχει το χαμηλότερο υψόμετρο και με το οποίο δημιουργείται η διαδρομή με τη μεγαλύτερη κλίση. (ARCGIS 9.3 HELP)

Η κλίση υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\text{Μέγιστη κλίση} = \text{Υψομετρική διάφορα} / \text{οριζόντια απόσταση}$$

Η υψομετρική διάφορα προκύπτει από την αφαίρεση των υψομέτρων των pixels, ενώ η οριζόντια απόσταση μετράται από το κέντρο του κάθε εικονοστοιχείου. Είναι προφανές ότι για οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση η απόσταση αυτή είναι ίση με το μέγεθος του εικονοστοιχείου. Αντίστοιχα για διαγώνια κίνηση η απόσταση είναι ίση με το μέγεθος του pixel πολλαπλασιασμένο επί την τετραγωνική ρίζα του αριθμού 2, όπως προκύπτει από την εφαρμογή του Πυθαγορείου Θεωρήματος .

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί οκτώ (8) συνολικά διευθύνσεις, κάθε μια και για ένα γειτονικό pixel, τις οποίες αριθμεί με τις τιμές 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. Έτσι υπολογίζει για κάθε pixel του αρχικού raster την τιμή της διεύθυνσης ροής από το pixel αυτό προς το γειτονικό του με βάση τη διαδρομή μέγιστης κλίσης, και δημιουργεί ένα νέο raster αρχείο με τις τιμές οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε διεύθυνση. Το παρακάτω σχήμα εξηγεί την λογική πίσω από το εργαλείο FLOW\_DIRECTION .

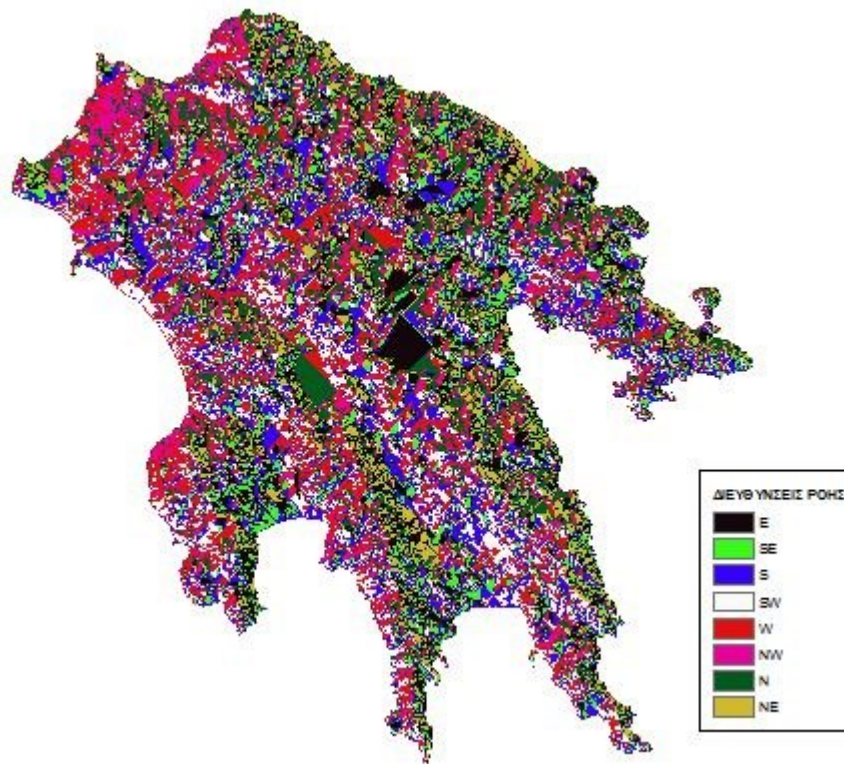


Εικόνα 12 Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας του εργαλείου FLOW\_DIRECTION. (ARCGIS 9.3 HELP)

Η χρήση του εργαλείου γίνεται εισάγοντας ως δεδομένο εισόδου το απηλλαγμένο από τις ταπεινώσεις ψηφιακό ανάγλυφο με τίτλο FII\_PEL\_DEM1 ενώ το τελικό προϊόν

της επεξεργασίας αυτής είναι το ψηφιδωτό αρχείο με τίτλο FLOWDIR\_FILL1. Το αρχείο αυτό αποτελεί το αρχείο διεύθυνσης ροής και περιλαμβάνει τις διευθύνσεις ροής για κάθε pixel του απηλλαγμένου από ταπεινώσεις DEM.

Η μορφή του απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:

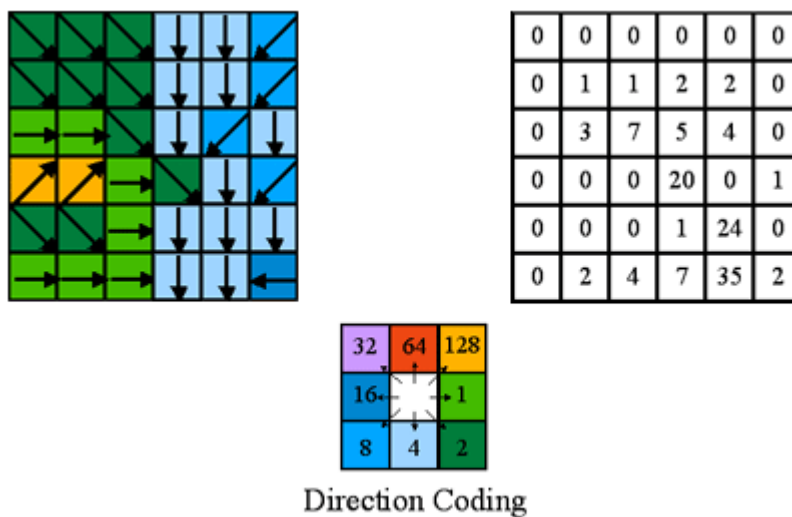


Εικόνα 13 Η μορφή του αρχείου FLOWDIR\_FILL1.

➤ Δημιουργία αρχείου συσσωρευτικής ροής.

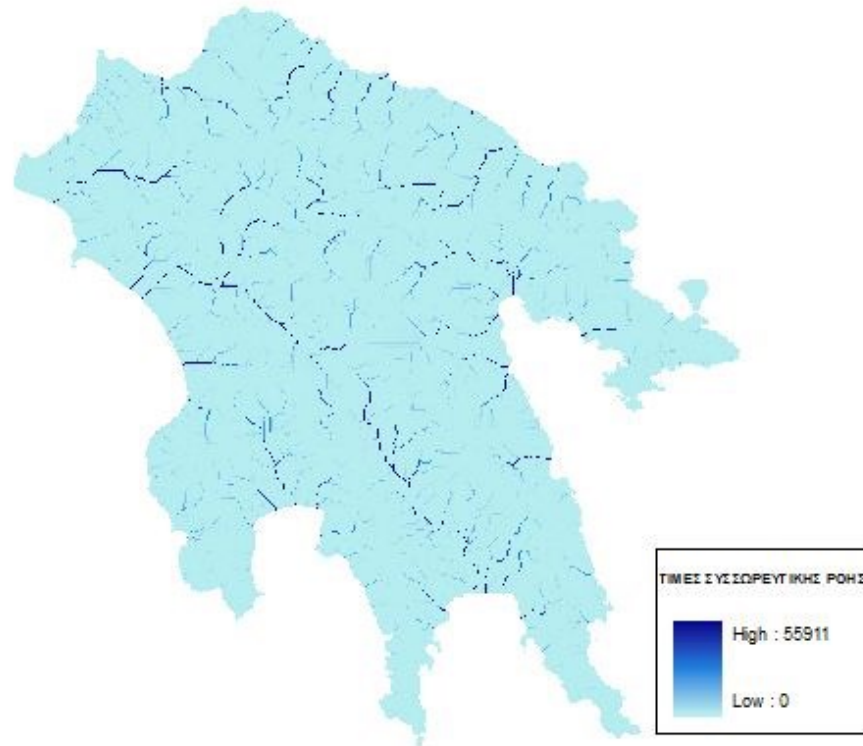
Το επόμενο βήμα της υδρολογικής μας ανάλυσης άφορα τον υπολογισμό του επιπέδου συσσωρευτικής ροής για τα εικονοστοιχεία του DEM της περιοχής μελέτης. Στην ουσία το βήμα αυτό υπολογίζει την συσσωρευτική ροή για κάθε pixel χωριστά και δημιουργεί ένα τελικό ψηφιδωτό αρχείο, τα εικονοστοιχεία του οποίου έχουν τιμές ίσες με τη συσσωρευτική ροή για κάθε pixel. Στην γενική περίπτωση χρησιμοποιείται ένα raster βαρών (weight raster) έτσι ώστε η συσσωρευτική ροή να λαμβάνει υπόψιν τις διαφορές στη ροή μεταξύ των κελιών που εκρέουν σε κάθε κελί το οποίο βρίσκεται κατάντη στο ψηφιδωτό αρχείο (ARCGIS 9.3 HELP).

Στην υδρολογική ανάλυση της εν λόγω εφαρμογής όμως δεν χρησιμοποιείται αρχείο weight raster οπότε κάθε κελί του τελικού raster θα έχει τιμή ίση με τον αριθμό των κελιών τα οποία εκρέουν σε αυτό. Τα κελιά τα οποία έχουν μεγάλη τιμή στο πεδίο VALUE αποτελούν περιοχές μεγάλης συσσωρευτικής ροής και μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό ρεμάτων. Αντίστοιχα τα κελιά με τις χαμηλότερες τιμές στο πεδίο VALUE αποτελούν τοπογραφικές εξάρσεις του αναγλύφου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση κορυφογραμμών. Το παρακάτω σχήμα εξηγεί την λογική πίσω από το εργαλείο FLOW\_ACCUMULATION.



Εικόνα 14. Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας του εργαλείου FLOW\_ACCUMULATION (ARCGIS 9.3 HELP)

Το εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται είναι το FLOW\_ACCUMULATION το οποίο βρίσκεται στην εργαλειοθήκη HYDROLOGY του TOOLSET SPATIAL\_ANALYST\_TOOLS. Σαν αρχείο εισόδου χρησιμοποιείται το ψηφιδωτό αρχείο διεύθυνσης ροής FLOWDIR\_FILL1 ενώ το τελικό αρχείο συσσωρευτικής ροής ονομάζεται FLOWACC\_FLOW1. Το τελικό αυτό αρχείο απεικονίζει τη συσσωρευτική ροή για την περιοχή μελέτης και αποτελεί μια πρώτη ένδειξη του υδρογραφικού δικτύου.



*Εικόνα 15 Η μορφή της επιφάνειας συσσωρευτικής ροής*

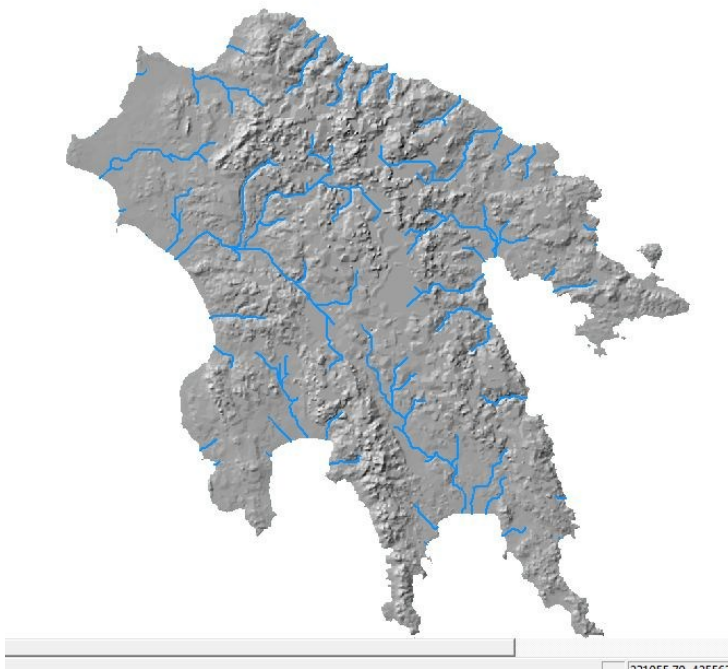
- Ταξινόμηση αρχείου συσσωρευτικής ροής – Επιλογή τιμής κατωφλιού για τον εντοπισμό του κυρίου υδρογραφικού δικτύου – Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου.

Το παραπάνω ψηφιδωτό αρχείο αποτελεί ένα πρώτο δείγμα της μορφής του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. Κάθε εικονοψηφίδα έχει τιμή ίση με τον αριθμό των ανάντη κελιών τα οποία εκβάλλουν σε αυτή ενώ το σύνολο των ψηφιδών με τιμές μεγαλύτερες του μηδενός (0) θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αποτελεί μέρος ενός υδρογραφικού δικτύου καθώς υπάρχει ροή μέσα τα αντίστοιχα κελιά. Για την ορθότερη απόδοση του υδρογραφικού δικτύου, εκτελείται επιλογή των κελιών τα οποία έχουν τιμές μεγαλύτερες μια κρίσιμης τιμής κατωφλιού (threshold), η οποία ορίζεται κάθε φορά κι εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτοί καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται η επιλογή της κατάλληλης τιμής κατωφλιού δεν αφορούν την παρούσα εργασία.

Επομένως επιλέγεται μετά από αλληπάλληλες δοκιμές, με διαδοχικές αυξήσεις της τιμής του threshold, η τιμή 1000 η οποία σημαίνει ότι ένα εικονοστοιχείο ανήκει στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μόνο αν δέχεται εισροή υδάτων από



1000 ή περισσότερα αλλά εικονοστοιχεία. Έτσι με τη χρήση του εργαλείου SPATIAL\_ANALYST→RECLASSIFY επαναταξινομείται το αρχείο σε δύο κλάσεις με τιμές 1 και NoData, όπου η τιμή 1 αφορά τα εικονοστοιχεία με τιμή συσσωρευτικής ροής ίση ή μεγαλύτερη από 1000. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το ψηφιδωτό γραμμικό αρχείο STREAMS το οποίο αποτελεί το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής. Η χρήση του εργαλείου RECLASSIFY περιγράφεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, ενώ το τελικό αποτέλεσμα είναι το υδρογραφικό δίκτυο με τη μορφή του παρακάτω σχήματος.



*Εικόνα 16 Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου*

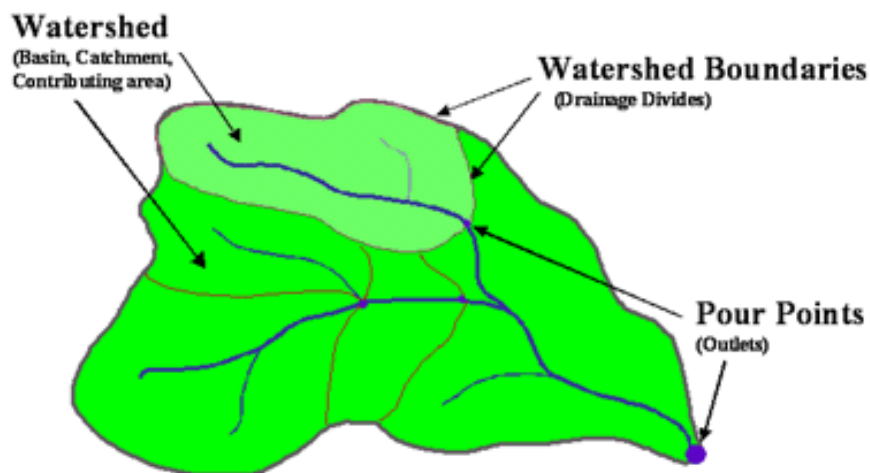
Το επόμενο και τελευταίο βήμα του εν λόγω σταδίου αφορά τη μετατροπή του ψηφιδωτού αρχείου STREAMS στο διανυσματικό αρχείο STREAM\_VEC με τη χρήση του εργαλείου SPATIAL\_ANALYST→HYDROLOGY→STREAM\_TO\_FEATURE. Το εν λόγω εργαλείο λαμβάνει υπόψιν του και το αρχείο διεύθυνσης ροής προκειμένου το διανυσματικό αρχείο το οποίο προκύπτει να έχει καταγεγραμμένη τη φορά ροής, με τη χρήση των πεδίων FROM\_NODE και TO\_NODE.



➤ Αυτοματοποιημένη Δημιουργία υπολεκανών απορροής.

Η περιοχή στην οποία πέφτει νερό καθώς και το δίκτυο μέσω του οποίου αυτό ρέει προς κάποια διέξοδο ονομάζονται αποστραγγιστικό σύστημα. Η λεκάνη απορροής είναι η περιοχή η οποία στραγγίζει το νερό και άλλες ουσίες προς μια κοινή διέξοδο και συνήθως ορίζεται ως η συνολική περιοχή στην οποία το νερό ρέει προς ένα συγκεκριμένο σημείο εξόδου. Το σημείο εξόδου είναι συνήθως το σημείο με το χαμηλότερο υψόμετρο κατά μήκος του ορίου της λεκάνης. Το όριο μεταξύ δύο λεκανών ονομάζεται υδροκρίτης. Το δίκτυο μέσω του οποίου ρέει το νερό προς την έξοδο μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα δέντρο με τη βάση του δένδρου να ταυτίζεται με το σημείο εξόδου. Τα κλαδιά του δένδρου είναι τα κανάλια μέσα από τα οποία ρέει το νερό, ενώ η τομή δύο καναλιών ονομάζεται κόμβος. Το τμήμα ενός καναλιού μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων ή ενός κόμβου και του σημείου εξόδου ονομάζεται σύνδεσμος (ARCGIS 9.3 HELP).

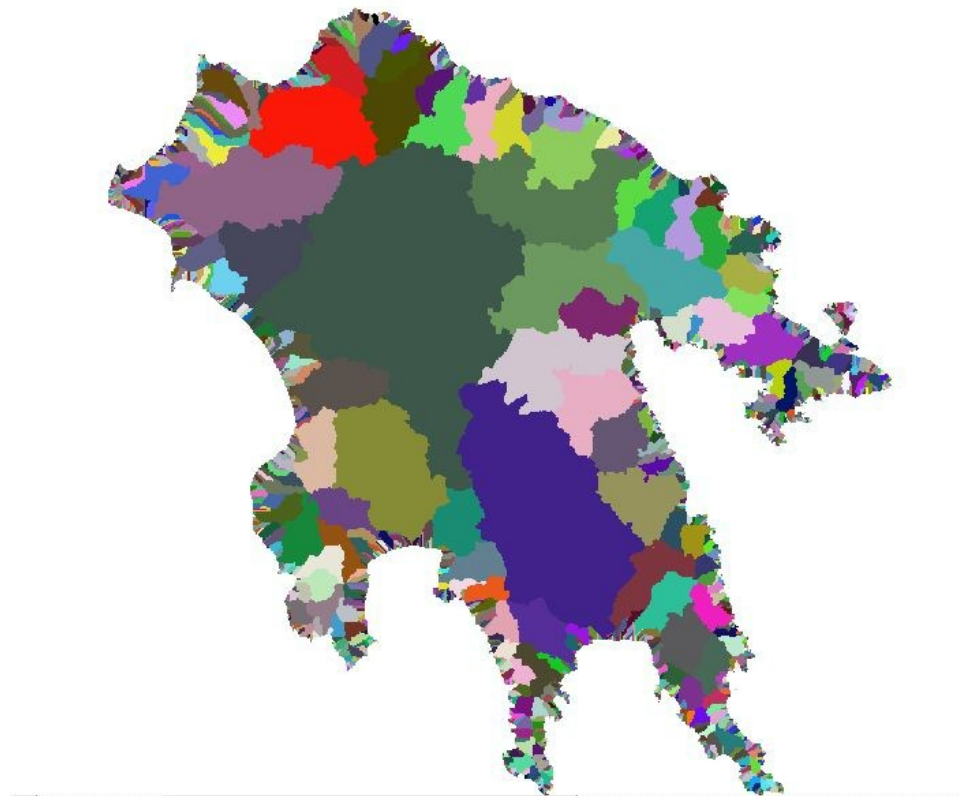
Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται σχηματικά μια λεκάνη απορροής και το αποστραγγιστικό της δίκτυο.



Εικόνα 17 Η μορφή μιας λεκάνης απορροής και του αποστραγγιστικού δικτύου της (ARCGIS 9.3 H3LP)

Ο εντοπισμός των λεκανών απορροής για το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο προσδιορίστηκε προηγουμένως απαιτεί την υλοποίηση των σημείων εξόδου και τη δημιουργία ενός ψηφιδωτού αρχείου βαρών (weight raster). Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά περιπλοκή κι εκτεταμένη, με αποτέλεσμα να βρίσκεται εκτός του σκοπού της

Διπλωματικής Εργασίας. Έτσι θα αντικατασταθεί από τον απλό εντοπισμό του συνόλου των υπολεκανών απορροής, με αυτοματοποιημένο τρόπο ανεξάρτητα από το υδρογραφικό δίκτυο. Για τον εντοπισμό όλων των υπολεκανών απορροής της περιοχής μελέτης γίνεται χρήση του εργαλείου BASIN της εργαλειοθήκης HYDROLOGY του SPATIAL\_ANALYST. Το τελικό αποτέλεσμα απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



*Εικόνα 18 Η μορφή των υπολεκανών απορροής.*

Οι παραπάνω υπολεκάνες απορροής περιλαμβάνουν όλες τις λεκάνες απορροής της περιοχής, με βάση την επιφάνεια διεύθυνσης ροής, και όχι μόνο αυτές οι οποίες αντιστοιχούν στο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο εντοπίστηκε.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η Βασική υδρολογική Ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3, κατά τη διάρκεια της οποίας έλαβε χώρα η υλοποίηση ενός ιδιαίτερα απλού μοντέλου υδρολογικής ανάλυσης για δεδομένα της περιοχής Πελοποννήσου. Τα τελικά αποτελέσματα της Ανάλυσης είναι το διανυσματικό υδρογραφικό δίκτυο και το ψηφιδωτό αρχείο του συνόλου των υπολεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. Φυσικά η παρούσα εφαρμογή δεν εξαντλεί το σύνολο των δυνατοτήτων του λογισμικού στον τομέα της

υδρολογικής ανάλυσης, καθώς δεν είναι άλλωστε αυτός ο σκοπός. Αντίθετα, καταδεικνύει μέρος των δυνατοτήτων του λογισμικού με τη χρήση μιας απλής εφαρμογής, με στόχο τη σύγκριση του λογισμικού με τον συνδυασμό QGIS/GRASS ή χρήση του οποίου, για την επίλυση του ιδίου προβλήματος, περιγράφεται στη συνέχεια.

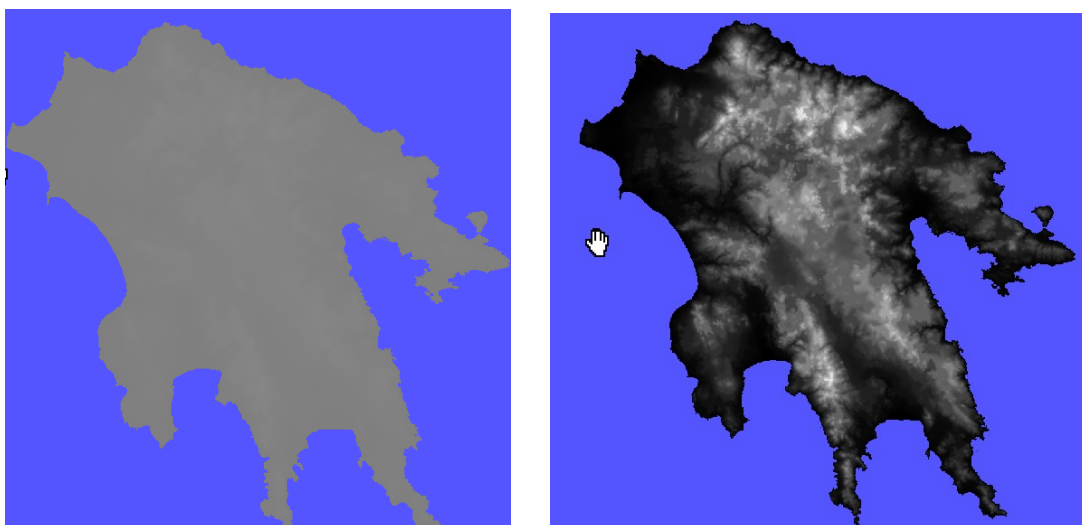
### **5.1.2 Υδρολογική Ανάλυση με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS.**

Στην περίπτωση της χρήσης του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS, η παραπάνω ανάλυση διεξάγεται με τη χρήση των εργαλείων της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS μέσα από το περιβάλλον του λογισμικού QGIS. Η χρήση της συγκεκριμένης εργαλειοθήκης οφείλεται στο γεγονός ότι το QGIS δεν περιλαμβάνει εργαλεία υδρολογικής ανάλυσης, κάτι το οποίο δεν ισχύει για το GRASS. Οι εργασίες οι οποίες διεξάγονται συνοψίζονται στα παρακάτω στάδια, ενώ και στην περίπτωση αυτή το αρχικό δεδομένο είναι το αρχείο PEL\_DEM:

#### **➤ Εισαγωγή δεδομένων στο περιβάλλον των GRASS TOOLS:**

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την εισαγωγή των δεδομένων στο περιβάλλον των GRASS TOOLS και σε μορφή διαχειρίσιμη από τα εργαλεία του λογισμικού GRASS, σύμφωνα με όσα έχουν αναλύονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Το συγκεκριμένο στάδιο είναι απαραίτητο καθώς τα GRASS TOOLS, αν και λειτουργούν μέσα από το περιβάλλον του QGIS, εξακολουθούν να υποστηρίζουν μόνο δεδομένα σε μορφή διαχειρίσιμη από το GRASS. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός LOCATION κι ενός MAPSET και την επιλογή του ΕΓΣΑ 87 ως Συστήματος Αναφοράς, καθώς και την οριοθέτηση του LOCATION εντός του Ελλαδικού Χώρου.

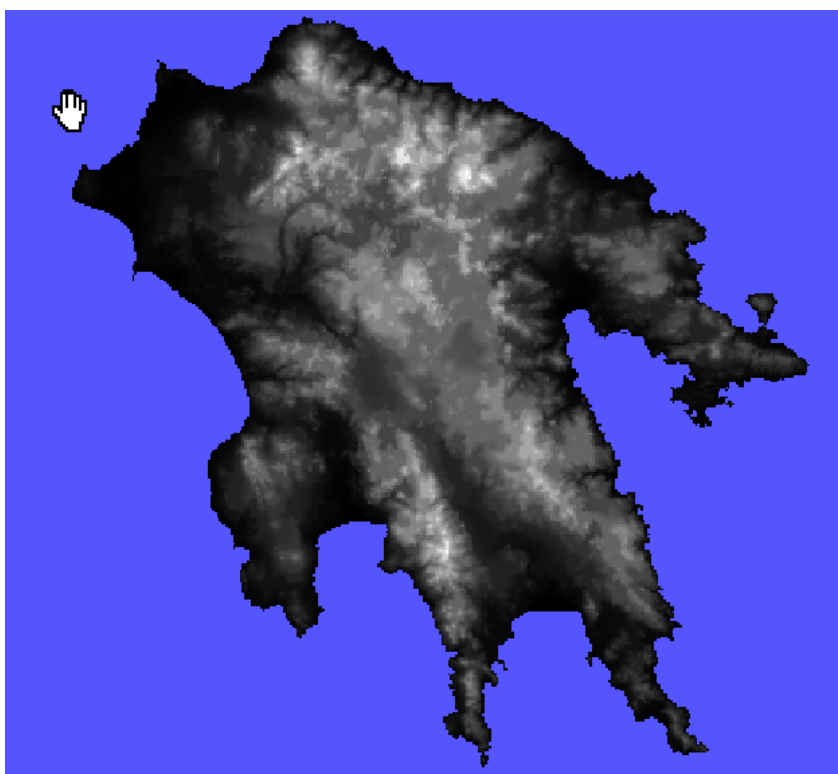
Η παραπάνω διαδικασία αναλύεται λεπτομερώς στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, κι επομένως δεν υπάρχει λόγος να αναλυθεί περαιτέρω. Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει την εισαγωγή των δεδομένων, από το περιβάλλον του QGIS, στο νέο αυτό MAPSET (και αντίστοιχα στο περιβάλλον των GRASS TOOLS) με τη χρήση του εργαλείου `r.in.gdal.qgis`, το οποίο είναι μέρος της συλλογής GRASS TOOLS. Το εν λόγω εργαλείο εισάγει το, ήδη φορτωμένο στο περιβάλλον του QGIS ψηφιδωτό αρχείο PEL\_DEM, στο περιβάλλον των GRASS TOOLS. Το νέο αρχείο ονομάζεται DEM\_GRASS ενώ τα αρχεία PEL\_DEM, DEM\_GRASS απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.



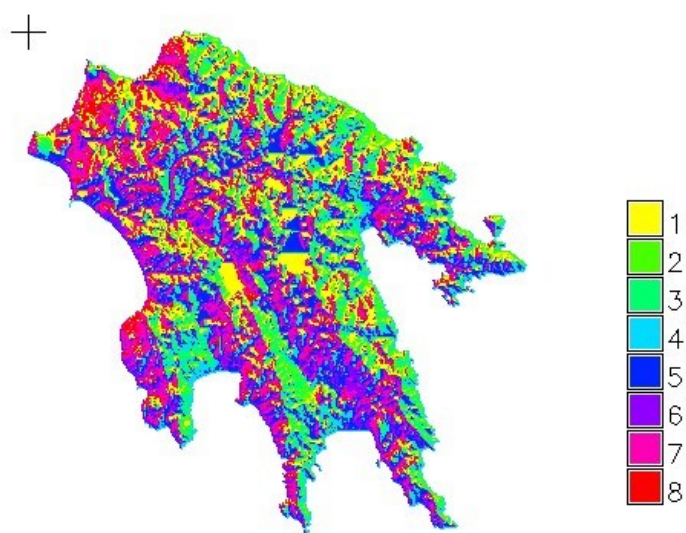
*Εικόνα 19 Η μορφή του αρχείου PEL\_DEM μέσα από τα QGIS (αριστερά) και GRASS (δεξιά).*

➤ **Δημιουργία DEM χωρίς ταπεινώσεις:**

Η διαδικασία λαμβάνει χώρα με τη χρήση του εργαλείου `r.fill.dir` το οποίο περιλαμβάνεται στην εργαλειοθήκη GRASS TOOLS. Το εργαλείο δίνει παράλληλα τη δυνατότητα δημιουργίας επιφανείας διευθύνσεων ροής ενώ το τελικό προϊόν είναι ένα νέο DEM με τίτλο `DEM_GRASS_FILL`. Το συγκεκριμένο εργαλείο αρχικά γεμίζει όλες τις ταπεινώσεις κάνοντας ένα «πρώτο πέρασμα» σε όλη την επιφάνεια του αρχείου και στη συνέχεια προσπαθεί να εντοπίσει τη διεύθυνση ροής για κάθε κελί. Αν εντοπισθούν προβληματικές περιοχές (καταβόθρες) τότε ο αλγόριθμος τις απομονώνει και τις «γεμίζει» με βάση τις τιμές των γειτονικών κελιών. Γενικά σε κάθε κελί ο αλγόριθμος υπολογίζει την κλίση προς τις οκτώ πιθανές (8) διευθύνσεις ροής και ορίζει τη διεύθυνση ροής ως τη διεύθυνση με τη μεγαλύτερη κλίση (προς το εξωτερικό του κελίου. Στην προκειμένη εφαρμογή η επιφάνεια διεύθυνσης ροής, η οποία είναι παραπροϊόν του συγκεκριμένου εργαλείου, επαναυπολογίζεται και στη συνέχεια. Τα τελικά αποτελέσματα απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ οι διευθύνσεις ροής του αντιστοίχου αρχείου υπολογίζονται δεξιόστροφα (με τη φορά του ρολογιού), έχοντας ως αρχή το Βορά. Με τον τρόπο αυτό η τιμή 1 αντιστοιχεί στη διεύθυνση του Βορά ενώ οι τιμές 2 – 8 αντιστοιχούν στις υπόλοιπες επτά διευθύνσεις (ανά 45°).



Εικόνα 20 Η μορφή του απηλλαγμένου από ταπεινώσεις DEM\_GRASS\_FILL.



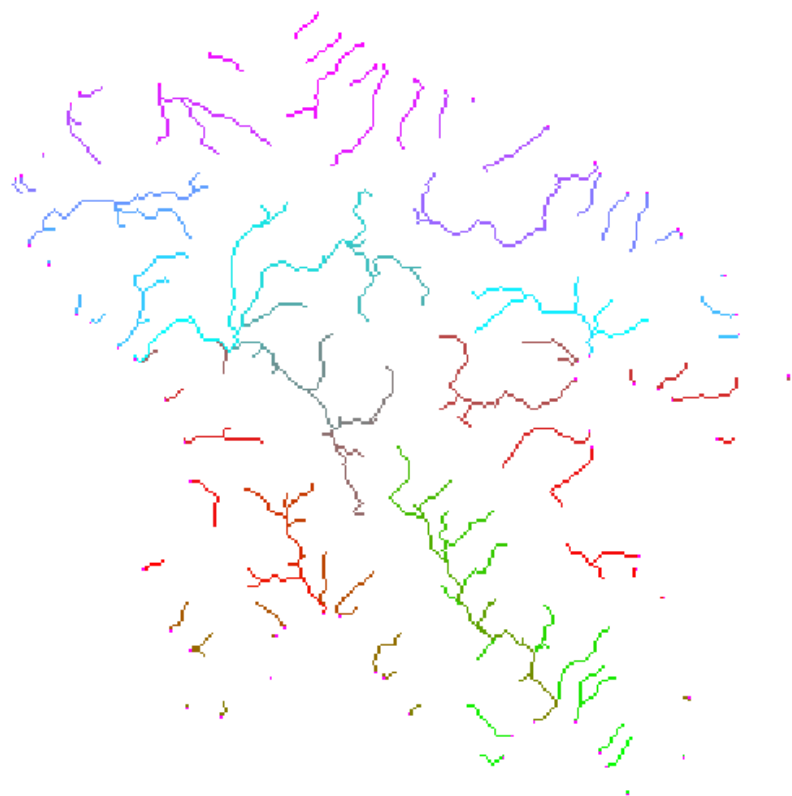
Εικόνα 21 Η μορφή του αρχείου διευθύνσεων ροής.

➤ Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου – Εντοπισμός Λεκανών απορροής:

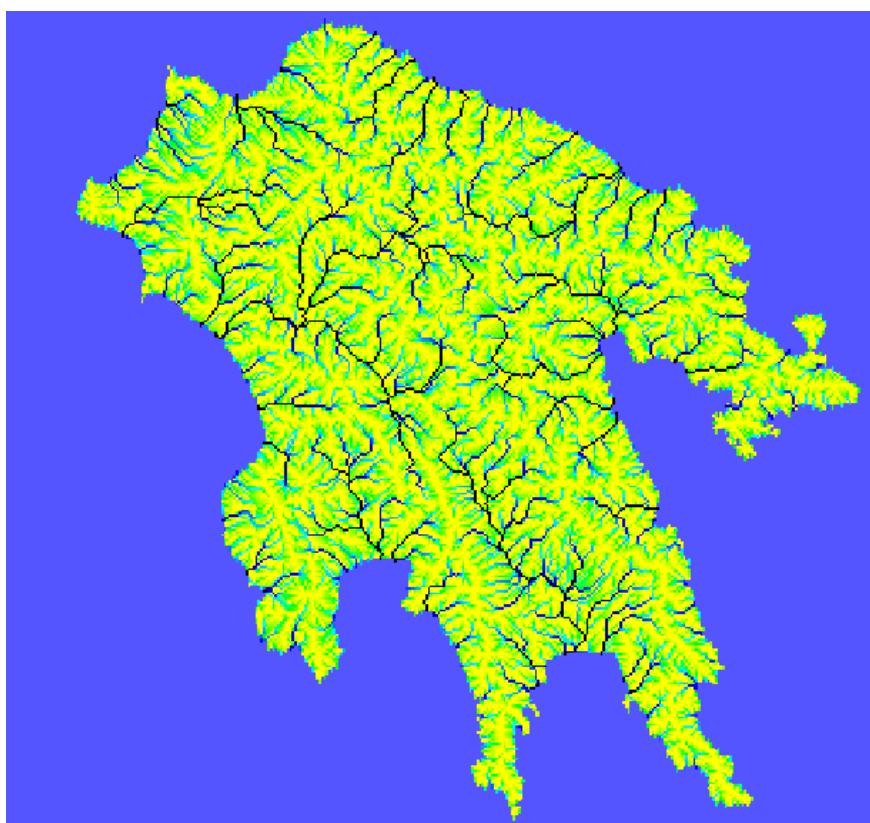
Η δημιουργία του τελικού υδρογραφικού δικτύου και ο εντοπισμός των υπολεκανών απορροής της περιοχής μελέτης είναι μια διαδικασία η οποία γίνεται ενιαία, με τη χρήση ενός μόνο εργαλείου της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS. Το συγκεκριμένο εργαλείο, το οποίο ονομάζεται *r.watershed*, υπολογίζει ταυτόχρονα και την επιφάνεια συσσωρευτικής ροής για την περιοχή μελέτης, ενώ οριοθετεί και τις υπολεκάνες απορροής BASINS της εν λόγω περιοχής. Η χρήση του εν λόγω εργαλείου απαιτεί την εισαγωγή της τιμής ενός κατωφλιού “threshold”, αναφορικά με το μέγεθος της μικρότερης εξωτερικής υπολεκάνης απορροής.

Αυτή η παράμετρος είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα. Έτσι αν η τιμή αυτή είναι πολύ μεγάλη τότε θα δημιουργηθεί ένα πολύ αραιό υδρογραφικό δίκτυο, ενώ αν η τιμή είναι πολύ μικρή το υδρογραφικό δίκτυο θα είναι ιδιαίτερα πυκνό και θα αποτελείται από όλα τα πιθανά ρέματα. Η συγκεκριμένη προσέγγιση διαφέρει από την αντίστοιχη του ARCGIS 9.3, όπου το υδρογραφικό δίκτυο δημιουργείται από την επαναταξινομήση της επιφανείας συσσωρευτικής ροής, με βάση την συσσωρευτική ροή του κάθε κελιού. Αντίθετα, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος βασίζεται στον καθορισμό του μεγέθους της μικρότερης εξωτερικής υπολεκάνης ο οποίος στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται ίσος με 100 κελιά. Η τιμή αυτή, η οποία είναι διαφορετική για κάθε περιοχή μελέτης, έχει προκύψει μετά από αλληπάλληλες δοκιμές, ώστε το αποτέλεσμα να προσομοιάζει το αντίστοιχο αποτέλεσμα της χρήσης του ARCGIS. 9.3

Τα παραγόμενα προϊόντα της χρήσης του εργαλείου είναι η επιφάνεια συσσωρευτικής ροής *FLOW\_ACC\_GRASS*, μια νέα επιφάνεια διευθύνσεων ροής *FLOW\_DIR\_GRASS* (δεν διαφέρει από την προηγούμενη), το υδρογραφικό δίκτυο *STREAMS\_GRASS* και το σύνολο των υπολεκανών απορροής *BASIN\_GRASS*. Τα παραγόμενα προϊόντα απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.

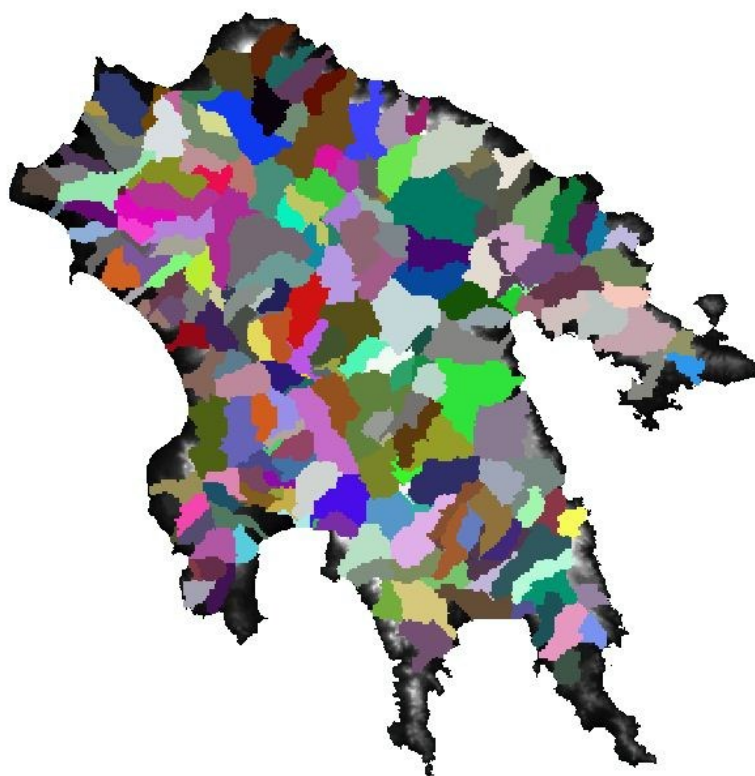


*Εικόνα 22 Η ψηφιδωτή μορφή του υδρογραφικού δικτύου*



*Εικόνα 23 Η μορφή της επιφανείας συσσωρευτικής ροής.*





*Εικόνα 24 Η μορφή του αρχείου υδρολογικών λεκανών.*

Στο σημείο αυτό παρατηρεί κανείς ότι το συγκεκριμένο αρχείο είναι εντελώς διαφορετικό με αυτό το οποίο παράγει το ARCGIS 9.3, και ότι δεν έχουν εντοπισθεί εξωτερικές υδρολογικές υπολεκάνες οι όποιες αποτελούνται από λιγότερα από 100 κελιά, καθώς η τιμή αυτή έχει ορισθεί ως τιμή κατωφλιού. Επομένως, υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση, εν συγκρίσει με την αντίστοιχη διαδικασία αυτοματοποιημένου υπολογισμού υδρολογικών υπολεκανών του ARCGIS 9.3.

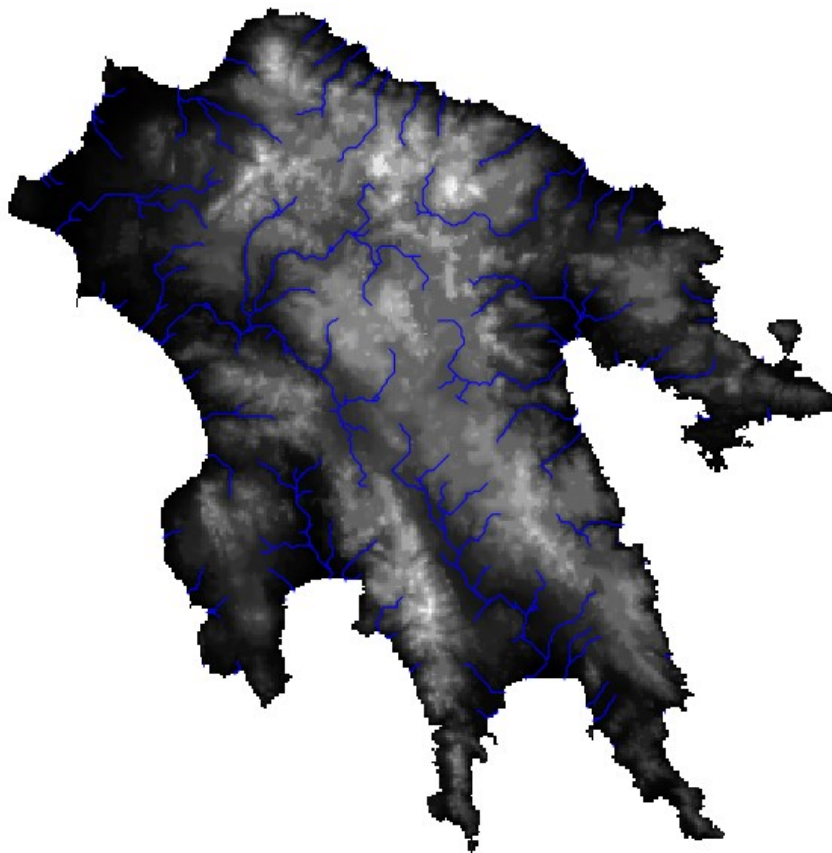
Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται αφενός στη χρήση διαφορετικών αλγορίθμων, κι αφετέρου στο γεγονός ότι στο ARCGIS 9.3 οι δύο διαδικασίες (αυτόματος εντοπισμός υδρολογικών υπολεκανών και δημιουργία υδρογραφικού δικτύου) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Αντίθετα στο περιβάλλον των GRASS TOOLS εκτελείται μια ενιαία διαδικασία η οποία λαμβάνει υπόψιν της το ελάχιστο μέγεθος των εξωτερικών υπολεκανών το οποίο ορίζει ο χρήστης, ενώ ο παράλληλα ο αλγόριθμος υπολογίζει μια ξεχωριστή υπολεκάνη ανά υδατορέμα χωρίς να λαμβάνει υπόψιν του τα εξωτερικά σημεία εκροής (outlets) του DEM.



Συγχρόνως, παρατηρείται διαφοροποίηση και στο υδρολογικό δίκτυο το οποίο υπολογίζεται, με τα GRASS TOOLS να παράγουν ένα ελαφρώς πιο πυκνό υδρολογικό δίκτυο. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο αν αναλογισθεί κανείς ότι στην πρώτη περίπτωση (ARCGIS 9.3) γίνεται επιλογή των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου με βάση την τιμή της συσσωρευτικής ροής για κάθε κελί, ενώ αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση (QGIS/GRASS) το υδρολογικό δίκτυο εξαρτάται από το μέγεθος των εξωτερικών υδρολογικών υπολεκανών.

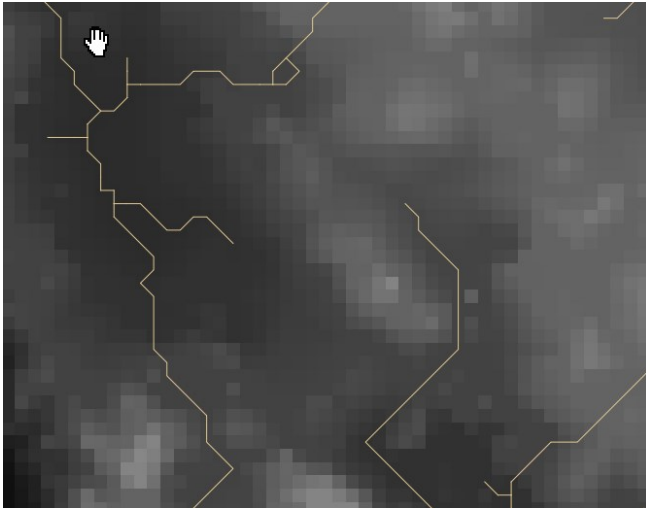
➤ Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου σε διανυσματική μορφή:

Η μετατροπή του υδρογραφικού δικτύου σε διανυσματική μορφή γίνεται με τη χρήση του εργαλείου `r.to.vect.line` το οποίο μετατρέπει ψηφιδωτά γραμμικά δεδομένα σε διανυσματικά γραμμικά δεδομένα. Το τελικό διανυσματικό αρχείο `STREAMS_VEC_GRASS` απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



*Εικόνα 25 Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου όπως δημιουργήθηκε από το συνδυασμό QGIS/GRASS.*

Με προσεκτικότερη παρατήρηση του παραπάνω υδρογραφικού δικτύου, παρατηρεί κανείς ότι τα τόξα του εν λόγω δικτύου εμφανίζονται να έχουν ακμές. Αυτό οφείλεται στον αλγόριθμο του εργαλείου `r.to.vect.line` ο οποίος κάνει χρήση των άκμων των αντιστοιχών κελιών χωρίς να επιβάλει κάποια γενίκευση.



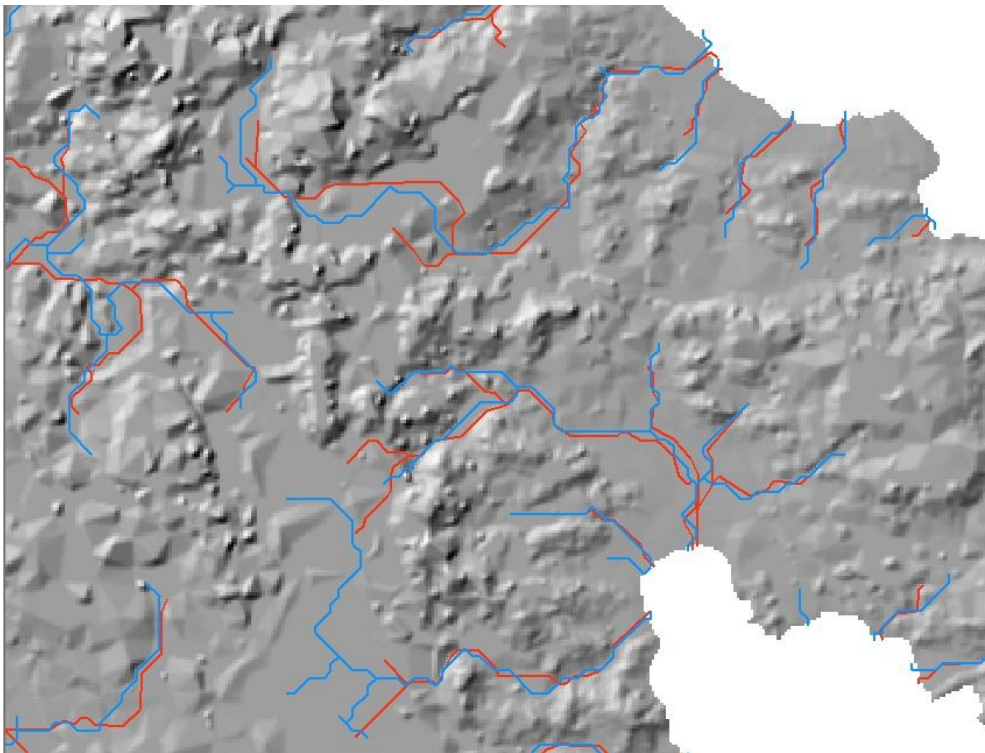
*Εικόνα 26 Η μορφή των τόξων του διανυσματικού αρχείου.*

Το περιβάλλον των GRASS TOOLS περιέχει το εργαλείο εξειδικευμένο στη γενίκευση διανυσματικών δεδομένων `v.generalize`, το οποίο περιλαμβάνει μια εκτεταμένη σειρά αλγορίθμων γενίκευσης. Η χρήση του εν λόγω εργαλείου όμως είναι αφενός αρκετά πολύπλοκη κι αφετέρου ξεφεύγει από το σκοπο της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς η συγκεκριμένη εφαρμογή αφορά τη δημιουργία ενός υδρογραφικού δικτύου με τη χρήση αυτοματοποιημένων μεθόδων, και όχι το αντικείμενο της γενίκευσης, το οποίο είναι από μόνο του αρκετά εκτεταμένο.

Έτσι δεν γίνεται χρήση του εν λόγω εργαλείου και το αρχείο `STREAMS_VEC_GRASS` θεωρείται ως τελικό προϊόν, το οποίο με τη σειρά του δεν περιέχει στον πίνακα τιμών του, τους κόμβους αρχής και τέλους του κάθε τόξου κι επομένως δεν περιέχει την κατεύθυνση του υδατορέματος. Το τελικό αυτό αρχείο περιλαμβάνει 221 κλάδους οι οποίοι αποτελούν το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, έναντι 138 κλάδων οι οποίοι προκύπτουν από τη χρήση του ARCGIS.

Το συγκεκριμένο υδρογραφικό δίκτυο φαίνεται να είναι πιο ακριβές από το αντίστοιχο δίκτυο το οποίο εντοπίζεται από το ARCGIS, καθώς είναι περισσότερο συμβατό με το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο συγκεκριμένο σχήμα είναι εμφανής η συμβατότητα του

STREAMS\_VEC\_GRASS με το ανάγλυφο της περιοχής, καθώς οι κλάδοι του εν λόγω υδρογραφικού δικτύου ταιριάζουν καλύτερα με τις αντίστοιχες μισγάγγειες.



*Εικόνα 27 Η διαφοροποίηση στην ακρίβεια των δύο υδρογραφικών δικτύων. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται το δίκτυο το οποίο προήρθε από το ARCGIS ενώ με μπλε το δίκτυο το οποίο δημιουργήθηκε με τα GRASS TOOLS. Είναι προφανές ότι το δεύτερο είναι πιο συμβατό με το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.*

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τόσο το ψηφιδωτό αρχείο των υπολεκανών όσο και το διανυσματικό αρχείο υδατορεμάτων αφορούν τις μορφές αρχείων οι οποίες είναι διαχειρήσιμες από το λογισμικό GRASS. Για την επεξεργασία τους με τη χρήση του ARCGIS 9.3 απαιτείται εξαγωγή του σε ESRI GRID ή SHAPEFILE αντίστοιχα.

Στο συγκεκριμένο σημείο ολοκληρώθηκε η υδρολογική ανάλυση με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS. Στην επόμενη παράγραφο ακολουθεί σύντομη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και των λογισμικών μελέτης με βάση τις ιδιαιτερότητες τους στον τομέα της παραπάνω ανάλυσης.

### 5.1.3. Σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων - Συμπεράσματα.

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών της Βασικής Υδρολογικής Ανάλυσης γίνεται αντιληπτό ότι τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων, αλλά και η ίδια η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε, διαφέρουν σημαντικά. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος της Υδρολογικής Ανάλυσης από τα λογισμικά μελέτης. Έτσι, η πιο εμφανής διαφορά είναι ο υπολογισμός των επιφανειών διεύθυνσης ροής και συσσωρευτικής ροής, του υδρολογικού δικτύου και των υπολεκανών απορροής σε ένα μόνο βήμα με τη χρήση ενός εργαλείου, εντός του περιβάλλοντος GRASS TOOLS. Αντίθετα, το ARCGIS 9.3 απαιτεί τη χρήση μιας σειράς διαφορετικών εργαλείων για την εξαγωγή των ίδιων αποτελεσμάτων, με τις απαραίτητες εργασίες να εκτελούνται με τη μορφή διαδοχικών βημάτων.

Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των δύο λογισμικών όμως, εντοπίζονται στον τρόπο με τον οποίο οι αντίστοιχοι αλγόριθμοι εκτελούν τα παραπάνω διαδοχικά βήματα. Έτσι, στο μεν ARCGIS 9.3 η εξάλειψη των ταπεινώσεων ενός DEM γίνεται με τη χρήση ενός αλγορίθμου, ο οποίος χρησιμοποιεί τις διεργασίες Focal Flow, Flow Direction, Sink, Watershed και Zonal Fil για τον εντοπισμό των ταπεινώσεων, οι οποίες στη συνέχεια εξαλείφονται. Η εξάλειψη των ταπεινώσεων δημιουργεί νέες ταπεινώσεις στα άκρα των λεκανών, οι οποίες με τη σειρά τους εξαλείφονται με διαδοχικές επαναλήψεις (iterations) της διαδικασίας από τον αλγόριθμο (ARCGIS 9.3 HELP). Αντίθετα, ο αντίστοιχος αλγόριθμος των GRASS TOOLS εξαλείφει τις ταπεινώσεις και στη συνέχεια χρησιμοποιεί μόνο τη λειτουργία Flow Direction προκειμένου να εντοπίσει τις διευθύνσεις ροής για κάθε κελί. Αν εντοπισθούν ταπεινώσεις τότε αυτές εξαλείφονται με τη μέθοδο των γειτονικών σημείων της ρουτίνας flow direction. (GRASS HELP). Τέλος και στις δύο περιπτώσεις η διαδικασία είναι επαναλαμβανομένη μέχρι να εξαλειφθούν εντελώς οι ταπεινώσεις

Αντίστοιχα, όσον αφορά τον εντοπισμό τόσο του υδρογραφικού δικτύου όσο και των υδρολογικών υπολεκανών (BASINS) μιας περιοχής, οι αλγόριθμοι (και αντίστοιχα οι διαδικασίες) που χρησιμοποιούνται διαφέρουν κυρίως ως προς την έννοια της τιμής κατωφλιού (THRESHOLD). Έτσι στο μεν ARCGIS το υδρογραφικό δίκτυο εντοπίζεται με βάση την επιφάνεια συσσωρευτικής ροής, εφόσον ορισθεί μια τιμή κατωφλιού η οποία αντιπροσωπεύει την ελάχιστη τιμή της συσσωρευτικής ροής προκειμένου ένα κελί του ψηφιδωτού αρχείου να θεωρηθεί ως τμήμα του υδρογραφικού δικτύου. Εφόσον η τιμή της συσσωρευτικής ροής αντιπροσωπεύει τον αριθμό των κελιών τα οποία εκρέουν σε κάθε κελί,

η τιμή κατωφλιού στην ουσία αντιπροσωπεύει τον ελάχιστο αριθμό κελιών τα οποία εκρέουν σε ένα κελί προκειμένου αυτό να θεωρηθεί ως μέρος του υδρογραφικού δικτύου. (ARCGIS 9.3 HELP).

Αντίστοιχα οι υδρολογικές υπολεκάνες εντοπίζονται με τη χρήση του DEM (άνευ ταπεινώσεων) και της επιφανείας διεύθυνσης ροής. Έτσι το λογισμικό αρχικά εντοπίζει τις κορυφογραμμές (ridges) του DEM, και στη συνέχεια χρησιμοποιεί την επιφανεια διεύθυνσης ροής προκειμένου να εντοπίσει τα κελιά μεταξύ των οποίων υπάρχει ροή και τα οποία ανήκουν σε κάθε υπολεκάνη. Για τον παραπάνω υπολογισμό χρησιμοποιούνται ως υποθετικά σημεία απορροής (pour points) τα σημεία στα οποία το νερό εκρέει εκτός του ψηφιδωτού αρχείου. Με τον τρόπο αυτόν το λογισμικό εντοπίζει όλες τις υπολεκάνες απορροής ανεξαρτήτως μεγέθους. (ARCGIS 9.3 HELP).

Αντίθετα στο περιβάλλον των GRASS TOOLS, η τιμή κατωφλιού αφορά όχι τη συσσωρευτική ροή αλλά το ελάχιστο μέγεθος της μικρότερης εξωτερικής υπολεκάνης απορροής. Έτσι οι εξωτερικές υπολεκάνες οι οποίες έχουν μέγεθος μικρότερο από την τιμή αυτή δεν εντοπίζονται, ενώ αντίστοιχα επηρεάζεται και ο εντοπισμός του υδρογραφικού δικτύου. Αυτό συμβαίνει επειδή το υδρογραφικό δίκτυο εντοπίζεται ως παράγωγο των υπολεκανών απορροής, καθώς ο αλγόριθμος εντοπίζει ταυτόχρονα τις υπολεκάνες και τα υδατορέματα ορίζοντας ένα υδατορέμα (STREAM) για κάθε υπολεκάνη.

Γενικά, ο εντοπισμός του υδρογραφικού δικτύου ταυτόχρονα με τον εντοπισμό των υδρολογικών λεκανών, απαιτεί συμβιβασμό στον ορισμό της τιμής κατωφλιού έτσι ώστε να εντοπισθούν όσο γίνεται περισσότερες υδρολογικές υπολεκάνες, χωρίς παράλληλο εντοπισμό ενός ιδιαίτερα πυκνού, μη ρεαλιστικού, υδρογραφικού δικτύου. Ο παραπάνω συμβιβασμός στην τιμή κατωφλιού επιτυγχάνεται, όπως και στην περίπτωση του ARCGIS, με τη χρήση διαδοχικών επαναλήψεων έως ότου εντοπισθεί η καταλληλότερη τιμή κατωφλιού. Ο συμβιβασμός αυτός είναι απαραίτητος εφόσον οι διαδικασίες εντοπισμού του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών (BASINS) είναι αλληλένδετες στο περιβάλλον των GRASS TOOLS, αντίθετα με το περιβάλλον του ARCGIS 9.3 όπου πρόκειται για διαφορετικές κι ανεξάρτητες διαδικασίες.

Τέλος, στην περίπτωση της εφαρμογής, με την χρήση του ARCGIS 9.3 εντοπίζονται όλες οι υπολεκάνες ανεξαρτήτως μεγέθους, με βάση τα σημεία εκροής outlet εκτός της περιοχής που καλύπτει το DEM, ενώ το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο εντοπίζεται με βάση την τιμή της

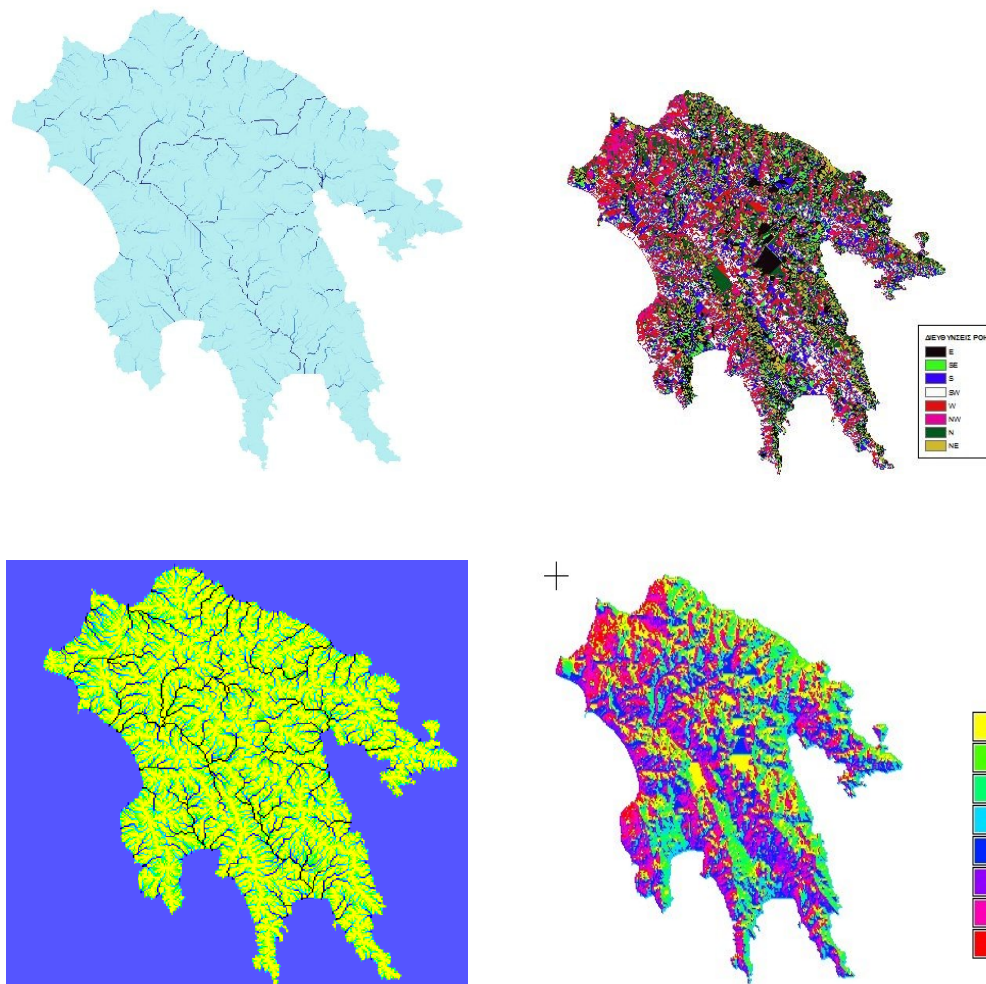
συσσωρευτικής ροής μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό της περιοχής. Αντίθετα στην περίπτωση των QGIS/GRASS προκειμένου να εντοπιστεί ένα αντίστοιχης πυκνότητας υδρογραφικό δίκτυο, ως τιμή κατωφλιού ορίζεται η τιμή 100 με αποτέλεσμα αφενός να μην εντοπισθούν όλες οι υπολεκάνες, ενώ κι αυτές που εντοπίζονται δεν έχουν σχέση με τις αντίστοιχες του ARCGIS 9.3 καθώς ο αλγόριθμος υπολογίζει μια υπολεκάνη για κάθε υδατορέμα ξεχωριστά. (GRASS HELP)

Έτσι, στην περίπτωση των QGIS/GRASS δεν εντοπίστηκαν καθόλου εξωτερικές υδρολογικές υπολεκάνες με μέγεθος μικρότερο των 100 κελιών. Δεδομένου ότι το κάθε κελί έχει εμβαδόν  $250 \times 250 = 62500 \text{τ.μ.}$ , είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι οι μη εντοπισμένες υπολεκάνες έχουν εμβαδό έως και  $6250000 \text{τ.μ.}$  (6250 στρέμματα) έκαστη. Παράλληλα, όπως έχει ήδη ειπωθεί, οι εντοπισμένες υδρολογικές υπολεκάνες διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες του ARCGIS 9.3, με αποτέλεσμα να απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία με τη χρήση του εργαλείου `r.stream.basins` προκειμένου να εντοπισθούν οι κύριες λεκάνες απορροής, λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τα σημεία εκροής (outlets). Το συγκεκριμένο εργαλείο δεν περιλαμβάνεται στα GRASS TOOLS ή στο GRASS καθώς σύμφωνα με την ιστοσελίδα [http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.\\*](http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.*) είναι υπό κατασκευή. ([http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.\\*](http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.*)). Το συγκεκριμένο εργαλείο έχει ρόλο αντίστοιχο με αυτόν του εργαλείου WATERSHED του ARCGIS, το οποίο χρησιμοποιείται για την χάραξη των κυρίων λεκανών απορροής με διαδραστικό τρόπο, εισάγοντας τα σημεία εκροής. Η μη διαθεσιμότητα του, επί του παρόντος, αποτελεί σημαντική έλλειψη του συνδυασμού QGIS/GRASS στον τομέα της υδρολογικής ανάλυσης, η οποία αναμένεται να αρθεί με την μελλοντική ενσωμάτωση του εργαλείου στο περιβάλλον αρχικά του λογισμικού GRASS και εν συνεχεία στα GRASS TOOLS.

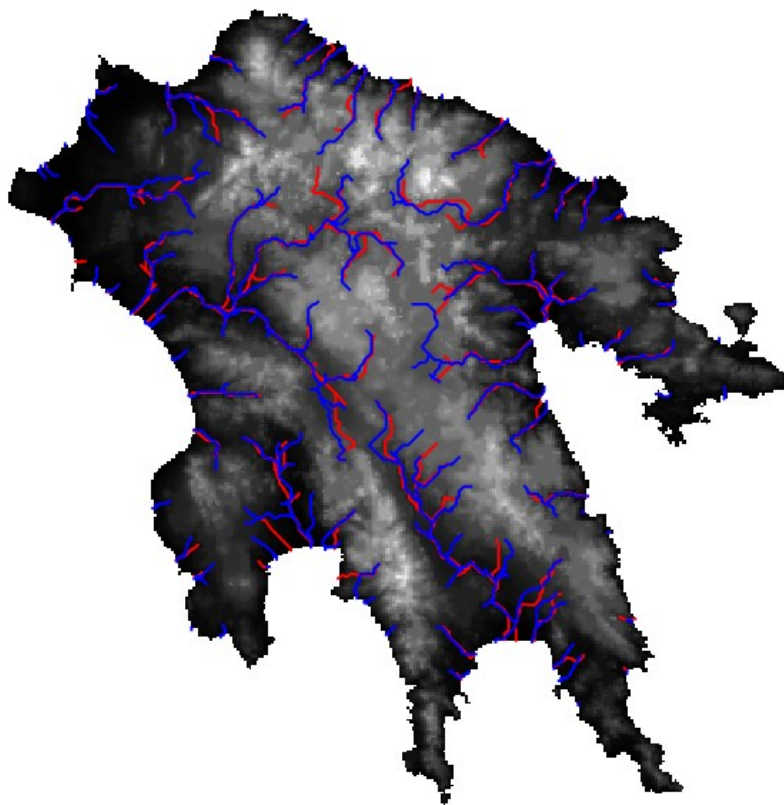
Το γεγονός αυτό, συνδυαζόμενο με τη διανυσματική μορφή του υδρογραφικού δικτύου, η οποία εμφανίζει «τετραγωνισμένη» μορφή λόγω της χρήσης των ακμών των κελιών κατά τη διαδικασία μετατροπής του ψηφιδωτού δικτύου σε διανυσματικό, περιορίζει την αποτελεσματικότητα του συνδυασμού QGIS/GRASS στην περίπτωση της Βασικής Υδρογραφικής Ανάλυσης. Ταυτόχρονα όμως, το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο εντοπίζεται με βάση το συνδυασμό QGIS/GRASS, φαίνεται να είναι περισσότερο συμβατό με τις εδαφικές μισγάγγειες όπως έχει ειπωθεί στην προηγούμενη παράγραφο, γεγονός το οποίο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα του συνδυασμού QGIS/GRASS έναντι του ARCGIS. Όσον αφορά την ορθότητα των υδρογραφικών δικτύων, η συμβατότητα του προερχόμενου



από το συνδυασμό QGIS/GRASS δικτύου με τις εδαφικές μισγάγγειες, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα περισσότερο αντιπροσωπευτικό υδρογραφικό δίκτυο για την περιοχή μελέτης, σε σχέση με το αντίστοιχο δίκτυο το οποίο δημιουργείται με το ARCGIS. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο δημιουργείται με τη χρήση του συνδυασμού QGIS/GRASS είναι πληρέστερο σε σχέση με το υδρογραφικό δίκτυο του ARCGIS, καθώς αποτελείται από 221 κλάδους έναντι 139 κλαδών του δικτύου του ARCGIS. Οι διαφορές οι οποίες έχουν αναφερθεί, τόσο σε αυτή όσο και στις προηγούμενες παραγράφους, μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων ανάλυσης, όσον αφορά τις επιφάνειες διεύθυνσης ροής και συσσωρευτικής ροής, καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο, απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.



Εικόνα 28 Οι μορφές των αρχείων συσσωρευτικής ροής (αριστερά) και διεύθυνσης ροής (δεξιά) τα οποία δημιουργούνται με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS (επάνω), και του συνδυασμού QGIS/GRASS (κάτω).



*Εικόνα 29 Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου το οποίο εντοπίστηκε με ARCGIS 9.3 (κόκκινο χρώμα) και του υδρογραφικού δικτύου το οποίο εντοπίστηκε με QGIS/GRASS (μπλε χρώμα)*

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 είναι κατάλληλο για τη διεργασία της συγκεκριμένης Βασικής Υδρολογικής Ανάλυσης, καθώς παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να εντοπίσει τόσο το Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής όσο και το σύνολο των υπολεκανών απορροής. Αυτό γίνεται χωρίς να απαιτείται συμβιβασμός μεταξύ των δύο ζητούμενων, ενώ παράλληλα το ARCGIS 9.3 εντοπίζει τις λεκάνες απορροής κάνοντας χρήση του DEM (ridges) και των σημείων εξόδου outlets, προσφέροντας ένα πληρέστερο αποτέλεσμα. Παράλληλα σημαντικό πλεονέκτημα του λογισμικού ARCGIS, στον τομέα της υδρογραφικής ανάλυσης, αποτελεί η δυνατότητα ημιαυτόματου εντοπισμού των κυρίων υδρολογικών λεκανών με τη χρήση του εργαλείου WATERSHED. Το συγκεκριμένο εργαλείο, το οποίο δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ανάλυση, επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει συγκεκριμένα σημεία εκροής outlets, και να εντοπίσει τις υδρολογικές λεκάνες, τα επιφανειακά ύδατα των οποίων εκβάλουν σε κάθε σημείο εκροής, ενώ για κάθε ένα σημείο εντοπίζεται μια υδρολογική λεκάνη. Η αντίστοιχη λειτουργία, όσον αφορά το συνδυασμό QGIS/GRASS θα παρέχεται μελλοντικά από το εργαλείο *r.stream.basins*, το οποίο, κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας, βρίσκεται υπό κατασκευή.



Αντίθετα ο συνδυασμός QGIS/GRASS απαιτεί το συμβιβασμό μεταξύ της πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου και του αριθμού των λεκανών απορροής οι οποίες τελικά θα εντοπισθούν, δημιουργώντας προβλήματα στο χρήστη. Παράλληλα η συγκεκριμένη λύση δεν εντοπίζει τις ίδιες λεκάνες με το ARCGIS 9.3 καθώς δημιουργεί μια υπολεκάνη για κάθε υδατορέμα του υδρογραφικού δικτύου. Ο υπολογισμός των κυρίων λεκανών απαιτεί τη χρήση του εργαλείου `r.streams.basin` το οποίο δεν περιλαμβάνεται στα GRASS TOOLS, καθώς είναι υπό κατασκευή, κι επομένως δεν αφορά την παρούσα Εργασία. Από την άλλη πλευρά, ο εντοπισμός των υδρολογικών υπολεκανών παράλληλα με τον εντοπισμό του υδρογραφικού δικτύου, οδηγεί σε ακριβέστερα αποτελέσματα αναφορικά με τις υπολεκάνες οι οποίες τελικά εντοπίζονται. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συνδυασμός QGIS/GRASS εντοπίζει την κάθε υδρολογική υπολεκάνη η οποία τροφοδοτεί κάθε κλάδο του υδρογραφικού δικτύου, σε αντίθεση με το ARCGIS το οποίο εντοπίζει τις υπολεκάνες ανεξάρτητα από το υδρογραφικό δίκτυο, κάνοντας χρήση μόνο των ridges του DEM. Έτσι το ARCGIS δεν παρέχει ακρίβεια εντοπισμού υπολεκανών στο επίπεδο του κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, κάτι το οποίο είναι σημαντικό για ορισμένες εφαρμογές όπου απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια στον εντοπισμό των υδρολογικών υπολεκανών.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι η σύγκριση η οποία επιχειρείται άφορα το συνδυασμό λογισμικών QGIS/GRASS, ο οποίος στην περίπτωση της υδρολογικής ανάλυσης εξαντλείται στη χρήση των εργαλείων υδρολογικής ανάλυσης τα οποία περιλαμβάνονται στο περιβάλλον των GRASS TOOLS. Το συγκεκριμένο περιβάλλον περιέχει μεταξύ άλλων, το εργαλείο `R.WATERSHED` το οποίο όμως έχει μειωμένη λειτουργικότητα (επιλογές παραμέτρων) σε σχέση με το αντίστοιχο εργαλείο, όπως αυτό παρουσιάζεται μέσα στο περιβάλλον του αυτόνομου λογισμικού GRASS. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τις δυνατότητες του αυτόνομου λογισμικού GRASS στον τομέα της Υδρολογικής Ανάλυσης, οι οποίες ξεπερνούν αυτές του συνδυασμού QGIS/GRASS με τη χρήση των GRASS TOOLS.

Το γεγονός αυτό άλλωστε αποδεικνύεται από μια σειρά μελετών υδρολογικής ανάλυσης οι οποίες έχουν διεξαχθεί με την αυτόνομη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού. Μια τέτοια μελέτη διεξήχθη από τους M. Metz, H. Mitsova, και R. S. Harmon, οι οποίοι χρησιμοποίησαν το λογισμικό GRASS προκειμένου να ελέγξουν τις δυνατότητες του στον εντοπισμό του υδρογραφικού δικτύου με χρήση DEM, με τη μέθοδο ροής ελάχιστου κόστους (`least-cost-flow`) η οποία έχει προστεθεί στο εργαλείο `R.WATERSHED`. Οι μελετητές χρησιμοποίησαν δεδομένα DEM από το SRTM προκειμένου να εξάγουν το

υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής του Παναμά με τη βοήθεια του λογισμικού GRASS χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές μεθόδους για την αντιμετώπιση των ταπεινώσεων του DEM. Οι μέθοδοι αυτές αφορούν την κλασσική μέθοδο απαλοιφής των εδαφικών ταπεινώσεων (sink filling), τη μέθοδο μείωσης της επίδρασης (impact reduction approach) και τη μέθοδο ροής ελαχίστου κόστους (least-cost-flow). Παράλληλα έγινε καταγραφή μέρους του υδρογραφικού δικτύου με τη χρήση GPS για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων, τα οποία υπήρξαν εξαιρετικά καθώς βρέθηκε ότι το λογισμικό GRASS μέσω της μεθόδου least-cost-flow είναι σε θέση να διαχειρίζεται μεγάλα σύνολα δεδομένων με μεγαλύτερη ταχύτητα και να παρέχει ακριβέστερα αποτελέσματα (από τις συμβατικές μεθόδους) σε συντομότερο χρόνο. (Metz et al, 2011)

Ομοίως, οι William W. Doe III, Bahram Saghaian και Pierre Y. Julien χρησιμοποίησαν το λογισμικό GRASS, συνδυάζοντας το με το μοντέλο βροχόπτωσης-απορροής (rainfall-runoff model) CASC2D το οποίο κάνει χρήση ψηφιδωτών δεδομένων όπως και το GRASS. Η μελέτη είχε σαν στόχο την κατάδειξη της δυνατότητας ανάλυσης υδρολογικών διεργασιών οι οποίες ποικίλουν τόσο χωρικά όσο και χρονικά, εντός μιας ημι-άνυδρης (semi-arid) υδρολογικής λεκάνης 50 τετραγωνικών μιλίων στην περιοχή του Taylor Arroyo. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο συνδυασμός της υπολογιστικής δύναμης του GRASS και του μοντέλου CASC2D δίνουν στους ερευνητές τη δυνατότητα να προσομοιώσουν διάφορα σενάρια, λαμβάνοντας υπόψιν τις επιπτώσεις από πιθανές αλλαγές στις χρήσεις γης εντός της υδρολογικής λεκάνης. Έτσι, είναι δυνατή η δημιουργία χαρτών οι οποίοι καταδεικνύουν σημεία με πιθανή υδρολογική ευαισθησία (hydrological sensitivity) τόσο για τη συγκεκριμένη όσο και για άλλες υδρολογικές λεκάνες. (Doe W. et al, 1996)

Τέλος, ο Jha Raghunath του Institute of Engineering του Pulchowk στο Kathmandu του Nepal, χρησιμοποίησε το GRASS σε συνδυασμό με το μοντέλο RUSLE (Revised Universal Soil loss Equation), προκειμένου να εντοπίσει πιθανές περιοχές με δυναμικό διάβρωσης στην υδρολογική λεκάνη του Bagmati. Το λογισμικό GRASS χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της μελέτης για τις μετατροπές των δεδομένων και τη δημιουργία των ψηφιδωτών επιφανειών οι οποίες απαιτούνται από το μοντέλο RUSLE, καθώς και για τον υπολογισμό της τελικής επιφάνειας η οποία απεικονίζει τη διάβρωση. (Raghunath, 2002)

Οι παραπάνω μελέτες είναι ένα μικρό μόνο μέρος μελετών οι οποίες έχουν διεξαχθεί με τη χρήση του λογισμικού GRASS στον τομέα της υδρολογικής ανάλυσης και αποτελούν παράδειγμα των δυνατοτήτων του λογισμικού. Η χρήση του συνδυασμού QGIS/GRASS, για

τις ανάγκες της εργασίας, περιορίζει τις δυνατότητες του λογισμικού GRASS στα πλαίσια του περιβάλλοντος GRASS TOOLS, γεγονός το οποίο δεν μπορεί να υποβαθμίσει τη θέση την οποία κατέχει το GRASS στον τομέα της Υδρολογικής Ανάλυσης.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η εφαρμογή Βασικής Υδρολογικής Ανάλυσης με τη χρήση Ψηφιδωτών Δεδομένων και ακολουθεί η εφαρμογή Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση Διανυσματικών Δεδομένων.

## **5.2 Γεωκωδικοποίηση - Geocoding.**

Το υποκεφάλαιο 5.2 αφορά τη διεξαγωγή μιας απλής εφαρμογής Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση των λογισμικών μελέτης και τη σύγκριση τόσο των αποτελεσμάτων, όσο και των ίδιων των λογισμικών. Το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται είναι αρκετά απλό, καθώς δεν αποτελεί σκοπό της συγκεκριμένης εργασίας η χρήση σύνθετων μοντέλων Γεωγραφικής Ανάλυσης. Έτσι η εφαρμογή περιλαμβάνει μια απλή διαδικασία Γεωκωδικοποίησης των διευθύνσεων μιας λίστας με τη βοήθεια ενός σετ διανυσματικών δεδομένων οδικού δικτύου.

Τα δεδομένα της εφαρμογής αποτελούνται από το διανυσματικό αρχείο μορφής shapefile ROADS\_EGSA.SHP, το οποίο περιέχει το οδικό δίκτυο ενός τμήματος των Δήμων Νικαίας – Αγ. Ι. Ρέντη και Κορυδαλλού, κι από μια λίστα διευθύνσεων. Οι διευθύνσεις έχουν επιλεγεί τυχαία και περιλαμβάνουν σημεία τα οποία βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης. Η λίστα διευθύνσεων απεικονίζεται στον πίνακα του παρακάτω σχήματος, ο οποίος περιλαμβάνει το όνομα οδού, τον αριθμό, το νομό και τον δήμο κάθε σημείου.

ΟΔΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΔΗΜΟΣ
ΣΤΕΛΙΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗ	4	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΓΡΗΓΟΡΗ	100	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΥ	7	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΔΙΟΜΗΔΟΥΣ	10	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΛΑΡΙΣΗΣ	9	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ	8	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
ΚΑΥΚΑΣΟΥ	104	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΑΜΑΛΙΑΣ	15	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΛΗΜΝΟΥ	10	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΡΑΛΛΗ ΠΕΤΡΟΥ	120	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΛΗΜΝΟΥ	5	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΙΕΡΟΛΟΧΙΤΩΝ	38	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΣΥΜΜΑΧΩΝ	8	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΜΑΥΡΟΓΕΝΟΥΣ ΜΑΝΤΩΣ	25	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΧΙΟΥ	8	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΤΕΡΨΙΘΕΑΣ	13	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΘΗΒΩΝ	245	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΥ ΣΜΥΡΝΗΣ	34	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ

*Εικόνα 30 Ο πίνακας των προς γεωκωδικοποίηση διευθύνσεων*

Το διανυσματικό αρχείο του οδικού δικτύου με τη σειρά του περιλαμβάνει ένα μέρος του οδικού δικτύου του Δήμου Νικαίας – Αγ. Ι Ρέντη, ενώ περιέχει μια σειρά από πεδία, στον πίνακα των περιγραφικών του χαρακτηριστικών, τα οποία είναι απαραίτητα για τη Γεωκωδικοποίηση οποιουδήποτε αρχείου διευθύνσεων. Έτσι, το εν λόγω αρχείο περιέχει τα πεδία FROMLEFT, TOLEFT, FROMRIGHT, TORIGHT καθώς και τα πεδία NAMEGR1, NAME1. Τα τέσσερα πρώτα πεδία περιέχουν τα εύρη των αριθμήσεων κάθε τμήματος οδικού δικτύου μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων (nodes). Η χρήση των όρων LEFT, RIGHT αποτελεί ένδειξη ότι τα εύρη των διευθύνσεων έχουν καταγραφεί και από τις δύο πλευρές του κάθε οδικού άξονα, έχοντας ως φορά αναφοράς τη φορά ψηφιοποίησης. Η μορφή του οδικού δικτύου, καθώς και του πίνακα χαρακτηριστικών ο οποίος το συνοδεύει, απεικονίζονται στα επόμενα σχήματα.



*Εικόνα 31 Η μορφή του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης.*

FID	Shape *	NAMEGR1	FROMLEFT	TOLEFT	FROMRIGHT	TORIGHT	NAME1	NOMOS	DIMOS	TK	DETAIL	STATUS	BUILD LEFT
63	Polyline	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	1	5	2	6	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
75	Polyline	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	12	12	11	11	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	B
112	Polyline	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	26	20	23	17	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	B
176	Polyline	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	18	14	15	13	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	K
222	Polyline	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	7	9	8	10	ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
21	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	3	11	2	6	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
37	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	92	78	85	75	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
42	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	110	100	103	89	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	B
51	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	20	8	21	13	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	B
64	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	32	22	33	23	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	B
81	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	76	64	73	63	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
118	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	48	34	49	35	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
120	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	62	58	61	57	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
190	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	1	1	0	0	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
221	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	56	50	55	51	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
239	Polyline	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	98	94	87	87	ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
125	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	1	3	4	8	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
141	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	27	29	36	42	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
163	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	19	25	30	34	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
173	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	35	41	52	62	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
181	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	13	17	16	28	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
199	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	1	1	2	2	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
201	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	5	11	10	14	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
238	Polyline	ΚΙΜΩΝΟΣ	31	33	44	50	ΚΙΜΩΝΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
0	Polyline	ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ	1	9	2	10	ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	1812	T	9	
50	Polyline	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	1	5	2	8	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
95	Polyline	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	7	11	10	14	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
160	Polyline	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	0	0	0	0	ΚΟΛΧΙΔΟΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
15	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	78	68	53	45	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
52	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	66	60	43	37	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
90	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	60	60	0	0	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
105	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	48	36	29	21	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
152	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	58	56	35	33	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
154	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	24	22	11	9	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
203	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	34	26	19	11	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
229	Polyline	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	56	50	31	29	ΚΟΜΝΗΝΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
237	Polyline	ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	6	2	5	1	ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
6	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	4	2	53	51	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1812	T	9	
24	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	0	0	79	77	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1812	T	9	
29	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	28	16	75	65	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
43	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	21	31	0	0	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
57	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	31	37	0	0	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
58	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	7	19	0	0	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
79	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	0	0	5	1	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
225	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	0	0	1	1	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
252	Polyline	ΚΟΤΥΩΡΩΝ	0	0	0	0	ΚΟΤΙΩΡΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ	1845	T	9	
235	Polyline	ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ	1	7	0	0	ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	1812	T	9	
60	Polyline	ΚΥΠΡΟΥ	1	3	2	4	ΚΙΠΡΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	1812	T	9	

Εικόνα 32 Η μορφή του πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης.

Η Γεωκωδικοποίηση είναι μια εξαιρετικά χρήσιμη αναλυτική διαδικασία η οποία στην πραγματικότητα αντιστοιχεί μια λίστα από διευθύνσεις, οποιασδήποτε αρχικής μορφής, σε ένα σύνολο χωρικών δεδομένων (οδικοί άξονες), δημιουργώντας ένα νέο διανυσματικό αρχείο σημειακής μορφής. Το νέο αυτό αρχείο περιέχει τις θέσεις των σημείων των διευθύνσεων της αρχικής λίστας. Η διαδικασία η οποία εφαρμόζεται κάθε φορά διαφοροποιείται μεταξύ των διαφόρων λογισμικών, καθώς μεταβάλλονται οι αντίστοιχοι αλγόριθμοι. Η βασική λειτουργία όλων αυτών των αλγορίθμων γίνεται σε δύο στάδια, με το πρώτο να αφορά το ταίριασμα μεταξύ των εγγραφών του πεδίου ενός πίνακα εισαγωγής (ο οποίος περιέχει τα στοιχεία της λίστας), και των εγγραφών του αντιστοίχου πεδίου, το οποίο περιέχει τις διευθύνσεις, του πίνακα ιδιοτήτων του αρχείου οδικού δικτύου το οποίο κάθε φορά χρησιμοποιείται.

Το επόμενο βήμα αφορά την εύρεση του ακριβούς σημείου, το οποίο ορίζει η κάθε διεύθυνση, κατά μήκος του αντιστοίχου τμήματος του οδικού δικτύου. Η διαδικασία αυτή

είναι εξαιρετικά πολύπλοκη καθώς περιλαμβάνει αρκετά επιμέρους στάδια τα οποία εκτελούνται από το λογισμικό, η εύρεση της τελικής θέσης των σημείων όμως προκύπτει με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των σημείων αρχής και τέλους του κάθε οδικού τμήματος, το οποίο περιέχει τα αντίστοιχα εύρη διευθύνσεων.

Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εν λόγω διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό μιας σειράς παραμέτρων, αλλά και την προετοιμασία των δεδομένων, καθώς απαιτεί τη χρήση δεδομένων συγκεκριμένης μορφής. Παράλληλα η διαδικασία έχει ως βασική προϋπόθεση τον προηγούμενο έλεγχο των δεδομένων, καθώς τυχόν σφάλματα αυτών θα οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα. Η λεπτομερής ανάπτυξη του Θεωρητικού Υποβάθρου της Γεωκωδικοποίησης δεν αποτελεί στόχο της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, η οποία εξαντλείται στη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS, επομένως δεν κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω ανάπτυξη του. Έτσι, οι επόμενες παράγραφοι αφορούν τη διεξαγωγή μιας απλής εφαρμογής Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση αρχικά του ARCGIS 9.3 και στη συνέχεια του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS, αλλά και τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων, των μεθόδων και των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν.

### **5.2.1 Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3**

Η γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3, προϋποθέτει την αποδοχή ορισμένων περιορισμών τους όποιους θέτει το λογισμικό όσον αφορά τη μορφή των δεδομένων προς γεωκωδικοποίηση, αλλά και ως προς τη μορφή και τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου. Ο βασικότερος περιορισμός έχει να κάνει με τη μορφή των διευθύνσεων καθώς το λογισμικό δεν μπορεί να γεωκωδικοποιήσει δεδομένα σε οποιαδήποτε μορφή. Παράλληλα, ο αλγόριθμος ο οποίος χρησιμοποιείται απαιτεί την δημιουργία ενός αρχείου ADDRESS LOCATOR, το οποίο αποτελεί στην ουσία ένα αρχείο κανόνων γεωκωδικοποίησης. Οι κανόνες αυτοί αφορούν τα πεδία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη γεωκωδικοποίηση καθώς και τη μορφή του αρχείου (πίνακα) των διευθύνσεων οι οποίες πρόκειται να γεωκωδικοποιηθούν. Με βάση τα παραπάνω, η διαδικασία διεξάγεται σε τέσσερα στάδια τα οποία αφορούν την αρχική επεξεργασία των δεδομένων, τη δημιουργία του ADDRESS LOCATOR την αυτοματοποιημένη γεωκωδικοποίηση, και την διαδραστική γεωκωδικοποίηση των διευθύνσεων οι οποίες δεν κατέστη δυνατό να γεωκωδικοποιηθούν αυτόματα. Τα εν λόγω στάδια αναλύονται στη συνέχεια της εργασίας



➤ Αρχική Επεξεργασία Δεδομένων:

Η αρχική επεξεργασία των δεδομένων αφορά τόσο τα δεδομένα της λίστας διευθύνσεων, όσο και τα δεδομένα του οδικού δικτύου. Στην περίπτωση του οδικού δικτύου τα δεδομένα της εφαρμογής είναι ήδη σε κατάλληλη μορφή για τη διεξαγωγή γεωκωδικοποίησης, καθώς περιλαμβάνουν όλα τα απαραίτητα πεδία τα οποία αφορούν τόσο τα εύρη διευθύνσεων (FROMLEFT, TOLEFT, FROMRIGHT, TORIGHT), όσο και την ονομασία (NAME1, NAMEGR1) των οδών. Η έλλειψη κάποιων από τα πεδία αυτά θα απαιτούσε τη δημιουργία του, ενώ η χρήση των πεδίων NAME1 και NAMEGR1 είναι υποχρεωτική καθώς περιέχουν την Αγγλική και τη Ελληνική ονομασία των οδών.

Στην περίπτωση της λίστας απαιτείται κατ' αρχάς, με βάση τις απαιτήσεις του λογισμικού, η χρήση των ίδιων χαρακτήρων (Ελληνικών κι Αγγλικών) για τα πεδία της λίστας, η οποία χρησιμοποιείται και για τον πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου. Επίσης απαιτείται η μετατροπή της λίστας σε μορφή πίνακα, ο οποίος στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει μορφή .xls και τίτλο GEOCODING\_LIST\_2\_EN.xls.

Τέλος, απαιτείται η διαμόρφωση των διευθύνσεων με βάση τον αντίστοιχο πρότυπο διευθύνσεων το οποίο χρησιμοποιείται από τον εκάστοτε ADDRESS LOCATOR ο οποίος δημιουργείται. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εφαρμογής χρησιμοποιείται το απλούστερο δυνατό πρότυπο, το οποίο χρησιμοποιεί ο ADDRESS LOCATOR με τίτλο US STREETS, με βάση το οποίο ο πίνακας των διευθύνσεων αποκτά την τελική του μορφή καθώς οι Ελληνικής μορφής διευθύνσεις αντικαθίστανται με διευθύνσεις διαμορφωμένες με την Αμερικανική τυπολογία.

Η νέα μορφή του πίνακα διευθύνσεων είναι η παρακάτω:



ADDRESS	PERFECT	MUNICIP
4 KAZANTZIDI STELIOU	PIREAS	KORIDALLOS
100 LAMPRAKI GRIGORI	PIREAS	KORIDALLOS
7 PLOUTARHOU	PIREAS	KORIDALLOS
10 DIOMIDOUS	PIREAS	KORIDALLOS
9 LARISIS	PIREAS	KORIDALLOS
8 MEGALOU ALEKSANDROU	PIREAS	KORIDALLOS
104 KAFKASOU	PIREAS	NIKAIA
15 AMALIAS	PIREAS	NIKAIA
10 LIMNOU	PIREAS	NIKAIA
120 RALI PETROU	PIREAS	NIKAIA
5 LIMNOU	PIREAS	NIKAIA
38 IEROLOHITON	PIREAS	NIKAIA
8 SIMAHON	PIREAS	NIKAIA
25 MAVROGENOUS MANTOS	PIREAS	NIKAIA
8 HIOU	PIREAS	NIKAIA
13 TERPSITHEAS	PIREAS	NIKAIA
245 THIVON	PIREAS	NIKAIA
34 HRISOSTOMOU SMIRNIS	PIREAS	NIKAIA

*Εικόνα 33 Η τελική μορφή του πίνακα διευθύνσεων*

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το μόνο πεδίο του παραπάνω πίνακα το οποίο είναι απολύτως απαραίτητο για τη διαδικασία γεωκωδικοποίησης, με βάση τον ADDRESS LOCATOR US STREETS, είναι το πεδίο ADDRESS καθώς τα πεδία των νομών και των Δήμων δεν απαιτούνται από το λογισμικό. Έτσι, ο παραπάνω πίνακας θα μπορούσε να περιέχει μια μόνο στήλη χωρίς όμως να είναι απαραίτητη η απαλοιφή των επιπλέον στηλών προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

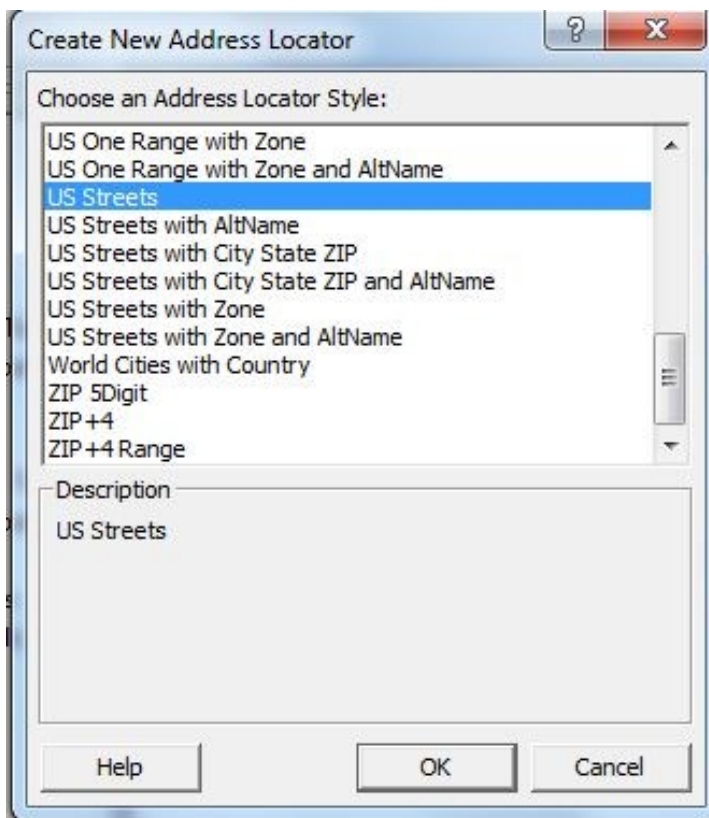
#### ➤ Δημιουργία ADDRESS LOCATOR:

Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει τη δημιουργία του ADDRESS LOCATOR ο οποίος χρησιμοποιείται στη συνέχεια. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, ο ADDRESS LOCATOR είναι ένα αρχείο το οποίο περιλαμβάνει τις παραμέτρους της γεωκωδικοποίησης καθώς και διάφορα πρότυπα βάσει των οποίων διεξάγεται αυτή. Η δημιουργία του συγκεκριμένου αρχείου γίνεται μέσα από το module ARC CATALOG, επιλέγοντας απλά NEW→ADDRESS LOCATOR.

Η συγκεκριμένη εντολή ενεργοποιεί έναν οδηγό ο οποίος αρχικά ζητά από τον χρήστη να επιλέξει το είδος του ADDRESS LOCATOR το οποίο θα δημιουργηθεί, με τη χρήση μιας λίστας επιλόγων. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το λογισμικό

επιτρέπει τη δημιουργία ADDRESS LOCATORS οι οποίοι έχουν αποκλειστικά τη μορφή των επιλογών της παραπάνω λίστας. Όλες οι επιλογές της λίστας χρησιμοποιούν πρότυπα, τα οποία αφορούν τις διευθύνσεις και τα πεδία βάσει των οποίων θα διεξαχθεί η γεωκωδικοποίηση, και τα οποία είναι συμβατά με την Αμερικανική τυπολογία.

Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται η χρήση του ADDRESS LOCATOR US STREETS, ο οποίος αποτελεί την απλούστερη μορφή ADDRESS LOCATOR, και ο οποίος είναι κατάλληλος για γεωκωδικοποίηση δεδομένων σε αστικό περιβάλλον. Η διαδικασία επιλογής του καταλλήλου ADDRESS LOCATOR απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



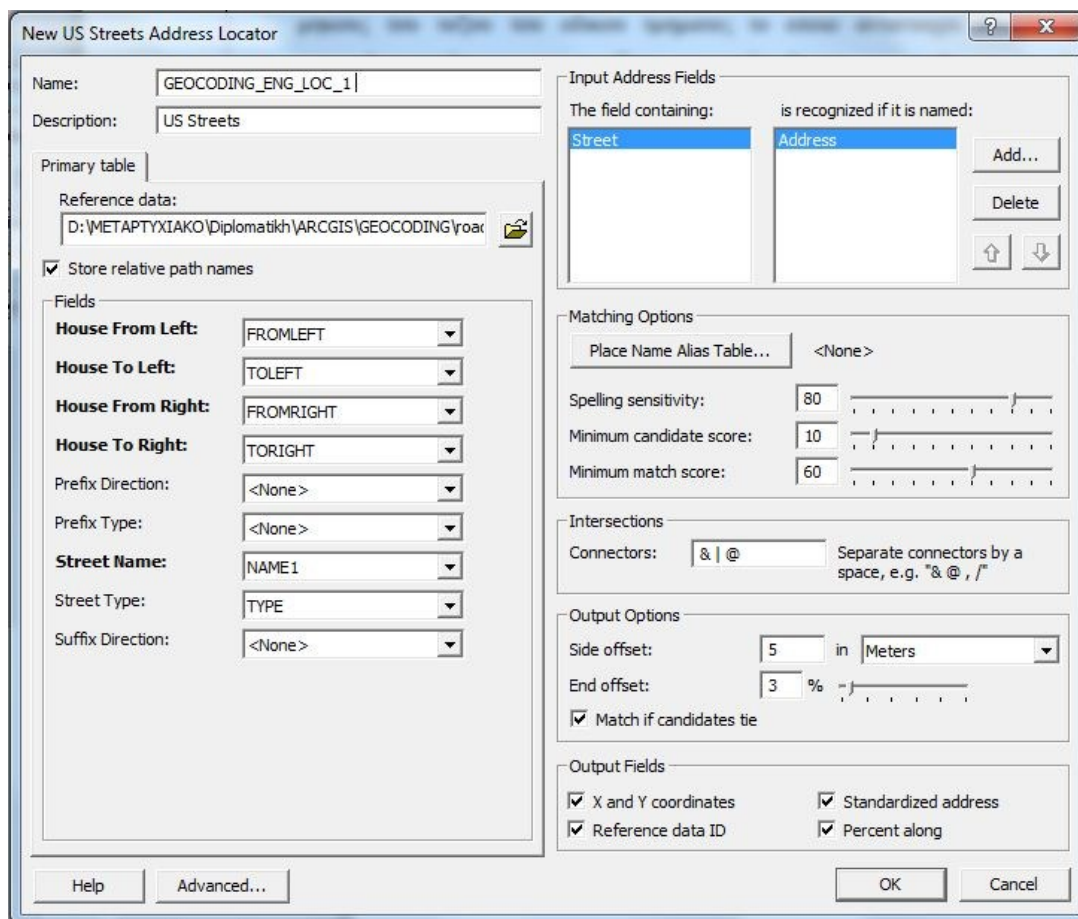
*Εικόνα 34 Η διαδικασία επιλογής του καταλλήλου ADDRESS LOCATOR*

Το επόμενο βήμα αφορά την επιλογή του αρχείου χωρικής αναφοράς REFERENCE DATA, το οποίο είναι το αρχείο οδικού δικτύου ROADS\_EGSA.shp, την επιλογή των απαραίτητων πεδίων τα οποία περιέχουν τα εύρη των διευθύνσεων (όπως έχει ήδη ειπωθεί) και την επιλογή του ονόματος του πεδίου του πίνακα GEOCODING\_LIST\_2\_EN.xls το οποίο περιέχει τις διευθύνσεις. Παράλληλα

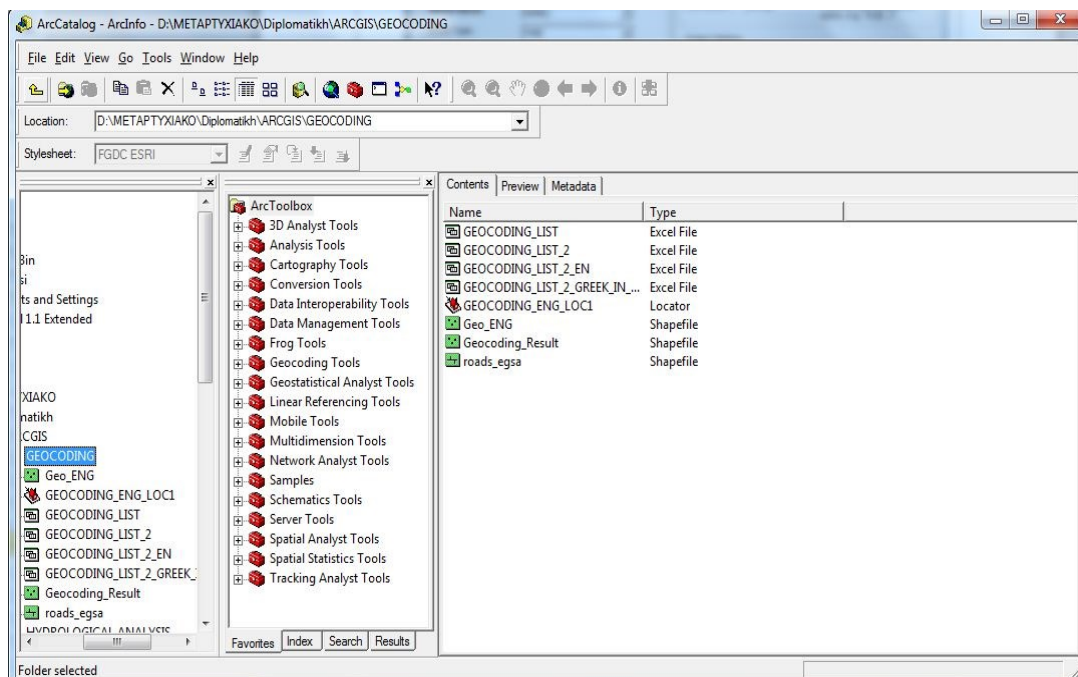
επιλέγεται η κάθετη απόσταση (OFFSET) από τον οδικό άξονα στην οποία θα προστεθούν τα σημεία τα οποία θα δημιουργηθούν μετά τη διαδικασία γεωκωδικοποίησης. Στην προκειμένη περίπτωση η απόσταση αυτή θεωρείται ίση με 5 μετρά, ενώ παράλληλα επιλέγεται το όνομα του πεδίου του πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου το οποίο περιέχει τα ονόματα των οδών, και το οποίο στην προκειμένη περίπτωση ονομάζεται NAME1.

Στη συνέχεια, επιλέγεται η δημιουργία όλων των πιθανών OUTPUT FIELDS τα οποία περιλαμβάνει ο ADDRESS LOCATOR και τα οποία θα αποτελέσουν πεδία του πίνακα τιμών του διανυσματικού σημειακού αρχείου (shapefile) το οποίο θα δημιουργηθεί μετά τη γεωκωδικοποίηση. Τα πεδία αυτά περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες του κάθε σημείου στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87, τα Ids των features του οδικού δικτύου στα οποία γεωκωδικοποιείται το κάθε σημείο (η τιμή -1 λαμβάνεται για σημεία τα οποία δεν εντοπίζονται) καθώς και το ποσοστό του μήκους του τόξου του οδικού τμήματος το οποίο αντιστοιχεί στη θέση του γεωκωδικοποιηθέντος σημείου. Έτσι, αν μια διεύθυνση εντοπισθεί για παράδειγμα στα  $\frac{3}{4}$  του μήκους του αντιστοίχου τόξου (από αρχή του σύμφωνα με τη φορά ψηφιοποίησης) η τιμή του πεδίου αυτού θα είναι 75 για το συγκεκριμένο σημείο.

Τέλος επιλέγεται η δημιουργία πεδίου τυποποιημένων διευθύνσεων σύμφωνα με το πρότυπο το οποίο χρησιμοποιεί ο αντίστοιχος ADDRESS LOCATOR, ενώ όλες οι υπόλοιπες επιλογές διατηρούν τις DEFAULT τιμές τους. Η διαδικασία και ο τελικός ADDRESS LOCATOR με τίτλο GEOCODING\_ENG\_LOC\_1 απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 35 Η διαδικασία επιλογής των παραμέτρων δημιουργίας του ADDRESS LOCATOR.



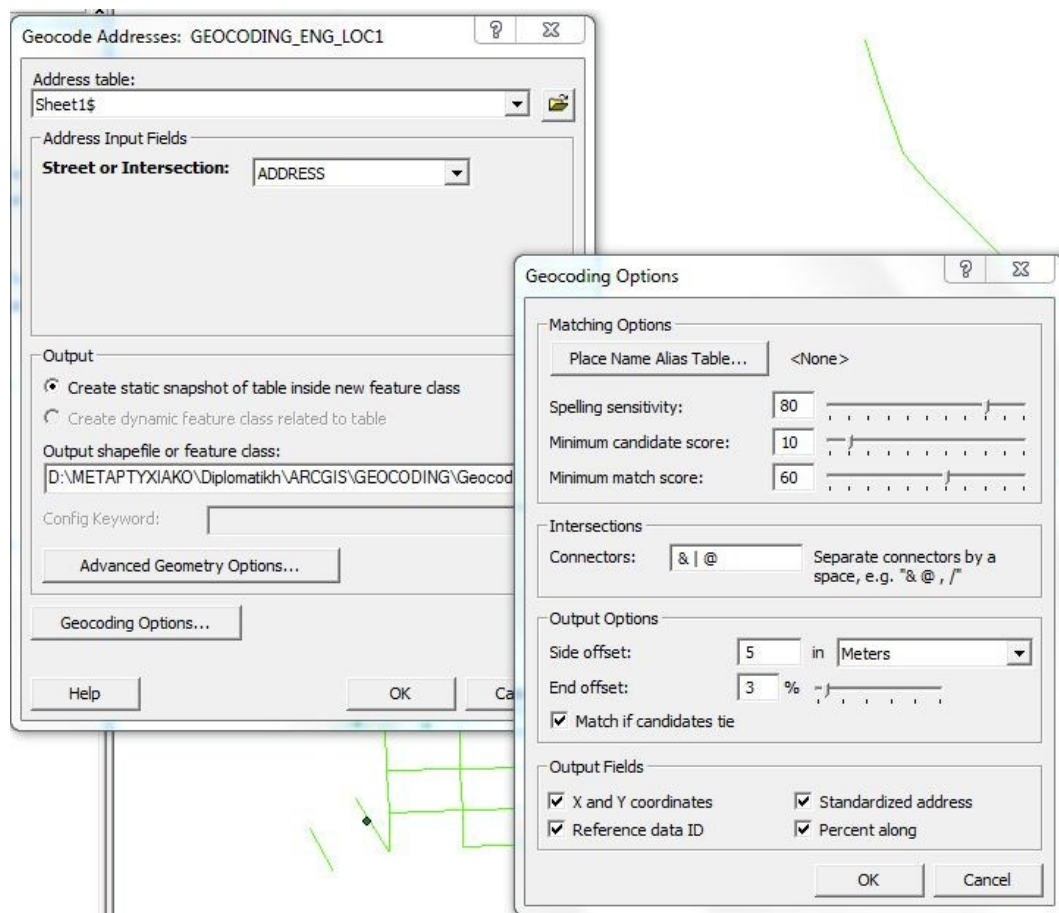
Εικόνα 36 Η προσθήκη του ADDRESS LOCATOR στο φάκελο εργασίας.

➤ Αυτοματοποιημένη Γεωκωδικοποίηση:

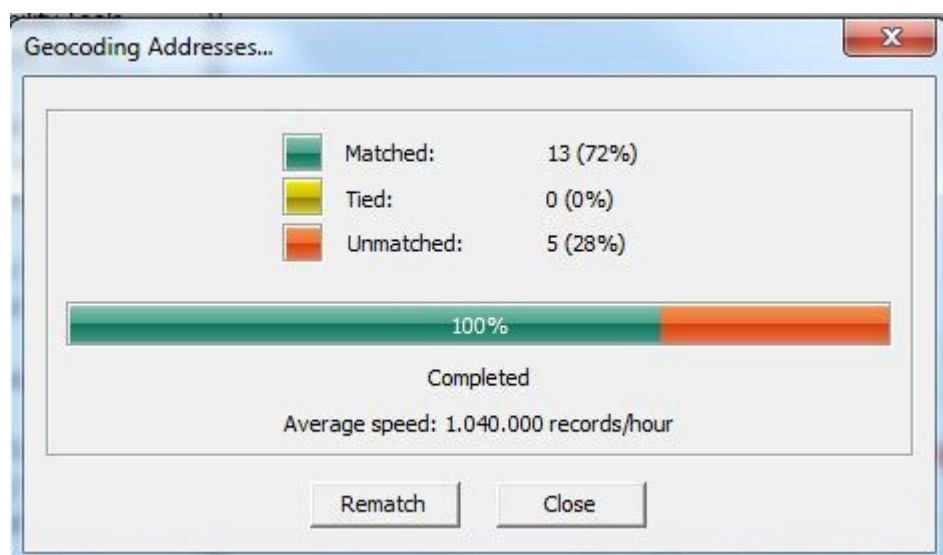
Το τρίτο στάδιο της διαδικασίας Γεωκωδικοποίησης αφορά τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης διαδικασίας μέσα από το περιβάλλον του ARCMAP. Η παραπάνω διαδικασία ξεκινά με την εισαγωγή του πίνακα GEOCODING\_LIST\_2\_EN.xls στο περιβάλλον ARCMAP, η οποία γίνεται με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο εισάγεται και το οδικό δίκτυο roads\_egsa\_shp. Στη συνέχεια, με τη χρήση του εργαλείου GEOCODE ADDRESSES της μπάρας εργαλείων GEOCODING TOOLBAR, γίνεται επιλογή αρχικά του ADDRESS LOCATOR ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για τη Γεωκωδικοποίηση. Η επιλογή αυτή γίνεται μεταξύ των ADDRESS LOCATORS, οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί στο προηγούμενο στάδιο, ενώ στην προκειμένη περίπτωση πρόκειται για έναν μόνο ADDRESS LOCATOR με τίτλο GEOCODING\_ENG\_LOC\_1. Στη συνέχεια επιλέγονται οι αρχικές παράμετροι οι οποίες αφορούν το όνομα του πίνακα διευθύνσεων, το όνομα του πεδίου του συγκεκριμένου πίνακα το οποίο περιέχει τις διευθύνσεις, καθώς και το όνομα του προς δημιουργία σημειακού αρχείου των διευθύνσεων.

Τέλος, μέσω της επιλογής GEOCODING OPTIONS τίθενται οι κατεξοχήν παράμετροι γεωκωδικοποίησης, οι οποίες αφορούν την ευαισθησία κατά την διεξαγωγή του matching μεταξύ των εγγραφών του πεδίου διευθύνσεων του αντιστοίχου πίνακα, και των αντιστοίχων πεδίων του πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου. Επιλέγονται οι DEFAULT τιμές καθώς θεωρείται ότι είναι επαρκείς για την κάλυψη των αναγκών της εφαρμογής, ενώ δεν μεταβάλλεται το σύστημα αναφοράς το οποίο παραμένει το ΕΓΣΑ 87 (επιλογή ADVANCED GEOMETRY OPTIONS).

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι το λογισμικό δίνει ένα σκορ σε κάθε διεύθυνση η οποία εντοπίζεται, και το οποίο αποτελεί μέτρο της ποιότητας του εντοπισμού. Μέσω των παραμέτρων ευαισθησίας τίθενται οι κατώτατες τιμές προκειμένου ένα σημείο να αποτελεί υποψήφια ή εντοπισμένη θέση για κάποια διεύθυνση. Η διαδικασία της γεωκωδικοποίησης και το αποτέλεσμα της, το οποίο αποτελείται από το σημειακό SHAPEFILE με τίτλο GEO\_ENG.shp, παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 37 Η διαδικασία Γεωκωδικοποίησης.



Εικόνα 38 Τα στατιστικά αποτελέσματα της Γεωκωδικοποίησης.





Εικόνα 39 Το αποτέλεσμα της Αυτοματοποιημένης Γεωκωδικοποίησης.

Attributes of Geocoding Result: Geocoding_Result_2													
FIN	Shape	Status	Score	Match type	Side	X	Y	Stan_addr	Ref ID	Pct along	Match_addr	ARC Street	ADDRESS
0	Point	M	93	A	L	469739.081408	4202936.415829	4   KAZANTZIDI STELIOU	4	50	4 KAZANTZIDI STELIOU 4	4 KAZANTZIDI STELIOU	4 KAZANTZIDI STELIOU
1	Point	M	93	A	R	469749.382091	4203007.028094	100   LAMPRAKI GRIGORI	40	60	100 LAMPRAKI GRIGORI 2	100 LAMPRAKI GRIGORI	100 LAMPRAKI GRIGORI
2	Point	M	89	A	L	469632.862835	4202367.281686	7   PLOUTARHOU	148	60	7 PLOUTARHOU 4	7 PLOUTARHOU	7 PLOUTARHOU
3	Point	M	88	A	L	469602.04664	4202572.182297	10   DIOMIDOUS	103	33.3333	10 DIOMIDOUS 4	10 DIOMIDOUS	10 DIOMIDOUS
4	Point	M	85	A	R	469627.081385	4203061.471802	9   LARISIS	27	50	9 LARISIS 4	9 LARISIS	9 LARISIS
5	Point	M	94	A	L	469617.876124	4202514.730215	8   MEGALOU ALEKSANDROU	114	50	8 MEGALOU ALEKSANDROU 4	8 MEGALOU ALEKSANDROU	8 MEGALOU ALEKSANDROU
6	Point	M	87	A	L	469869.304016	4203009.472248	104   KAFKASOU	42	60	104 KAFKASOU 4	104 KAFKASOU	104 KAFKASOU
7	Point	M	85	A	L	470142.338147	4202638.920774	15   AMALIAS	47	28.5714	15 AMALIAS 4	15 AMALIAS	15 AMALIAS
8	Point	U	0	A		0	0	10   LIMNOU	-1	0		10 LIMNOU	10 LIMNOU
9	Point	M	90	A	R	470201.13496	4202496.44056	120   RALI PETROU	44	57.1429	120 RALI PETROU 2	120 RALI PETROU	120 RALI PETROU
10	Point	U	0	A		0	0	5   LIMNOU	-1	0		5 LIMNOU	5 LIMNOU
11	Point	M	90	A	L	470085.321948	4202489.435532	38   IEROLOHITON	107	20	38 IEROLOHITON 4	38 IEROLOHITON	38 IEROLOHITON
12	Point	U	0	A		0	0	8   SIMAHON	-1	0		8 SIMAHON	8 SIMAHON
13	Point	M	93	A	R	469720.452146	4202510.332486	25   MAVROGENOUS MANTOS	188	54.5455	25 MAVROGENOUS MANTOS 4	25 MAVROGENOUS MANTOS	25 MAVROGENOUS MANTOS
14	Point	U	0	A		0	0	8   HIU	-1	0		8 HIU	8 HIU
15	Point	M	90	A	R	469980.509968	4202462.231527	13   TERPSITHEAS	194	33.3333	13 TERPSITHEAS 4	13 TERPSITHEAS	13 TERPSITHEAS
16	Point	U	0	A		0	0	245   THIVON	-1	0		245 THIVON	245 THIVON
17	Point	M	94	A	R	469930.146512	4202822.323883	34   HRISOSTOMOU SMIRNIS	256	66.6667	34 HRISOSTOMOU SMIRNIS 3	34 HRISOSTOMOU SMIRNIS	34 HRISOSTOMOU SMIRNIS

Εικόνα 40 Ο πίνακας του σημειακού αρχείου του αποτελέσματος της Γεωκωδικοποίησης.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η διαδικασία είχε ποσοστό επιτυχίας 72% καθώς εντοπισθήκαν 13 διευθύνσεις ενώ 5 διευθύνσεις δεν κατέστη δυνατό να

ταυτοποιηθούν. Το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο από το 60% το οποίο θεωρείται ως προκαθορισμένη τιμή αναφορικά με την επιτυχία της διαδικασίας (όπως προβλέπεται από τον ADDRESS LOCATOR), οπότε θεωρείται αρχικά αποδεκτό. Η μη ταυτοποίηση των διευθύνσεων αυτών, πιθανότατα οφείλεται σε προβλήματα των αρχικών δεδομένων. Τέτοια προβλήματα είναι, οι διαφορές στα ονόματα των διευθύνσεων μεταξύ του πίνακα χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου και της λίστας, οι οποίες μπορεί να οφείλονται είτε σε ορθογραφικά λάθη είτε στη χρήση κάποιου separator όπως η χρήση του πλήκτρου TAB αντί του SPACE κατά την εισαγωγή της διεύθυνσης.

Επίσης, είναι πιθανόν να υπάρχουν λάθη στο οδικό δίκτυο όπως η λανθασμένη φορά ψηφιοποίησης ή λάθη στην εισαγωγή των τιμών του εύρους των διευθύνσεων. Τα ακριβή αίτια της αποτυχίας εντοπισμού των πέντε αυτών διευθύνσεων δεν είναι σημαντικά στην προκειμένη περίπτωση, καθώς αφενός το ποσοστό επιτυχίας της διαδικασίας είναι μεγαλύτερο από το 60%, το οποίο θεωρείται ως οριακή τιμή για την αποδοχή των αποτελεσμάτων, κι αφετέρου ως πιθανότερη αιτία της έλλειψης εντοπισμού των διευθύνσεων θεωρείται η ύπαρξη λαθών στα δεδομένα έναντι της αστοχίας του αλγορίθμου του λογισμικού. Έτσι, δεν θεωρείται απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση για τον εντοπισμό των ακριβών αιτίων της εν λόγω αστοχίας. Στη συνέχεια ακολουθεί το τελικό στάδιο της διαδραστικής γεωκωδικοποίησης των διευθύνσεων οι οποίες απομένουν.

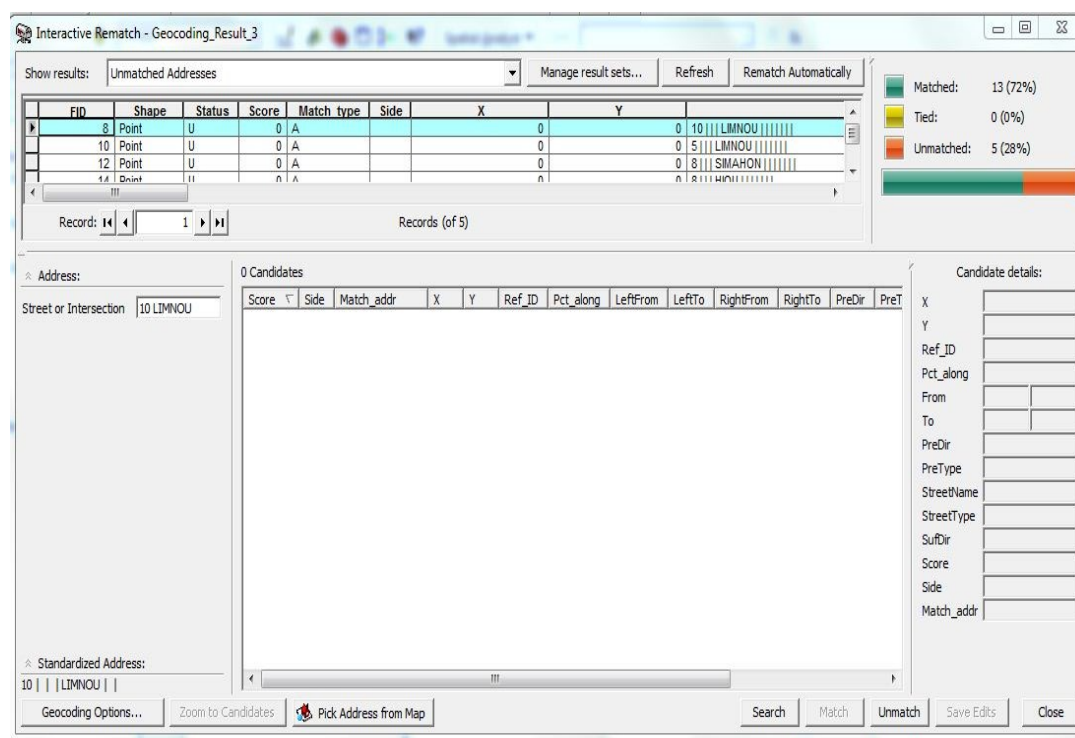
➤ Διαδραστική Γεωκωδικοποίηση μη Γεωκωδικοποιηθέντων Διευθύνσεων:

Το τελικό στάδιο της γεωκωδικοποίησης των διευθύνσεων με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3 περιλαμβάνει την διαδραστική κωδικοποίηση των πέντε (5) διευθύνσεων οι οποίες δεν εντοπισθήκαν κατά το προηγούμενο στάδιο. Η συγκεκριμένη διαδικασία γίνεται «χειροκίνητα» από το χρήστη ο οποίος επιλέγει τη θέση των διευθύνσεων με τη χρήση της εφαρμογής REVIEW/REMATCH ADDRESSES. Το εν λόγω εργαλείο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επανάληψης της διαδικασίας γεωκωδικοποίησης για ολόκληρο το σετ διευθύνσεων ή για το μέρος το οποίο δεν εντοπίστηκε κατά το προηγούμενο στάδιο. Παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής μέρους των τελικών δεδομένων με τη χρήση SQL QUERIES τα οποία αποθηκεύονται ως expressions, ενώ μέσω του CANDIDATE PANEL δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλει το αποτέλεσμα της



αυτόματης γεωκωδικοποίησης με την επιλογή μιας άλλης υποψήφιας θέσης (με χαμηλότερο σκορ).

Έτσι αν το λογισμικό γεωκωδικοποιήσει μια διεύθυνση σε ένα σημείο το οποίο είναι λανθασμένο, ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τη τελική θέση της διεύθυνσης επιλέγοντας μεταξύ των υπολοίπων υποψήφιων θέσεων. Επιπλέον το εργαλείο παρέχει πρόσβαση στις ιδιότητες του ADDRESS LOCATOR ο οποίος χρησιμοποιήθηκε, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να τις μεταβάλλει ώστε να διαφοροποιήσει το αποτέλεσμα της ανάλυσης του. Τέλος το εργαλείο επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την τελική θέση του σημείου το οποίο αντιστοιχεί σε μια διεύθυνση με τη χρήση της επιλογής PICK ADDRESS FROM MAP. Το εργαλείο REVIEW/REMATCH ADDRESSES απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, το οποίο παρουσιάζει τις προαναφερθείσες επιλογές.

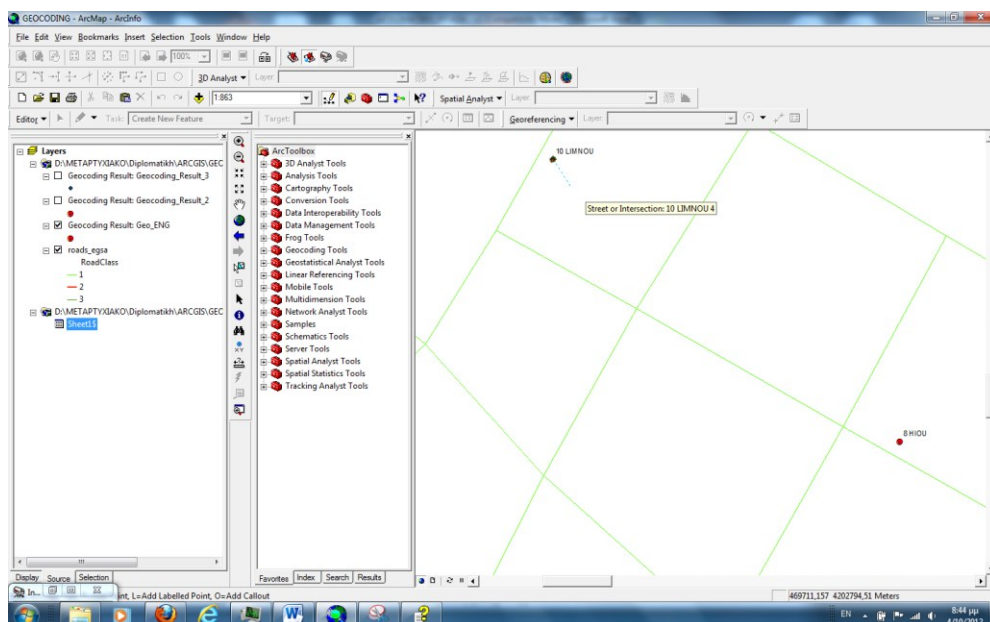


Εικόνα 41Η μορφή του εργαλείου REVIEW/REMATCH ADDRESSES.

Στην προκειμένη περίπτωση η χρήση του παραπάνω εργαλείου αφορά μόνο τις μη εντοπισμένες διευθύνσεις οι οποίες επιλέγονται κι εντοπίζονται με τη χρήση της επιλογής PICK ADDRESS FROM MAP. Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει στο χρήστη ένα οπτικό βοήθημα (χρησιμοποιώντας το αριστερό πλήκτρο του mouse) το οποίο εντοπίζει την ακριβή θέση της κάθε διεύθυνσης επάνω στο πλησιέστερο (στον

κέρσορα επί της οθόνης) οδικό τμήμα. Το εργαλείο εντοπίζει τις διευθύνσεις επάνω στα τμήματα οδικών αξόνων με βάση μια ακτίνα εύρεσης την οποία μπορεί να μεταβάλει ο χρήστης. Έτσι καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός των διευθύνσεων, τις οποίες δεν κατάφερε να εντοπίσει η αυτόματη γεωκωδικοποίηση, ενώ ο χρήστης πλέον μπορεί να επιλέξει το σημείο το οποίο του υποδεικνύει το εργαλείο και με τη χρήση της επιλογής PICK ADDRESS, να ορίσει το συγκεκριμένο σημείο ως σημείο το οποίο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση.

Η περαιτέρω ανάλυση του συγκεκριμένου εργαλείου και των δυνατοτήτων του ξεφεύγει από το σκοπό της συγκεκριμένης εργασίας, οπότε δεν κρίνεται απαραίτητη η επέκταση σε περισσότερες λεπτομέρειες. Αυτό το οποίο αξίζει να αναφερθεί είναι ότι το εν λόγω εργαλείο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επέμβασης στα αποτελέσματα της αυτοματοποιημένης διαδικασίας του προηγούμενου σταδίου. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι το εργαλείο REVIEW/REMATCH ADDRESSES δεν δημιουργεί ένα νέο SHAPEFILE, αλλά μεταβάλλει το ήδη δημιουργηθέν από την αυτοματοποιημένη διαδικασία. Η διαδικασία της χρήσης του εργαλείου PICK ADDRESS FROM MAP και το τελικό σημειακό αρχείο διευθύνσεων απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.



Εικόνα 42 Η χρήση του εργαλείου PICK ADDRESS FROM MAP στην οποία είναι ορατό το οπτικό βοήθημα εντοπισμού της θέσεως της συγκεκριμένης διεύθυνσης.



Εικόνα 43 Το τελικό αποτέλεσμα της Διαδικασίας Γεωκωδικοποίησης.

Attributes of Geocoding Result: Geo\_ENG

FIN	Shape *	Status	Score	Match type	Side	X	Y	Stan_addr	Ref ID	Pct along	Match_addr	ARC Street
1	Point	M	93	A	L	469739.081408	4202936.415829	4     KAZANTZIDI STELIOU	4	50	4 KAZANTZIDI STELIOU 4	4 KAZANTZIDI STELIOU
2	Point	M	89	A	R	469749.382091	4203007.028094	100     LAMPRAKI GRIGORI	40	60	100 LAMPRAKI GRIGORI 2	100 LAMPRAKI GRIGORI
3	Point	M	88	A	L	469632.662835	4202367.281698	7     PLOUTARHOU	148	60	7 PLOUTARHOU 4	7 PLOUTARHOU
4	Point	M	85	A	R	469602.04664	4202572.182297	10     DIOMIDOUS	103	33.3333	10 DIOMIDOUS 4	10 DIOMIDOUS
5	Point	M	85	A	R	469627.081385	4203061.471802	9     LARISIS	27	50	9 LARISIS 4	9 LARISIS
6	Point	M	94	A	L	469617.876124	4202514.730215	8     MEGALOU ALEKSANDROU	114	50	8 MEGALOU ALEKSANDROU 4	8 MEGALOU ALEKSANDROU
7	Point	M	87	A	L	469689.304016	4203009.472248	104     KAFKASOU	42	60	104 KAFKASOU 4	104 KAFKASOU
8	Point	M	85	A	L	470142.338147	4202636.920774	15     AMALIAS	47	28.5714	15 AMALIAS 4	15 AMALIAS
9	Point	M	100	PP		469704.900228	4202804.14496	10     LIMNOU	0	0		10 LIMNOU
10	Point	M	90	A	R	470201.13496	4202496.44056	120     RALI PETROU	44	57.1429	120 RALI PETROU 2	120 RALI PETROU
11	Point	M	100	PP		469705.21474	4202825.173623	5     LIMNOU	0	0		5 LIMNOU
12	Point	M	90	A	L	470085.321948	4202489.435532	38     IEROLOHITON	107	20	38 IEROLOHITON 4	38 IEROLOHITON
13	Point	M	100	PP		470026.470471	4202700.703094	8     SIMAHON	0	0		8 SIMAHON
14	Point	M	93	A	R	469720.452146	4202510.332466	25     MAVROGENOUS MANTOS	188	54.5455	25 MAVROGENOUS MANTOS 4	25 MAVROGENOUS MANTOS
15	Point	M	100	PP		469820.17594	4202710.243896	8     HIOU	0	0		8 HIOU
16	Point	M	90	A	R	469680.509968	4202462.231527	13     TERPSITHEAS	194	33.3333	13 TERPSITHEAS 4	13 TERPSITHEAS
17	Point	M	100	PP		470326.12376	4202367.008728	245     THIVON	0	0		245 THIVON
18	Point	M	94	A	R	469930.149512	4202622.323683	34     HRISOSTOMOU SMIRNIS	256	66.6667	34 HRISOSTOMOU SMIRNIS 3	34 HRISOSTOMOU SMIRNIS

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 18 Selected) Options

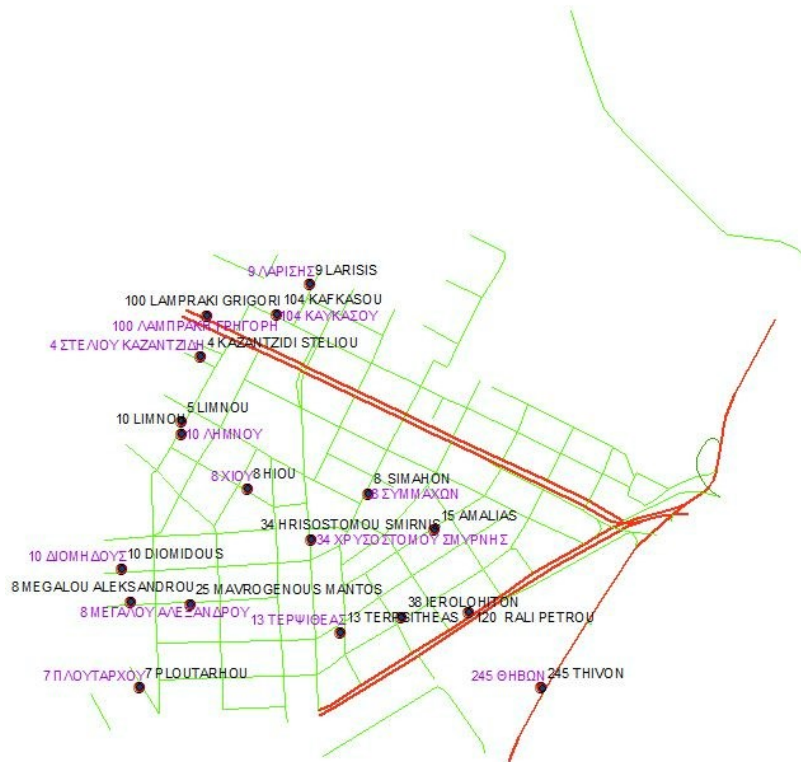
Εικόνα 44 Η μορφή του πίνακα του τελικού αρχείου GEO\_ENG.shp

Το τελικό αποτέλεσμα περιλαμβάνει το σύνολο των διευθύνσεων οι οποίες έχουν πλέον εντοπισθεί και μετατραπεί σε σημεία του σημειακού αρχείου GEO\_ENG.shp.

Η παραπάνω διαδικασία των τεσσάρων βημάτων επαναλαμβάνεται για τη λίστα των διευθύνσεων με Ελληνικούς χαρακτήρες η οποία έχει τίτλο GEOCODING\_LIST\_2\_GREEK\_IN\_US\_STYLE. Δημιουργείται και πάλι ένας νέος ADDRESS\_LOCATOR με τίτλο ADD\_LOC\_GRE και διεξάγεται η αυτοματοποιημένη γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του πεδίου NAMEGR1. Τα αποτελέσματα δεν είναι αρχικά ενθαρρυντικά, καθώς μόνο δύο διευθύνσεις γεωκωδικοποιούνται. Στη συνέχεια με τη χρήση της διαδικασίας διαδραστικού εντοπισμού διευθύνσεων, εντοπίζονται και οι υπόλοιπες διευθύνσεις με αποτέλεσμα την τελική γεωκωδικοποίηση όλων των διευθύνσεων, οι οποίες συμπίπτουν με τις αντίστοιχες θέσεις των διευθύνσεων με Αγγλικούς χαρακτήρες. Η αρχική λίστα διευθύνσεων (Ελληνικοί χαρακτήρες) και το τελικό αποτέλεσμα απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ δεν απαιτείται περαιτέρω ανάλυση της διαδικασίας καθώς είναι ακριβώς η ίδια με αυτή των Αγγλικών διευθύνσεων.

ADDRESS	ΝΟΜΟΣ	ΔΗΜΟΣ
4 ΣΤΕΛΙΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
100 ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΓΡΗΓΟΡΗ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
7 ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
10 ΔΙΟΜΗΔΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
9 ΛΑΡΙΣΗΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
8 ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ
104 ΚΑΥΚΑΣΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
15 ΑΜΑΛΙΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
10 ΛΗΜΝΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
120 ΡΑΛΛΗ ΠΕΤΡΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
5 ΛΗΜΝΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
38 ΙΕΡΟΛΟΧΙΤΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
8 ΣΥΜΜΑΧΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
25 ΜΑΥΡΟΓΕΝΟΥΣ ΜΑΝΤΩΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
8 ΧΙΟΥ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
13 ΤΕΡΨΙΘΕΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
245 ΘΗΒΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ
34 ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΥ ΣΜΥΡΝΗΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΝΙΚΑΙΑ

*Εικόνα 45 Η μορφή του της λίστας διευθύνσεων με Ελληνικούς χαρακτήρες μετά από διαμόρφωση στα Αμερικανικά πρότυπα.*



Εικόνα 46 Η μορφή του αποτελέσματος της Γεωκωδικοποίησης με Ελληνικούς χαρακτήρες.

Τέλος η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται με τη χρήση του οδικού δικτύου σε σύστημα αναφοράς WGS 84, με τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα. Δημιουργούνται και πάλι νέοι ADDRESS LOCATORS, για Αγγλικούς κι Ελληνικούς χαρακτήρες, και τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα ίδια όσον αφορά την αυτοματοποιημένη διαδικασία, ενώ η Διαδραστική γεωκωδικοποίηση οδηγεί και πάλι στον εντοπισμό όλων των διευθύνσεων. Η διαδικασία παραμένει ακριβώς η ίδια, επομένως δεν κρίνεται απαραίτητη η εκ νέου περιγραφή της. Στο σημείο αυτό η διαδικασία γεωκωδικοποίησης με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS 9.3 ολοκληρώθηκε, ενώ στην επόμενη παράγραφο ακολουθεί ανάλογη ανάλυση με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS.

### 5.2.2. Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS.

Όπως και στην περίπτωση του λογισμικού ARCGIS 9.3, η διαδικασία γεωκωδικοποίησης με τη χρήση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS περιλαμβάνει μια σειρά από στάδια, ενώ διεξάγεται βάσει κάποιων παραδοχών ως προς τη μορφή των δεδομένων. Παράλληλα διευκρινίζεται ότι η διαδικασία γεωκωδικοποίησης διεξάγεται εξ' ολοκλήρου με την χρήση του λογισμικού QGIS, καθώς το λογισμικό GRASS δε διαθέτει τη συγκεκριμένη δυνατότητα. Το λογισμικό QGIS, από την πλευρά του, δεν κάνει χρήση ADDRESS LOCATORS για τη διεξαγωγή της γεωκωδικοποίησης, ενώ διαθέτει τρία εργαλεία τα οποία είναι κατάλληλα για τη συγκεκριμένη εργασία. Τα δύο πρώτα εργαλεία ονομάζονται GEOCODE FROM STREET LAYER και GEOCODE CSV WITH GOOGLE και βρίσκονται στην εργαλειοθήκη TRANSFER του πρόσθετου **MMQGIS**, το οποίο είναι διαθέσιμο στο χρήστη μέσα από την QGIS CONTRIBUTED REPOSITORY. Τα συγκεκριμένα εργαλεία μπορούν να γεωκωδικοποιήσουν διευθύνσεις μαζικά (batch geocoding) σε αντίθεση με το τρίτο εργαλείο GEOLOCATE το οποίο γεωκωδικοποιεί κάθε διεύθυνση χωριστά.

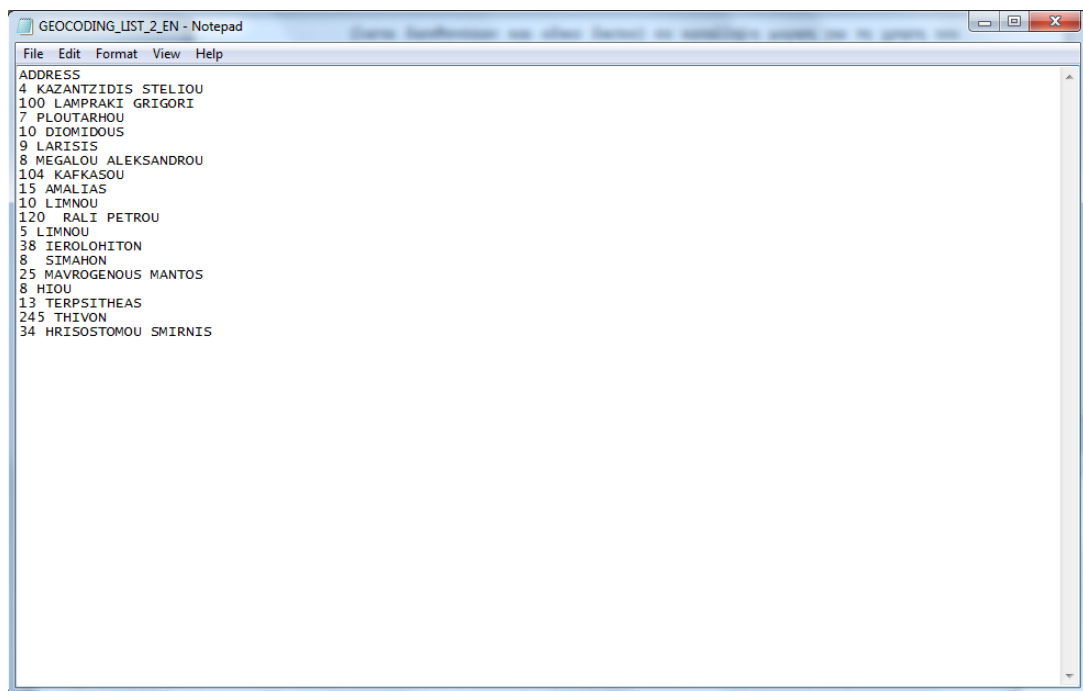
Με βάση τα όσα ειπωθήκαν, η διαδικασία γεωκωδικοποίησης διεξάγεται σε τέσσερα στάδια τα οποία αφορούν την αρχική προετοιμασία των δεδομένων, τη μαζική αυτοματοποιημένη γεωκωδικοποίηση των διευθύνσεων με τη χρήση αρχικά του εργαλείου GEOCODE FROM STREET LAYER και στη συνέχεια του GEOCODE CSV WITH GOOGLE. Τέλος ακολουθεί ατομική γεωκωδικοποίηση των διευθύνσεων με τη χρήση του εργαλείου GEOCODE το οποίο όπως και το GEOCODE CSV WITH GOOGLE χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες γεωκωδικοποίησης της GOOLGE. Τα στάδια στα οποία διεξάγεται η εν λόγω εφαρμογή περιγράφονται στη συνέχεια

#### ➤ Αρχική Επεξεργασία Δεδομένων:

Το συγκεκριμένο στάδιο περιλαμβάνει τη μετατροπή των διαθέσιμων δεδομένων (λίστα διευθύνσεων και οδικό δίκτυο) σε κατάλληλη μορφή για τη χρήση του εργαλείου GEOCODE FROM STREET LAYER. Το συγκεκριμένο εργαλείο απαιτεί την εισαγωγή των διευθύνσεων με τη μορφή αρχείου .CSV το οποίο πρέπει να περιέχει μια μόνο στήλη με τις διευθύνσεις, ενώ η πρώτη εγγραφή της στήλης



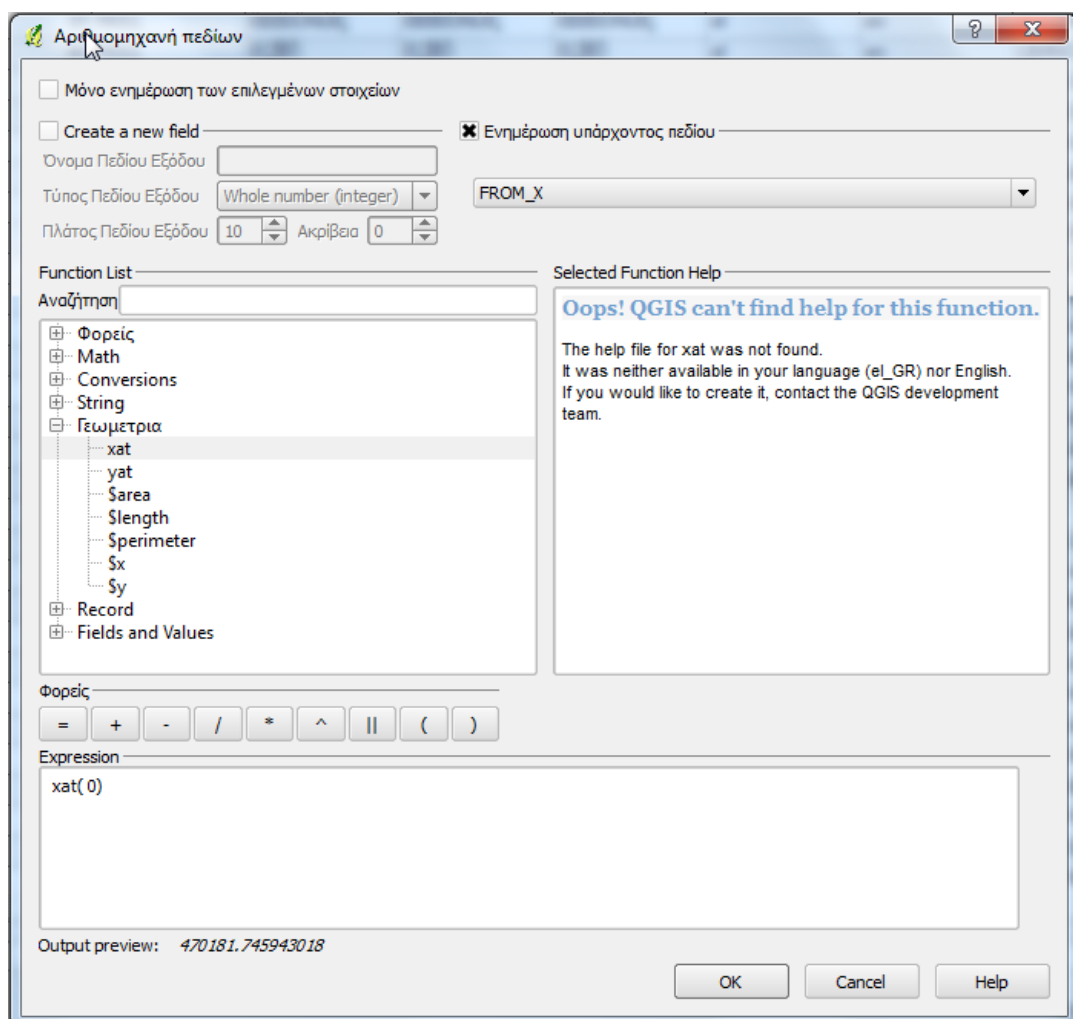
αποτελεί το όνομα του πεδίου των διευθύνσεων. Παράλληλα το εργαλείο απαιτεί την ύπαρξη, εντός του πίνακα ιδιοτήτων του αρχείου οδικού δικτύου ROADS\_EGSA.shp, των πεδίων FROM\_X, FROM\_Y, TO\_X και TO\_Y τα οποία περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες X,Y των σημείων αρχής και τέλους (με βάση τη φορά ψηφιοποίησης) κάθε διακριτού τμήματος οδικού δικτύου. (<http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>) Έτσι στην περίπτωση της λίστας διευθύνσεων, χρησιμοποιείται αρχικά ο πίνακας GEOCODING\_LIST\_2\_EN.xls, ο οποίος περιέχει τις ήδη μεταφρασμένες στα Αγγλικά διευθύνσεις, και ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση χρήσης του ARCGIS 9.3. Το συγκεκριμένο αρχείο μετατρέπεται σε μορφή .CSV και διαγράφεται κάθε άλλη πληροφορία εκτός των διευθύνσεων δημιουργώντας έτσι το αρχείο GEOCODING\_LIST\_2\_EN.csv το οποίο έχει την παρακάτω μορφή



Εικόνα 47 Η μορφή του πίνακα του αρχείου GEOCODING\_LIST\_2\_EN.csv

Αντίστοιχα, στην περίπτωση του αρχείου οδικού δικτύου προστίθενται τα πεδία FROM\_X, FROM\_Y, TO\_X και TO\_Y με τη χρήση των εργαλείων διαχείρισης περιγραφικών ιδιοτήτων διανυσματικών δεδομένων, τα οποία περιγράφονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι συντεταγμένες των σημείων αρχής και τέλους κάθε τμήματος οδικού δικτύου με τη χρήση των χωρικών τελεστών xat, yat οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στον field calculator του QGIS. Οι εν λόγω τελεστές επιστρέφουν τις συντεταγμένες ενός συγκεκριμένου vertex για κάθε τμήμα οδικού δικτύου, με βάση την τιμή της παραμέτρου επιλογής vertex. Έτσι η σύνταξη της

μορφής  $\text{xat}(0)$  επιστρέφει την τιμή του  $X$  στο αρχικό σημείο κάθε τόξου, ενώ η σύνταξη  $\text{xat}(-1)$  επιστρέφει την ίδια τιμή στο τελικό σημείο. Πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε αρνητική τιμή (εκτός του  $-1$ ) για την εύρεση της τιμής του  $X$  του τελικού σημείου, ενώ οποιαδήποτε θετική τιμή εκτός του μηδενός ( $0$ ) επιστρέφει την τιμή του  $X$  στο vertex το οποίο έχει αρίθμηση ίση με την τιμή της παραμέτρου συν ένα. Έτσι η σύνταξη  $\text{xat}(15)$  επιστρέφει την τιμή του  $X$  του 16<sup>ου</sup> vertex του οδικού τμήματος, ενώ με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και ο τελεστής  $\text{yat}$ . Η διαδικασία υπολογισμού των νέων πεδίων και η τελική μορφή του πίνακα ιδιοτήτων του αρχείου απεικονίζεται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 48 Η διαδικασία υπολογισμού των τιμών των πεδίων συντεταγμένων αρχής και τέλους κάθε τμήματος οδικού δικτύου.



αλ ιδιοτήτων - roads\_egsa :: 0 / 259 χαρακτηριστικών που παραινούν

oneway	old_oneway	oneway	minutes	F_ZELEV	T_ZELEV	RoadClass	METERS	NOMOS_EN	DIMOS_EN	FROM_Y	TO_X	TO_Y	FROM_X
1	1	NULL	0.416504	0	0	1	69.4919199894	PIREAS	KORIDALLOS	4202958.99	470120.564	4202991.94	470181.746
1	1	NULL	0.280005	0	0	1	46.6114149817	PIREAS	KORIDALLOS	4203071.71	469870.617	4203112.46	469847.986
1	1	NULL	0.5808	0	0	1	96.9248148849	PIREAS	KORIDALLOS	4203071.71	469759.871	4203112.09	469847.986
	2	FT	0.215047	0	0	1	25.009516197	PIREAS	NKAIJA	4202941.6	469762.769	4202920.01	469775.495
	2	FT	0.485764	0	0	1	56.7453609832	PIREAS	KORIDALLOS	4202943.72	469762.769	4202920.01	469771.215
	2	FT	0.379842	0	0	1	44.248556142	PIREAS	KORIDALLOS	4202918.56	470181.746	4202958.99	470163.772
	2	FT	0.230653	0	0	1	26.9420372881	PIREAS	NKAIJA	4202930.4	470163.772	4202918.56	470139.575
1	1	NULL	3.75543	0	0	1	625.782762596	ATHENS	EGALEO	4203310.08	470375.693	4203531.04	470780.265
	2	FT	0.261151	0	0	1	30.4319570876	PIREAS	NKAIJA	4202968.07	469775.495	4202941.6	469790.522
1	1	NULL	0.304195	0	0	1	50.7682726051	PIREAS	KORIDALLOS	4202941.6	469728.846	4202961.63	469775.495
	2	FT	0.454444	0	0	1	52.9430734808	PIREAS	NKAIJA	4202778.02	470036.533	4202730.17	470059.19
1	1	NULL	0.0618836	0	0	1	10.3009663486	PIREAS	NKAIJA	4202729.22	470489.836	4202738.3	470484.973
	2	FT	0.63815	0	0	1	74.5197346132	PIREAS	NKAIJA	4202778.72	469771.35	4202816.79	469835.411
	2	FT	0.506842	0	0	1	59.0581441117	PIREAS	NKAIJA	4202829.96	470059.19	4202778.02	470087.307
	2	FT	0.771835	0	0	1	90.1563210204	PIREAS	NKAIJA	4202778.02	469978.182	4202817.59	470059.19
	2	FT	0.618698	0	0	1	72.0914477087	PIREAS	NKAIJA	4202778.72	469801.191	4202715.27	469835.411
	2	FT	0.67673	0	0	1	79.0297881152	PIREAS	NKAIJA	4202754.47	469801.191	4202715.27	469732.566
1	1	NULL	0.252991	0	0	1	42.1023594618	PIREAS	NKAIJA	4202828.89	470154.628	4202867.33	470137.451
1	1	NULL	0.054435	0	0	1	9.06201834048	PIREAS	NKAIJA	4202829.96	470091.814	4202837.82	470087.307
	2	FT	0.371324	0	0	2	92.9468252264	PIREAS	NKAIJA	4202869.76	470087.307	4202829.96	470003.314
1	1	NULL	0.110791	0	0	1	18.4418206685	PIREAS	NKAIJA	4202729.22	470476.308	4202712.94	470484.973
	2	FT	0.444581	0	0	1	51.9316546371	PIREAS	NKAIJA	4202712.94	470429.489	4202735.41	470476.308
	2	FT	0.377362	0	0	2	94.4606303182	PIREAS	NKAIJA	4202760.11	470172.653	4202799.91	470258.316
	2	FT	0.544033	0	0	1	63.3936699035	PIREAS	NKAIJA	4202698.99	469732.566	4202754.47	469701.887
	2	FT	0.140723	0	0	1	16.4385283169	PIREAS	NKAIJA	4203015.91	469980.459	4203008.98	469965.554
1	1	NULL	0.528151	0	0	1	87.916109024	PIREAS	KORIDALLOS	4203038.73	470260.826	4203115.93	470221.642
	2	FT	0.582269	0	0	1	68.0115157077	PIREAS	KORIDALLOS	4203038.73	470160.802	4203069.13	470221.642
	2	FT	0.417316	0	0	1	48.6182221835	PIREAS	KORIDALLOS	4203081.24	469921.105	4203037.38	469942.079
	2	FT	0.512372	0	0	2	128.249126885	PIREAS	NKAIJA	4202922.9	469797.675	4202978.91	469913.048

Αναζητήστε: στο NAMEGR1 Αναζήτηση (Search)

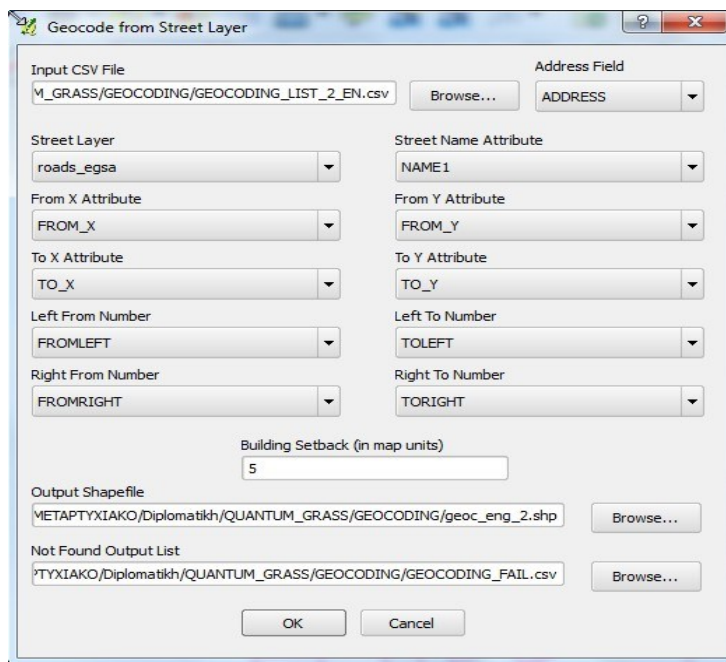
τα επιλεγμένα μόνο ☐ Αναζήτηση επιλεγμένα μόνο ☒ Case sensitive

Εικόνα 49 Η μορφή του πίνακα ιδιοτήτων μετά την προσθήκη των πεδίων αρχής και τέλους κάθε τμήματος οδικού δικτύου.

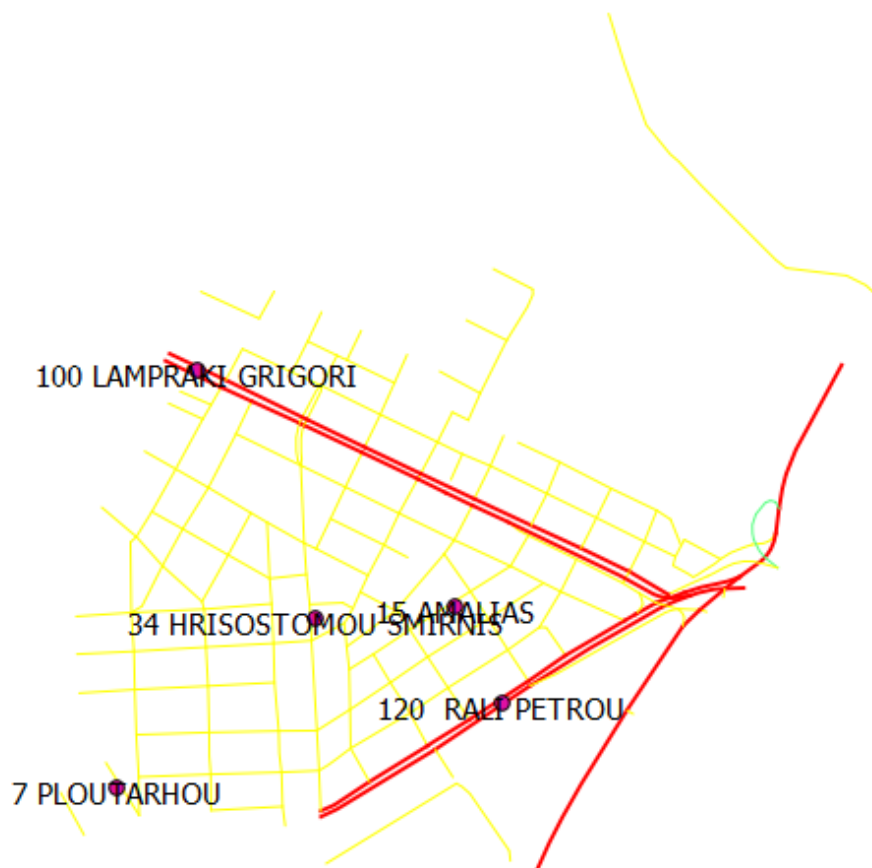
Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία προετοιμασίας των δεδομένων κι ακολουθεί η διαδικασία της μαζικής αυτοματοποιημένης γεωκωδικοποίησης. Η συγκεκριμένη διαδικασία αναλύεται στη συνέχεια.

#### ➤ Μαζική Αυτοματοποιημένη Γεωκωδικοποίηση:

Η μαζική γεωκωδικοποίηση γίνεται με τη χρήση του εργαλείου MMQGIS→TRANSFER→ GEOCODE FROM STREET LAYER, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Το εν λόγω εργαλείο απαιτεί από το χρήστη την επιλογή του αρχείου του οδικού δικτύου, την εισαγωγή της λίστας των διευθύνσεων και την επιλογή των πεδίων τα οποία περιέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου να γεωκωδικοποιηθούν οι διευθύνσεις. Παράλληλα επιλέγεται το όνομα του νέου σημειακού SHAPEFILE το οποίο θα δημιουργηθεί, καθώς και το όνομα μια νέας λίστας στην οποία καταγράφονται οι μη εντοπισμένες διευθύνσεις. Η χρήση του εν λόγω εργαλείου και το αποτέλεσμα της γεωκωδικοποίησης απεικονίζονται στα επόμενα σχήματα:

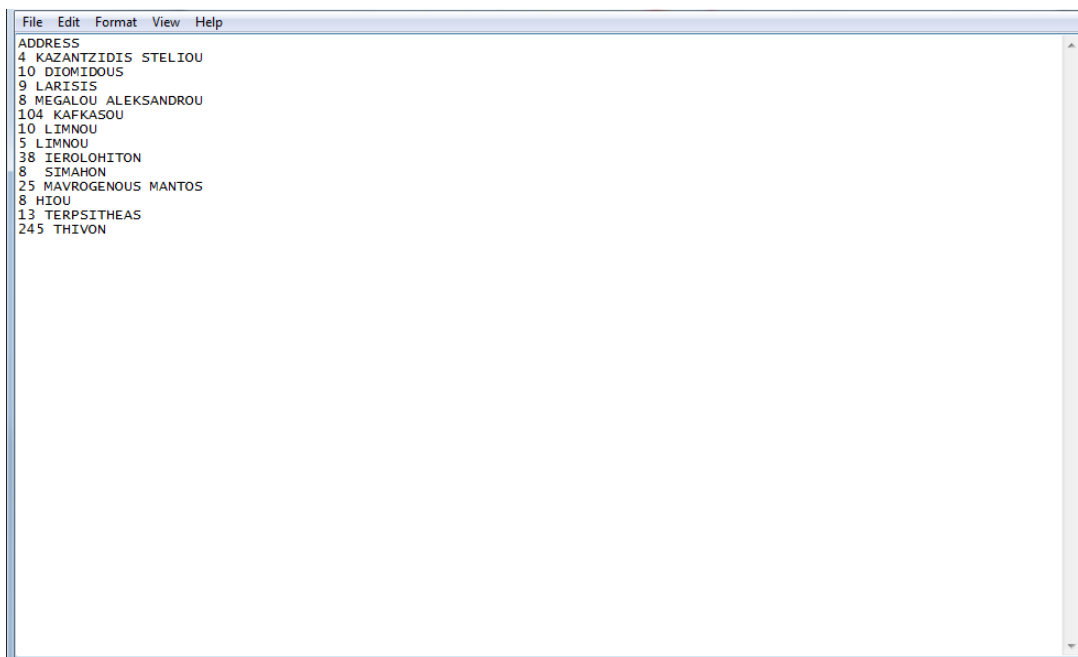


Εικόνα 50 Η μορφή του εργαλείου GEOCODE FROM STREET LAYER



Εικόνα 51 Το αποτέλεσμα της μαζικής αυτοματοποιημένης γεωκωδικοποίησης.

Το αποτέλεσμα της γεωκωδικοποίησης είναι το SHAPEFILE με τίτλο GEOC\_ENG\_2.shp το οποίο περιλαμβάνει πέντε (5) μόνο σημεία, καθώς μόνο πέντε διευθύνσεις γεωκωδικοποιήθηκαν, γεγονός το οποίο συνιστά μια ιδιαίτερα αρνητική παράμετρο αναφορικά με τη σύγκριση των δυνατοτήτων γεωκωδικοποίησης, των λογισμικών μελέτης. Παράλληλα δημιουργήθηκε το αρχείο GEOCODING\_FAIL.csv το οποίο περιέχει τη λίστα με τις μη εντοπισμένες διευθύνσεις, και το οποίο κι απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



*Εικόνα 52 Η λίστα των μη εντοπισμένων διευθύνσεων μετά το πέρας της διαδικασίας μαζικής αυτοματοποιημένης γεωκωδικοποίησης.*

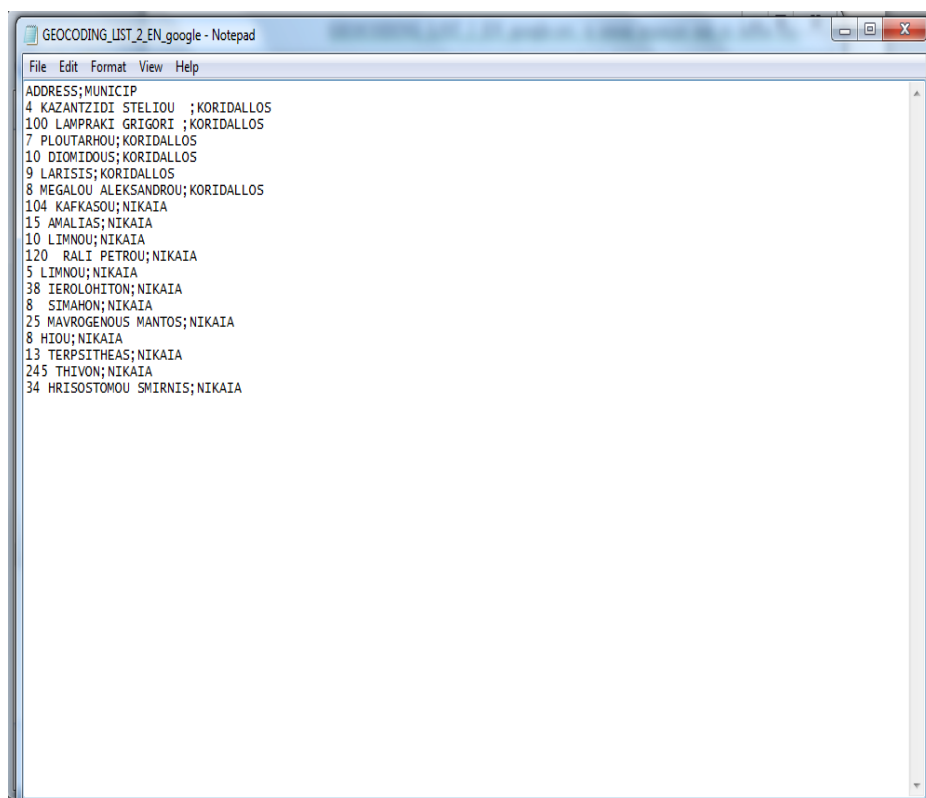
Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι το εν λόγω εργαλείο δεν διαχειρίζεται Ελληνικούς χαρακτήρες, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για τη Γεωκωδικοποίηση Ελληνικών διευθύνσεων. (<http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>)

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει τη χρήση του εργαλείου GEOCODE CSV WITH GOOGLE με το οποίο θα επιχειρηθεί εκ νέου η γεωκωδικοποίηση των διευθύνσεων. Το εν λόγω εργαλείο είναι εξ'ολοκλήρου αυτοματοποιημένο, ενώ χρησιμοποιεί τα δεδομένα και τις υπηρεσίες της GOOGLE για να διεξάγει τη γεωκωδικοποίηση. Πάρα το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιεί τα δεδομένα οδικού δικτύου της εφαρμογής όμως, αποτελεί μια ακόμη εναλλακτική λύση η οποία αξίζει να δοκιμασθεί μετά και τα πολύ περιορισμένα αποτελέσματα της προηγούμενης διαδικασίας μαζικής γεωκωδικοποίησης.

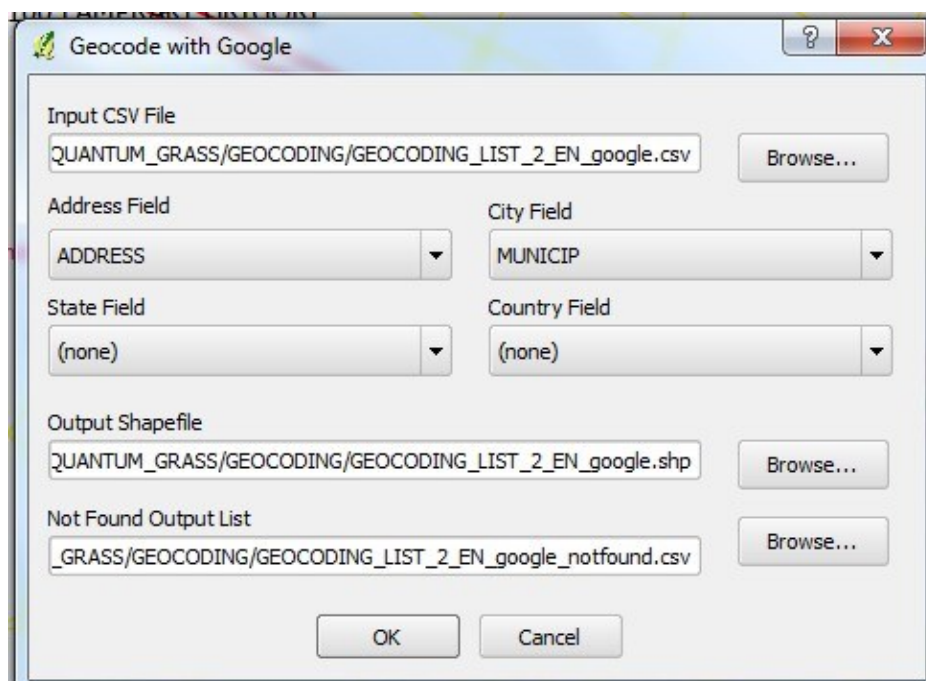
➤ Μαζική Αυτοματοποιημένη Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του GOOGLE.

Η συγκεκριμένη διαδικασία απαιτεί τη χρήση των υπηρεσιών της GOOGLE για τη λειτουργία της καθώς χρησιμοποιεί το GOOGLE MAPS API για τη γεωκωδικοποίηση των δεδομένων, μέσα από το εργαλείο GEOCODE CSV WITH GOOGLE. Στην πραγματικότητα η συγκεκριμένη διαδικασία δεν χρησιμοποιεί το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης για τη γεωκωδικοποίηση, αλλά τα αντίστοιχα δεδομένα (και υπηρεσίες) της GOOGLE, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο κατά την εφαρμογή της. Η χρήση του εργαλείου, η οποία επιτρέπεται για περιορισμένο αριθμό διευθύνσεων (2500 διευθύνσεις την ημέρα) αποστέλλει ένα αίτημα στη GOOGLE η οποία γεωκωδικοποιεί τα δεδομένα κι επιστρέφει τα αποτελέσματα, τα οποία μετατρέπονται από το εργαλείο σε μορφή SHAPEFILE. Παράλληλα το εργαλείο δημιουργεί μια λίστα μορφής .csv με της διευθύνσεις τις οποίες δεν εντόπισε η υπηρεσία της GOOGLE, ενώ τέλος τα αποτελέσματα γεωαναφέρονται on-the-fly στο σύστημα συντεταγμένων το οποίο χρησιμοποιείται κάθε φορά, και το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι το ΕΓΣΑ 87. (<http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>).

Το συγκεκριμένο εργαλείο κάνει χρήση, εκτός του πεδίου των διευθύνσεων, και του πεδίου της πόλης στην οποία βρίσκεται η κάθε διεύθυνση, όποτε η λίστα διευθύνσεων GEOCODING\_LIST\_2\_EN.csv μετασχηματίζεται στην GEOCODING\_LIST\_2\_EN\_google.csv, η οποία περιέχει και το πεδίο της πόλης για κάθε διεύθυνση. Η διαδικασία μετατροπής της αρχικής λίστας στην τελική γίνεται με απλό τρόπο μέσα από το λογισμικό EXCEL και δεν αφορά το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας. Στα επόμενα σχήματα απεικονίζονται η μορφή της αρχικής λίστας διευθύνσεων η οποία εισάγεται στο εργαλείο, η χρήση του εργαλείου, καθώς και τα τελικά αποτελέσματα της χρήσης του.



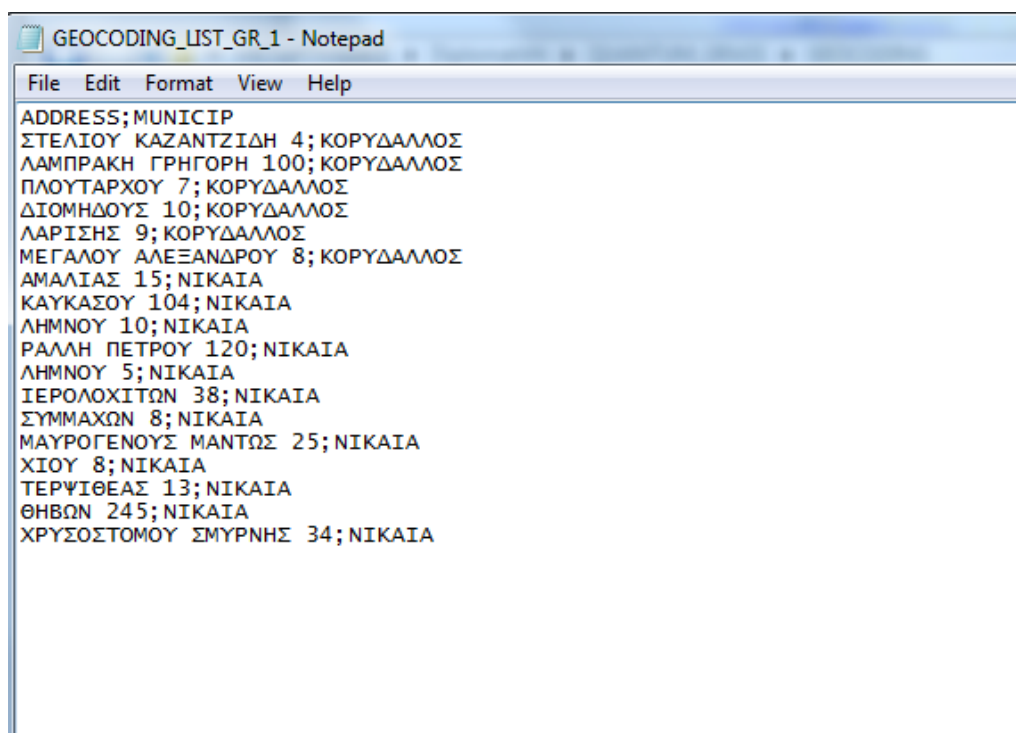
Εικόνα 53 Η μορφή της λίστας διευθύνσεων για τη γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του GOOGLE.



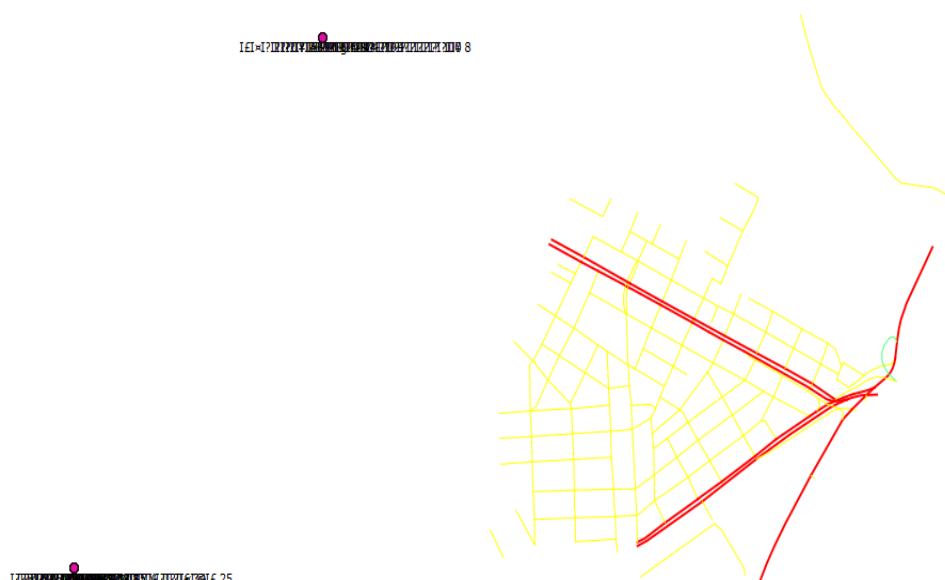
Εικόνα 54 Η μορφή της διαδικασίας γεωκωδικοποίησης διευθύνσεων με τη χρήση του GOOGLE.







Εικόνα 58 Η λίστα διευθύνσεων με Ελληνικούς χαρακτήρες.



Εικόνα 59 Η μορφή του αποτελέσματος της Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση λίστας με Ελληνικούς χαρακτήρες

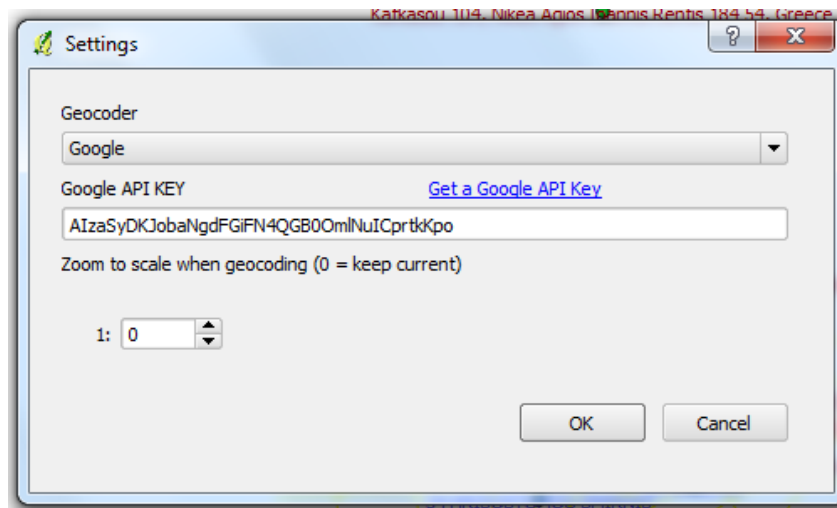


Είναι προφανές ότι το εργαλείο αδυνατεί να αντιμετωπίσει επαρκώς τη χρήση Ελληνικών χαρακτήρων, πάρα το γεγονός ότι χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες της GOOGLE όποιες γενικά διαθέτουν αντίστοιχες δυνατότητες. Τέλος, το τελευταίο στάδιο της γεωκωδικοποίησης αφορά την επανάληψη της διαδικασίας με τη χρήση του εργαλείου GEOLOCATE, όπως περιγράφεται στη συνέχεια

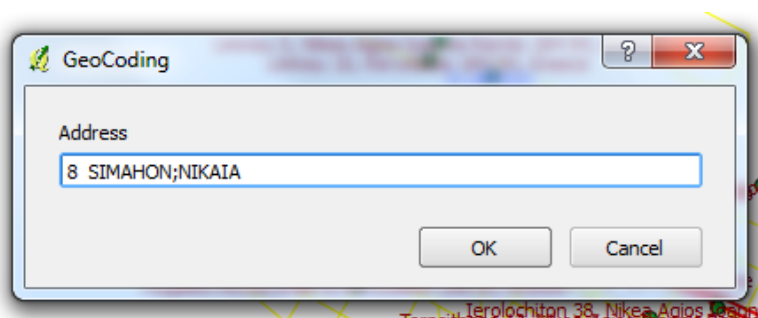
➤ **Ατομική Αυτοματοποιημένη Γεωκωδικοποίηση:**

Το εν λόγω στάδιο υλοποιείται με τη χρήση του εργαλείου GEOLOCATE το οποίο είναι ένα από τα πρόσθετα εργαλεία του λογισμικού. Η χρήση του περιλαμβάνει αρχικά την εισαγωγή του GOOGLE MAPS API key, το οποίο προμηθεύεται ο χρήστης διαδικτυακά από την GOOGLE, μέσω της επιλογής GEOLOCATE→SETTINGS. Στη συνέχεια εισάγεται κάθε διεύθυνση ξεχωριστά στην φόρμα εισαγωγής η οποία εμφανίζεται. Αν η διεύθυνση προς γεωκωδικοποίηση είναι μοναδική στη βάση της GOOGLE τότε γεωκωδικοποιείται στην αντίστοιχη θέση. Αντίθετα αν εντοπισθούν περισσότερες υποψήφιες διευθύνσεις (ορισμένες φορές σε άλλες πόλεις ή ακόμα και χώρες, εξαιτίας της μορφής της διεύθυνσης εισαγωγής η οποία δεν είναι πάντα αρκετά διευκρινιστική), τότε ο χρήστης καλείται να επιλέξει από μια λίστα υποψηφίων θέσεων την κατάλληλη διεύθυνση, υποβοηθούμενος από το όνομα της πόλης και τον ταχυδρομικό κωδικό, στοιχεία τα οποία περιλαμβάνει η εν λόγω λίστα.

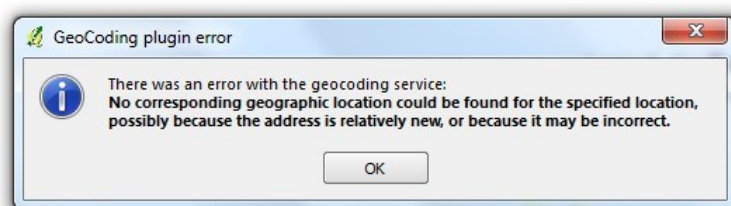
Το αποτέλεσμα της επιλογής του χρήστη γεωκωδικοποιεί στην αντίστοιχη υποψηφία θέση, ενώ τέλος αν η βάση της GOOGLE δεν περιλαμβάνει δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα για τον εντοπισμό μιας διεύθυνσης τότε επιστρέφεται στο χρήστη μήνυμα σφάλματος. Η μορφή των διευθύνσεων που εισάγονται στη φόρμα εισαγωγής μπορεί να περιλαμβάνει απλά τη διεύθυνση ή κι επιπλέον στοιχεία όπως ο ταχυδρομικός κωδικός, η πόλη και η χώρα, ενώ τα παραπάνω στοιχεία διαχωρίζονται από τον χαρακτήρα (;). Τέλος το αρχείο το οποίο δημιουργείται, εξάγεται στο SHAPEFILE με τίτλο GEOC\_ONE\_BY\_ONE.shp το οποίο απεικονίζεται στη συνέχεια μαζί με τη διαδικασία γεωκωδικοποίησης.



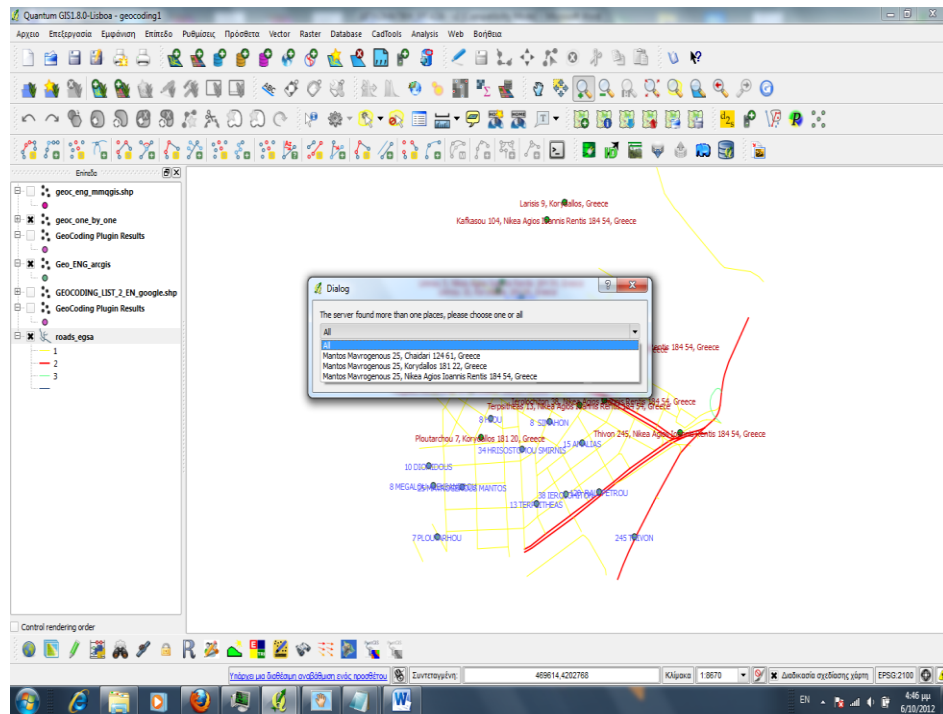
Εικόνα 60 Η διαδικασία εισαγωγής GOOGLE MAPS API KEY για τη χρήση του εργαλείου GEocode.



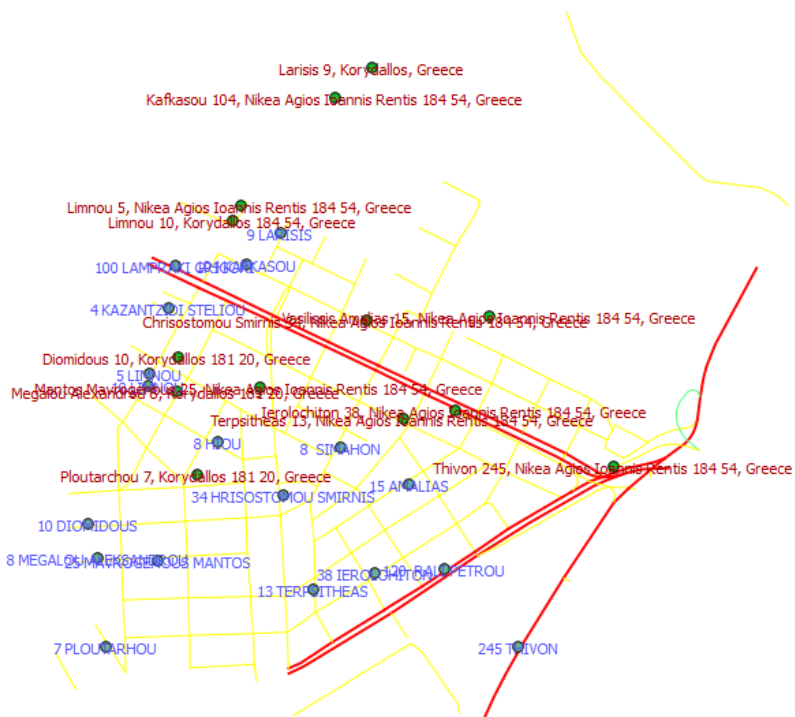
Εικόνα 61 Η μορφή του εργαλείου GEocode.



Εικόνα 62 Η μορφή του μηνύματος σφάλματος, εφόσον δεν είναι εφικτός ο εντοπισμός μιας διεύθυνσης.



Εικόνα 63 Η λίστα πιθανών διευθύνσεων από την οποία επιλέγει ο χρήστης την σωστή διεύθυνση.

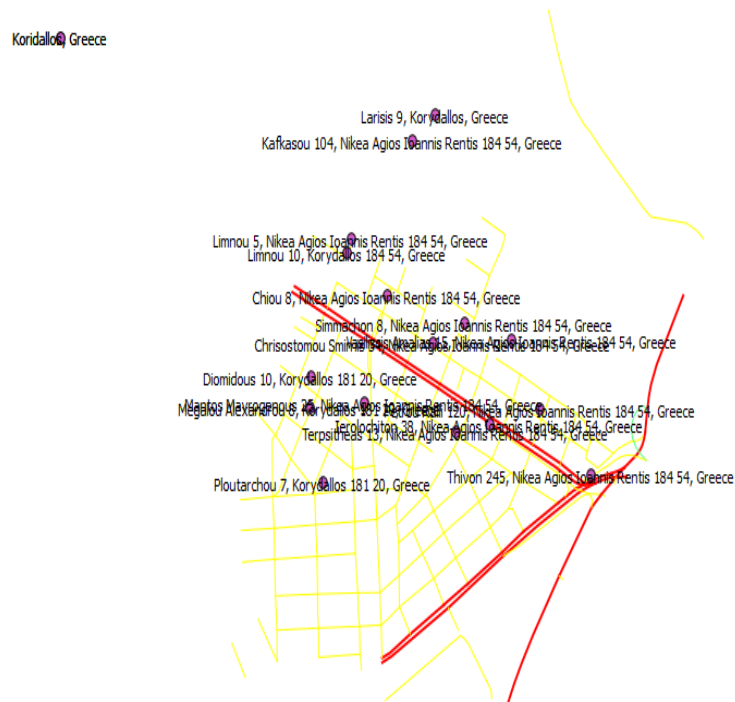


Εικόνα 64 Η μορφή του τελικού αρχείου (κόκκινο χρώμα) στο οποίο παρατηρείται μετατόπιση έναντι του αντιστοίχου αρχείου του ARCGIS 9.3(μπλε χρώμα)

Το συγκεκριμένο εργαλείο εντοπίζει τις ίδιες δεκατρείς (13) διευθύνσεις με το εργαλείο GEOCODE CSV WITH GOOGLE, καθώς χρησιμοποιούν τα ίδια δεδομένα και την ίδια διαδικτυακή υπηρεσία. Ταυτόχρονα τα αποτελέσματα περιέχουν το ίδιο σφάλμα μετασχηματισμού μεταξύ του συστήματος αναφοράς WGS84 της GOOGLE και του ΕΓΣΑ87. Το συγκεκριμένο σφάλμα, όπως ειπώθηκε προηγουμένως, αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα αναφορικά με τη χρήση τόσο του εργαλείου όσο και του λογισμικού QGIS γενικότερα, σε εφαρμογές γεωκωδικοποίησης.

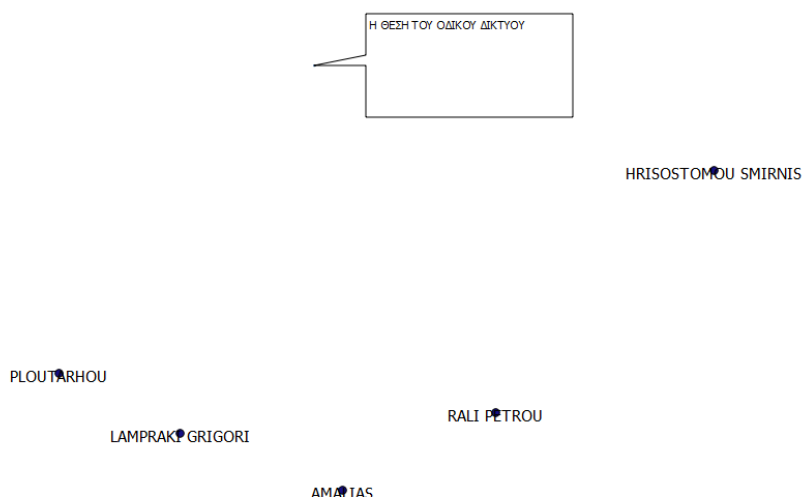
Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο εργαλείο κωδικοποιεί διευθύνσεις και με Ελληνικούς χαρακτήρες, ενώ επιστρέφει 18 διευθύνσεις οι οποίες βρίσκονται, ως επί το πλείστον, στις ίδιες θέσεις με αυτές των Αγγλικών διευθύνσεων. Εξαίρεση αποτελούν οι διευθύνσεις «ΧΙΟΥ 8, ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ, η οποία εντοπίστηκε μόνο με Ελληνικούς χαρακτήρες και οι διευθύνσεις «ΣΤΕΛΙΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗ 4, ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ» και «ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΓΡΗΓΟΡΗ 100, ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ» οι οποίες εντοπιστήκαν στο ίδιο σημείο εκτός της περιοχής μελέτης. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται σε ζητήματα τα οποία έχουν να κάνουν με τις υπηρεσίες της GOOGLE και τη διαχείριση των Ελληνικών από αυτές, ενώ το αποτέλεσμα περιλαμβάνει σημεία στα πεδία των οποίων η διεύθυνση καταγράφεται με Αγγλικούς χαρακτήρες.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά καθώς οι δύο διευθύνσεις εντοπιστήκαν σε λάθος σημείο, ενώ οι υπόλοιπες δεκαέξι γεωαναφέρθηκαν λανθασμένα. Τα αποτελέσματα της Ελληνικής γεωκωδικοποίησης απεικονίζονται στο σχήμα της επομένης σελίδας,



*Εικόνα 65 Η μορφή του τελικού της Γεωκωδικοποίησης διευθύνσεων με Ελληνικούς χαρακτήρες.*

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η διαδικασία γεωκωδικοποίησης των δεδομένων της αρχικής λίστας με τη χρήση του λογισμικού QGIS. Τα αποτελέσματα δυστυχώς δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, καθώς σε καμιά περίπτωση δεν πλησίασαν την ακρίβεια ή την πληρότητα των αποτελεσμάτων του ARCGIS 9.3. Στη συνέχεια, η διαδικασία μαζικής Γεωαναφοράς με τη χρήση του οδικού δικτύου επαναλήφθηκε, κάνοντας χρήση του οδικού δικτύου σε σύστημα αναφοράς WGS 84. Τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά, καθώς εντοπιστήκαν μόνο 5 διευθύνσεις σε εντελώς λανθασμένη θέση, όπως γίνεται σαφές στο σχήμα της επόμενης σελίδας. Η εκτενέστερη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων και των λογισμικών μελέτης, αναφορικά με την εφαρμογή γεωκωδικοποίησης ακολουθεί στην επομένη παράγραφο.



Εικόνα 66. Το αποτέλεσμα της αποπειρας γεωκωδικοποίησης με τη χρήση του οδικου δικτυου σε συστημα αναφοράς WGS 84.

### 5.2.3 Σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων - Συμπεράσματα.

Μετά την ολοκλήρωση των διαδικασιών γεωκωδικοποίησης παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση τόσο μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών, όσο και μεταξύ της μεθοδολογίας η οποία ακολουθείται από τα λογισμικά μελέτης. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στους διαφορετικούς αλγόριθμους οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί από τους δημιουργούς των λογισμικών, αλλά και στις διαφορετικές προσεγγίσεις του προβλήματος της γεωκωδικοποίησης μεταξύ των λογισμικών μελέτης. Έτσι, όσον αφορά τις μεθοδολογικές διαφορές μεταξύ των λογισμικών μελέτης μπορεί κανείς να παρατηρήσει αρχικά ότι το μεν ARCGIS 9.3 κάνει χρήση του αρχείου ADDRESS LOCATOR προκειμένου να διεξάγει τη διαδικασία γεωκωδικοποίησης.

Η χρήση του ADDRESS LOCATOR συνεπάγεται την προτυποποίηση των δεδομένων προς γεωκωδικοποίηση, καθώς και την αντίστοιχη προτυποποίηση των κανόνων της συγκεκριμένης διαδικασίας. Έτσι, ο χρήστης δημιουργεί στην πραγματικότητα ένα αρχείο κανόνων με βάση τους οποίους θα διεξαχθεί η γεωκωδικοποίηση, και προσαρμόζει ανάλογα τα δεδομένα του. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ μιας σειράς προεπιλεγμένων ADDRESS LOCATORS, οι οποίοι ακολουθούν την Αμερικανική τυπολογία διευθύνσεων, με αποτέλεσμα να απαιτείται τόσο η μετατροπή των διευθύνσεων σε αντίστοιχη μορφή με αυτή που ο επιλεγμένος ADDRESS LOCATOR χρησιμοποιεί, όσο και η κατάλληλη μορφοποίηση των δεδομένων του οδικού δικτύου. Παράλληλα ο χρήστης επιλέγει τα όρια της ευαισθησίας του ADDRESS LOCATOR, καθορίζοντας έτσι σε μεγάλο

βαθμό και τη δυνατότητα ταυτοποίησης μεταξύ των εγγραφών του πίνακα διευθύνσεων και των εγγραφών του αντιστοίχου πεδίου του πίνακα του οδικού δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται.

Ταυτόχρονα το ARCGIS 9.3, παράλληλα με την απαίτηση ύπαρξης οδικού δικτύου αναφοράς το οποίο μεταξύ άλλων πρέπει να περιέχει συγκεκριμένα πεδία, επιτρέπει και το διαδραστικό εντοπισμό των διευθύνσεων οι οποίες δεν εντοπίστηκαν από την αυτοματοποιημένη διαδικασία. Τέλος, το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχει ένα σκορ αναφορικά με την ποιότητα ταυτοποίησης κι εντοπισμού της κάθε διεύθυνσης χωριστά, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό καθώς επιτρέπει στο χρήστη να αξιολογήσει ποιοτικά τα αποτελέσματα των εργασιών του. Ταυτόχρονα στην προκειμένη περίπτωση η αρχική αυτοματοποιημένη γεωκωδικοποίηση είχε συνολικό ποσοστό επιτυχίας 72% για τις Αγγλικές διευθύνσεις και 11% για τις Ελληνικές, τα οποία στη συνέχεια ανήλθαν στο 100% με τη χρήση της διαδικασίας διαδραστικού εντοπισμού των υπολοίπων διευθύνσεων, ενώ τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια ανεξάρτητα του συστήματος αναφοράς των δεδομένων οδικού δικτύου. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερος ενθαρρυντικός αναφορικά με τις δυνατότητες του λογισμικού σε εφαρμογές γεωκωδικοποίησης, καθώς όλη η διαδικασία διεξάγεται τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη αποκλειστικά από το ARCGIS 9.3.

Αντίθετα, το λογισμικό QGIS χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις αναφορικά με τη διαδικασία γεωκωδικοποίησης. Η πρώτη προσέγγιση μοιάζει με αυτήν του ARCGIS 9.3 καθώς απαιτεί τη χρήση δεδομένων οδικού δικτύου τα οποία χρησιμοποιεί προκειμένου να εντοπίσει τις θέσεις των διευθύνσεων. Αντίθετα όμως με το ARCGIS, δεν χρησιμοποιεί κάποιο αρχείο κανόνων (μορφής ADDRESS LOCATOR), ενώ απαιτεί την ύπαρξη συγκεκριμένων πεδίων τόσο στους πίνακες ιδιοτήτων του οδικού δικτύου όσο και στην λίστα διευθύνσεων η οποία πρέπει να περιλαμβάνει μια μόνο στήλη. Τα αποτελέσματα της μεθόδου δεν είναι ικανοποιητικά καθώς γεωκωδικοποιήθηκαν μόνο πέντε (5) διευθύνσεις σε σύνολο δεκαοκτώ (18).

Η δεύτερη προσέγγιση κάνει χρήση δύο εργαλείων τα οποία διαφοροποιούνται μεταξύ τους κι ως προς τον αριθμό διευθύνσεων οι οποίες γεωκωδικοποιούνται κάθε φορά. Έτσι, το μεν ένα εργαλείο διεξάγει μαζική γεωκωδικοποίηση, ενώ το άλλο εργαλείο γεωκωδικοποιεί ένα σημείο κάθε φορά. Ανεξάρτητα από την παραπάνω διαφοροποίηση, τα συγκεκριμένα εργαλεία δεν διεξάγουν τη γεωκωδικοποίηση τοπικά, με τη χρήση εσωτερικών εργασιών, αλλά αντίθετα κάνουν χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών της GOOGLE προκειμένου να

εντοπίσουν τη θέση της κάθε διεύθυνσης. Έτσι, τα συγκεκριμένα εργαλεία απαιτούν τη λήψη GOOGLE MAPS API key από την GOOGLE, ενώ φυσικά είναι απαραίτητη η ύπαρξη σύνδεσης στο διαδίκτυο προκειμένου να γίνει χρήση τους. Τέλος τα συγκεκριμένα εργαλεία υπόκεινται σε περιορισμούς ως προς τον αριθμό των διευθύνσεων οι οποίες μπορούν να γεωκωδικοποιηθούν κάθε ημέρα. (<http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>)

Η αιτία του περιορισμού σχετίζεται με τη χρήση των υπηρεσιών της GOOGLE, η οποία θέτει τον εν λόγω περιορισμό των 2500 διευθύνσεων ανά ημέρα. Στην πραγματικότητα η χρήση των εν λόγω εργαλείων απαιτεί την αποστολή αιτημάτων προς τους SERVERS της GOOGLE, με τη χρήση του GOOGLE MAPS API key, τα οποία περιλαμβάνουν τις διευθύνσεις προς γεωκωδικοποίηση και τη χρήση των αντιστοίχων υπηρεσιών. Η GOOGLE γεωκωδικοποιεί τις διευθύνσεις, με βάση τα δικά της δεδομένα οδικού δικτύου στα οποία ο χρήστης δεν έχει έλεγχο, κι αποστέλλει τα αποτελέσματα στο χρήστη, τα οποία το λογισμικό μετατρέπει σε αρχεία SHAPEFILE και σε λίστες μορφή .CSV (αναφορικά με τις μη εντοπισμένες διευθύνσεις).

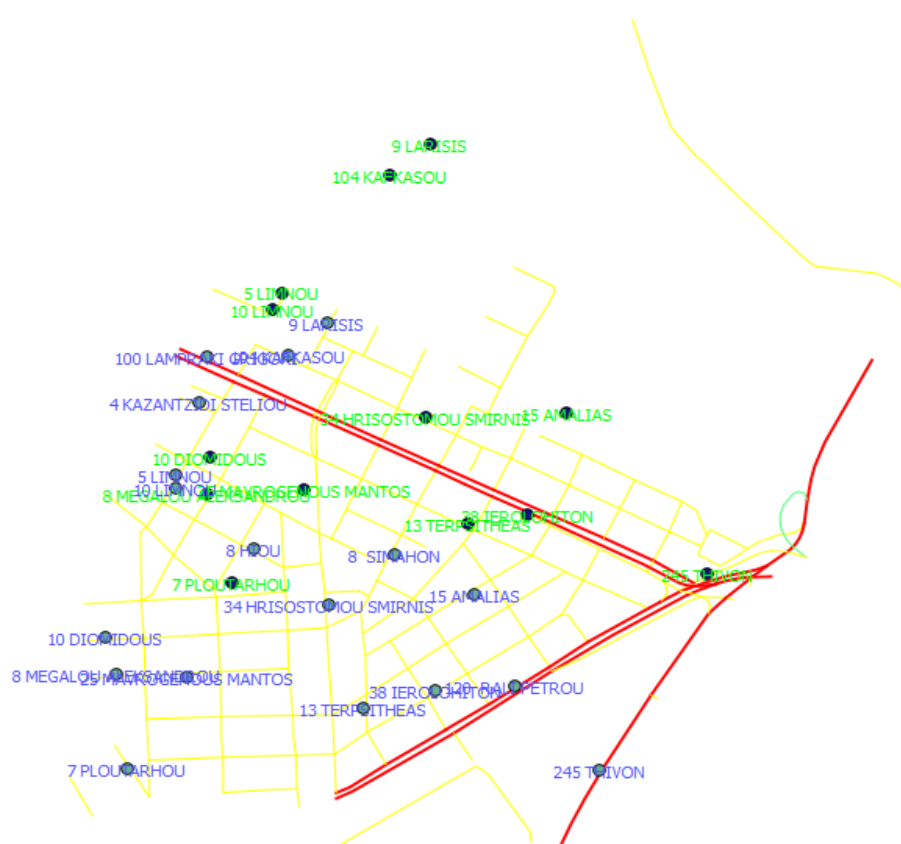
(<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/?hl=el-GR>)

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των δύο λογισμικών, όπως έχει ήδη ειπωθεί, το ARCGIS 9.3 επιτυγχάνει ποσοστό επιτυχίας 72% για τις Αγγλικές διευθύνσεις και 11% για τις Ελληνικές, το οποίο στη συνέχεια ανέρχεται στο 100% με τη χρήση της διαδικασίας διαδραστικού εντοπισμού των μη αρχικά εντοπισμένων διευθύνσεων. Οι συντεταγμένες των νέων σημείων είναι σωστές κι απέχουν πέντε μετρά από τους αντίστοιχους άξονες, ανεξάρτητα από το σύστημα αναφοράς των δεδομένων οδικού δικτύου. Αντίθετα στην περίπτωση του λογισμικού QGIS τα αποτελέσματα είναι κάθε άλλο παρά ικανοποιητικά, για διαφορετικούς κάθε φορά λόγους. Έτσι, το εργαλείο GEOCODE FROM STREET LAYER εντοπίζει μόνο πέντε σημεία τα οποία κωδικοποιεί σε αποστάσεις από 0,40 έως 13,50 μετρά από τα αντίστοιχα σημεία του ARCGIS 9.3, όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, ενώ αποτυγχάνει πλήρως στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί οδικό δίκτυο σε σύστημα αναφοράς WGS84.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ARCGIS –MMQGIS (GEOCODE FROM STREET LAYER)
100 LAMPRAKI GRIGORI	13,5
34 HRISISTOMOU SMIRNIS	1,1
15 AMALIAS	0,8
7 PLOUTARHOU	0,4
120 RALI PETROU	12,4



Αντίθετα τα εργαλεία τα οποία κάνουν χρήση των υπηρεσιών της GOOGLE εντοπίζουν τις ίδιες δεκατρείς διευθύνσεις (ανεξαρτήτως εργαλείου) όταν αυτές περιέχουν Αγγλικούς χαρακτήρες, οι οποίες όμως γεωδικοποιούνται σε λάθος σημεία, καθώς η μετατροπή μεταξύ των συστημάτων αναφοράς WGS84 κι ΕΓΣΑ87 τα οποία χρησιμοποιούνται από την GOOGLE και τα δεδομένα της εφαρμογής αντίστοιχα, δεν γίνεται σωστά. Μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο εργαλείων δεν υπάρχουν διαφορές όσον αφορά τις συντεταγμένες των σημείων καθώς και τα δύο εργαλεία χρησιμοποιούν την ίδια υπηρεσία της GOOGLE και λαμβάνουν το ίδιο αποτέλεσμα. Η διαφορά μεταξύ των σημείων αυτών και των αντιστοίχων του ARCGIS 9.3 απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 67 Η διαφορά στη θέση μεταξύ των αποτελεσμάτων του ARCGIS 9.3 (μπλε χρώμα) και του GEOCODE CSV WITH GOOGLE (πράσινο χρώμα).

Τα αποτελέσματα της χρήσης των εργαλείων αυτών, μετετράπησαν σε μορφή .kmz με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS και εισήχθησαν στο περιβάλλον του GOOGLE EARTH, όπου κι αποκαλύφθηκε ότι οι διευθύνσεις εντοπίζονται στη σωστή τους θέση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αυτό σημαίνει ότι το πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίστηκε με τη Γεωαναφορά, έχει σχέση με την αδυναμία των συγκεκριμένων εργαλείων να μετατρέπουν αυτόματα τις συντεταγμένες από το σύστημα WGS 84 στο ΕΓΣΑ 87. Όταν τα αρχεία .kmz



GOOGLE του QGIS, το οποίο διαχειρίζεται Ελληνικές διευθύνσεις, επιστρέφει λανθασμένα αποτελέσματα, υπονομεύοντας την εν λόγω δυνατότητα.

Το γεγονός αυτό, συνδυαζόμενο με τη λειτουργία του εργαλείου GEOLOCATE το οποίο, αν και λειτουργεί αρκετά καλά με Ελληνικές διευθύνσεις, απαιτεί την εισαγωγή κάθε μιας διεύθυνσης χωριστά καθίστα μη χρηστικό το εν λόγω εργαλείο και κατά συνέπεια υποβαθμίζει περαιτέρω τις δυνατότητες Γεωκωδικοποίησης του QGIS. Τέλος, τα παραπάνω εργαλεία δημιουργούν προβλήματα στη μετατροπή των συστημάτων αναφοράς των αποτελεσμάτων, η οποία είναι απαραίτητη εφόσον τα δεδομένα δεν χρησιμοποιούν το σύστημα αναφοράς WGS84. Αντίθετα το ARCGIS 9.3 γεωκωδικοποιεί τις Ελληνικές διευθύνσεις με χαμηλά ποσοστά αρχικής επιτυχίας, τα οποία στη συνέχεια βελτιώνονται με τη χρήση της δυνατότητας διαδραστικού εντοπισμού διευθύνσεων.

Συνοψίζοντας όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα, καθίσταται προφανής η υπεροχή του λογισμικού ARCGIS 9.3 αναφορικά με τη διεξαγωγή Γεωκωδικοποίησης καθώς τόσο η χρήση ADDRESS LOCATORS, όσο και η δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη με διαδραστικό τρόπο επιτρέπουν στο χρήστη να βελτιώνει τα αποτελέσματα των εργασιών του. Παράλληλα, η ύπαρξη του σκορ της ταυτοποίησης των διευθύνσεων της λίστας με τα πεδία του πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου, προσφέρει στο χρήστη μια ένδειξη της ποιότητας των αποτελεσμάτων της διαδικασίας. Τέλος, η διεξαγωγή της Γεωκωδικοποίησης εξ' ολοκλήρου τοπικά χωρίς τη χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών επιτρέπει την γεωκωδικοποίηση μεγάλων αρχείων με πολλές διευθύνσεις χωρίς περιορισμούς.

Αντίθετα το QGIS υπόκειται στους περιορισμούς της GOOGLE εφόσον γίνεται χρήση των αντιστοίχων εργαλείων, ενώ το εργαλείο γεωκωδικοποίησης με τη χρήση οδικού δικτύου επιστρέφει εξαιρετικά φτωχά αποτελέσματα. Ταυτόχρονα η γεωκωδικοποίηση μέσω των υπηρεσιών της GOOGLE δεν γεωαναφέρει αυτόματα τα αποτελέσματα με αποτέλεσμα να υπάρχουν απαράδεκτες αποκλίσεις, εφόσον ο χρήστης δεν χρησιμοποιεί το WGS 84. Τέλος το QGIS δεν παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να επέμβει με οποιοδήποτε τρόπο στη διαδικασία, ενώ δεν παρέχει κάποια μέθοδο ή εργαλείο για την αντιμετώπιση των μη εντοπισμένων διευθύνσεων. Με βάση τα παραπάνω, το συνολικό συμπέρασμα της εφαρμογής είναι η σαφέστατη κι αδιαμφισβήτητη υπεροχή του λογισμικού ARCGIS 9.3, έναντι του συνδυασμού QGIS/GRASS στον τομέα των εφαρμογών Γεωκωδικοποίησης.

### 5.3 Συμπεράσματα αναφορικά με τις αναλυτικές εφαρμογές.

Με το πέρας της Εφαρμογής Γεωκωδικοποίησης, ολοκληρώνεται η αναφορά στις εξειδικευμένες εφαρμογές χωρικής ανάλυσης οι οποίες απασχόλησαν το συγκεκριμένο Κεφάλαιο. Τα βασικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν καταδεικνύουν τις ιδιαιτερότητες τόσο του λογισμικού ARCGIS 9.3 όσο του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS αναφορικά με τις εφαρμογές Υδρολογικής Ανάλυσης και Γεωκωδικοποίησης οι οποίες διεξήχθησαν. Έτσι, στην περίπτωση της υδρολογικής ανάλυσης το λογισμικό ARCGIS φαίνεται να πλεονεκτεί έναντι του συνδυασμού QGIS/GRASS όσον αφορά την απλότητα της διαδικασίας της υδρολογικής ανάλυσης. Ο χρήστης ακολουθεί μια γραμμική διαδικασία η οποία αποτελείται από μια σειρά από διαδοχικά βήματα τα οποία περιλαμβάνουν την διόρθωση του DEM, τη δημιουργία των επιφανειών διεύθυνσης ροής και συσσωρευτικής ροής, και τέλος τον εντοπισμό του υδρογραφικού δικτύου με τη χρήση μιας τιμής κατωφλιού. Τέλος, ο εντοπισμός των υδρολογικών λεκανών γίνεται ανεξάρτητα από τον εντοπισμό του υδρολογικού δικτύου γεγονός το οποίο διευκολύνει το χρήστη, σε αντίθεση με το συνδυασμό QGIS/GRASS. Το ARCGIS, από την άλλη πλευρά υστερεί ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της υδρολογικής ανάλυσης τα οποία παρέχει, καθώς ο συνδυασμός QGIS/GRASS φαίνεται να παρέχει ένα ακριβέστερο υδρογραφικό δίκτυο ενώ εντοπίζει την υπολεκάνη η οποία αντιστοιχεί σε κάθε ξεχωριστό κλάδο του υδρογραφικού δικτύου.

Αντίθετα ο συνδυασμός QGIS/GRASS πλεονεκτεί ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της υδρολογικής ανάλυσης, καθώς παρέχει ακριβέστερα αποτελέσματα, αναφορικά τόσο με το υδρογραφικό δίκτυο όσο και με τις υδρολογικές υπολεκάνες. Τα μειονεκτήματα του συνδυασμού QGIS/GRASS αφορούν τη δυσκολία εντοπισμού της κατάλληλης τιμής κατωφλιού (αναφορικά με την εκταση της μικρότερης εξωτερικής υπολεκάνης η οποία θα εντοπισθεί) και την έλλειψη του εργαλείου `r.stream.basins` (αντίστοιχο του WATERSHED). Το πρώτο αυτό μειονέκτημα είναι το σημαντικότερο, καθώς ο χρήστης πρέπει να αποφασίσει για την τιμή κατωφλιού γνωρίζοντας ότι θα αναγκασθεί να θυσιάσει έναν αριθμό υδρολογικών λεκανών προκειμένου να εντοπίσει το υδρογραφικό δίκτυο. Αντίθετα το δεύτερο μειονέκτημα θεωρείται λιγότερο σημαντικό, καθώς αναμένεται να εξαλειφθεί με την ενσωμάτωση του εν λόγω εργαλείου.

Όσον αφορά την Γεωκωδικοποίηση το ARCGIS είναι σε θέση να εντοπίσει το μεγαλύτερο μέρος των διευθύνσεων αυτόματα, ενώ παρέχει τη δυνατότητα χειροκίνητης

Γεωκωδικοποίησης των υπολοίπων διευθύνσεων. Παράλληλα το λογισμικό παρέχει ένα σκορ αναφορικά με την ακρίβεια της Γεωκωδικοποίησης για κάθε διεύθυνση, δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να εκτιμήσει την ποιοτική διάσταση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του. Επίσης αποδεικνύεται ότι τα αποτελέσματα της χρήσης του ARCGIS είναι ανεξάρτητα του συστήματος αναφοράς των δεδομένων του οδικού δικτύου καθώς παραμένουν ίδια είτε χρησιμοποιηθούν δεδομένα με σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87, είτε με WGS84. Ως μειονέκτημα του ARCGIS, μπορεί να αναφερθεί η ανάγκη μετατροπής των διευθύνσεων σε μορφή συμβατή με τα Αμερικανικά πρότυπα πριν από τη χρήση του καταλλήλου ADDRESS LOCATOR, καθώς και το χαμηλό ποσοστό επιτυχίας της αυτόματης Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση Ελληνικών διευθύνσεων.

Αντίθετα ο συνδυασμός QGIS/GRASS δεν φαίνεται να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της Γεωκωδικοποίησης καθώς αρχικά η μαζική αυτοματοποιημένη γεωκωδικοποίηση χωρίς τη χρήση του GOOGLE η οποία επιχειρήθηκε, είχε πολύ χαμηλά ποσοστά επιτυχίας, ενώ απέτυχε εντελώς στην περίπτωση της χρήσης δεδομένων σε σύστημα αναφοράς WGS 84. Η αντίστοιχη διαδικασία μαζικής αυτοματοποιημένης Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση του GOOGLE εντοπίζει τον ίδιο αριθμό διευθύνσεων με το ARCGIS ( με τη χρήση Αγγλικών διευθύνσεων) αλλά δεν υλοποιεί σωστά τη μετατροπή από το σύστημα WGS84 (το οποίο χρησιμοποιείται από την GOOGLE) στο ΕΓΣΑ 87, ενώ η συγκεκριμένη διαδικασία αποτυγχάνει πλήρως στην περίπτωση χρήσης Ελληνικών χαρακτήρων. Τέλος η διαδικασία ατομικής Γεωκωδικοποίησης με τη χρήση του εργαλείου GEOCODE και του GOOGLE API εντοπίζει τις ίδιες διευθύνσεις με τη διαδικασία μαζικής Γεωκωδικοποίηση με τη χρήση του GOOGLE (Αγγλικοί χαρακτήρες), ενώ στην περίπτωση αυτή δεν δημιουργείται σημαντικό πρόβλημα με τους Ελληνικούς χαρακτήρες. Σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι υπηρεσίες της GOOGLE, η μετατροπή του συστήματος αναφοράς του αρχείου το οποίο δημιουργείται στο σύστημα ΕΓΣΑ 87 δεν γίνεται σωστά με αποτέλεσμα να μην γεωκωδικοποιούνται σωστά οι διευθύνσεις.

Με βάση τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι η χρήση του συνδυασμού QGIS/GRASS σε εφαρμογές Γεωκωδικοποίησης παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα καθώς, είτε παρουσιάζει υψηλή ποσοστά αποτυχίας (GEOCODE FROM STREET LAYER), είτε απαιτείται η χρήση των υπηρεσιών της GOOGLE. Η χρήση αυτών των υπηρεσιών αποτελεί επιπλέον μειονέκτημα στην περίπτωση που τα δεδομένα του οδικού δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται δεν είναι γεωαναφερμένα στο WGS 84, καθώς απαιτείται περαιτέρω



μετατροπή των τελικών δεδομένων (διανυσματικού αρχείου διευθύνσεων) στο σύστημα ΕΓΣΑ 87 από το χρήστη, ενώ κάποια εργαλεία τα οποία κάνουν χρήση των υπηρεσιών αυτών (GEOCODE CSV WITH GOOGLE) έχουν πρόβλημα στη διαχείριση Ελληνικών διευθύνσεων. Τέλος, η χρήση του GOOGLE API (εργαλείο GEOLOCATE) πιθανόν να έχει οικονομικό κόστος για το χρήστη, καθώς η υπηρεσία χρεώνεται μετά από έναν αριθμό διευθύνσεων (2500 διευθύνσεις) προς γεωκωδικοποίηση.

Στο σημείο αυτό τονίζεται και πάλι ότι οι εν λόγω εφαρμογές ακολούθησαν εξαιρετικά απλά μοντέλα, καθώς η χρήση πιο εξειδικευμένων μοντέλων ξεφεύγει του σκοπού της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας η οποία αφορά τη σύγκριση μεταξύ των λογισμικών μελέτης και όχι την αυτόνομη διεξαγωγή αναλυτικών εφαρμογών. Έτσι τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν αναφορικά με τις ικανότητες των λογισμικών, περιορίζονται στις περιπτώσεις των συγκεκριμένων εφαρμογών και καταγράφονται με την επιφύλαξη ότι πιθανόν να μην ισχύουν στην περίπτωση πιο συνθετών αντιστοιχών, ή εντελώς διαφορετικών αναλυτικών εφαρμογών. Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται το Κεφάλαιο 5 το οποίο αφορά τη διεξαγωγή της σύγκρισης των λογισμικών μελέτης μέσα από τη διεξαγωγή απλών αναλυτικών εφαρμογών, κι ακολουθεί το Κεφάλαιο 6 στο οποίο καταγράφονται τα συνολικά συμπεράσματα της μελέτης που προηγήθηκε.

## Κεφάλαιο 6: Αποτίμηση των Εργασιών – Τελικά Συμπεράσματα

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία επεχείρησε μια συγκριτική μελέτη μεταξύ των δυνατοτήτων του λογισμικού ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS σε διάφορους τομείς Βασικής και Μέσης Χρήσης των εν λόγω λογισμικών. Ο σκοπός της εργασίας είναι να καταδείξει τις ομοιότητες, και κυρίως τις διαφορές, των λογισμικών σε σχέση με τις λειτουργίες και τα εργαλεία τα οποία παρέχουν στους χρήστες για τη διεξαγωγή βασικών διαδικασιών αποθήκευσης, επεξεργασίας, διαχείριση κι ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Ταυτόχρονα η εργασία επιχειρεί να εξάγει συμπεράσματα γύρω από την χρηστικότητα αλλά και καταλληλότητα των λογισμικών για συγκεκριμένες κατηγορίες χρηστών, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψιν το πλαίσιο διαφορών μεταξύ εμπορικών κι ανοιχτών λογισμικών.

Για το λόγο αυτό γίνεται ξεχωριστή αναφορά στις διαφορές μεταξύ των ανοιχτών και των κλειστών λογισμικών, ενώ το 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αφιερώνεται στην εξέλιξη και ανάπτυξη των ανοιχτών λογισμικών, εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα εμπορικά. Στο κεφάλαιο αυτό παράλληλα γίνεται αναφορά στις επιπλέον δυνατότητες τις οποίες παρέχουν τα λογισμικά αυτά έναντι των εμπορικών, αναφορικά με τη χρήση και την αδειοδότηση τους. Στη συνέχεια, στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, ακολουθήσε η περιγραφή της εξέλιξης αντιστοίχων λογισμικών στον τομέα των GIS, με έμφαση να δίνεται στα λογισμικά ARCGIS, QUANTUM\_GIS και GRASS, τα οποία αποτελούν τα λογισμικά μελέτης. Παράλληλα έγινε σύντομη περιγραφή του όρου GIS, καταδεικνύοντας την ευρύτητα της έννοιας του συγκεκριμένου όρου, ο οποίος δεν αφορά μόνο λογισμικά, αλλά ένα σύνολο λογισμικών, εξοπλισμού, διαδικασιών και ανθρώπινου δυναμικού το οποίο ασχολείται με τη συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση κι αποθήκευση χωρικής πληροφορίας.

Στη συνέχεια, στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο ακολούθησε αναφορά σε σχετικές μελέτες σύγκρισης μεταξύ λογισμικών GIS, οι οποίες περιείχαν (χωρίς να περιορίζονται σε) τα λογισμικά μελέτης. Στο κεφάλαιο αυτό παράλληλα εξετάστηκαν κάποιες εφαρμογές ανοιχτού λογισμικού GIS οι οποίες καταδεικνύουν τη σημασία του λογισμικού αυτού, και τη δυνατότητα την οποία παρέχει στους χρήστες να παρέχουν με τη σειρά τους λύσεις χαμηλού κόστους.

Τα τρία πρώτα Κεφάλαια της εργασίας είχαν ως στόχο να θέσουν το Γενικό Πλαίσιο μέσα στο οποίο θα διεξαχθεί η σύγκριση των λογισμικών μελέτης, κάνοντας αναφορά τόσο στο Γενικό Πλαίσιο των διαφορών μεταξύ ανοιχτών και κλειστών λογισμικών, όσο και στη δυνατότητα των ανοιχτών λογισμικών να παρέχουν λύσεις χαμηλού κόστους, ανάλογες με αυτές των ακριβών εμπορικών λογισμικών GIS. Στη συνέχεια ακολούθησε η παρουσίαση των πεδίων σύγκρισης των λογισμικών τα οποία περιλαμβάνουν τις Βασικότερες Εργασίες οι οποίες αφορούν αρχικούς και μέσους χρήστες των λογισμικών GIS. Οι εργασίες αυτές δεν περιελάμβαναν εξειδικευμένα αναλυτικά μοντέλα ή εξειδικευμένες λειτουργίες οι οποίες αφορούν αντίστοιχα εξειδικευμένους χρήστες, καθώς κάτι τέτοιο αλλάζει τα δεδομένα της σύγκρισης, ενώ η σύγκριση των λογισμικών περιγράφεται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 5, ακολουθήσε η σύγκριση μεταξύ των λογισμικών μελέτης μέσα από δύο εφαρμογές εξειδικευμένης ανάλυσης με τη χρήση απλών σχετικά αναλυτικών μοντέλων, με στόχο να σχηματισθεί όσο γίνεται πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις δυνατότητες των λογισμικών. Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι εξαιρετικά απλά και περιλαμβάνουν απλές διαδικασίες ανάλυσης οι οποίες όμως ανάγονται σε δύο πιο εξειδικευμένα ερευνητικά πεδία όπως η Υδρολογική Ανάλυση και η Γεωκωδικοποίηση. Η χρήση τόσο απλών αναλυτικών μοντέλων οφείλεται αφενός σε λόγους οι οποίοι έχουν να κάνουν με την έκταση της συγκεκριμένης εργασίας, κι αφετέρου σε λόγους σχετικά με την πληρότητα σε εργαλεία του λογισμικού ARCGIS 9.3 στην πλήρη του έκδοση.

Είναι γνωστό ότι στην περίπτωση του ARCGIS 9.3 ένα μεγάλο μέρος των εργαλείων εξειδικευμένης ανάλυσης δεν είναι διαθέσιμο με το αρχικό πακέτο, το οποίο παρέχει πάντως αρκετά εργαλεία εξειδικευμένης ανάλυσης, αλλά παρέχεται με τη μορφή εξειδικευμένων προσθέτων εργαλείων όπως τα ARCHYDRO, ARCLOGISTICS, ARCFM, GEOSTATISTICAL ANALYST, PLTS, MOLE κλπ. Η σύγκριση των λογισμικών σε πεδία εξειδικευμένης ανάλυσης τα οποία θα απαιτούσαν τη χρήση τέτοιων εργαλείων δεν είναι εφικτή λόγω της μη διαθεσιμότητας τους. Επομένως είναι απαραίτητο η σύγκριση να επικεντρωθεί στις δυνατότητες των λογισμικών να υλοποιούν απλά αναλυτικά μοντέλα, τα οποία ωστόσο παρουσιάζουν επιστημονικό ενδιαφέρον, ενώ είναι αρκετά διαδεδομένα.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η σύγκριση έγινε μεταξύ των πλέον προσφάτων εκδόσεων των λογισμικών QGIS και GRASS (QGIS 1.8.0, GRASS 6.4.2) και της αρκετά παλιότερης έκδοσης ARCGIS 9.3 του λογισμικού της ESRI. Ο λόγος αυτής της διαφοροποίησης όσον



αφορά τις εκδόσεις των λογισμικών έχει να κάνει με τη διαθεσιμότητα των λογισμικών αυτών, καθώς δεν υπήρξε πρόσβαση στην τελευταία έκδοση του ARCGIS 10.1. Στις επόμενες παραγράφους ακολουθούν τα συμπεράσματα της σύγκρισης, καθώς και γενικότερα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από τη χρήση των παραπάνω λογισμικών μελέτης, ενώ στην παράγραφο 6.3 καταβάλλεται προσπάθεια πρόβλεψης μελλοντικών εξελίξεων στον τομέα των λογισμικών GIS, συμπεριλαμβανόμενων των λογισμικών μελέτης.

### **6.1 Συμπεράσματα Συγκριτικής Μελέτης ανά Πεδίο Σύγκρισης.**

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο Κεφάλαιο η σύγκριση μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS έγινε με βάση τις δυνατότητες των λογισμικών σε μια σειρά από πεδία σύγκρισης. Έτσι, εξετάστηκαν οι δυνατότητες των λογισμικών στους παραπάνω τομείς μέσα από τα εργαλεία τα οποία διαθέτουν τα λογισμικά αυτά σε σχέση με λειτουργίες οι οποίες αφορούν τα πεδία σύγκρισης αυτά. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης ανά πεδίο, η οποία αναλύεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, είναι τα παρακάτω:

#### **➤ Αποθήκευση και Διαχείριση Διανυσματικών Δεδομένων:**

Στον συγκεκριμένο τομέα το ARCGIS 9.3 υπερισχύει του συνδυασμού QGIS/GRASS εξαιτίας της δυνατότητας του να χρησιμοποιεί τη δομή της GEODATABASE. Και τα τρία λογισμικά είναι σε θέση να διαβάσουν και να μετασχηματίσουν (μεταξύ FORMATS) αρχεία τα οποία διατίθενται σε μια πληθώρα FORMAT. Παράλληλα παρέχουν δυνατότητες δημιουργίας νέων αρχείων διανυσματικών δεδομένων με τη χρήση της διαδικασίας ψηφιοποίησης, ενώ τόσο το ARCGIS 9.3 όσο και τα GRASS TOOLS του QGIS παρέχουν δυνατότητες δημιουργίας τοπολογίας. Στην περίπτωση των GRASS TOOLS η δομή της τοπολογίας είναι διαφορετική από αυτή του ARCGIS 9.3, καθώς δεν αφορά κανόνες αλλά απλά αποτυπώνει το σύνολο των χωρικών σχέσεων μεταξύ των χωρικών δεδομένων. Η δομή της γεωβάσης αντίθετα, η οποία δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης διαφορετικών αρχείων χωρικών δεδομένων, επιτρέπει τη δημιουργία τοπολογίας μέσω χρήσης τοπολογικών κανόνων, γεγονός το οποίο την καθιστά πιο εύχρηστη. Η εν λόγω δομή είναι χαρακτηριστικό του ARCGIS 9.3 το οποίο του δίνει ένα συγκριτικό προβάδισμα.

➤ **Αποθήκευση και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων:**

Στην περίπτωση των Ψηφιδωτών δεδομένων και οι δύο συνδυασμοί παρέχουν μια πληθώρα επιλογών ως προς το διάβασμα, την αποθήκευση και το μετασχηματισμό δεδομένων μεταξύ διαφορετικών FORMATS. Στον τομέα της επεξεργασίας και τα δύο λογισμικά παρέχουν παρόμοιες δυνατότητες με το λογισμικό ARCGIS να έχει ελαφρά υπεροχή καθώς προσφέρει τη δυνατότητα αλλαγής τιμής επιλεγμένων κελιών με διαδραστικό τρόπο. Η αντίστοιχη λειτουργία αν και υπάρχει στο λογισμικό GRASS, δεν έχει ενσωματωθεί στα GRASS TOOLS. Αναφορικά με τις δυνατότητες αποθήκευσης, τα λογισμικά μελέτης είναι σε θέση να αποθηκεύσουν ψηφιδωτά αρχεία μεμονωμένα ή να συνενώσουν ψηφιδωτά αρχεία και να τα αποθηκεύσουν με τη μορφή μωσαϊκών. Στην περίπτωση του ARCGIS 9.3 η δυνατότητα δημιουργίας καταλόγων με τα ονόματα ψηφιδωτών αρχείων έχει σαν αποτέλεσμα τη γρηγορότερη εμφάνιση των αρχείων αυτών στην οθόνη γεγονός το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα του ARCGIS 9.3. Τέλος όσον αφορά την απεικόνιση δεδομένων, τα λογισμικά μελέτης έχουν παρόμοιες δυνατότητες με κάποιες διαφοροποιήσεις ως προς το συμβολισμό και την απεικόνιση των δεδομένων με τη χρήση διαφορετικών αλγορίθμων. Σε γενικές γραμμές το ARCGIS 9.3 φαίνεται να υπερισχύει ελαφρώς λόγω της δυνατότητας δημιουργίας RASTER CATALOGS τα οποία απλουστεύουν την εισαγωγή ψηφιδωτών δεδομένων στο περιβάλλον εργασίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι το συγκεκριμένο πεδίο σύγκρισης αφορά την αποθήκευση και τη διαχείριση ψηφιδωτών δεδομένων κι όχι τις αναλυτικές ικανότητες των λογισμικών μελέτης οι οποίες αποτελούν ξεχωριστό πεδίο σύγκρισης..

➤ **Συστήματα Αναφοράς – Γεωαναφορά Δεδομένων:**

Όσον αφορά τη διαχείριση προβολικών συστημάτων και τη δυνατότητα επαναπροβολής δεδομένων, οι δυνατότητες των λογισμικών είναι παρόμοιες με διαφοροποιήσεις να υπάρχουν αναφορικά με τους αλγορίθμους οι οποίοι χρησιμοποιούνται. Το σημείο το οποίο διαφοροποιεί τα λογισμικά μελέτης είναι η Γεωαναφορά ψηφιδωτών δεδομένων όπου ο συνδυασμός QUANTUM/GRASS εμφανίζεται να είναι ισχυρότερος του ARCGIS 9.3, καθώς περιλαμβάνει περισσότερες επιλογές όσον αφορά το RESAMPLING των αρχείων και τις μεθόδους Γεωαναφοράς. Η δυνατότητα μαζικής Γεωαναφοράς αρχείων μέσα από το εργαλείο i.rectify του GRASS, δεν παρέχεται από το περιβάλλον των GRASS TOOLS

επομένως δεν λαμβάνεται υπόψιν στην σύγκριση των λογισμικών. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μη δυνατότητας υλοποίησης της μέσα από το περιβάλλον του QGIS (GRASS TOOLS), γεγονός το οποίο θέτει το συγκεκριμένο εργαλείο εκτός του ενοποιημένου συνδυασμού QGIS/GRASS ο οποίος εξετάζεται στην παρούσα εργασία. Σε κάθε περίπτωση, το συγκεκριμένο εργαλείο είναι εξαιρετικά χρήσιμο κι απλό στη χρήση του κι αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα του αυτόνομου λογισμικού GRASS.

➤ Δυνατότητες Χαρτογραφικής Σύνθεσης:

Τα λογισμικά μελέτης παρουσιάζουν παρόμοιες δυνατότητες σε σχέση με τη δημιουργία απλών χαρτογραφικών απεικονίσεων, ενώ τόσο το ARCGIS 9.3 όσο και ο συνδυασμός QGIS/GRASS έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτογραφικών σειρών. Αυτό το οποίο τα διαφοροποιεί είναι η δυνατότητα χρήσης Χαρτογραφικών Αναπαραστάσεων (CARTOGRAPHIC REPRESENTATIONS) από το ARCGIS 9.3, η οποία αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για το συγκεκριμένο λογισμικό. Τέλος στην περίπτωση που ο χρήστης έχει ανάγκη δυνατοτήτων μαζικής παραγωγής χαρτογραφικών σειρών, το ARCGIS 9.3 διαθέτει την επέκταση PLTS η οποία του προσδίδει ακόμη περισσότερες δυνατότητες. Το γενικό συμπέρασμα στην περίπτωση των Χαρτογραφικών απεικονίσεων, είναι ότι τα λογισμικά είναι σχεδόν ισοδύναμα όσον αφορά τη δημιουργία απλών χαρτών, όμως το ARCGIS 9.3 υπερέχει σαφώς όταν πρόκειται για πιο σύνθετες εργασίες οι οποίες απαιτούν είτε τη χρήση αναπαραστάσεων, είτε τη μαζική παραγωγή χαρτογραφικών σειρών.

➤ Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων :

Όσον αφορά τη Βασική Ανάλυση Διανυσματικών Δεδομένων το λογισμικό ARCGIS 9.3 υπερτερεί σαφώς έναντι του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS, καθώς παρέχει μεγαλύτερο αριθμό εργαλείων βασικής ανάλυσης. Παράλληλα η τεκμηρίωση των εργαλείων του είναι επαρκής, κάτι το οποίο δεν ισχύει για το QGIS το οποίο δεν έχει επαρκή τεκμηρίωση για τα αντίστοιχα εργαλεία. Στην περίπτωση της χρήσης των GRASS TOOLS, υπάρχει τεκμηρίωση η οποία όμως δεν είναι τόσο αναλυτική όσο στην περίπτωση του ARCGIS 9.3. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS, ένας αριθμός λειτουργιών κι εργαλείων του GRASS δεν έχει ενσωματωθεί στα GRASS TOOLS, ή δεν έχει ενσωματωθεί

πλήρως με τη μορφή εργαλείου. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης θα πρέπει είτε να καταφύγει στη χρήση του GRASS ως αυτόνομο λογισμικό, είτε στη χρήση εργαλείων, μέσα από το περιβάλλον GRASS TOOLS τα οποία έχουν μόνο μέρος της λειτουργικότητας των αντιστοίχων εργαλείων του GRASS.

➤ **Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων :**

Όσον αφορά τον τομέα αυτόν, το λογισμικό QGIS δεν μπορεί να σταθεί σε καμιά περίπτωση με αξιώσεις απέναντι από το ARCGIS 9.3 ως αυτόνομο λογισμικό, καθώς δεν διαθέτει παρά ελάχιστα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων. Η επέκταση GRASS TOOLS όμως, δίνει στον συνδυασμό λογισμικού QGIS/GRASS τη δυνατότητα να εκτελέσει ένα μεγάλο μέρος των λειτουργιών του ARCGIS 9.3. Παράλληλα το εργαλείο `r.map.calc`, προσδίδει στον παραπάνω συνδυασμό λογισμικών δυνατότητες οι οποίες ξεπερνούν τις βασικές ανάγκες ενός μέσου χρήστη και αγγίζουν τα όρια της εξειδικευμένης ανάλυσης. Σε γενικές γραμμές, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 διατηρεί στον τομέα αυτόν σαφές προβάδισμα έναντι του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS, λόγω της πληθώρας των εργαλείων και του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος MAP ALGEBRA το οποίο διαθέτει. Το πλεονέκτημα αυτό του ARCGIS περιορίζεται έναντι του συνδυασμού QGIS/GRASS ο οποίος περιλαμβάνει ένα μόνο μέρος της λειτουργικότητας του αυτόνομου λογισμικού GRASS. Η πλήρης λειτουργικότητα του GRASS, η οποία δεν υλοποιείται μέσα από το συνδυασμό QGIS/GRASS ο οποίος εξετάζεται, παρέχει στο λογισμικό περισσότερα εργαλεία ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων από αυτά του ARCGIS, έναντι του οποίου το αυτόνομο GRASS πλεονεκτεί.

➤ **Διαχείριση και Βασική Επεξεργασία Υψομετρικών Δεδομένων:**

Με βάση τη σύγκριση των λογισμικών στον τομέα της διαχείρισης υψομετρικών δεδομένων, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 υπερέχει του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS όσον αφορά τις συγκεκριμένες λειτουργίες. Το συγκεκριμένο λογισμικό περιλαμβάνει περισσότερα εργαλεία δημιουργίας, βασικής επεξεργασίας και οπτικοποίησης υψομετρικών δεδομένων από το συνδυασμό των QGIS/GRASS. Όσον αφορά την οπτικοποίηση, ο συνδυασμός QGIS/GRASS παρέχει δύο πολύ ισχυρά εργαλεία τα GLOBE και NVIZ, τα οποία συνδυαστικά παρέχουν αντίστοιχες δυνατότητες με τα ARCSCENE και ARCGLOBE. Το GLOBE όμως

απαιτεί αρκετή υπολογιστική ισχύ, γεγονός το οποίο το καθιστά δύσχρηστο, ενώ το NVIZ δεν λειτουργεί πάντα μέσα από το QGIS. Επίσης, η δημιουργία και η χρήση TERRAINS διαχωρίζει οριστικά το ARCGIS 9.3 σε σχέση με το συνδυασμό QGIS/GRASS, καθώς του δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης υψομετρικών δεδομένων σε διανυσματική μορφή ή οποία υποστηρίζει μεταξύ άλλων και τη δημιουργία τοπολογίας.

➤ Γενικότερες Διαφορές και Ομοιότητες μεταξύ των λογισμικών μελέτης :

Όσον αφορά τις γενικότερες ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των εν λόγω λογισμικών προκύπτουν τρία βασικά συμπεράσματα. Το πρώτο έχει να κάνει με την επεκτασιμότητα των λογισμικών η οποία βασίζεται στην προσθήκη νέων εργαλείων και λειτουργιών από τους δημιουργούς. Η επεκτασιμότητα αυτή εκφράζεται με διαφορετικό τρόπο στο ARCGIS 9.3 σε σχέση με τα QGIS, GRASS, καθώς στην περίπτωση του πρώτου αφορά είτε ολοκληρωμένα πακέτα επεκτάσεων, είτε νέες εκδόσεις του λογισμικού. Αντίθετα στην περίπτωση των QGIS/GRASS η επεκτασιμότητα εκφράζεται μέσω εργαλείων άμεσα διαθέσιμων στο χρήστη με τη μορφή εργαλειοθηκών ή μεμονωμένα, ενώ η προσθήκη νέων εργαλείων γίνεται σε καθημερινή σχεδόν βάση.

Το δεύτερο βασικό συμπέρασμα αφορά τη σύγκλιση η οποία παρατηρείται μεταξύ του QGIS και του ARCGIS 9.3 και η οποία έγκειται, πέρα από το παρόμοιο περιβάλλον εργασίας, και στην υιοθέτηση από τους διαχειριστές του QGIS μιας σειράς καινοτομιών αντιστοιχών με ανάλογες καινοτομίες του ARCGIS. Έτσι το QGIS αποκτά τη δυνατότητα χρήσης εργαλείων όπως τα QGIS BROWSER, SEXTANTE TOOLBOX, SEXTANTE MODEL, GLOBE τα οποία είναι ανάλογα των ARCCATALOG, ARCTOOLBOX, MODEL BUILDER και ARCSCENE/ARCGLOBE αντίστοιχα. Ταυτόχρονα το QGIS μέσα από τη διασύνδεση με το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL/PostGIS, παρέχει ένα περιβάλλον ανάλογο με την αντίστοιχη διασύνδεση μεταξύ ARCSERVER και Qracle SPATIAL.

Τέλος το τρίτο συμπέρασμα έχει να κάνει με τη γενικότερη εικόνα του καθενός από τα λογισμικά μελέτης, αναφορικά με την πληρότητα την οποία αυτά διαθέτουν. Έτσι το μεν ARCGIS 9.3 αποτελεί ένα ισορροπημένο λογισμικό το οποίο εκτελεί ένα

μεγάλο πλήθος εργασιών, διαθέτοντας ανάλογα εργαλεία, με σκοπο να προσελκύσει όσο γίνεται μεγαλύτερο αριθμό χρηστών από διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Ο λόγος είναι προφανής κι αφορά την εμπορική φύση του λογισμικού. Αντίθετα τα QGIS, GRASS αποτελούν λογισμικά τα οποία αν και παρέχουν πλήθος διαφορετικών λειτουργιών, είναι προσανατολισμένα σε διαφορετικές κατευθύνσεις, με το μεν QGIS να ρίχνει το βάρος στην διαχείριση διανυσματικών δεδομένων, και το GRASS αντίστοιχα να δίνει έμφαση στη διαχείριση των ψηφιδωτής μορφής δεδομένων.

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω λογισμικών εξισορροπεί τις παραπάνω τάσεις τους, δεν είναι όμως σε θέση να καλύψει το εύρος των δυνατοτήτων του ARCGIS 9.3 όσον αφορά τις Βασικές Λειτουργίες οι οποίες εξετάστηκαν. Τέλος όσον αφορά δυνατότητες εξειδικευμένης ανάλυσης, ο συνδυασμός QGIS/GRASS ίσως να υπερτερεί του ARCGIS 9.3 (χωρίς τη χρήση επιπλέον προσθετών), αναφορικά με τα ψηφιδωτά δεδομένα, καθώς περιλαμβάνει λειτουργίες τις οποίες αυτό δε διαθέτει (ανάλυση δορυφορικών εικόνων, δείκτες βλάστησης κα).

➤ **Αποτελέσματα σύγκρισης με βάση τις εφαρμογές εξειδικευμένης ανάλυσης:**

Όσον αφορά τις εφαρμογές εξειδικευμένης ανάλυσης, κατεγράφη σαφής κι αδιαμφισβήτητη υπεροχή του λογισμικού ARCGIS 9.3 στην περίπτωση της Γεωκωδικοποίησης παράλληλα με ένα ελαφρό προβάδισμα του συνδυασμού QGIS/GRASS στην περίπτωση της Υδρολογικής Ανάλυσης.. Στη περίπτωση της υδρολογικής ανάλυσης το πλεονέκτημα του ARCGIS 9.3 έγκειται στην δυνατότητα εντοπισμού τόσο του Υδρογραφικού δικτύου της περιοχής όσο και του συνόλου των υπολεκανών απορροής χωρίς να απαιτείται συμβιβασμός μεταξύ τις ακριβείας εντοπισμού των δύο αυτών στοιχείων.

Αντίθετα ο συνδυασμός QGIS/GRASS απαιτεί το συμβιβασμό μεταξύ της πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου και του αριθμού των εξωτερικών λεκανών απορροής οι οποίες τελικά θα εντοπισθούν, δημιουργώντας προβλήματα στο χρήστη. Παράλληλα εν λόγω συνδυασμός δεν εντοπίζει τις ίδιες υπολεκάνες με το ARCGIS 9.3 καθώς δημιουργεί μια υπολεκάνη για κάθε υδατορέμα του υδρογραφικού δικτύου. Ο δε υπολογισμός των κυρίων λεκανών απαιτεί τη χρήση εργαλείου `r.streams.basin` το οποίο δεν περιλαμβάνεται στα GRASS TOOLS, καθώς είναι υπό κατασκευή, ενώ το ARCGIS περιλαμβάνει το εργαλείο `watershed` για το σκοπό αυτό. Από την άλλη

πλευρά, τα αποτελέσματα του συνδυασμού QGIS/GRASS παρέχουν στο χρήστη μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο δημιουργείται παρουσιάζει μεγαλύτερη συμβατότητα με τις εδαφικές μισγάγγειες, ενώ οι υδρολογικές υπολεκάνες εντοπίζονται σε επίπεδο κλάδου του υδρογραφικού δικτύου.

Αντίθετα, στην περίπτωση της Γεωκωδικοποίησης η υπεροχή του λογισμικού ARCGIS 9.3 έγκειται τόσο στη χρήση ADDRESS LOCATORS, όσο και στη δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη με διαδραστικό τρόπο, οι οποίες επιτρέπουν στο χρήστη να βελτιώνει τα αποτελέσματα των εργασιών του. Παράλληλα, η ύπαρξη του σκορ της ταυτοποίησης των διευθύνσεων με τα πεδία του πίνακα ιδιοτήτων του οδικού δικτύου, προσφέρει στο χρήστη μια επιπλέον ένδειξη της ποιότητας των αποτελεσμάτων της διαδικασίας, ενώ η ίδια η διαδικασία είναι ανεξάρτητη του συστήματος αναφοράς των δεδομένων οδικού δικτύου. Τέλος η διεξαγωγή της Γεωκωδικοποίησης εξ' ολοκλήρου τοπικά, χωρίς τη χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών, επιτρέπει την γεωκωδικοποίηση μεγάλων αρχείων με πολλές διευθύνσεις χωρίς περιορισμούς.

Από την άλλη πλευρά, το QGIS υπόκειται στους περιορισμούς της GOOGLE εφόσον γίνεται χρήση των αντιστοιχών εργαλείων, ενώ το εργαλείο γεωκωδικοποίησης με τη χρήση οδικού δικτύου επιστρέφει εξαιρετικά φτωχά αποτελέσματα. Ταυτόχρονα, η γεωκωδικοποίηση μέσω των υπηρεσιών της GOOGLE δεν γεωαναφέρει σωστά τα αποτελέσματα με συνέπεια να υπάρχουν απαράδεκτες αποκλίσεις, εφόσον το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται δεν είναι το WGS84. Επίσης, το QGIS δεν παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να επέμβει με οποιοδήποτε τρόπο στη διαδικασία, ενώ δεν παρέχει κάποια μέθοδο ή εργαλείο για την αντιμετώπιση των μη εντοπισμένων διευθύνσεων. Τέλος η ικανότητα του QGIS να γεωκωδικοποιεί διευθύνσεις με Ελληνικούς χαρακτήρες εξανεμίζεται πλήρως αφενός από την λανθασμένη Γεωαναφορά των θέσεων στις οποίες εντοπίζονται οι διευθύνσεις όταν δεν χρησιμοποιούνται δεδομένα σε σύστημα αναφοράς WGS84, κι αφετέρου από τη δομή του εργαλείου GEOLOCATE, η οποία απαιτεί την εισαγωγή κάθε διεύθυνσης χωριστά. Αντίθετα η αντίστοιχη ικανότητα του ARCGIS 9.3 αν και αρχικά δίνει ανεπαρκή αποτελέσματα, στη συνέχεια μέσω της δυνατότητας διαδραστικού εντοπισμού θέσεων των διευθύνσεων καταλήγει να έχει ποσοστό επιτυχίας 100%.



Συνοψίζοντας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός λογισμικών QGIS/GRASS παρέχει μια σειρά εργαλείων κατάλληλων για τη διεξαγωγή εργασιών Βασικής Διαχείρισης και Εξειδικευμένης Ανάλυσης χωρικών δεδομένων, αντιστοίχων με αυτά του λογισμικού ARCGIS 9.3. Το ARCGIS 9.3 όμως διατηρεί το προβάδισμα έναντι του παραπάνω συνδυασμού καθώς, έως επί το πλείστον, παρέχει περισσότερα εργαλεία τα οποία είναι καλύτερα τεκμηριωμένα και απλούστερα στη χρήση, με μοναδική εξαίρεση να αποτελεί η Γεωαναφορά ψηφιδωτών δεδομένων και η Υδρολογική Ανάλυση, όπου ο συνδυασμός QGIS/GRASS φαίνεται να υπερτερεί.

## **6.2 Αξιολόγηση λογισμικών με βάση τα αποτελέσματα της παραπάνω σύγκρισης.**

Η ολοκλήρωση των εργασιών σύγκρισης των λογισμικών μελέτης οδηγεί σε συγκεκριμένα συμπεράσματα αναφορικά με τις δυνατότητες των εν λόγω λογισμικών, ενώ παράλληλα καθίστα εφικτή την αξιολόγηση τους. Έτσι, προκύπτει σαφώς το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 είναι ένα πλήρες λογισμικό GIS, το οποίο περιλαμβάνει εργαλεία κατάλληλα για μια πληθώρα εφαρμογών. Παράλληλα το συγκεκριμένο λογισμικό είναι φιλικότερο στο χρήστη, καθώς πρόκειται για ένα ενιαίο λογισμικό το οποίο δεν απαιτεί μετασχηματισμό της μορφής των δεδομένων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κάποια εργαλεία του. Όσον αφορά τις δυνατότητες του, το εν λόγω λογισμικό είναι σε θέση να επιτελέσει όλες τις λειτουργίες οι οποίες εξετάστηκαν, με τρόπο εύκολα αντιληπτό από τον χρήστη, ενώ παράλληλα διαθέτει περισσότερα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης έναντι του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS.

Ταυτόχρονα, το ARCGIS 9.3 είναι σε θέση να εκτελέσει τις επιλεγμένες εφαρμογές εξειδικευμένης ανάλυσης με τρόπο σαφή και κατανοητό, προσφέροντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η διαφοροποίηση στην ορθότητα των αποτελεσμάτων, μεταξύ των λογισμικών, είναι ιδιαίτερα εμφανής στην περίπτωση της Γεωκωδικοποίησης όπου το ARCGIS 9.3 επιτυγχάνει τη σωστή Γεωκωδικοποίηση όλων των διευθύνσεων, εν αντιθέσει με το συνδυασμό QGIS/GRASS ο οποίος αντιμετωπίζει προβλήματα τόσο στον εντοπισμό των διευθύνσεων όσο και στη σωστή Γεωαναφορά των αποτελεσμάτων, αλλά και στο πλήθος των διευθύνσεων τις οποίες μπορεί να γεωκωδικοποιήσει ανά ημέρα (εφόσον χρησιμοποιείται το GOOGLE MAPS API). Αντίστοιχα, στην περίπτωση της Υδρολογικής Ανάλυσης το ARCGIS 9.3 εντοπίζει όλες τις υπολεκάνες, αντίθετα με το συνδυασμό QGIS/GRASS ο οποίος δεν εντοπίζει τις εξωτερικές υπολεκάνες με έκταση μικρότερη μιας



τιμής κατωφλιού η οποία επηρεάζει και τον υπολογισμό των υδατορεμάτων. Πάρα το γεγονός αυτό όμως, η ο συνδυασμός QGIS/GRASS παρέχει ακριβέστερα αποτελέσματα, τόσο όσον αφορά το υδρολογικό δίκτυο, όσο και τις υπολεκάνες.

Παράλληλα, και στις δύο περιπτώσεις εξειδικευμένων εφαρμογών το ARCGIS 9.3 παρέχει στο χρήστη περισσότερες δυνατότητες παρέμβασης κατά τη διαδικασία ανάλυσης. Έτσι στη μεν Υδρολογική Ανάλυση ο χρήστης εντοπίζει τα υδατορέματα θέτοντας ο ίδιος μια τιμή κατωφλιού (χωρίς να επηρεάζει ή να επηρεάζεται από τον εντοπισμό των υπολεκανών), ενώ στη δε Γεωκωδικοποίηση αφενός δημιουργεί τον ADDRESS LOCATOR της επιλογής του κι αφετέρου είναι σε θέση να παρέμβει είτε τροποποιώντας τον ADDRESS LOCATOR, είτε επεμβαίνοντας με διαδραστικό τρόπο. Αυτό δεν ισχύει για το συνδυασμό λογισμικών QGIS/GRASS, όπου ο χρήστης θέτει αρχικά τις παραμέτρους στα αντίστοιχα εργαλεία κι απλά υποδέχεται τα αποτελέσματα μη μπορώντας να επέμβει. Στη δε περίπτωση που ο χρήστης μεταβάλει την τιμή κατωφλιού (μέγεθος μικρότερης εξωτερικής υπολεκάνη) της υδρολογικής ανάλυσης, για τον εντοπισμό περισσότερων υπολεκανών, είναι υποχρεωμένος να συμβιβασθεί με αντίστοιχη υποβάθμιση των αποτελεσμάτων του εντοπισμού των υδατορεμάτων.

Έτσι, όσον αφορά τις εξειδικευμένες εφαρμογές οι οποίες διεξήχθησαν, ο συνδυασμός λογισμικών QGIS/GRASS δυστυχώς δεν απέδωσε τα αναμενόμενα καθώς αν και στην περίπτωση της υδρολογικής Ανάλυσης παρείχε ορθότερα αποτελέσματα όσον αφορά τις υπολεκάνες και το υδρογραφικό δίκτυο, στην περίπτωση της Γεωκωδικοποίησης παρείχε είτε ελλιπή είτε λανθασμένα (ως προς τη Γεωμετρία τους) αποτελέσματα. Τέλος σε καμιά περίπτωση ο εν λόγω συνδυασμός δεν επέτρεψε την παρέμβαση του χρήστη στη διαδικασία υπολογισμού των αποτελεσμάτων, γεγονός το οποίο καταδεικνύεται περισσότερο από την έλλειψη εργαλείων διαδραστικού εντοπισμού θέσεων διευθύνσεων κατά τη διαδικασία Γεωκωδικοποίησης.

Επίσης, αντίθετα με το ARCGIS 9.3, ο συνδυασμός QGIS/GRASS παρέχει λιγότερα άμεσα διαθέσιμα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης, καθώς τα περισσότερα εργαλεία είναι (στην περίπτωση του QGIS) διασκορπισμένα σε διάφορα repositories, γεγονός το οποίο επιβάλλει στο χρήστη να τα αναζητήσει, εφόσον γνωρίζει την ύπαρξη τους. Παράλληλα τα εργαλεία του συνδυασμού των λογισμικών πάσχουν σημαντικά όσον αφορά την τεκμηρίωση τους, η οποία στην περίπτωση των GRASS TOOLS είναι απλά επαρκής ενώ στην περίπτωση των εργαλείων του QGIS είναι είτε ανεπαρκής είτε ανύπαρκτη.

Συγχρόνως, όσον αφορά τις Βασικές Λειτουργίες όπως η αποθήκευση δεδομένων, η Γεωαναφορά και η Χαρτογραφική Απεικόνιση, το ARCGIS 9.3 και πάλι υπερτερεί συγκριτικά. Συγκεκριμένα, το ARCGIS 9.3 προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων σε ΓΕΩΒΑΣΕΙΣ, οι οποίες με τη σειρά τους προσφέρουν μια σειρά πλεονεκτημάτων έναντι άλλων μορφών αποθήκευσης. Επίσης παρέχει δυνατότητες παρέμβασης σε ψηφιδωτά δεδομένα μέσω της αλλαγής των τιμών των κελιών ή της απόσβεσης κελιών με διαδραστικό τρόπο, αντίθετα με το συνδυασμό QGIS/GRASS ο οποίος (μέσα από τα GRASS TOOLS) απαιτεί τη χρήση εργαλείων επαναταξινόμησης. Παράλληλα προσφέρει δυνατότητες δημιουργίας χαρτογραφικών σειρών με τη χρήση επεκτάσεων όπως το PLTS καθιστώντας εφικτή τη μαζική παραγωγή χαρτών, κάτι το οποίο ο συνδυασμός QGIS/GRASS δεν μπορεί να αντιγράψει, τουλάχιστον στον ίδιο βαθμό. Στη δε περίπτωση της Γεωαναφοράς τα λογισμικά εμφανίζονται να έχουν τις ίδιες ή παρόμοιες δυνατότητες με το συνδυασμό QGIS/GRASS να υπερτερεί του ARCGIS όσον αφορά τις επιλογές RESAMPLING των τελικών δεδομένων.

Τέλος το ARCGIS, το οποίο είναι εμπορικό λογισμικό, καλύπτει μια γκάμα επιστημονικών αντικειμένων (π.χ. υδρολογική ανάλυση, ανάλυση δικτύων, γεωστατιστικής, ανάλυση 3d επιφανειών κλπ.) καθώς είναι ένα ισορροπημένο λογισμικό, το οποίο καλύπτει πολλά διαφορετικά πεδία ανάλυσης κι απευθύνεται σε ένα μεγάλο αριθμό χρηστών. Φυσικά, τα εργαλεία αυτά δεν διατίθενται όλα με τη βασική έκδοση του λογισμικού, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι η πλήρης έκδοση του λογισμικού, η οποία εξετάζεται στην παρούσα εργασία, αποτελεί την πιο ισορροπημένη μορφή του, ενώ άλλες, λιγότερο πλήρεις εκδόσεις είναι προσανατολισμένες σε συγκεκριμένα λειτουργικά πεδία.

Αντίθετα τα QGIS, GRASS καλυπτουν τις ανάγκες τις οποίες αναγνωρίζουν οι χρήστες και οι διαχειριστές τους ως πιο επιτακτικές ή σημαντικές με αποτέλεσμα τα λογισμικά αυτά να έχουν έναν συνολικό προσανατολισμό σε συγκεκριμένες λειτουργίες, ενώ κάποιες άλλες αντιμετωπίζονται ως δευτερεύουσας σημασίας ή προτεραιότητας. Έτσι το QGIS είναι προσανατολισμένο περισσότερο στη διαχείριση διανυσματικών δεδομένων σε σχέση με τα ψηφιδωτά δεδομένα, όπου παρέχει λιγότερα εργαλεία επεξεργασίας και ανάλυσης. Ομοίως το GRASS, αν και παρέχει παρά πολλά εργαλεία διαχείρισης κι ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων, μεταξύ των οποίων κι εργαλεία εξειδικευμένης ανάλυσης (ανάλυση δικτύων), εξακολουθεί να ρίχνει περισσότερο βάρος στην ανάλυση των ψηφιδωτών δεδομένων. Στον τομέα αυτό (εξειδικευμένη ανάλυση ψηφιδωτών δεδομένων) διαθέτει περισσότερες

λειτουργίες από το ARCGIS (χωρίς τη χρήση επιπλέον προσθέτων), όπως ανάλυση δορυφορικών εικόνων, υπολογισμός δεικτών βλάστησης, εργαλεία ανάλυσης TASSELED CAP κ.α.

Ο συνδυασμός των δύο λογισμικών QGIS, GRASS δημιουργεί ένα πιο ισορροπημένο σύνολο, το οποίο καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα χρηστών, χωρίς όμως να καλύπτει όλα τα αντικείμενα τα οποία καλύπτει το ARCGIS 9.3 σε ανάλογο βαθμό. Έτσι αν και τα GRASS TOOLS παρέχουν κάποιες δυνατότητες π.χ. γεωστατιστικής, όπως γραμμικής παλινδρόμησης, ο χρήστης θα πρέπει να καταφύγει στην περαιτέρω διασύνδεση των λογισμικών, με το λογισμικό R για πιο σύνθετες λειτουργίες. Έτσι θα πρέπει να εγκαταστήσει ένα ακόμη πακέτο λογισμικού προκειμένου να αποκτήσει δυνατότητες εξειδικευμένης ανάλυσης σε πεδία τα οποία καλύπτει το ARCGIS μόνο του ή έστω με την προσθήκη του GEOSTATISTICAL ANALYST. Από την άλλη πλευρά το κόστος του συγκεκριμένου extension (GEOSTATISTICAL ANALYST), όπως και όλων των επεκτάσεων του ARCGIS είναι σημαντικό και σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις (π.χ. ARCFM), παρόμοιο με το κόστος του ιδίου του λογισμικού ARCGIS. Έτσι η λύση της διασύνδεσης του συνδυασμού QGIS/GRASS και με αλλά ανοιχτά λογισμικά GIS (π.χ. SAGA, R) είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα από την απόκτηση κάποιων EXTENSIONS για το ARCGIS.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 είναι ένα ήδη ώριμο λογισμικό το οποίο καλύπτει μια τεραστία γκάμα λειτουργιών, εξισορροπώντας ανάμεσα σε διαφορετικές εφαρμογές με σκοπο να ικανοποιήσει όσο γίνεται περισσότερους χρήστες. Αντίθετα ο συνδυασμός QGIS/GRASS δε φαίνεται να έχει ωριμάσει ακόμη, καθώς το μεν QGIS είναι ένα σχετικά νέο λογισμικό, ενώ το δε GRASS ακόμη αναπτύσσεται ανεξάρτητα από το QGIS. Αυτή η ανεξαρτησία των εν λόγω λογισμικών κατά την ανάπτυξη τους αποτελεί ίσως ένα σοβαρό μειονέκτημα τους έναντι του ARCGIS 9.3, το οποίο αντισταθμίζεται έως ένα βαθμό από την έλλειψη κόστους έναντι του ARCGIS και των επεκτάσεων του.

Ο βαθμός ωριμότητας του ARCGIS 9.3 οφείλεται στο γεγονός ότι αυτό αναπτύσσεται, όπως έχει ήδη ειπωθεί, με στόχο την δημιουργία ενός ισορροπημένου λογισμικού το οποίο καλύπτει μεγάλο εύρος λειτουργιών. Αντίθετα τα QGIS/GRASS αναπτύσσονται με στόχο την κάλυψη των αναγκών των χρηστών – δημιουργών τους, οι οποίες σε γενικές γραμμές είναι στοχευμένες με αποτέλεσμα να απαιτείται συνδυασμός των δύο λογισμικών

προκειμένου να «συντεθεί» ένα «λογισμικό» με αντίστοιχη ισορροπία με αυτή του ARCGIS 9.3. Αυτό καθίσταται προφανές από τη μελέτη η οποία προηγήθηκε, όπου εξετάστηκε ο συνδυασμός των QGIS και GRASS προκειμένου να «δημιουργηθεί» ένα «λογισμικό» αντίστοιχο του ARCGIS 9.3 ώστε να διεξαχθεί σύγκριση.

Το γεγονός ότι τα εν λόγω λογισμικά δεν αναπτύσσονται από κοινού, με βάση κοινές απαιτήσεις και προδιαγραφές, δημιουργεί μικροπροβλήματα όσον αφορά τη χρήση των εργαλείων τους, αλλά πιθανώς και τη μελλοντική τους ανάπτυξη. Αντίθετα, αν η ανάπτυξη των λογισμικών γίνονταν από κοινού θα μπορούσε ίσως να δημιουργηθεί ένα πραγματικά ενιαίο λογισμικό το οποίο να κάνει χρήση των εργαλείων και λειτουργιών και των δύο (QGIS και GRASS), και το οποίο θα μπορούσε να σταθεί ίσως επάξια απέναντι στο ARCGIS. Το γεγονός αυτό καθίσταται ακόμη πιο σημαντικό, αν αναλογίσει κανείς ότι η πλήρης προσομοίωση του περιβάλλοντος του ARCGIS 9.3 από το QGIS θα απαιτούσε πέρα από τη διασύνδεση με το λογισμικό GRASS (μέσω των GRASS TOOLS) και παρόμοια διασύνδεση με το λογισμικό R.

Ένα εξίσου σημαντικό πεδίο σύγκρισης των λογισμικών μελέτης, το οποίο έχει ήδη αναφερθεί, αφορά την επεκτασιμότητα τους, και συγκεκριμένα τις δυνατότητες τις οποίες παρέχουν τα λογισμικά στο χρήστη αναφορικά με την προσθήκη νέων εργαλείων και λειτουργιών. Στην περίπτωση του λογισμικού ARCGIS 9.3, η επεκτασιμότητα του εξασφαλίζεται κυρίως μέσω των EXTENSIONS της ESRI (π.χ. ARC LOGISTICS, ARC HYDRO, GEOSTATISTICAL ANALYST κλπ.) ή άλλων εταιρειών (π.χ. ARC/FM της TELNVNET, ERDAS EXTENSIONS FOR ARCGIS της ERDAS). Τα συγκεκριμένα EXTENSIONS έχουν σημαντικότατο κόστος και είναι διαθέσιμα μόνο μέσω των εταιρειών οι οποίες τα παράγουν, με αποτέλεσμα ο χρήστης να εξαρτάται από τις εν λόγω εταιρείες για την υποστήριξη τους.

Παράλληλα όμως, η ενσωμάτωση του περιβάλλοντος VBS και της γλώσσας προγραμματισμού PYTHON δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να αναπτύξει δικά του εργαλεία τα οποία μπορεί να ενσωματώσει στο λογισμικό. Αντίστοιχα εργαλεία, τα οποία έχουν δημιουργηθεί από άλλους χρήστες, είναι διαθέσιμα και μέσω της ιστοσελίδας της ESRI, ενώ ο χρήστης μπορεί να λάβει υποστήριξη για τα συγκεκριμένα εργαλεία από τους δημιουργούς τους, μέσα από το FORUM της ESRI. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο λογισμικό δεν παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επέμβασης στον πηγαίο κώδικα, στερώντας του τη δυνατότητα μετατροπών σε επιλεγμένα εργαλεία.

Αντίθετα, στην περίπτωση των QGIS/GRASS, η επεκτασιμότητα των λογισμικών εξασφαλίζεται μέσα από την κοινότητα των χρηστών και των DEVELOPERS οι οποίοι υποστηρίζουν τα συγκεκριμένα λογισμικά. Οι επεκτάσεις αφορούν τόσο απλά μεμονωμένα εργαλεία όσο και πιο σύνθετα πακέτα εργαλείων τα οποία έχουν συγκεκριμένη στόχευση (π.χ. MMQGIS), ενώ η ανάπτυξη κι ενσωμάτωση τέτοιων επεκτάσεων είναι διαρκής. Παράλληλα το λογισμικό παρέχει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα, επιτρέποντας έτσι την ευκολότερη ενσωμάτωση νέων εργαλείων αλλά και τη μετατροπή των ήδη υπαρχόντων, χωρίς κανένα κόστος. Το αποτέλεσμα είναι η υπεροχή του συνδυασμού QGIS/GRASS έναντι του ARCGIS όσον αφορά τον τομέα της επεκτασιμότητας, καθώς αφενός η δημιουργία και προσθήκη νέων εργαλείων γίνεται χωρίς κόστος, κι αφετέρου η συχνότητα δημιουργίας τους είναι πολύ μεγάλη, ενώ παράλληλα παρέχεται ελεύθερη πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα των λογισμικών.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν είναι συμβατά με όσα έχουν ειπωθεί στο Κεφάλαιο 1 σχετικά με την γενικότερη εξέλιξη των ανοιχτών και των εμπορικών λογισμικών GIS. Έτσι, επιβεβαιώνεται για παράδειγμα το γεγονός της υπεροχής των ανοιχτών λογισμικών (έναντι των εμπορικών) όσον αφορά την επεκτασιμότητα, ενώ παράλληλα επιβεβαιώνεται και η αμφίδρομη συμβατότητα μεταξύ των λογισμικών μελέτης, καθώς τόσο το λογισμικό ARCGIS όσο και τα QGIS και GRASS παρέχουν τη δυνατότητα μετατροπής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών formats τα οποία συνολικά προσφέρουν συμβατότητα με το σύνολο των παραπάνω λογισμικών. Τέλος, το μοντέλο διάθεσης των λογισμικών QGIS και GRASS, ακολουθεί το μοντέλο διάθεσης των ανοιχτών λογισμικών προσφέροντας πλήρη ελευθερία στο χρήστη να επέμβει και να τροποποιήσει τα εν λόγω λογισμικά.

Ταυτόχρονα τα αποτελέσματα της μελέτης συμβαδίζουν και με τα όσα έχουν ειπωθεί στο Κεφάλαιο 3 αναφορικά με προηγούμενες μελέτες σύγκρισης μεταξύ λογισμικών GIS οι όποιες έχουν διεξαχθεί. Η πλειονότητα των εν λόγω μελετών αξιολόγησε το ARCGIS ως λογισμικό το οποίο υπερτερεί των QGIS και GRASS, τα οποία αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστά λογισμικά στις εν λόγω μελέτες, σε διάφορους τομείς. Το γεγονός αυτό συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας, όπως αυτά συνοψίζονται στον πίνακα αξιολόγησης που ακολουθεί. Παράλληλα επιβεβαιώνεται και πάλι η συμβατότητα μεταξύ των λογισμικών η οποία επιτρέπει τη μεταπήδηση από το ένα στο άλλο, ενώ

επιβεβαιώνεται και η αδυναμία του QGIS να εκτελέσει επαρκώς μια σειρά από απαραίτητες λειτουργίες ενός λογισμικού GIS χωρίς τη διασύνδεση του με το λογισμικό GRASS.

Συμπερασματικά, μπορεί κανείς να πει ότι παρά την ελαφρά υπεροχή του ARCGIS έναντι του συνδυασμού QGIS/GRASS, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι σε γενικές γραμμές τα ανοιχτά λογισμικά μελέτης μπορούν να επιτελέσουν όλες σχεδόν τις λειτουργίες του ARCGIS συνδυαζόμενα είτε μεταξύ τους, είτε και με άλλα λογισμικά. Το γεγονός αυτό συμβαδίζει με τα όσα έχουν ειπωθεί στο Κεφάλαιο 3 αναφορικά με τη δυνατότητα των ανοιχτών λογισμικών να αποτελούν αξιόπιστη εναλλακτική λύση έναντι των high-end εμπορικών πακέτων.

Συνοψίζοντας τα όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα, θα μπορούσε κανείς να αναφέρει απλά ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 παραμένει ανώτερο του συνδυασμού QGIS/GRASS σε όλα τα πεδία σύγκρισης, πλην αυτών της Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων, της επεκτασιμότητας και της υδρολογικής ανάλυσης. Στα συγκεκριμένα πεδία τα λογισμικά εμφανίζονται ισάξια με το QGIS/GRASS να υπερτερεί όσον αφορά τις επιλογές RESAMPLING, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της υδρολογικής ανάλυσης καθώς και την επεκτασιμότητα. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης η οποία προηγήθηκε, συνοψίζονται στον πίνακα της επομένης σελίδας, ενώ ακολουθεί πίνακας αξιολόγησης των λογισμικών με βάση τα αποτελέσματα της σύγκρισης αυτής

## ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΠΕΔΙΟ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	ARCGIS	QGIS/GRASS
<b>ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	ΧΡΗΣΗ SHAPEFILES, GEODATABASES (PERSONAL-FILE-SDE) κ.α	ΧΡΗΣΗ SHAPEFILES, GRASS VECTOR FILES, ΚΙ ΑΛΛΩΝ ΜΟΡΦΩΝ VECTOR (GDAL) ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ GEODATABASES
<b>ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	ΧΡΗΣΗ ESRI GRID, TIFF, JPG, κ.α, MOSAICS, RESAMPLE, PANSHARPENING ΚΑΙ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΤΗΣ ESRI	ΧΡΗΣΗ GRASS GRID, TIFF, JPG, κ.α (GDAL) - ΟΧΙ ESRI GRID, MOSAIC ΕΩΣ 4 RASTER, PANSHARPENING
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b>	PROJECTED - GEOGRAPHIC COORDINATE SYSTEMS (ARCGIS 9.3 HELP)	PROJECTED - GEOGRAPHIC COORDINATE SYSTEMS ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ PROJ.4
<b>ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ</b>	MAP BOOK, LAYOUT TOOLS, PLTS	MAP BOOK, ΏΧΙ ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΡΤΩΝ
<b>ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	ΥΠΕΡΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ QGIS/GRASS ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ	ΥΣΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ARCGIS 9.3 ΕΛΛΕΙΠΗΣ Ή ΚΑΙ ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
<b>ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	ΥΠΕΡΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ QGIS/GRASS ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ	ΥΣΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ARCGIS 9.3 ΕΛΛΕΙΠΗΣ Ή ΚΑΙ ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	ΥΠΕΡΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ QGIS/GRASS, TIN, TERRAIN DATASETS, DEM GRID, ARCGLOBE, ARCSCE	ΥΣΤΕΡΕΙ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ARCGIS 9.3, ΜΟΝΟ DEM GRID, GLOBE (ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ ΜΕΓΑΛΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ)), VTERRAIN (ΑΡΧΕΙΑ .BIT), NVIZ (ΑΞΙΟΛΟΓΟ)
<b>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΩΝ - ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ, THERSHOLD ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ (FLOW ACCUMULATION)	ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΚΙ ΑΛΛΗΛΕΝΔΕΤΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΩΝ - ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ, THERSHOLD ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΤΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ (BASIN), ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
<b>ΓΕΩΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ</b>	ADDRESS LOCATORS, INTERACTIVE ADDRESS MATCHING, AUTOMATED MATCHING SCORE, ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ (ΧΑΜΗΛΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ), NATIVE PROCESS, ΑΠΏΛΥΤΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ REVIEW/REMATCH ADDRESSES → PICK ADDRESS FROM MAP.	ΏΧΙ ADDRESS LOCATORS, NATINE PROCESS (ΧΑΜΗΛΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ), GOOGLE MAPS API (ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ MATCHING ΜΕ ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΗ ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΕΓΣΑ 87), ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ (ΙΔΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΗ ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ)
<b>ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΦΟΡΕΣ – ΟΜΟΙΩΤΗΤΕΣ</b>	MODULAR CONCEPT, CONNECTION WITH RDBMS, ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ARCCATALOG, ARC TOOLBOX, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΠΟΛΛΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ PROPRIETARY COMMERCIAL SOFTWARE.	MODULAR CONCEPT, CONNECTION WITH RDBMS, ΠΙΟ ΣΤΟΧΕΥΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΠΡΟΤΙΣΤΩΣ ΤΩΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝ ΚΑΙ ΟΣΩΝ ΣΥΝΕΙΣΦΕΡΟΥΝ ΣΕ ΚΩΔΙΚΑ, ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ OPEN SOURCE SOFTWARE.
<b>ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ</b>	ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ EXTENSIONS ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ. ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ADD-ONS ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ ΜΕΣΩ VB SCRIPTS Ή ΡΥΘΜΟΝ, ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ..	ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΝΕΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ, ΝΕΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ (ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΧΩΡΙΣ ΚΟΣΤΟΣ) ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΔΙΑΡΚΩΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΜΕΓΑΛΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΤΩΝ ΚΑΙ DEVELOPERS

## ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΠΕΔΙΟ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ/ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ARCGIS	QGIS/GRASS
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3	2
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3	2
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	2	3
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	3	2
ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3	2
ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3	2 (3*)
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3	2
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	2	3
ΓΕΩΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	3	1
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	3	4 (3*)
ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ	2 (3*)	3

Στον παραπάνω πίνακα οι τιμές αξιολόγησης 1 – 4 αναλύονται ως εξής:

1: κακή

2: μέτρια

3: καλή

4: δεν παρέχεται η αντίστοιχη λειτουργία



( $x^*$ ): απαιτείται η χρήση πρόσθετων εργαλείων με τη μορφή επεκτάσεων ή άλλων διασυνδεδεμένων λογισμικών, προκειμένου το λογισμικό να πάρει την τιμή αξιολόγησης  $x$  (οι πιθανές τιμές του  $x$  είναι 1, 2, 3)

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται αναφορά στα πεδία της καταλληλότητας των λογισμικών, η οποία όπως αποδεικνύεται δεν αφορά μόνο τις δυνατότητες τους, αλλά το κόστος, την ευκολία χρήσης, την επεκτασιμότητα (μελλοντικές αναβαθμίσεις), καθώς και τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις αναφορικά με την ανάπτυξη των λογισμικών μελέτης.

### 6.3 Καταλληλότητα Λογισμικών με Βάση τη χρήση τους.

Με βάση τη σύγκριση η οποία διεξήχθη, τόσο αναφορικά με τα πεδία σύγκρισης ( η οποία παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) όσο και με τις αναλυτικές εφαρμογές, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 υπερτερεί προς το παρόν του βασικού συνδυασμού QGIS/GRASS όσον αφορά τους τομείς της Βασικής Επεξεργασίας καθώς και της Διαχείρισης κι Εξειδικευμένης Ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Το γεγονός αυτό όμως, σε καμιά περίπτωση δεν καθιστά το συνδυασμό λογισμικών QGIS/GRASS λιγότερο χρήσιμο ή μη λειτουργικό. Αντίθετα, πρόκειται για ένα ισχυρό συνδυασμό λογισμικών, ικανό για τη διεξαγωγή ενός μεγάλου πλήθους εργασιών επεξεργασίας και ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να μη περιλαμβάνει το πλήθος των εργαλείων του ARCGIS 9.3 (για τις λειτουργίες που εξετάστηκαν), παρέχει όμως ένα σημαντικό αριθμό εργαλείων τα οποία του επιτρέπουν να διαχειρισθεί τις περισσότερες από τις βασικές λειτουργίες GIS.

Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών Επεξεργασίας κι Ανάλυσης δεδομένων μπορεί να διεξαχθεί με τη χρήση του συνδυασμού QGIS/GRASS, ακολουθώντας διαφορετικές διαδικασίες σε σχέση με τη χρήση του ARCGIS 9.3. Έτσι, όλα τα λογισμικά μελέτης είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή μελετών, μέσα από τη χρήση διαφορετικών διαδικασιών, εφόσον απαιτηθεί. Η διαπίστωση αυτή δημιουργεί ένα νέο ερώτημα σχετικά με το βαθμό καταλληλότητας του κάθε λογισμικού που μελετήθηκε, καθώς η επιλογή του ενός λογισμικού έναντι του άλλου, δεν είναι μια εύκολη υπόθεση.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα έχουν ειπωθεί κατά τη σύγκριση των λογισμικών, αλλά και αναφορικά με τις ιδιότητες του ανοιχτού λογισμικού σε σχέση με το εμπορικό, θα μπορούσε κανείς να πει ότι η επιλογή του καταλλήλου λογισμικού αποτελεί συνάρτηση των αναγκών και του είδους του χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι τα παραπάνω λογισμικά, αν και τυπικά

απευθύνονται σε όλους τους ενδιαφερόμενους χρήστες, στην ουσία έχουν απήχηση σε διαφορετικές κατηγορίες χρηστών. Έτσι το λογισμικό ARCGIS 9.3 είναι καταλληλότερο για χρήση από μεγάλες εμπορικές εταιρείες Γεωπληροφορικής, καθώς και από μεγάλους οργανισμούς οι οποίοι διαχειρίζονται τεράστιους όγκους δεδομένων. Αυτό συμβαίνει, όχι μόνο εξαιτίας των δυνατοτήτων του εν λόγω λογισμικού (σύνδεση ARCSERVER + ORACLE), αλλά κι εξαιτίας της παροχής υποστήριξης από την ESRI (απευθείας ή μέσω εμπορικών αντιπρόσωπων), η οποία στην περίπτωση των εμπορικών χρηστών είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Έτσι ο χρήστης είναι σίγουρος ότι η επίλυση του οποιουδήποτε προβλήματος παρουσιασθεί είναι εφικτή, εφόσον ο πάροχος του λογισμικού οφείλει να δώσει λύση στο πρόβλημα του χρήστη ο οποίος πληρώνει για συντήρηση και τεχνική υποστήριξη. Αντίθετα στην περίπτωση του συνδυασμού QGIS/GRASS η υποστήριξη γίνεται μέσα από FORUMS κι επαφίεται στην καλή θέληση των διαχειριστών ή άλλων χρηστών οι οποίοι παρέχουν αφίλοκερδώς υποστήριξη σε άλλους χρήστες. Στην περίπτωση αυτή οι υπόλοιποι χρήστες δεν δεσμεύονται για την παροχή λύσης στον χρήστη ο οποίος αντιμετωπίζει πρόβλημα, γεγονός το οποίο για έναν εμπορικό χρήστη αποτελεί τεράστιο μειονέκτημα.

Από την άλλη πλευρά, ο συνδυασμός λογισμικού QGIS/GRASS αποτελεί την ιδανική λύση για μεμονωμένους χρήστες, Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, μικρότερης εκτασης οργανισμούς και μικρούς εμπορικούς χρήστες ή οργανισμούς οι οποίοι δίνουν έμφαση στο Open περιβάλλον και τη δυνατότητα επέκτασης/μελλοντικής αναβάθμισης του λογισμικού χωρίς πρόσθετο κόστος. Οι συγκεκριμένοι οργανισμοί επιβαρύνονται με το κόστος ανάπτυξης των εργαλείων του λογισμικού, στην περίπτωση που αναπτύσσουν δικά τους εργαλεία, ενώ στην περίπτωση που χρησιμοποιούν μόνο τα εργαλεία τα οποία παρέχονται από τους διαχειριστές των QGIS/GRASS, το κόστος αυτό επιβαρύνει αποκλειστικά τους δεύτερους. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό για τους παραπάνω χρηστές, καθώς ακόμη και στην περίπτωση που αναπτύσσουν μόνοι τους εργαλεία, το κόστος ανάπτυξης των εργαλείων αυτών είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος απόκτησης του ARCGIS 9.3. Η παραπάνω κατηγορία χρηστών συνήθως διαχειρίζεται μικρότερο όγκο αρχείων, ενώ συνήθως διεξάγει εργασίες κάτω από ένα πιο ελαστικό καθεστώς (σε σχέση με έναν μεγάλο εμπορικό χρήστη).

Έτσι ένας μικρός εμπορικός χρήστης ή ένας μικρός οργανισμός πιθανόν να έχει την πολυτέλεια να στραφεί στην υποστήριξη μέσω FORUMS, καθώς δεν δεσμεύεται από ρήτρες στην περίπτωση καθυστέρησης παράδοσης ενός έργου λόγω προβλήματος του λογισμικού.

Επίσης ένα Εκπαιδευτικό Ίδρυμα είναι προτιμότερο να εκπαιδεύει τους φοιτητές στη χρήση ανοιχτών λογισμικών (QGIS/GRASS), φέρνοντας τους σε επαφή με διαδικασίες ανάλυσης, αντί να διδάσκει αποκλειστικά τη χρήση ενός εμπορικού λογισμικού (ARCGIS), δημιουργώντας έτσι στην πραγματικότητα νέους πελάτες για την εταιρεία παροχής του. Έτσι, η χρήση του εμπορικού λογισμικού θα μπορούσε να περιορισθεί εντός των Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, χωρίς όμως να καταργηθεί εντελώς, καθώς παραμένει αναγκαία προϋπόθεση για την καλύτερη διασύνδεση των Ιδρυμάτων με την αγορά εργασίας η οποία χρησιμοποιεί κυρίως το ARCGIS.

Επίσης, η δυνατότητα επέμβασης στον κώδικα των QGIS και GRASS, κι ανάπτυξης νέων εφαρμογών είναι κάτι το οποίο αφορά κυρίως τη δεύτερη κατηγορία χρηστών, οι οποίοι επιθυμούν ευελιξία καθώς και τη δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών με χαμηλό ή μηδενικό κόστος. Αντίθετα οι μεγάλοι εμπορικοί χρήστες αλλά και οι μεγάλοι οργανισμοί, ενδιαφέρονται περισσότερο για τη σταθερότητα την οποία προσφέρει το ARCGIS και την εγγύηση την οποία παρέχει το όνομα της ESRI. Παράλληλα όσον αφορά την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, οι μεγάλοι εμπορικοί χρήστες κι οργανισμοί έχουν την επιλογή των ARC OBJECTS, τα οποία παρέχονται από την ESRI κι επιτρέπουν την ανάπτυξη εφαρμογών με τη χρήση εργαλείων ομοίων με αυτών του ARCGIS, με τα οποία είναι ήδη εξοικειωμένοι.

Τέλος, το οικονομικό κόστος παίζει με τη σειρά του σημαντικό ρολό στην επιλογή καταλλήλου λογισμικού. Έτσι, οι μεγάλοι εμπορικοί χρήστες είναι καλύτερα να καταφεύγουν στο ARCGIS, προσβλέποντας σε απόσβεση του κόστους αγοράς (λογισμικού, SERVERS, ARCSERVER, ORACLE κλπ) μέσω της διεξαγωγής μελετών μεγάλης κλίμακας. Ομοίως οι μεγάλοι οργανισμοί του Δημόσιου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούν ARCGIS, καθώς η χρηματοδότηση τους είναι συνήθως επαρκής για να καλύψει το κόστος αγοράς, το οποίο αντισταθμίζεται από το επίπεδο τεχνικής υποστήριξης το οποίο παρέχεται από τους παρόχους του ARCGIS, και το οποίο είναι απαραίτητο σε αυτού του είδους τους χρήστες. Αντίθετα οι μικροί εμπορικοί χρήστες ή οι μεμονωμένοι χρήστες και οι μικρότεροι οργανισμοί, είναι καλύτερο να τείνουν προς τα QGIS, GRASS τα οποία δεν έχουν κόστος, ενώ τα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα είναι προτιμότερο να επιλέγουν το συνδυασμό των δύο λύσεων.

Το συμπέρασμα το οποίο προκύπτει στη συγκεκριμένη παράγραφο, είναι ότι οι δυνατότητες των λογισμικών είναι μια μόνο παράμετρος η οποία αφορά την επιλογή τους από κάποιον χρήστη. Ουσιαστικά, η επιλογή ανάμεσα στα ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS είναι μια

διαδικασία η οποία απαιτεί ουσιαστική αξιολόγηση τόσο των λογισμικών, όσο και των συνθηκών σχετικά με το μέγεθος, τις ανάγκες και τις δυνατότητες του κάθε χρήστη.

#### **6.4 Μελλοντικές Εξελίξεις – Τα ARCGIS, QGIS και GRASS στο μέλλον.**

Συνοψίζοντας όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι αν και το ARCGIS 9.3 υπερτερεί του συνδυασμού QGIS/GRASS στα πεδία στα οποία διεξήχθη η σύγκριση των λογισμικών, η υπεροχή αυτή δεν καθιστά το συνδυασμό QGIS/GRASS αναποτελεσματικό, καθώς αυτή στηρίζεται κυρίως στην ύπαρξη περισσότερων εργαλείων στο ARCGIS 9.3, και όχι στην πλήρη αδυναμία εκτέλεσης κάποιων λειτουργιών από μέρους του συνδυασμού QGIS/GRASS. Αντίθετα, ακόμα και στην περίπτωση όπου τα QGIS/GRASS αδυνατούν να εκτελέσουν κάποιες λειτουργίες, όπως η διαχείριση μοντέλων TIN ή η γεωστατιστική ανάλυση, υπάρχει δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών διαδικασιών όπως η χρήση DEM ή διασύνδεσης με άλλα λογισμικά όπως το R, η οποία δίνει λύση στο πρόβλημα του χρήστη.

Το γεγονός αυτό καθιστά τα QGIS/GRASS ανταγωνιστικά του ARCGIS 9.3, τουλάχιστον για μια κατηγορία χρηστών όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Αυτός ο ανταγωνισμός με τη σειρά του δημιουργεί ερωτηματικά σχετικά με την μελλοντική του έκβαση και με την μελλοντική εξέλιξη των εν λόγω λογισμικών. Αυτό το οποίο είναι σίγουρο σχετικά με το μέλλον των λογισμικών μελέτης είναι ότι τα QGIS και GRASS θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται, καθώς έχουν ήδη αποσπάσει ένα μέρος της αγοράς, έχοντας παράλληλα αποκτήσει ένα δικό τους κοινό. Το γεγονός αυτό ισχύει περισσότερο για το GRASS το οποίο είναι διαθέσιμο για περισσότερα χρόνια, αν και το QGIS θεωρείται εξίσου διαδεδομένο.

Παράλληλα, το γεγονός της δυνατότητας διασύνδεσης με άλλα λογισμικά, όπως το R ή το SAGA (μέσα από το εργαλείο SEXTANTE), αλλά και η συνεχής ανάπτυξη νέων εργαλείων, προσφέρει στο χρήστη μεγαλύτερη ευελιξία και ολοένα αυξανόμενες δυνατότητες, με μηδενικό κόστος. Τέλος τα λογισμικά QGIS/GRASS παρέχουν, όπως και το ARCGIS, ένα απλό και φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη, ενώ η χρήση τους, ειδικά ως συνδυασμού λογισμικών μέσω των GRASS TOOLS, είναι αρκετά απλή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της φιλικότητας στο χρήστη αποτελεί το περιβάλλον εργασίας του QGIS το οποίο μοιάζει πολύ με το αντίστοιχο του ARCGIS, διευκολύνοντας τη μετάβαση των χρηστών από το ένα λογισμικό στο άλλο. Προς την ίδια κατεύθυνση κινείται και το λογισμικό GRASS, το οποίο

παρέχει πλέον ένα φιλικό στο χρήστη GUI αποδεσμεύοντας τον από την απομνημόνευση εντολών.

Ταυτόχρονα, τα λογισμικά αυτά παρέχουν δυνατότητες εκπαίδευσης με τη χρήση TUTORIALS, τα οποία βρίσκονται σε ιστοσελίδες όπως το YOUTUBE.COM, και τα οποία είναι ιδιαιτέρως αναλυτικά, ενώ διατίθενται και με αναλυτικά USER MANUALS. Φυσικά οι δυνατότητες στον τομέα της εκπαίδευσης των χρηστών είναι σαφώς περισσότερες στην περίπτωση του ARCGIS, καθώς περά από τα TUTORIALS και την αναλυτικότητα τεκμηρίωση των εργαλείων, παρέχεται η δυνατότητα συμμετοχής σε on-line σεμινάρια της ESRI, τα οποία μάλιστα παρέχουν και πιστοποίηση στους χρήστες. Τα εν λόγω σεμινάρια έχουν κάποιο κόστος το οποίο ορισμένες φορές είναι υψηλό, αν και αντισταθμίζεται από το επίπεδο κατάρτισης το οποίο προσφέρουν και την πιστοποίηση της ESRI η οποία παρέχεται. Παρά το γεγονός αυτό όμως, τα ανοιχτά λογισμικά QGIS/GRASS παρέχουν ικανοποιητικές δυνατότητες εκπαίδευσης για χρήστες οι οποίοι είναι διατιθέμενοι να επενδύσουν χρόνο αναζητώντας και μελετώντας τα αντίστοιχα εκπαιδευτικά εργαλεία (TUTORIALS, USER MANUALS)

Με βάση τα παραπάνω, είναι ασφαλές να συμπεράνει κανείς ότι τα ανοιχτά λογισμικά GIS θα συνεχίσουν να διατηρούν σημαντικό κομμάτι της αγοράς των εφαρμογών DESKTOP GIS, το οποίο πιθανώς και να αυξήσουν αν ληφθούν υπόψιν οι συνέπειες της οικονομικής κρίσης. Τα εμπορικά λογισμικά, μεταξύ των οποίων και το ARCGIS, είναι υποχρεωμένα να προσαρμοσθούν σε αυτήν την κατάσταση προκειμένου να επιβιώσουν. Η προσαρμογή αυτή θα μπορούσε να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως, για παράδειγμα, η παροχή περισσότερων βασικών εφαρμογών σε μικρότερο κόστος από τις εταιρείες ή η διάσπαση του λογισμικού σε μικρότερα αυτόνομα τμήματα (modules) προκειμένου να μειωθεί το κόστος αγοράς, καθώς κάθε χρήστης θα μπορούσε να αγοράσει τα MODULES τα οποία χρειάζεται.

Μια σημαντική εξέλιξη η οποία θα μπορούσε να καταδείξει τη μελλοντική πορεία των εμπορικών λογισμικών GIS, όπως το ARCGIS, είναι η εμφάνιση της τεχνολογίας του CLOUD COMPUTING. Σύμφωνα με το Αμερικανικό NIST (National Institute of Standards and Technology) το CLOUD COMPUTING είναι « ένα μοντέλο για την παροχή εύκολης, κατά παραγγελία πρόσβασης σε μια κοινή βάση παραμετροποιήσιμων υπολογιστικών υποδομών (π.χ. δίκτυα, SERVERS, αποθήκευση, εφαρμογές, υπηρεσίες) οι οποίες μπορεί να αποκτηθούν και να διατεθούν γρήγορα με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή παρέμβασης από μέρους του προμηθευτή» (Muzafar et al, 2011). Ταυτόχρονα, σύμφωνα με την ίδια την ESRI

το CLOUD COMPUTING «περιλαμβάνει τεχνολογικές δυνατότητες – οι όποιες συνήθως στεγάζονται σε άλλο χώρο- και οι όποιες παραδίδονται μετά από αίτημα ως υπηρεσίες μέσω του διαδικτύου» ( <http://www.esri.com/technology-topics/cloud-gis/index.html>).

Στην ουσία ο χρήστης δεν αγοράζει λογισμικό προς εγκατάσταση, αλλά χώρο σε κάποιο SERVER, στον οποίο ανεβάζει τα δεδομένα του με ασφάλεια, και υπηρεσίες οι όποιες στην πραγματικότητα είναι λειτουργίες του λογισμικού, και οι όποιες παρέχονται στο χρήστη ενώ είναι εγκατεστημένες στον ίδιο χώρο του SERVER. Έτσι ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί τι εφαρμογές τις όποιες επιθυμεί χωρίς να επιβαρύνεται με τη αγορά HARDWARE, καθώς η επεξεργασία γίνεται εκτός του χώρου του, με μοναδική απαίτηση μια ασφαλή ευρυζωνική σύνδεση στο διαδίκτυο.

Έτσι, όπως αναφέρουν οι Muzafar et all, σε εργασία τους σχετικά με τη χρήση του CLOUD COMPUTING στον τομέα των GIS, τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι σημαντικά καθώς:

- *Παρέχουν τις υποδομές για τις αντίστοιχες εφαρμογές. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρέχει όλο το εξειδικευμένο πλαίσιο ανάλυσης και διαχείρισης δεδομένων, ενώ παρέχει ταυτόχρονα υπηρεσίες διάθεσης των δεδομένων μέσω του διαδικτύου.*
- *Παρέχουν πρόσβαση σε εξειδικευμένο λογισμικό, αλλά και εικονικό HARDWARE, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη πρόσβαση σε διαδικασίες δημιουργίας, ανάλυσης, επεξεργασίας κι οπτικοποίησης δεδομένων.*
- *Παρέχουν μείωση του κόστους υποστήριξης και συντήρησης καθώς οι επαγγελματικοί χρήστες δεν θα είναι απαραίτητο να απασχολούν εξειδικευμένο προσωπικό για τη συντήρηση και υποστήριξη του λογισμικού. Όπου το προσωπικό αυτό υπάρχει θα μπορεί να απασχοληθεί σε άλλες πιο σημαντικές εργασίες.*
- *Η τεχνολογία παρέχει στον χρήστη, πέρα από την υποδομή και τις υπηρεσίες, πρόσβαση σε ήδη υπάρχοντα χωρικά δεδομένα, γεγονός το οποίο μειώνει το κόστος για μια νέα επιχείρηση η οποία εισέρχεται στην αγορά GIS για πρώτη φορά.*
- *Παρέχει τη δυνατότητα παροχής στο χρήστη βασικών γεωγραφικών υποβάθρων, ως τμήμα ολοκληρωμένων υπηρεσιών, μειώνοντας το κόστος ανάπτυξης ή αγοράς αντιστοίχων υποβάθρων από το χρήστη.*

- *Η χρέωση των χρηστών γίνεται με βάση τη χρήση υπολογιστική ισχύος, bandwidth και αποθηκευτικού χώρου τα οποία καταναλώνουν, και είναι εντελώς ανεξάρτητη της γεωγραφικής θέσης των χρηστών.*
- *Η τεχνολογία παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων του από οποιοδήποτε FORMAT σε μια βάση δεδομένων. Η διαδικασία αυτή συνήθως απαιτεί την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού και υποδομών στις εγκαταστάσεις του χρήστη, γεγονός το οποίο δεν είναι πλέον απαραίτητο καθώς η διαδικασία αυτή παρέχεται με τη μορφή υπηρεσίας. (Muzafar et all, 2011)*

Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιείται ήδη από την ESRI η οποία διαθέτει μια σειρά από υπηρεσίες όπως οι ARCGIS ONLINE, ARCGIS FOR SERVER IN THE CLOUD και BUSINESS ANALYST ON LINE. Η ίδια εταιρεία μέχρι πρότινος διέθετε και την εφαρμογή ARCLOGISTICS ON LINE, ενώ στο μέλλον προτίθεται να διαθέσει την υπηρεσία ARCGIS FOR WINDOWS MOBILE, η οποία επίσης θα κάνει χρήση της τεχνολογίας CLOUD COMPUTING. (<http://www.esri.com/technology-topics/cloud-gis/arcgis-and-the-cloud.html>)

Το συμπέρασμα το οποίο προκύπτει, είναι ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία αποτελεί ένα πιθανό μελλοντικό σενάριο της εξέλιξης των εμπορικών λογισμικών GIS, μεταξύ των οποίων και του ARCGIS. Φυσικά είναι πάρα πολύ δύσκολο να προβλέψει κανείς με ακρίβεια το μέλλον, πόσο μάλλον να αποφανθεί ότι οι μελλοντικές εκδόσεις του ARCGIS θα είναι σε μορφή CLOUD GIS, κάτι το οποίο σε καμιά περίπτωση δεν ισχυρίζεται η συγκεκριμένη εργασία. Αντίθετα, το τελικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει η συγκεκριμένη εργασία αναφορικά με το μέλλον των λογισμικών μελέτης, είναι κατ' αρχάς ότι τα ανοιχτά λογισμικά θα συνεχίσουν να αυξάνουν το ποσοστό της αγοράς το οποίο κατέχουν, καθώς θα γίνονται όλο και ισχυρότερα με την ανάπτυξη νέων εργαλείων, εκμεταλλευόμενα και την οικονομική κρίση η οποία περιορίζει τις δυνατότητες αγοράς ακριβού εμπορικού λογισμικού GIS. Το αποτέλεσμα είναι η χρήση των QGIS και GRASS να αυξηθεί, κυρίως εντός των Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και δημοσίων οργανισμών λόγω μείωσης χρηματοδότησης.

Ταυτόχρονα, τα εμπορικά λογισμικά θα πρέπει να προσαρμοσθούν στις παραπάνω συνθήκες, με τη λύση του CLOUD COMPUTING να είναι μια εφικτή και ήδη χρησιμοποιούμενη λύση, η οποία μεταξύ των άλλων μειώνει και τις πιθανότητες πειρατείας λογισμικού, η οποία παρουσιάζεται και στην περίπτωση του λογισμικού GIS. Έτσι το ενδεχόμενο το ARCGIS να μεταπηδήσει κάποια στιγμή εξ' ολοκλήρου στο CLOUD είναι πιθανό αλλά φυσικά όχι

δεδομένο. Άλλωστε, παρόμοια εξέλιξη αποτελεί η ανάπτυξη του MS OFFICE 2013 της MICROSOFT, το οποίο είναι προσανατολισμένο για χρήση στο CLOUD.

Τέλος, ολοκληρώνοντας πρέπει να αναφερθεί ότι οι μελλοντικές εξελίξεις όσον αφορά τα λογισμικά ARCGIS, QGIS και GRASS, αλλά και τα λογισμικά GIS γενικότερα, βασίζονται τόσο στις εξελίξεις γύρω από τις επιστήμες των Υπολογιστών, όσο και στις μεταβολές του γήινου περιβάλλοντος, οι οποίες καθιστούν την ύπαρξη και χρήση τους αναγκαία είτε ως εργαλεία καταγραφής και ανάλυσης των μεταβολών αυτών, είτε ως εργαλεία λήψεως αποφάσεων.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

# 1. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## ARCGIS 9.3 και Διανυσματικά Δεδομένα

Το ARCGIS 9.3 είναι ένα από τα κυρίαρχα και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα λογισμικά GIS παγκοσμίως, εξαιτίας τόσο των δυνατοτήτων ανάλυσης τις οποίες διαθέτει όσο και της δυνατότητας διαχείρισης μιας μεγάλης ποικιλίας διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων. Οι επόμενες παράγραφοι ασχολούνται με τη διαχείριση, αποθήκευση κι επεξεργασία διανυσματικών δεδομένων μέσα από το συγκεκριμένο λογισμικό.

### Format αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Το λογισμικό ARCGIS 9.3 έχει τη δυνατότητα διαχείρισης δύο κυρίως μορφών διανυσματικών δεδομένων. Οι μορφές αυτές είναι η μορφή SHAPEFILE και η μορφή της ΓΕΩΒΑΣΗΣ (GEODATABASE), οι οποίες πέρα από την απεικόνιση δεδομένων είναι κατάλληλες και για επεξεργασία..

Η μορφή του shapefile είναι ένα απλό format αποθήκευσης της γεωμετρικής θέσης και της περιγραφικής πληροφορίας των χωρικών δεδομένων, με τέτοιο τρόπο ώστε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά να απεικονίζονται με τη μορφή σημείων, γραμμών ή πολυγώνων. Ταυτόχρονα η δομή του shapefile μπορεί να περιέχει και πινάκες dBASE οι οποίοι περιέχουν επιπλέον περιγραφική πληροφορία για τα χωρικά δεδομένα, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι το shapefile δεν είναι μια απλή μορφή αρχείου αποθήκευσης δεδομένων. Αντίθετα το shapefile είναι στην πραγματικότητα ένα σύνολο από διαφορετικά αρχεία τα οποία αποθηκεύουν διάφορες πληροφορίες στις οποίες «αποσυντίθενται» τα χωρικά δεδομένα. Τα αρχεία αυτά είναι τα παρακάτω:

- .shp— Το κυρίως αρχείο αποθήκευσης της γεωμετρίας (απαραίτητο)
- .shx— Το αρχείο το οποίο περιέχει τον δείκτη της γεωμετρίας του κάθε feature (απαραίτητο).
- .dbf— Ο πίνακας dBASE ο οποίος περιέχει την περιγραφική πληροφορία των features (απαραίτητο). Η σχέση ανάμεσα στη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά (attributes) είναι της μορφής 1:1.
- .sbn and .sbx— Τα αρχεία τα οποία περιέχουν τους χωρικούς δείκτες των features.
- .fbn and .fbx— Αρχεία τα οποία περιέχουν τους χωρικούς δείκτες των features για shapefiles με δικαιώματα ανάγνωσης μόνο.

- .ain and .aih—Τα αρχεία τα οποία αποθηκεύουν τους δείκτες των χαρακτηριστικών (attribute index) των ενεργών πεδίων σε ένα πίνακα ή attribute table ..
- .atx— Το συγκεκριμένο αρχείο δημιουργείται για κάθε shapefile ή dBASE attribute index το οποίο δημιουργείται στον ARCCATALOG.
- .ixs— Δείκτης κωδικοποίησης για shapefiles με δικαιώματα ανάγνωσης και γραφής.
- .mxs— Δείκτης κωδικοποίησης για shapefiles με δικαιώματα ανάγνωσης και γραφής. (ODB format).
- .prj— Το αρχείο το οποίο αποθηκεύει την πληροφορία του συστήματος αναφοράς (χρησιμοποιείται από το ARCGIS 9.3)
- .xml—Αρχείο μεταδεδομένων.
- .cpg— Ένα επιπλέον προαιρετικό αρχείο το οποίο περιλαμβάνει την κωδικοποίηση των χαρακτήρων οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν (codepage). (ARCGIS 9.3 HELP)

Από τα παραπάνω αρχεία μόνο τα τρία πρώτα είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός shapefile, ενώ τα υπόλοιπα δημιουργούνται καθώς διεξάγονται διάφορες διεργασίες επάνω στα shapefiles. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_shapefile/005600000002000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_shapefile/005600000002000000/))

Η άλλη μορφή διανυσματικών δεδομένων η οποία είναι διαχειρίσιμη από το ARCGIS 9.3 είναι η μορφή της GEODATABASE. Η μορφή αυτή είναι στην ουσία μια συλλογή γεωγραφικών δεδομένων διαφόρων τύπων η οποία αποθηκεύεται σε ένα κοινό σύστημα αρχείων ( MS Access Database, ή κάποιο άλλο DBMS). Έτσι μια geodatabase περιέχει έναν αριθμό datasets ο οποίος με τη σειρά του περιέχει τα feature-classes τα οποία αποτελούν τα χωρικά δεδομένα. Στην περίπτωση του λογισμικού ARCGIS 9.3, υπάρχουν τρία είδη geodatabases, τα οποία είναι οι:

- Personal geodatabase: Όλα τα σετ δεδομένων αποθηκεύονται σε ένα αρχείο Microsoft Access (.mdb), το οποίο δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2 GB, ενώ η βάση είναι προσπελάσιμη από ένα άτομο κάθε φορά για editing. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_geodatabase/003n00000001000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_geodatabase/003n00000001000000/))
- File geodatabase: Τα δεδομένα αποθηκεύονται με τη μορφή φάκελων σε ένα σύστημα αρχείων. Το κάθε dataset θεωρείται ως ένα ξεχωριστό αρχείο και μπορεί να έχει μέγεθος έως 1TB, ενώ η βάση είναι διαθέσιμη για οπτικοποίηση από πολλούς

χρηστές και από έναν χρήστη για editing ανά dataset. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_geodatabase/003n00000001000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_geodatabase/003n00000001000000/) )

- ARCSDE geodatabase: Οι βάσεις αυτές χρησιμοποιούν συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, όπως οι Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix, PostgreSQL κι επιτρέπουν την παράλληλη και ταυτόχρονη επεξεργασία κι οπτικοποίηση από πολλαπλούς χρηστές. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_geodatabase/003n00000001000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_geodatabase/003n00000001000000/) )

Η γεωβάση, σε όλες τις μορφές της ακολουθεί το αντικείμενο-σχεσιακό λογικό μοντέλο βάσεων δεδομένων, σύμφωνα με το οποίο όλα τα features αποθηκεύονται σε έναν πίνακα με τη μορφή αντικειμένων. Η κάθε γραμμή του πίνακα αντιπροσωπεύει ένα αντικείμενο (feature), το οποίο περιλαμβάνει περά από τα περιγραφικά χαρακτηριστικά και τη γεωμετρία του. Η γεωμετρία αυτή αποθηκεύεται στο πεδίο SHAPE, ενώ οι πίνακες μπορούν να συνδεθούν με άλλους πίνακες δεδομένων, με τη χρήση πεδίων-κλειδιών. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_geodatabase/003n00000001000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_geodatabase/003n00000001000000/) )

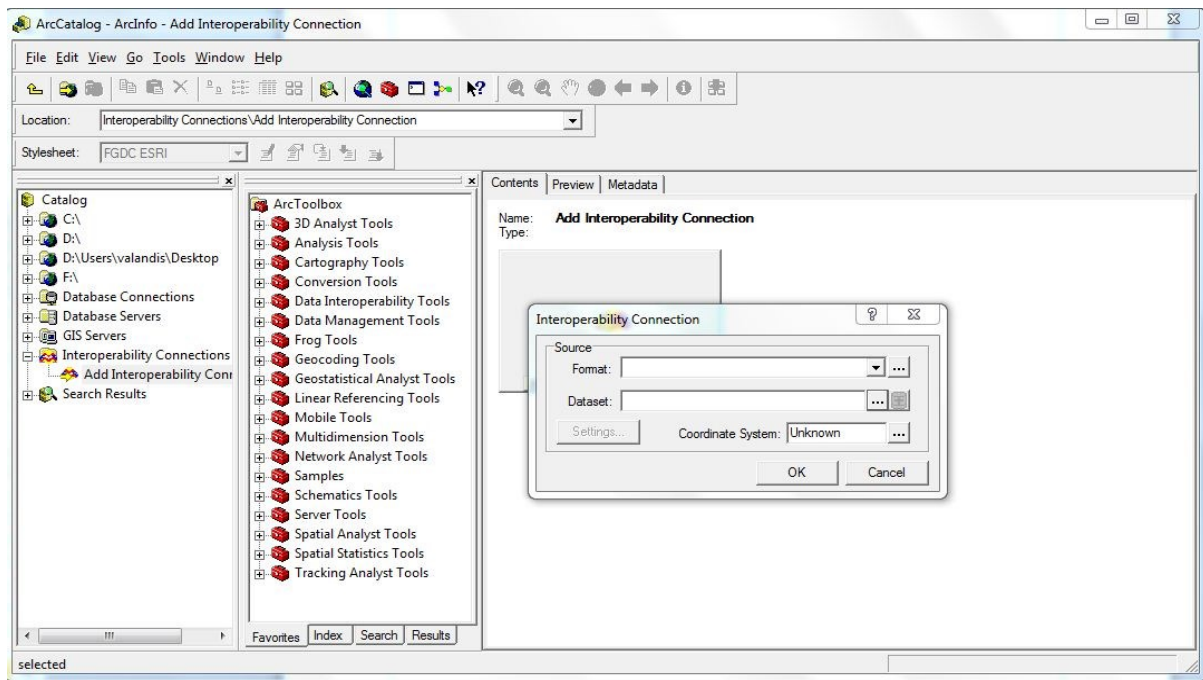
Το μοντέλο στην ουσία είναι ιεραρχικό, με τα feature-classes (ομάδες χαρακτηριστικών) να βρίσκονται στην κατωτάτη βαθμίδα. Αυτό σημαίνει ότι για τη δημιουργία μιας γεωβάσης η οποία θα περιείχε τα διάφορα χαρακτηριστικά (σημειακά, γραμμικά, πολυγωνικά ) μιας πόλης, το μοντέλο το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί θα περιελάμβανε τρία datasets (ένα για κάθε είδος δεδομένων – σημεία, γραμμές, πολύγωνα). Το κάθε dataset θα περιείχε τα αντίστοιχα feature-classes τα οποία θα συμπεριλαμβάνονταν στη βάση. Έτσι το ένα dataset θα περιείχε, με μορφή feature-classes, το οδικό δίκτυο, το δίκτυο ηλεκτροδότησης, το αποχετευτικό δίκτυο κλπ., το δεύτερο dataset τα πολύγωνα των χρήσεων γης, των οικοδομικών τετραγώνων ή των ταχυδρομικών κωδίκων, ενώ το τρίτο dataset θα μπορούσε να περιέχει τα σημεία ενδιαφέροντος ή τους στύλους ηλεκτροδότησης, η οποιοδήποτε άλλα σημειακά δεδομένα. ([http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/The\\_architecture\\_of\\_a\\_geodatabase/003n000000r4000000/](http://help.ARCGIS 9.3.com/en/ARCGIS 9.3desktop/10.0/help/index.html#/The_architecture_of_a_geodatabase/003n000000r4000000/) )

Η έννοια της γεωβάσης είναι αρκετά πολύπλοκη και σίγουρα απαιτεί πολύ περισσότερο χώρο για να αναλυθεί πλήρως. Κάτι τέτοιο όμως ξεφεύγει από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης Διπλωματικής εργασίας, κι επομένως δεν υπάρχει λόγος περαιτέρω επέκτασης στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Απλά πρέπει να σημειωθεί ότι μια γεωβάση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες μορφές δεδομένων ταυτόχρονα. Έτσι η ίδια γεωβάση μπορεί να περιέχει διανυσματικά datasets, ψηφιδωτά datasets, terrain datasets ή και network datasets ταυτόχρονα.

Αυτό το οποίο πρέπει να σημειωθεί είναι ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 μπορεί να επεξεργαστεί (edit) τις δύο μορφές διανυσματικών δεδομένων οι οποίες αναφέρθησαν, στην ξεπερασμένη πλέον μορφή coverage. Έτσι, λειτουργίες όπως η διαχείριση των δικτύων μέσα από το λογισμικό ARCGIS 9.3 γίνεται και πάλι χρησιμοποιώντας τις δύο παραπάνω μορφές δεδομένων, με βάση τις οποίες δημιουργούνται network datasets τα οποία αποτελούνται από shapefiles ή feature-classes. Τέλος επιβάλλεται να αναφερθεί ότι και οι δύο δομές shapefile-geodatabase αποτελούν proprietary formats της ESRI, από τα οποία μόνο το shapefile έχει δοθεί, ως δομή, ελεύθερα από την εταιρεία.

### **Συμβατότητα με άλλες μορφές διανυσματικών δεδομένων**

Πάρα το γεγονός ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 μπορεί να επεξεργαστεί και να αποθηκεύσει αλλαγές σε δύο κυρίως μορφές διανυσματικών δεδομένων, διαθέτει τη δυνατότητα οπτικοποίησης και εισαγωγής στο περιβάλλον εργασίας του, μιας σειράς από άλλες μορφές διανυσματικών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να εισαχθούν στο περιβάλλον του ARCMAP μέσω του εργαλείου Interoperability Connections του ARCCATALOG, το οποίο επιτρέπει την εισαγωγή («διάβασμα») μιας μεγάλης ποικιλίας format αρχείων από το λογισμικό ARCGIS 9.3, στο περιβάλλον ARCMAP. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η μεταφορά αρχείων, στο περιβάλλον του ARCGIS 9.3, τα οποία έχουν προέλθει από προηγούμενη επεξεργασία με μια πληθώρα διαφορετικών λογισμικών τα οποία δεν είναι απευθείας συμβατά με το ARCGIS 9.3. Η χρήση του παρακάτω εργαλείου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 1 Η μορφή του εργαλείου Interoperability Connections

Η χρήση του παραπάνω εργαλείου, παράλληλα με τη χρήση των εργαλείων QUICK\_IMPORT\_TOOL και QUICK\_EXPORT\_TOOL από το περιβάλλον του ARCCATALOG→DATA\_INTEROPERABILITY\_TOOLS, δίνει επομένως τη δυνατότητα εισαγωγής στο περιβάλλον του ARCMAP μιας σειράς format δεδομένων, ενώ παράλληλα παρέχει στο λογισμικό τη δυνατότητα να εξάγει τα δεδομένα του (shapefiles-geodatabases) στα αντίστοιχα format. Το γεγονός αυτό ενισχύει σε μεγάλο βαθμό τη διαλειτουργικότητα του ARCGIS 9.3, μετατρέποντας το σε μια πλατφόρμα λογισμικού η οποία μπορεί να διαβάσει μια μεγάλη γκάμα διαφορετικών formats, να τα μετατρέψει σε διαχειρίσιμη μορφή, να επεξεργαστεί τα δεδομένα και τέλος να εξάγει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας σε οποίο format κρίνεται απαραίτητο. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται το πλήθος των μορφών δεδομένων τα οποία μπορούν να εισαχθούν στο περιβάλλον του ARCGIS 9.3 με τη χρήση του παραπάνω εργαλείου.



Formats Gallery								
Description /	Short Name	Read	Write	Extension	Coord. Sys.	Type	Licensed	In List
1Spatial Internal Feature Format (IFF)	IFF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.iff	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aeronautical Information Exchange	AIXM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.xml	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autodesk AutoCAD DWF	DWF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dwf	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autodesk AutoCAD DWG/DXF	ACAD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dwg;.dxf;.d	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autodesk MapGuide SDL	SDL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.sdl	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.C. MOEP	MOEP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.arc;.bin;.ar	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BC MoF Electronic Submission Format	ESF_ABR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BC MoF Electronic Submission Format	ESF_FSP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BC MoF Electronic Submission Format	ESF_FTA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BC MoF Electronic Submission Format	ESF_RESULTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bentley MicroStation Design	IGDS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dgn;.fc1;.p	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bentley MicroStation GeoGraphics	GG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dgn;.cad;.c	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CITS Data Transfer Format (QLF)	QLF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.qlf;.qlf.gz;.c	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CityGML	CITYGML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ComGraphix Data Exchange Format	CGDEF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.cgdef	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comma Separated Value (CSV)	CSV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.csv;.gz;.cs	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Danish DSFL	DSFL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.dsf;.fla	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Danish UFO	UFO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.ufo	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dBASE (DBF)	DBF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dbf	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digital Line Graph (DLG)	DLG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.dlg;.opt;.dl	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dutch TOP10 GML	TOP10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI ArcGIS Layer	ARCgis_LAYER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	ESRI Layer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI ArcInfo Coverage	ARCINFO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.adf	<input checked="" type="checkbox"/>	Directory/Direct	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI ArcInfo Export (E00)	E00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.e00	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI ArcInfo Generate	ARCGEN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gen	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI ArcSDE	SDE30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI Geodatabase (File-based)	GEODATABASE_F	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Directory/Direct	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI Geodatabase (MDB)	GEODATABASE_M	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.mdb	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI Geodatabase (XML)	GEODATABASE_X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xml;.zip;.z	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI PC ArcInfo Coverage	PCARCINFO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.adf	<input checked="" type="checkbox"/>	Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESRI Shape	SHAPE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.shp	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FacetXDR	FACET	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.xdr	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FME Feature Store (FFS)	FFS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.ffs	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Genasys GenaMap	GENAMAP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.fh	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geographic Data Management System	GDMS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 2 Πίνακας μορφών διαχειρίσιμων δεδομένων 1

Formats Gallery								
Description	Short Name	Read	Write	Extension	Coord. Sys.	Type	Licensed	In List
GeoJSON (Geographic JavaScript)	GEOJSON	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.json	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GeoRSS/RSS Feed	GEORSS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.xml	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GML (Geography Markup Language)	GML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GML SF-0 (Geography Markup Language)	GMLSF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Google Earth KML	KML21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.kml;.kmz	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GPS eXchange Format	GPX	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.gpx;.xml	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Halliburton GeoGraphix CDF	WHITESTAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.cdf	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IBM DB2 Spatial	DB2SPATIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IDRISI Vector Format	IDRISI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.vct	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Industry Foundation Class STEP File	IFC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.ifc	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intergraph GeoMedia Access Warehouse	FM0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.mdb	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intergraph GeoMedia SQL Server	FM0_SQL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intergraph MGE	MGE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dgn;.cad;.c	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ISO8211	ISO8211	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.ddf	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JSON (JavaScript Object Notation)	JSON	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.json	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landmark Zycor Graphics File (ZCF)	ZGF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.zgf	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landonline (Land Information New Zealand)	LANDONLINE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xml	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LandXML	LANDXML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xml	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MapInfo MIF/MID	MIF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.mif	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MapInfo TAB (MFAL)	MAPINFO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.tab	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Microsoft Access	MDB_ADO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.mdb	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Microsoft Excel	XLS_ADO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xls	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NEN 3610 (GML)	NEN3610	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NGA GEOnet Names Server	GEONET	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.txt	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Northgate StruMap	STRUMAP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.sgf	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NULL (Nothing)	NULL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	None/None	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODBC 2x	ODBC2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Database	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODBC 3x	ODBC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OS (GB) MasterMap	DNF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.gml;.xml;.g	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OS (GB) NTF	NTF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.ntf	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PenMetrics GRD	GRD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.grd	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PHOCUS PHODAT	PHOCUS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.pdt	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PostGIS	POSTGIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PostgreSQL	POSTGRES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Database/Data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regional Geographic Information	REGIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.fea	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 3 Πίνακας μορφών διαχειρίσιμων δεδομένων 2

S-57 (ENC) Hydrographic Data	S57	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.000;.030;.0	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SEG-P1	SEG-P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spatial Archive and Interchange Format	SAIF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.saf;.zip	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spatial Data Transfer Standard (SDTS)	SDTS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*CATD.DD	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SQLite	SQLITE3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.db;.sl3	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Standard Linear Format (SLF)	SLF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.slf	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
STAR-APIC Mercator MCF	MCF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.dto	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Swedish KF85	KF85	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.k85	<input checked="" type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Swedish MASIK	MASIK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tabular Data	TABLE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.fip;.cat	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Text File	TEXTLINE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.txt;.txt.gz;.txt	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trimble JobXML	JOBXML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.jxl;.xml	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U.S. Census Bureau TIGER/Line	TIGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.rt1;.bw1;.r*	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
U.S. Environmental Protection Agency	EPA_GDXML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xml	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vector Product Format Database	VPF_DB	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DHT	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WFS (Web Feature Service)	WFS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Url	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
XDK (XML format for Danish DSFL)	XDK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.xdk;.xml;.g	<input type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
XML (Extensible Markup Language)	XML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	.xml;.gml;.g	<input type="checkbox"/>	File/Directory	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z-Map (ASCII)	Z-MAP_ASCII	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.dat	<input checked="" type="checkbox"/>	File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 4 Πίνακας μορφών διαχειρίσιμων δεδομένων 3



Οι παραπάνω μορφές δεδομένων (με εξαίρεση τα shapefiles και τις geodatabases) δεν μπορούν να υποστούν επεξεργασία (editing) κι αποθήκευση (save) μέσα από το ARCGIS 9.3, χωρίς πρώτα να μετατραπούν στις παραπάνω διαχειρίσιμες μορφές διανυσματικών δεδομένων. Είναι όμως δυνατή η μετατροπή τους από μια μορφή σε μια άλλη, καθώς και η χρήση κάποιων εξ'αυτών σε διαδικασίες γεωεπεξεργασίας (geoprocessing). Τέλος η χρήση του SPATIAL ETL toolbox το οποίο είναι διαθέσιμο με την DATA\_INTEROPERABILITY\_EXTENSION, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να εισάγει δεδομένα διαφορετικών format, να τα μετατρέψει σε δεδομένα διαχειρίσιμα από το ARCGIS 9.3, με τη χρήση ενός WIZARD, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα προεπισκόπησης των τελικών δεδομένων μέσα από την εφαρμογή WORKBENCH η οποία παρέχει στο χρήστη έλεγχο επάνω στη μετατροπή των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών formats. Η παραπάνω διαδικασία είναι αρκετά πολύπλοκη κι εξαιρετικά εξειδικευμένη, επομένως δεν είναι απαραίτητη η περαιτέρω ανάλυση της στο σημείο αυτό. Αρκεί απλά να σημειωθεί ότι η ύπαρξη της εν λόγω εφαρμογής δίνει στο ARCGIS 9.3 ακόμα μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα και το καθιστά ακόμη πιο ελκυστικό, καθώς ενισχύει τη συμβατότητα του με αλλά λογισμικά.

### Τοπολογία στο ARCGIS 9.3

Έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ότι η τοπολογία είναι μια από τις βασικότερες έννοιες, αναφορικά με τα διανυσματικής μορφής δεδομένα. Η τοπολογία μπορεί να οριστεί συνοπτικά ως το σύνολο των χωρικών σχέσεων μεταξύ των χωρικών/γεωγραφικών οντοτήτων. Έτσι η τοπολογία στην πραγματικότητα:

- «Θέτει περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο κάποιες οντότητες μοιράζονται την ίδια γεωμετρία (π.χ. γειτονικά πολύγωνα)» ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )
- «Καθορίζει κι επιβάλλει τους κανόνες ακεραιότητας των δεδομένων (data integrity rules)» ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )
- «Υποστηρίζει ερωτήματα τυπολογικών σχέσεων και προβλήματα συνδεσιμότητας ή πλοήγησης» ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )

[9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )

- «Υποστηρίζει ειδικευμένα εργαλεία επεξεργασίας τα οποία επιβάλλουν τοπολογικούς περιορισμούς στο μοντέλο δεδομένων» ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )
- «Δημιουργούν οντότητες από μη δομημένη γεωμετρία (π.χ. κατασκευή πολυγώνων από γραμμές)» ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000) )

Στο λογισμικό ARCGIS 9.3 η τοπολογία υλοποιείται μέσα από τη μορφή δεδομένων geodatabase, ενώ δεν είναι δυνατή η υλοποίηση της για δεδομένα μορφής shapefile. Στην περίπτωση των shapefiles τα δεδομένα αποθηκεύονται με βάση ένα σχετικά απλό μοντέλο, το οποίο έχει ήδη περιγραφεί, και το οποίο παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να εκτελούν γρήγορα κάποιες ενέργειες, οι οποίες ήταν αρκετά χρονοβόρες στην περίπτωση των coverages. Έτσι για παράδειγμα ήταν πολύ πιο εύκολο να υπολογίσει κάποιος το εμβαδό των πολυγώνων των χρήσεων γης, καθώς τα πολύγωνα αυτά (σαν shapefiles) αφενός είχαν αποθηκευμένη τη γεωμετρία τους σε ένα πεδίο του πίνακα χαρακτηριστικών τους, κι αφετέρου ψηφιοποιούνταν εξ' αρχής ως πολύγωνα, με το κάθε πολύγωνο να είναι μια συγκεκριμένη χωρική οντότητα. ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology\\_basics/006200000002000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology_basics/006200000002000000/))

Αντίθετα στην περίπτωση των coverages, κάθε φορά που γινόταν μια αλλαγή στο αρχείο των πολυγώνων, έπρεπε να δημιουργηθεί ξανά τοπολογία (να «ξανακτιστούν» τα πολύγωνα) και στη συνέχεια να υπολογιστούν τα εμβαδά τους. Η ευκολία αυτή υιοθετήθηκε από την ESRI και το ARCGIS 9.3, με κόστος την απώλεια των τοπολογικών σχέσεων μεταξύ των χωρικών οντοτήτων, γεγονός το οποίο ωθούσε πολλούς χρήστες να κάνουν διορθώσεις (editing) στη βάση τους σε μορφή coverage, και στη συνέχεια να εξάγουν τα αποτελέσματα σε shapefile για να εφαρμόσουν διαδικασίες ανάλυσης. ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology\\_basics/006200000002000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology_basics/006200000002000000/))

Γενικά ισχύει ότι η μορφή shapefile, δεν παρέχει τη δυνατότητα υποστήριξης τοπολογικών δεδομένων γεγονός το οποίο είναι ανεξάρτητο από το πακέτο λογισμικού το οποίο

χρησιμοποιείται κάθε φορά. Αυτό σημαίνει ότι αν και η δομή shapefile δημιουργήθηκε από την ESRI κι έχει υιοθετηθεί από όλα σχεδόν τα λογισμικά GIS, καθώς η μορφή της έχει διατεθεί ελεύθερα από την εταιρεία, το γεγονός αυτό δεν αλλάζει την αδυναμία του shapefile να υποστηρίζει τοπολογία, καθώς η αδυναμία αυτή οφείλεται στο σχεδιασμό της δομής του shapefile κι όχι στο λογισμικό, με το οποίο γίνεται η διαχείριση των δεδομένων.

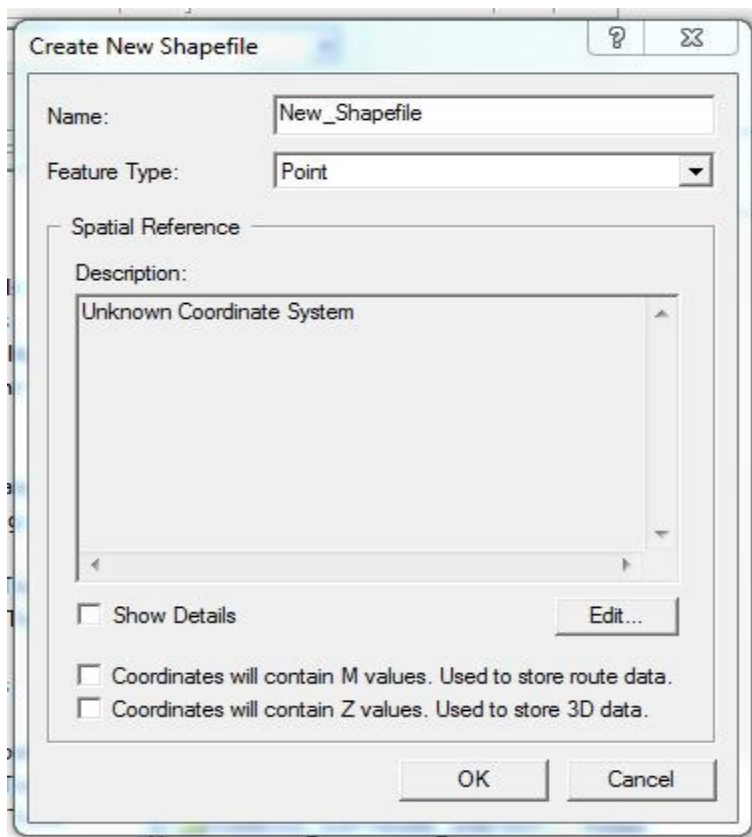
Αντίθετα η δομή δεδομένων geodatabase υποστηρίζει τη δημιουργία και τη διαχείριση τοπολογίας μεταξύ των χωρικών οντοτήτων μιας γεωβάσης. Σε αντίθεση με την περίπτωση των coverages, όπου η τοπολογία είχε τη μορφή ενός στενά ελεγχόμενου μοντέλου το οποίο «κτίζεται» με τη χρήση των εντολών build και clean και δεν παρέχει καμιά ευελιξία, η γεωβάση χρησιμοποιεί μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Στην περίπτωση της geodatabase, η τοπολογία υλοποιείται ως ένα σετ κανόνων οι οποίοι καθορίζουν τις τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών οντοτήτων του ιδίου ή διαφορετικών feature-classes και datasets. Οι σχέσεις αυτές συνήθως αφορούν τις έννοιες της γειτνίασης (adjacency) και της συνδεσιμότητας (connectivity) μεταξύ χωρικών οντοτήτων, μπορούν όμως να αφορούν και την ίδια την αξιοπιστία των δεδομένων (π.χ. διπλά τόξα εξαιτίας λάθους κατά την ψηφιοποίηση ή sliver polygons). Με βάση το παραπάνω μοντέλο καθίσταται σαφές ότι α) σε μια τοπολογία μπορούν να συμμετέχουν πολλά ή και όλα τα layers μιας γεωβάσης τα οποία μπορούν να έχουν οποιαδήποτε μορφή (γραμμική, πολυγωνική, σημειακή), β) ο χρήστης επιλεγεί ποιους κανόνες θέλει να εντάξει στην τοπολογία του προκειμένου να εξασφαλίσει την πιστότητα των δεδομένων του και γ) η τοπολογία μπορεί να ενημερωθεί και να χτιστεί είτε για ολόκληρη, είτε για μέρος της βάσης. ([http://www.esri.com/news/arcnews/summer02articles/ARCGIS\\_9.3-brings-topology.html](http://www.esri.com/news/arcnews/summer02articles/ARCGIS_9.3-brings-topology.html))

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι οι παραπάνω ιδιότητες της τοπολογίας αφορούν και τα τρία είδη γεωβάσεων τα οποία είναι διαθέσιμα στο ARCGIS 9.3, ενώ η ύπαρξη τοπολογίας κάνει τη δομή της γεωβάσης πιο εύχρηστη από το shapefile, το οποίο αρχίζει ήδη και θεωρείται ως παρωχημένη δομή χωρικών δεδομένων. Στην επόμενη παράγραφο ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του τρόπου δημιουργίας κι επεξεργασίας των δύο αυτών δομών δεδομένων μέσα από το λογισμικό ARCGIS 9.3.

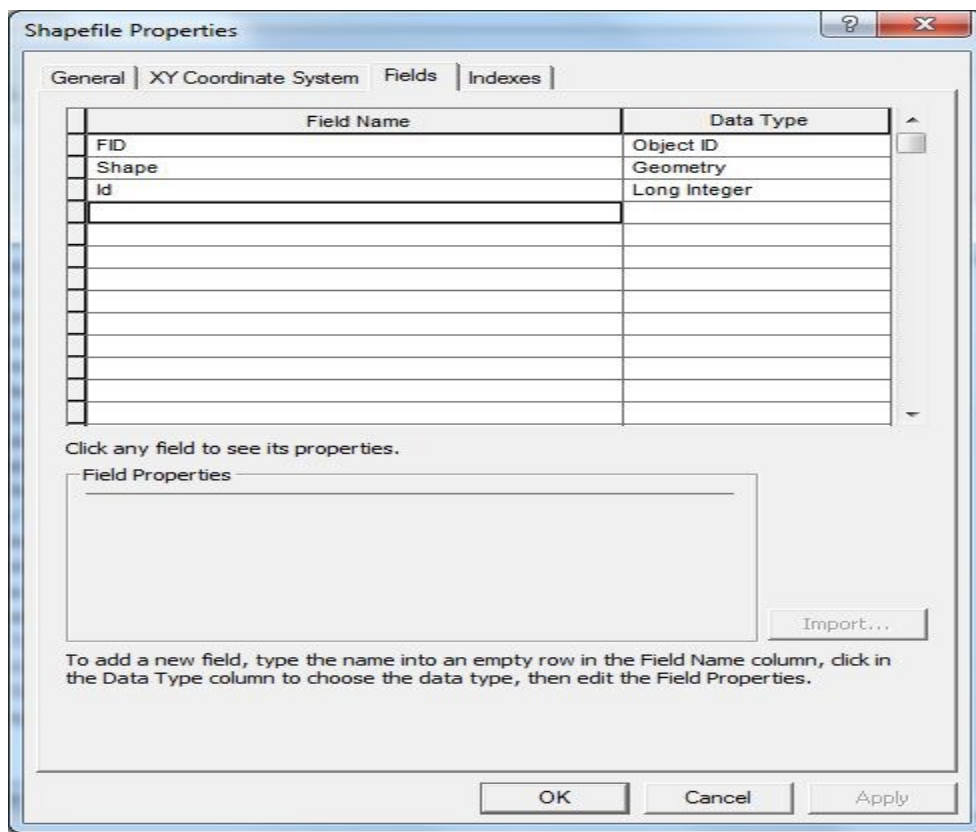
### Δημιουργία κι επεξεργασία (editing) shapefiles –geodatabases στο ARCGIS 9.3.

Η δημιουργία ενός νέου shapefile ή μια geodatabase με το λογισμικό ARCGIS 9.3 γίνεται με δύο τρόπους, ο ένας εκ των οποίων αφορά τη χρήση του module ARCCATALOG, ενώ ο άλλος τη χρήση απευθείας του ARCMAP. Ο πλέον απλός κι εύχρηστος τρόπος είναι ο πρώτος με βάση τον οποίο ο χρήστης δημιουργεί τα παραπάνω αρχεία δεδομένων (shapefile ή geodatabase) με τη χρήση ενός WIZARD. Στην περίπτωση δημιουργίας ενός SHAPEFILE ο χρήστης καλείται να επιλέξει το είδος του αρχείου (σημειακό, γραμμικό, πολυγωνικό) και το σύστημα αναφοράς του αρχείου. Στη συνέχεια μπορεί να προσθέσει πεδία ή να αλλάξει τις ιδιότητες του SHAPEFILE μέσα από την επιλογή Properties.

Η συγκεκριμένη διαδικασία απεικονίζεται στα δύο παρακάτω σχήματα, στα οποία περιγράφεται η διαδικασία δημιουργίας ενός SHAPEFILE μέσα από το module ARCCATALOG.



Εικόνα 5 Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου shapefile.



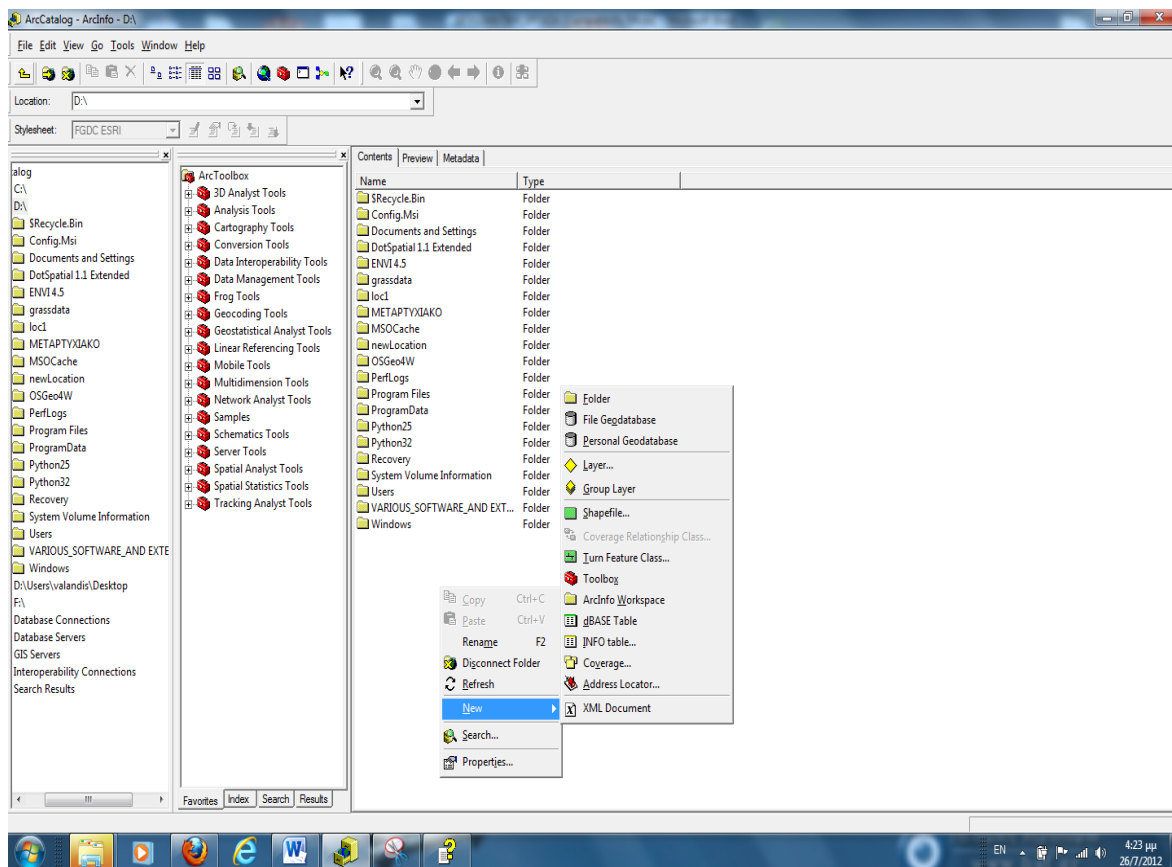
Εικόνα 6 Η διαδικασία αλλαγής των ιδιοτήτων ενός νέου shapefile.

Στην περίπτωση της γεωβάσης η διαδικασία δημιουργίας είναι παρόμοια με την παραπάνω, για τις personal και file geodatabases. Στην περίπτωση της SDE geodatabase, απαιτείται προηγούμενη εγκατάσταση του SQL Server Express, και σύνδεση στον αντίστοιχο DATABASE SERVER, ενώ τα δικαιώματα έγγραφης και οι ιδιότητες σε μια τέτοια βάση καθορίζονται από τον διαχειριστή του συστήματος. Για τον λόγο αυτό δεν θα αναλυθεί περαιτέρω η δημιουργία SDE geodatabase, όμως σε γενικές γραμμές η διαδικασία της δημιουργίας της είναι παρόμοια με την διαδικασία δημιουργίας personal ή file geodatabases, αφού γίνει η σύνδεση στον SERVER.

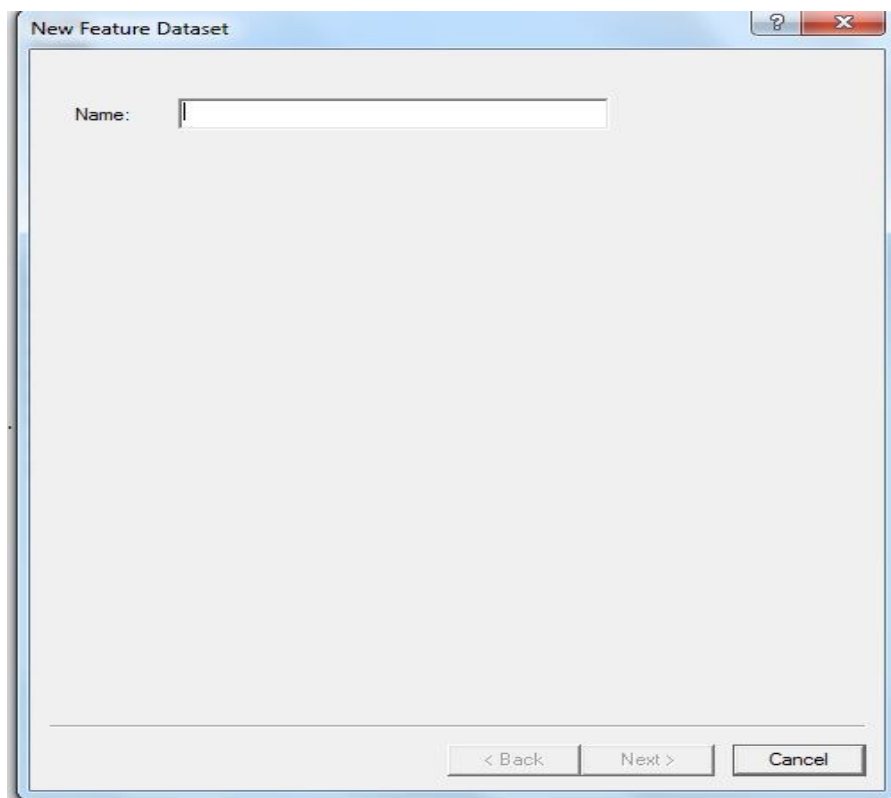
Έτσι για τη δημιουργία μιας γεωβάσης ο χρήστης εργάζεται όπως και για τη δημιουργία ενός SHAPEFILE. Η διάφορα είναι ότι αφού δημιουργήσει τη γεωβάση, μπορεί να πλοηγηθεί μέσα σε αυτή και στο χώρο αυτόν να δημιουργήσει ένα dataset, ενώ στη συνέχεια πλοηγούμενος εντός του dataset μπορεί να δημιουργήσει μια σειρά από οντότητες μεταξύ των οποίων feature-classes, network datasets, terrain datasets, topologies, geometric networks, cadastral fabrics, κα. Κάθε φορά που δημιουργεί ένα dataset ή μια χωρική οντότητα καλείται να ονοματίσει την οντότητα αυτή και να επιλέξει το σύστημα αναφοράς της. Αυτό σημαίνει ότι σε μια γεωβάση μπορεί να αποθηκευτούν datasets ή χωρικές

οντότητες με ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ, κάτι το οποίο αποτελεί μια σημαντική διάφορα, όπως θα φανεί στη συνέχεια, μεταξύ του ARCGIS 9.3 και του GRASS.

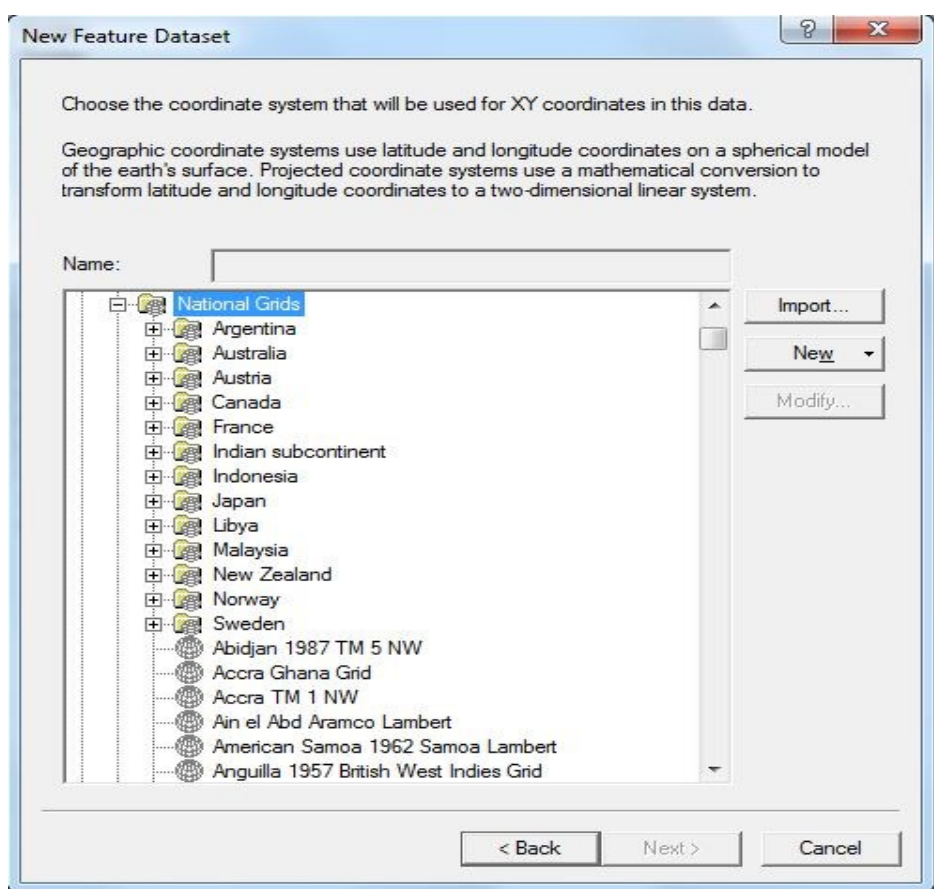
Παράλληλα η χρήση της εντολής Properties δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επέμβει στα χαρακτηριστικά της βάσης και να ορίσει, αν το επιθυμεί, τα πεδία των αντιστοιχών feature-classes, αλλά και τα πεδία τιμών (domains) των πεδίων αυτών. Η διαδικασία δημιουργίας μιας personal geodatabase περιγράφεται στη παρακάτω σχήματα, ενώ είναι παρόμοια με τη διαδικασία δημιουργίας file geodatabase (ή SDE geodatabase αφού γίνει σύνδεση με τον DATA SERVER).



Εικόνα 7 Η διαδικασία δημιουργίας μιας νέας personal geodatabase.

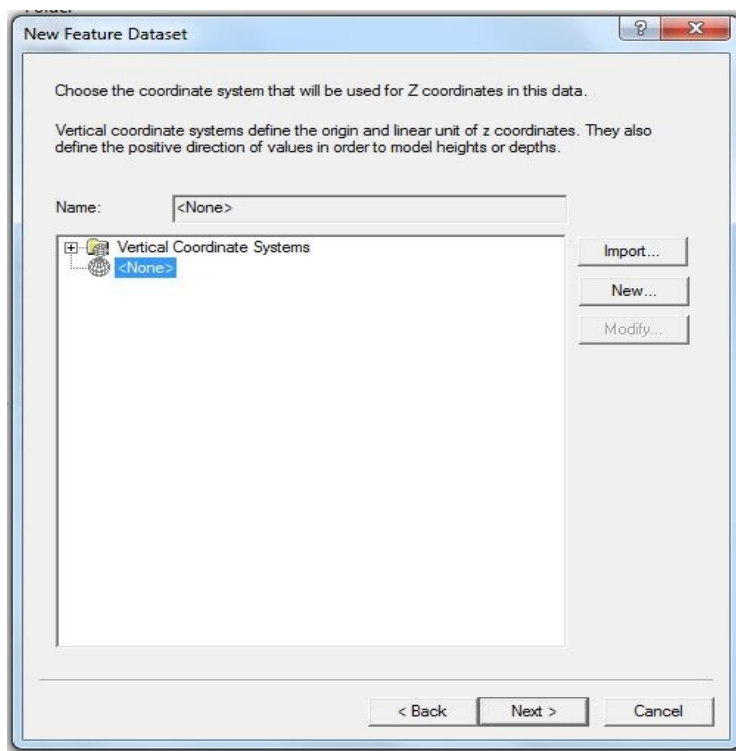


Εικόνα 8 Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου *feature dataset*

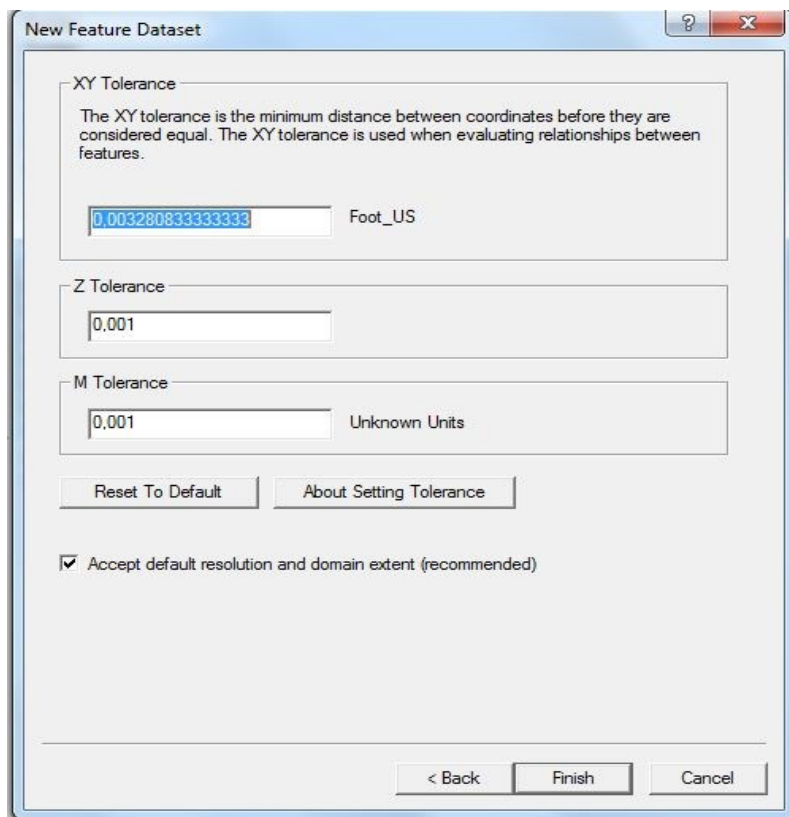


Εικόνα 9 Η διαδικασία επιλογής συστήματος αναφοράς του νέου *feature dataset*





Εικόνα 10 Η διαδικασία επιλογής συστήματος υψομετρικής αναφοράς του νέου *feature dataset*



Εικόνα 11 Η διαδικασία ολοκλήρωσης της δημιουργίας του νέου *feature dataset*



**New Feature Class**

Name:

Alias:

Type

Type of features stored in this feature class:

Geometry Properties

☐ Coordinates include M values. Used to store route data.

☐ Coordinates include Z values. Used to store 3D data.

< Back   Next >   Cancel

Εικόνα 12 Η διαδικασία δημιουργίας του νέου feature class

**New Feature Class**

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry

Click any field to see its properties.

Field Properties

Alias:

Import...

To add a new field, type the name into an empty row in the Field Name column, click in the Data Type column to choose the data type, then edit the Field Properties.

< Back   Finish   Cancel

Εικόνα 13 Η διαδικασία ολοκλήρωσης της δημιουργίας του νέου feature class

Όσον αφορά την επεξεργασία (editing) των παραπάνω μορφών δεδομένων, αυτή γίνεται μέσα από το περιβάλλον του ARCMAP με τη χρήση των EDITOR TOOLBAR και ADVANCED EDITING TOOLBAR. Έτσι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ψηφιοποιήσει νέα features ή να διορθώσει και να μεταβάλλει τα features της επιλογής του. Παράλληλα η TOPOLOGY TOOLBAR δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επικυρώσει (validate) την τοπολογία, εφόσον την έχει ήδη δημιουργήσει, για ολόκληρη ή για μέρος της εκτασης των δεδομένων του, καθώς και να προβεί σε διορθώσεις τοπολογικών παραβάσεων. Οι TOOLBARS, οι οποίες περιγράφονται απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα μαζί με το περιβάλλον επεξεργασίας ARCMAP, στο οποίο γίνεται η συγκεκριμένη επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 14 Η EDITOR TOOLBAR



Εικόνα 15 Η ADVANCED EDITING TOOLBAR

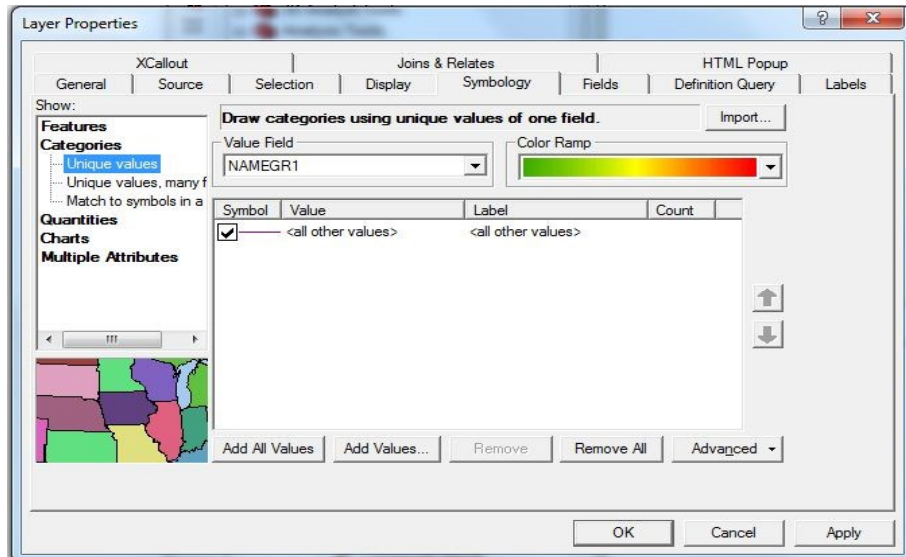


Εικόνα 16 Η TOPOLOGY TOOLBAR

Οι επιμέρους δυνατότητες ψηφιοποίησης, επεξεργασίας και τοπολογικής επικύρωσης και διόρθωσης, τις οποίες προσφέρουν οι παραπάνω μπάρες επιλογών, είναι πάρα πολλές και δεν αποτελεί αντικείμενο της εργασίας αυτής η περιγραφή τους. Άλλωστε οι παραπάνω λειτουργίες περιγράφονται αναλυτικότερα στα user manuals του λογισμικού ARCGIS 9.3 καθώς και στα tutorials τα οποία παρέχονται μέσα από το HELP του λογισμικού. Απλά είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η επεξεργασία των διανυσματικών δεδομένων γίνεται με τη χρήση των ιδίων εργαλείων ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για SHAPEFILES ή geodatabases.

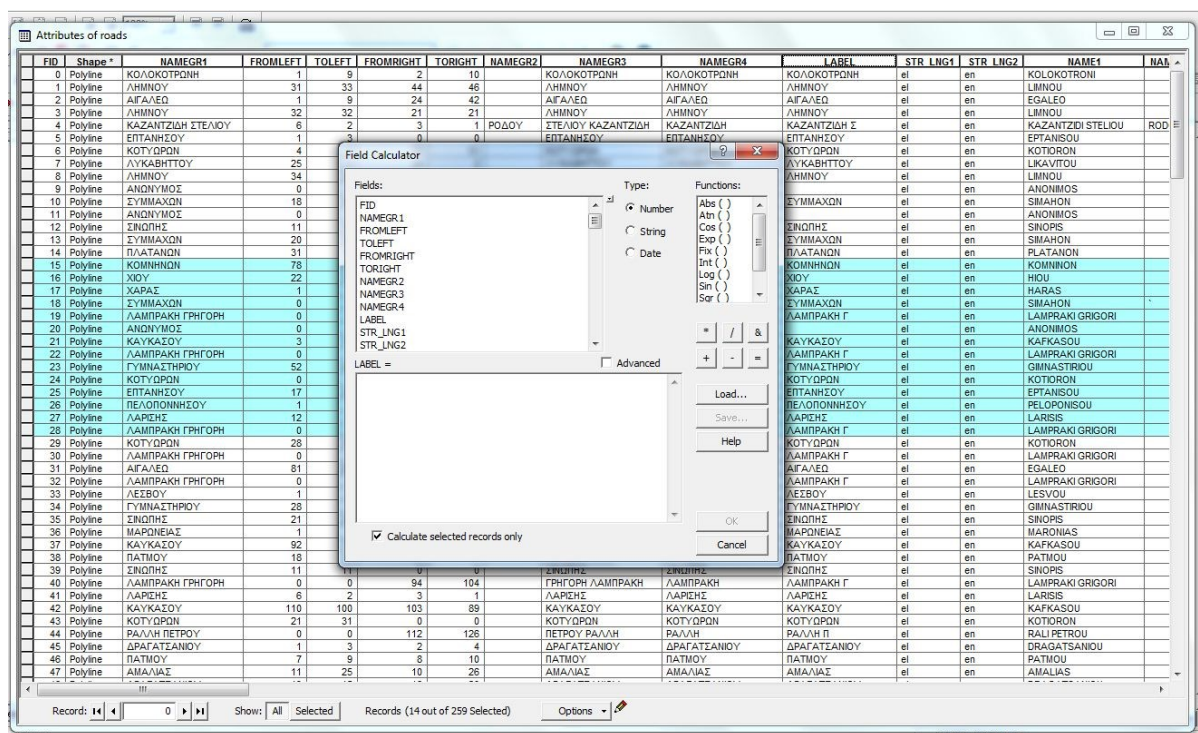
Όσον αφορά την οπτικοποίηση των δεδομένων, αυτή γίνεται στο περιβάλλον εργασίας του ARCMAP ενώ τα διανυσματικά δεδομένα, ανεξαρτήτως μορφής, μπορούν να απεικονισθούν με διάφορους τρόπους. Έτσι είναι δυνατή η απεικόνιση ενός διανυσματικού αρχείου με ένα ενιαίο σύμβολο ή με τη χρήση διαφορών συμβόλων ανάλογα με τις τιμές ενός ή περισσότερων πεδίων του. Επίσης το λογισμικό παρέχει δυνατότητα ποσοτικού συμβολισμού

των δεδομένων ή δημιουργίας διαγραμμάτων (charts) με βάση τα πεδία των δεδομένων. Οι δυνατότητες αυτές παρέχονται μέσα από το εργαλείο LAYER PROPERTIES το οποίο απεικονίζεται στη συνέχεια.



Εικόνα 17. Το εργαλείο LAYER PROPERTIES με διανυσματικά δεδομένα

Τέλος το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να ανοίξει τον πίνακα των χαρακτηριστικών του αρχείου το οποίο επεξεργάζεται και να προβεί σε ενέργειες διόρθωσης στα περιγραφικά στοιχεία των δεδομένων του. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την προηγούμενη επιλογή των αντιστοίχων features (με τη χρήση διαφορετών εργαλείων επιλογής), ενώ διευκολύνεται από τη χρήση του εργαλείου field calculator το οποίο επιτρέπει το μαζικό υπολογισμό της τιμής ενός πεδίου. Παράλληλα είναι δυνατή η εκτέλεση κι άλλων διεργασιών με βάση τις τιμές των πεδίων ενός αρχείου (shapefile-geodatabase), όπως ο υπολογισμός στατιστικών στοιχείων, η άθροιση των τιμών των πεδίων κα. Η περαιτέρω ανάλυση των δυνατοτήτων αυτών δεν αφορά το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας, όποτε απλά θα παρατεθεί η σχηματική αναπαράσταση ενός πίνακα περιγραφικής πληροφορίας ενός shapefile και του εργαλείου field calculator.



Εικόνα 18 Η απεικόνιση του πίνακα περιγραφικών δεδομένων και το εργαλείο field calculator.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η συνοπτική επισκόπηση των διαδικασιών δημιουργίας και επεξεργασίας αρχείων διανυσματικών δεδομένων μέσα από το περιβάλλον του ARCGIS 9.3. Το αντικείμενο της επισκόπησης αυτής ήταν απλά η κατάδειξη των γενικών μεθόδων δημιουργίας και επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων κι όχι η δημιουργία ενός αναλυτικού οδηγού χρήσης του λογισμικού, σε σχέση με τις δυνατότητες διαχείριση διανυσματικών δεδομένων.

Στις αμέσως επόμενες παραγράφους ακολουθούν η περιγραφή του τρόπου διαχείρισης, αποθήκευσης και επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων (και τοπολογίας όπου αυτό είναι δυνατό) με τη χρήση του συνδυασμού των λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS.

## Συνδυασμός QUANTUM\_GIS/GRASS και Διανυσματικά Δεδομένα

Τα λογισμικά QUANTUM και GRASS αποτελούν δύο από τα πλέον διαδεδομένα λογισμικά GIS, τα οποία χρησιμοποιούνται από ένα μεγάλο αριθμό χρηστών σε ολόκληρο τον πλανήτη και τα οποία έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας κι ανάλυσης τόσο διανυσματικών όσο και ψηφιδωτών δεδομένων, γεγονός το οποίο τα καθιστά εξαιρετικά χρήσιμα και λειτουργικά. Οι αμέσως επόμενες παράγραφοι της Διπλωματικής εργασίας αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο τα δύο αυτά λογισμικά δημιουργούν, αποθηκεύουν κι επεξεργάζονται τα διανυσματικά δεδομένα, ενώ για τους σκοπούς της εργασίας τα δύο λογισμικά αντιμετωπίζονται ως ένας ενιαίος συνδυασμός λογισμικού, καθώς ένα μεγάλο μέρος των λειτουργιών του λογισμικού GRASS είναι διαθέσιμο μέσα από το περιβάλλον εργασίας του QUANTUM.

### Format αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

Τα QUANTUM και GRASS έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης, διαχείριση κι επεξεργασίας μιας μεγάλης γκάμας διανυσματικών δεδομένων, όπως ήδη αναφέρθηκε. Το γεγονός ότι πρόκειται για δύο διαφορετικά όμως λογισμικά, προκαλεί ορισμένες φόρες σύγχυση στους χρήστες τους, καθώς η κύρια μορφή των διανυσματικών δεδομένων του λογισμικού GRASS δεν είναι άμεσα διαχειρίσιμη (για επεξεργασία) από το QUANTUM\_GIS. Έτσι στην παράγραφο αυτή εξετάζεται κάθε λογισμικό χωριστά, σε σχέση με τα δεδομένα τα οποία μπορεί να διαχειρίζεται, ξεκινώντας από το QUANTUM\_GIS

- **QUANTUM\_GIS:** Σύμφωνα με το user manual του, το λογισμικό QUANTUM\_GIS «είναι σε θέση να εκτελέσει μια σειρά από εργασίες επεξεργασίας σε διανυσματικά δεδομένα τα οποία είναι μέρος της βιβλιοθήκης διανυσματικών δεδομένων OGR» (qgis1.7.0 user guide\_en.pdf, 2012), η οποία με τη σειρά της είναι κομμάτι της βιβλιοθήκης GDAL. Έτσι το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να διαβάσει, να οπτικοποιήσει και να εξάγει μια μεγάλη πληθώρα αρχείων, ενώ παράλληλα μπορεί να διενεργήσει χωρικά ερωτήματα σε δεδομένα αποθηκευμένα σε Συστήματα Βάσεων Δεδομένων όπως η PostgreSQL/PostGIS και η SpatialLite. Η δυνατότητα χρήσης του εργαλείου DATABASE MANAGER πολλαπλασιάζει τη λειτουργικότητα του λογισμικού σε σχέση με τα παραπάνω DBMS, καθώς δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργεί νέους πίνακες, στις συγκριμένες βάσεις, τους οποίους οπτικοποιεί σαν LAYERS στο περιβάλλον εργασίας του QUANTUM, ενώ κάτι τέτοιο προϋποθέτει τη σύνδεση με την αντίστοιχη βάση.

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή δεδομένων όμως, και στην περίπτωση του λογισμικού αυτού, είναι το γνωστό shapefile το οποίο έχει ήδη περιγραφεί λεπτομερώς, ενώ το λογισμικό QUANTUM\_GIS παρέχει περά από τις δυνατότητες ψηφιοποίησης, μεταβολής κι αποθήκευσης και τη δυνατότητα δημιουργίας αρχείων αυτής της δομής. Έτσι το συγκεκριμένο λογισμικό κάνει πλήρη χρήση της δομής του shapefile, σε τέτοιο βαθμό που η επεξεργασία ενός shapefile με το QUANTUM\_GIS δεν διαφέρει σημαντικά από την επεξεργασία του με το ARCGIS 9.3. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το QUANTUM\_GIS δεν επεξεργάζεται GEODATABASES, μπορεί όμως να τις εισάγει, δημιουργώντας σύνδεση (CONNECT) με μια Personal Geodatabase στο περιβάλλον εργασίας του.

- **GRASS:** Το λογισμικό GRASS χρησιμοποιεί ένα δικό του μοντέλο διανυσματικών δεδομένων το οποίο ενσωματώνει τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών οντοτήτων. Με βάση το συγκεκριμένο μοντέλο ένα επίπεδο πληροφορίας, το οποίο ονομάζεται διανυσματικός χάρτης (vector map), μπορεί να περιέχει γραμμές, σημεία και πολύγωνα. Τα πολύγωνα όμως, αντίθετα με ότι ισχύει στα shapefiles, δεν είναι ολοκληρωμένες οντότητες, αλλά αποτελούνται από οριογραμμές (boundaries) και περιέχουν το κεντροειδές κάθε πολυγώνου. Επίσης, ο κάθε διανυσματικός χάρτης μπορεί να περιέχει δεδομένα όλων των μορφών (γραμμικά, σημειακά, πολυγωνικά), όποτε το κάθε επίπεδο (layer) είναι στην πραγματικότητα όχι ο διανυσματικός χάρτης, αλλά ένα “layer” εντός του διανυσματικού χάρτη. Τέλος τα χαρακτηριστικά (attributes) αποθηκεύονται στο αρχείο GRASS LOCATION ( το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο), ενώ το κάθε FEATURE περιέχει στον πίνακα χαρακτηριστικών μια τιμή στο πεδίο CATEGORY, το οποίο είναι το αντίστοιχο του ID για το shapefile του ARCGIS 9.3. Σε γενικές γραμμές η συγκεκριμένη δομή διανυσματικών δεδομένων θυμίζει τα coverages του ARCINFO, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση εκείνη κάθε coverage περιείχε συνήθως μια μορφή (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) δεδομένων. Παράλληλα βεβαία το λογισμικό GRASS μπορεί να διαβάσει και να εξάγει δεδομένα σε διάφορες μορφές οι οποίες υποστηρίζονται από τη βιβλιοθήκη OGR ακριβώς όπως και το QUANTUM\_GIS.



## Συμβατότητα με άλλες μορφές διανυσματικών δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο και τα δύο λογισμικά είναι συμβατά με μια μεγάλη γκάμα διανυσματικών δεδομένων, τα οποία μπορούν να εισαχθούν (διαβασθούν) στο περιβάλλον εργασίας και να οπτικοποιηθούν. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να υποστούν κάποια «οπτική» επεξεργασία, όπως η αλλαγή χρωμάτων και συμβόλων και η ετικετοποίηση (labeling), στην συντριπτική τους όμως πλειοψηφία δεν μπορούν να υποστούν απευθείας ψηφιοποίηση. Παράλληλα, και τα δύο λογισμικά μπορούν να εξάγουν διανυσματικά δεδομένα σε διάφορες μορφές, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του εργαλείου DATABASE MANAGER, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία πινάκων σε βάσεις δεδομένων PostGIS και Spatialite, μέσα από το QUANTUM\_GIS.

Γενικά, τα διανυσματικά δεδομένα, προς τα οποία τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS προσφέρουν συμβατότητα, περιέχονται στην ελεύθερη βιβλιοθήκη διανυσματικών δεδομένων OGR, η οποία αποτελεί τμήμα της βιβλιοθήκης GDAL. Παράλληλα, όμως παρέχεται και η δυνατότητα οπτικοποίησης δεδομένων MSSQL SpatialLayers, καθώς και δεδομένων από απόμακρυσμένους WMS και WFS SERVERS. Η εκταση των λειτουργιών τις οποίες μπορούν να εκτελέσουν τα λογισμικά σε όλα τα παραπάνω δεδομένα ποικίλει ανάλογα με το λογισμικό (QUANTUM ή GRASS) και τον τύπο των δεδομένων, ενώ η περαιτέρω μελέτη της συμβατότητας των λογισμικών με το κάθε είδος δεδομένων ξεφεύγει από το σκοπο της συγκεκριμένης εργασίας. Το σύνολο των διανυσματικών δεδομένων τα οποία αποτελούν τμήματα της βιβλιοθήκης OGR, αλλά και το εργαλείο DATABASE MANAGER απεικονίζονται στα σχήματα της επομένης σελίδας.

## OGR Vector Formats

Format Name	Code	Creation	Georeferencing	Compiled by default
<a href="#">Aeronav FA files</a>	AeronavFAA	No	Yes	Yes
<a href="#">ESRI ArcObjects</a>	ArcObjects	No	Yes	No, needs ESRI ArcObjects
<a href="#">Arc/Info Binary Coverage</a>	AVCBin	No	Yes	Yes
<a href="#">Arc/Info E00 (ASCII) Coverage</a>	AVCE00	No	Yes	Yes
<a href="#">Arc/Info Generate</a>	ARCGEN	No	No	Yes
<a href="#">Atlas BNA</a>	BNA	Yes	No	Yes
<a href="#">AutoCAD DWG</a>	DWG	No	No	No
<a href="#">AutoCAD DXF</a>	DXF	Yes	No	Yes
<a href="#">Comma Separated Value (.csv)</a>	CSV	Yes	No	Yes
<a href="#">CouchDB / GeoCouch</a>	CouchDB	Yes	Yes	No, needs libcurl
<a href="#">DODS/OPeNDAP</a>	DODS	No	Yes	No, needs libdap
<a href="#">EDIGEO</a>	EDIGEO	No	Yes	Yes
<a href="#">ElasticSearch</a>	ElasticSearch	Yes (write-only)	-	No, needs libcurl
<a href="#">ESRI FileGDB</a>	FileGDB	Yes	Yes	No, needs FileGDB API library
<a href="#">ESRI Personal GeoDatabase</a>	PGeo	No	Yes	No, needs ODBC library
<a href="#">ESRI ArcSDE</a>	SDE	No	Yes	No, needs ESRI SDE
<a href="#">ESRI Shapefile</a>	ESRI Shapefile	Yes	Yes	Yes
<a href="#">FMEObjects Gateway</a>	FMEObjects Gateway	No	Yes	No, needs FME
<a href="#">GeoJSON</a>	GeoJSON	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Geoconcept Export</a>	Geoconcept	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Geomedia .mdb</a>	Geomedia	No	No	No, needs ODBC library

Εικόνα 19 Πίνακας αρχείων της βιβλιοθήκης OGR

1([http://www.gdal.org/ogr/ogr\\_formats.html](http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html))

<a href="#">GeoRSS</a>	GeoRSS	Yes	Yes	Yes (read support needs libexpat)
<a href="#">Google Fusion Tables</a>	GFT	Yes	Yes	No, needs libcurl
<a href="#">GML</a>	GML	Yes	Yes	Yes (read support needs Xerces or libexpat)
<a href="#">GMT</a>	GMT	Yes	Yes	Yes
<a href="#">GPSBabel</a>	GPSBabel	Yes	Yes	Yes (needs GPSBabel and GPX driver)
<a href="#">GPX</a>	GPX	Yes	Yes	Yes (read support needs libexpat)
<a href="#">GRASS</a>	GRASS	No	Yes	No, needs libgrass
<a href="#">GPSTrackMaker (.gtm, .gtz)</a>	GPSTrackMaker	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Hydrographic Transfer Format</a>	HTF	No	Yes	Yes
<a href="#">Idrisi Vector (.VCT)</a>	Idrisi	No	Yes	Yes
<a href="#">Informix DataBlade</a>	IDB	Yes	Yes	No, needs Informix DataBlade
<a href="#">INTERLIS</a>	"Interlis 1" and "Interlis 2"	Yes	Yes	No, needs Xerces (INTERLIS model reading needs ili2c.jar)
<a href="#">INGRES</a>	INGRES	Yes	No	No, needs INGRESS
<a href="#">KML</a>	KML	Yes	Yes	Yes (read support needs libexpat)
<a href="#">LIBKML</a>	LIBKML	Yes	Yes	No, needs libkml
<a href="#">Mapinfo File</a>	MapInfo File	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Microstation DGN</a>	DGN	Yes	No	Yes
<a href="#">Access MDB (PGeo and Geomedia capable)</a>	MDB	No	Yes	No, needs JDK/JRE
<a href="#">Memory</a>	Memory	Yes	Yes	Yes
<a href="#">MySQL</a>	MySQL	No	Yes	No, needs MySQL library
<a href="#">NAS - ALKIS</a>	NAS	No	Yes	No, needs Xerces

Εικόνα 20 Πίνακας αρχείων της βιβλιοθήκης OGR

2([http://www.gdal.org/ogr/ogr\\_formats.html](http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html))

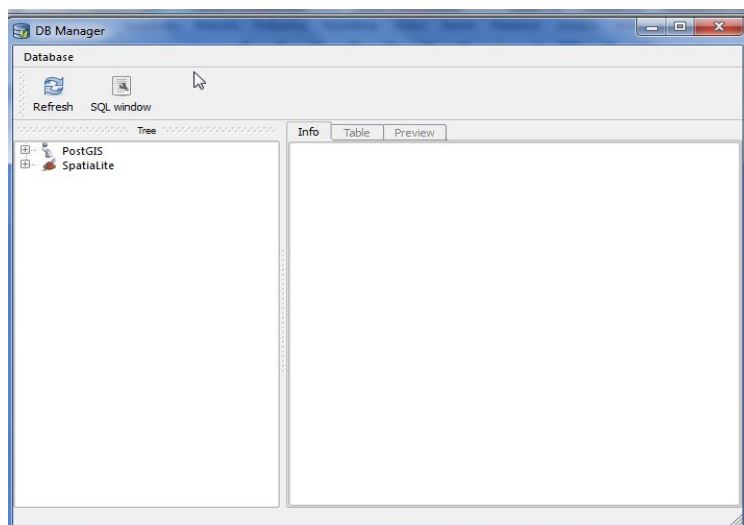


<a href="#">Oracle Spatial</a>	OCI	Yes	Yes	No, needs OCI library
<a href="#">ODBC</a>	ODBC	No	Yes	No, needs ODBC library
<a href="#">MS SQL Spatial</a>	MSSQLSpatial	Yes	Yes	No, needs ODBC library
<a href="#">Open Document Spreadsheet</a>	ODS	Yes	No	No, needs libexpat
<a href="#">OGDI Vectors (VPF, VMAP, DCW)</a>	OGDI	No	Yes	No, needs OGDI library
<a href="#">OpenAir</a>	OpenAir	No	Yes	Yes
<a href="#">OpenStreetMap XML and PBF</a>	OSM	No	Yes	No, needs libsqlite3 (and libexpat for OSM XML)
PCI Geomatics Database File	PCIDSK	No	No	Yes, using internal PCIDSK SDK (from GDAL 1.7.0)
<a href="#">Geospatial PDF</a>	PDF	Yes	Yes	Yes (read supports need libpoppler or libpodofo support)
<a href="#">PDS</a>	PDS	No	Yes	Yes
<a href="#">PGDump</a>	PostgreSQL SQL dump	Yes	Yes	Yes
<a href="#">PostgreSQL/PostGIS</a>	PostgreSQL/PostGIS	Yes	Yes	No, needs PostgreSQL client library (libpq)
EPIInfo .REC	REC	No	No	Yes
<a href="#">S-57 (ENC)</a>	S57	No	Yes	Yes
<a href="#">SDTS</a>	SDTS	No	Yes	Yes
<a href="#">SEG-P1 / UKOOA P1/90</a>	SEGUOOA	No	Yes	Yes
<a href="#">SEG-Y</a>	SEGY	No	No	Yes
<a href="#">Norwegian SOSI Standard</a>	SOSI	No	Yes	No, needs FYBA library
<a href="#">SQLite/Spatialite</a>	SQLite	Yes	Yes	No, needs libsqlite3 or libspatialite
<a href="#">SUA</a>	SUA	No	Yes	Yes
<a href="#">SVG</a>	SVG	No	Yes	No, needs libexpat
<a href="#">UK .NTF</a>	UK .NTF	No	Yes	Yes
<a href="#">U.S. Census TIGER/Line</a>	TIGER	No	Yes	Yes
<a href="#">VFK data</a>	VFK	No	Yes	Yes

Εικόνα 21 Πίνακας αρχείων της βιβλιοθήκης OGR 3([http://www.gdal.org/ogr/ogr\\_formats.html](http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html))

<a href="#">VRT - Virtual Datasource</a>	VRT	No	Yes	Yes
<a href="#">OGC WFS (Web Feature Service)</a>	WFS	Yes	Yes	No, needs libcurl
<a href="#">MS Excel format</a>	XLS	No	No	No, needs libfreexl
<a href="#">MS Office Open XML spreadsheet</a>	XLSX	Yes	No	No, needs libexpat
<a href="#">X-Plane/Flighgear aeronautical data</a>	XPLANE	No	Yes	Yes

Εικόνα 22 Πίνακας αρχείων της βιβλιοθήκης OGR 4([http://www.gdal.org/ogr/ogr\\_formats.html](http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html))



Εικόνα 23 Το εργαλείο διαχείριση Βάσεων Δεδομένων DB Manager

## Τοπολογία στα QUANTUM\_GIS/GRASS

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, το λογισμικό QUANTUM\_GIS διαχειρίζεται κυρίως shapefiles τα οποία δεν περιέχουν τοπολογία, ενώ παράλληλα το ίδιο το λογισμικό δεν προσφέρει δυνατότητα δημιουργίας κι επεξεργασίας τοπολογίας. Η μονή δυνατότητα τοπολογικού έλεγχου η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει στο QUANTUM\_GIS, αφορά τη δυνατότητα TOPOLOGICAL EDITING η οποία ενεργοποιείται μέσα από το snapping environment του λογισμικού και η οποία επιτρέπει την αναγνώριση του ορίου ενός πολυγώνου, ως κοινό όριο μεταξύ αυτού και των γειτονικών του. Έτσι αποφεύγεται η δημιουργία επικαλυπτομένων πολυγώνων, ενώ διευκολύνεται η ψηφιοποίηση πολυγώνων με γειτονικά όρια. Η λειτουργία αυτή εκμεταλλεύεται το μοντέλο δομής του SHAPEFILE και δεν αποτελεί στην πραγματικότητα τοπολογία.

Αντίθετα το μοντέλο δεδομένων του GRASS υιοθετεί κι ενσωματώνει τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των χωρικών οντοτήτων, ενώ το ίδιο το λογισμικό παρέχει εργαλεία (εντολές) δημιουργίας κι ενημέρωσης τοπολογίας (v.build, v.clean). Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο το συγκεκριμένο λογισμικό ομαδοποιεί τα διανυσματικά δεδομένα σε διανυσματικούς χάρτες και στη συνέχεια κτίζει (κι ενημερώνει) την τοπολογία για κάθε διανυσματικό χάρτη (vector map). Κάθε τέτοιος χάρτης μπορεί να περιέχει πολλά είδη δεδομένων (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) ενώ η τοπολογία περιλαμβάνει το σύνολο αυτών των χαρακτηριστικών. Το γεγονός ότι η τοπολογία περιλαμβάνει διαφορετικά features, θυμίζει τις γεωβάσεις, όμως το συγκεκριμένο μοντέλο δεν είναι αντικείμενο-σχεσιακό και ο τρόπος δημιουργίας της τοπολογίας μέσω των εντολών v.build, v.clean, θυμίζει με τη σειρά του το ARCINFO. Στην πραγματικότητα βεβαία πρόκειται για μια εντελώς διαφορετική δομή η οποία δεν έχει σχέση ούτε με τα coverages, ούτε με τις γεωβάσεις.

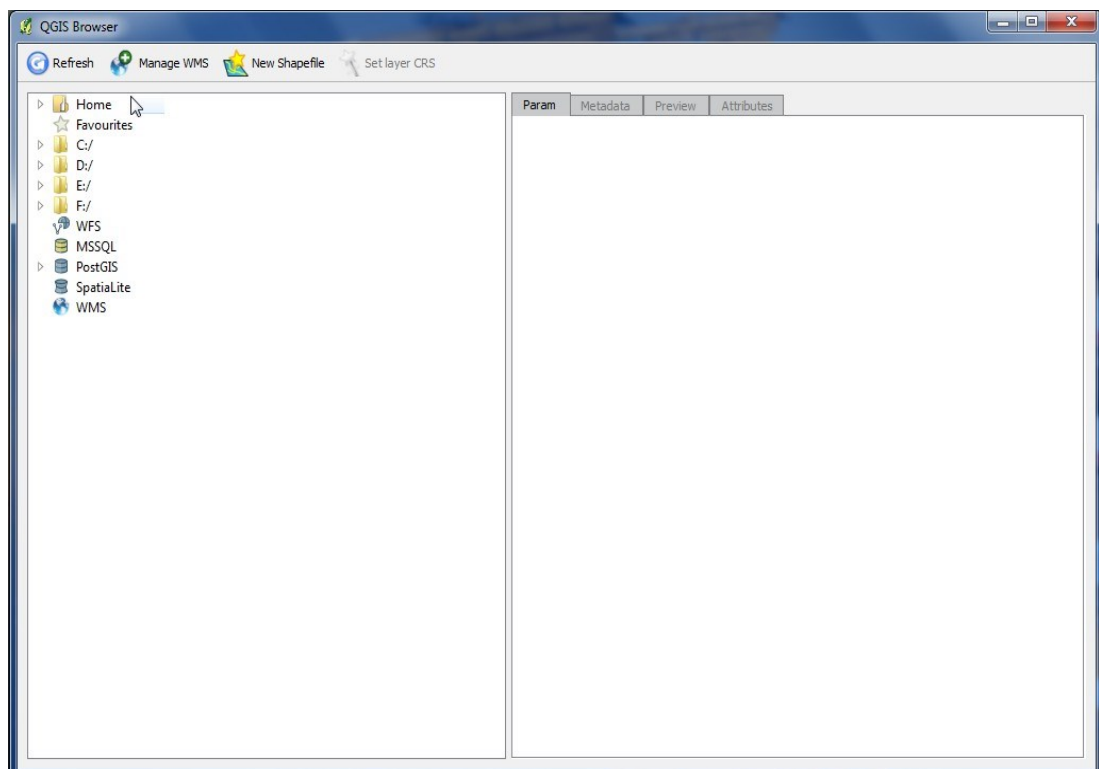
Το σημαντικό είναι ότι η ύπαρξη τοπολογίας στο λογισμικό GRASS επιτρέπει τη διατήρηση και την ενημέρωση των τοπολογικών σχέσεων μεταξύ των δεδομένων, κάτι το οποίο είναι απαραίτητο για την εξασφάλιση της πιστότητας των δεδομένων (data integrity). Παράλληλα η ύπαρξη της τοπολογίας, εξασφαλίζει και για τα δεδομένα τα οποία ψηφιοποιούνται με το λογισμικό GRASS, όλα τα οφέλη της ύπαρξης τοπολογίας τα οποία περιγράφηκαν στην παράγραφο 4.1.1.3 σχετικά με την τοπολογία στο ARCGIS 9.3. Στην επόμενη παράγραφο περιγράφεται ο τρόπος δημιουργίας κι επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων μέσα από το περιβάλλον του συνδυασμού λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS.

## Δημιουργία κι επεξεργασία διανυσματικών δεδομένων με τη χρήση των λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS.

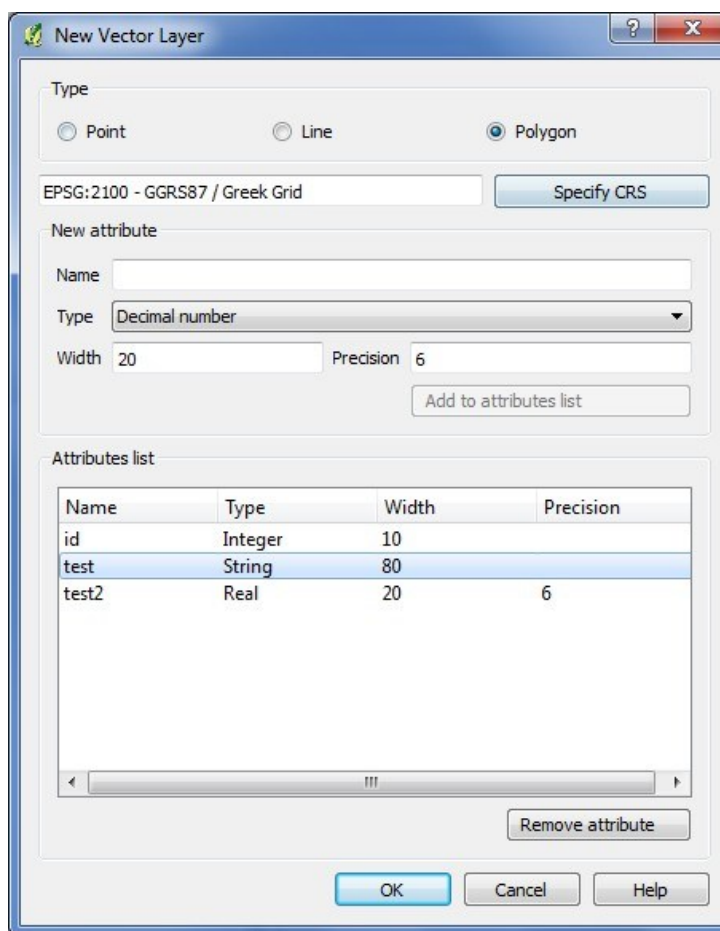
Τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS έχουν πολύ μεγάλες δυνατότητες δημιουργίας κι επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων, όπως αναφέρθηκε άλλωστε στις αμέσως προηγούμενες παραγράφους. Οι δυνατότητες αυτές θα αναλυθούν σύντομα στην παράγραφο αυτή, όπου θα γίνει μια προσπάθεια περιγραφής του τρόπου δημιουργίας κι επεξεργασίας αυτών των δεδομένων με τη χρήση των εν λόγω προγραμμάτων. Τα διανυσματικά δεδομένα, η δημιουργία κι επεξεργασία των οποίων θα περιγραφεί, είναι της μορφής shapefile για το λογισμικό QUANTUM και της native vector data form του GRASS για το λογισμικό GRASS.

- **QUANTUM\_GIS:** Η δημιουργία ενός νέου SHAPEFILE στο περιβάλλον του QUANTUM\_GIS γίνεται με δύο τρόπους, σχεδόν όπως και με τη χρήση του ARCGIS 9.3. Έτσι είναι δυνατή η χρήση της εντολής CREATE NEW SHAPEFILE από το περιβάλλον εργασίας του QUANTUM\_GIS, ενώ η ίδια ακριβώς εντολή μπορεί να δοθεί μέσα από το περιβάλλον του QUANTUM\_GIS\_BROWSER, ο οποίος αποτελεί την αντιστοιχεί εφαρμογή με τον ARCCATALOG για το QUANTUM\_GIS. Σε κάθε περίπτωση βεβαία οι δυνατότητες του QUANTUM\_GIS\_BROWSER είναι ελάχιστες σε σχέση με τις αντίστοιχες του ARCCATALOG, γεγονός το οποίο οφείλεται στο ότι πρόκειται μάλλον για σχετικά νέα εφαρμογή (έκδοση 1.8.0). Ανεξάρτητα του τρόπου ενεργοποίησης της εντολής CREATE NEW SHAPEFILE, το αποτέλεσμα της είναι η εμφάνιση του παρακάτω TAB το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ονοματίσει το νέο SHAPEFILE, να επιλέξει το σύστημα αναφοράς και να προσθέσει τα πεδία τα οποία θα παραλάβουν την περιγραφική πληροφορία.

Αυτό το οποίο αξίζει να σημειωθεί είναι ότι παρέχονται μόνο τρεις τύποι πεδίων (whole number, decimal number, text), με τον τύπο whole number να είναι ακέραιος αριθμός, το decimal number να είναι μορφής double, και το text να είναι στην ουσία string. Στην περίπτωση του decimal number το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει την ακρίβεια (precision), πληκτρολογώντας την επιθυμητή τιμή.














Εικόνα 24 Η μορφή του εργαλείου QGIS BROWSER










Εικόνα 25 Η μορφή του εργαλείου δημιουργίας νέου SHAPEFILE.

Η επεξεργασία του αρχείου το οποίο δημιουργείται γίνεται εντός του περιβάλλοντος εργασίας του QGIS, με τη χρήση της γραμμής εργαλείων επεξεργασίας (layer editing toolbar) και της advanced editing toolbar, καθώς και της εργαλειοθήκης CAD TOOLS. Τα εργαλεία συγκεκριμένων TOOLBARS απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα:

Icon	Purpose	Icon	Purpose
	Toggle editing		Adding Features: Capture Point
	Adding Features: Capture Line		Adding Features: Capture Polygon
	Move Feature		Node Tool
	Delete Selected		Cut Features
	Copy Features		Paste Features
	Save edits and continue		

Εικόνα 26 Τα εργαλεία της επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων (qgis user manual)

Icon	Purpose	Icon	Purpose
	Undo		Redo
	Simplify Feature		Add Ring
	Add Part		Delete Ring
	Delete Part		Reshape Features
	Split Features		Merge Selected Features
	Merge Attributes of Selected Features		Rotate Point Symbols



Εικόνα 27 Τα εργαλεία της εξειδικευμένης (advanced) επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων, και της εργαλειοθήκης CAD TOOLS. (qgis user manual)

Όσον αφορά τους πίνακες των περιγραφικών δεδομένων, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα οπτικοποίησης των εγγραφών, καθώς και μια σειρά από λειτουργίες επεξεργασίας των εγγραφών αυτών. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την προηγούμενη επιλογή των αντιστοίχων features (με τη χρήση διαφόρων εργαλείων επιλογής), ενώ



διευκολύνεται από τη χρήση του εργαλείου field calculator το οποίο επιτρέπει το μαζικό υπολογισμό της τιμής ενός πεδίου. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με το ARCGIS 9.3, ο συγκεκριμένος field calculator επιτρέπει τη δημιουργία νέου πεδίου (κάτι που δεν κάνει ο αντίστοιχος του ARCGIS 9.3), ενώ ενεργοποιείται μόνο αν υπάρχουν επιλεγμένα features και αν το shapefile είναι ενεργό (editable). Η μορφή τόσο του εργαλείου οπτικοποίησης των περιγραφικών πινάκων όσο και του field calculator, απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.

	ESVE_ID	PREF_ID	MUNICIP_KAP	POP_2001	BIRT_2000	DEAT_2000	BIRT_2001	DEAT_2001	BIRT_2002	DEAT_2002	BIRT_2003
0	98650000	98	AFIDNE	2543	15	16	19	27	27	17	2
1	99020000	98	AGIA BARBARA	30562	297	259	301	191	287	198	29
2	99030000	99	AGIA PARASKE...	56836	642	374	646	410	624	407	68
3	99050000	99	AGIOI ANARGY...	32957	360	331	362	291	370	294	37
4	99040000	99	AGIOS DHMHTR...	65173	768	390	779	436	770	437	88
5	96020000	96	AGIOS IOANNIL...	15060	144	129	131	134	100	107	15
6	98610000	98	AGIOS KYNSTA...	687	3	5	2	4	0	5	
7	98020000	98	AGIOS STEFANOS	9451	70	54	69	41	88	37	8
8	96610000	96	AGIOSTRI	920	9	5	2	10	3	18	
9	98050000	98	AHARNE	75341	852	489	974	430	950	482	96
10	99070000	99	ALIMOS	38047	432	217	404	232	393	238	37
11	96040000	96	AMPELAKIA	7060	17	75	14	81	15	75	2
12	98620000	98	ANAVYSSOS	7189	45	39	39	28	55	37	5
13	98640000	98	ANDI	5397	40	32	60	25	37	24	4
14	97020000	97	ANO LIOSIA	26423	345	170	350	170	376	175	42
15	98630000	98	ANTHOYSA	3024	17	8	21	16	10	10	1
16	96620000	96	ANTIKYTHIRA	44	0	1	2	1	2	2	
17	99090000	99	ARGYROVOLI	33158	378	219	363	223	378	260	37
18	98030000	98	ARTEMIDA(LOY...	17391	126	119	154	116	181	97	16
19	97030000	97	ASPROPYRGOS	24741	347	206	383	227	447	221	40
20	99010000	99	ATHENS	745514	6959	8744	6665	8315	6617	8098	687
21	98040000	98	AYLONAS	5184	42	38	39	42	42	33	4
22	99450000	99	CYHIKO	10901	127	92	98	80	91	64	10
23	99140000	99	DAFNI	23674	227	310	247	223	219	262	26
24	98680000	98	DIONYSOS	4987	32	23	57	28	53	28	5
25	96050000	96	DRAPETSONA	12844	105	139	99	144	109	177	12
26	98690000	98	DROSIA	5865	48	40	68	33	59	32	7
27	99060000	99	EGALEO	74046	720	785	711	603	711	635	70
28	96030000	96	EGINA	13552	84	146	108	130	104	128	11

Εικόνα 28 Η μορφή του εργαλείου οπτικοποίησης περιγραφικών δεδομένων

Αριθμομηχανή πεδίων

☐ Μόνο ενημέρωση των επιλεγμένων στοιχείων

☒ Δημιουργία νέου πεδίου

Όνομα Πεδίου Εξόδου:

Τύπος Πεδίου Εξόδου:

Πλάτος Πεδίου Εξόδου:  Ακρίβεια:

Function List: Αναζήτηση

- Φορείς
- Math
- Conversions
- String
- Γεωμετρία
- Record
- Fields and Values

Selected Function Help:

Φορείς:

Expression:

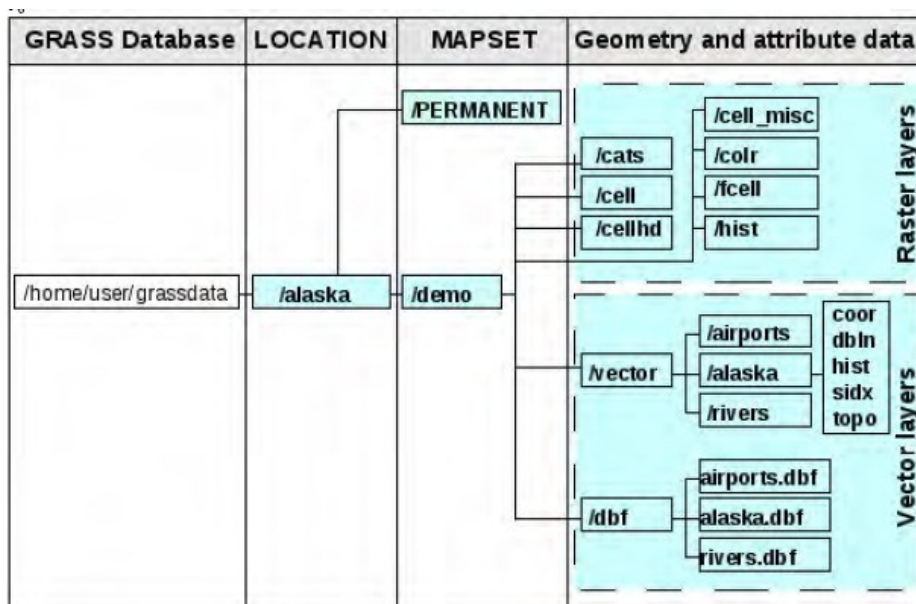
Output preview:

OK Cancel Help

Εικόνα 29 Η μορφή του field calculator του QGIS

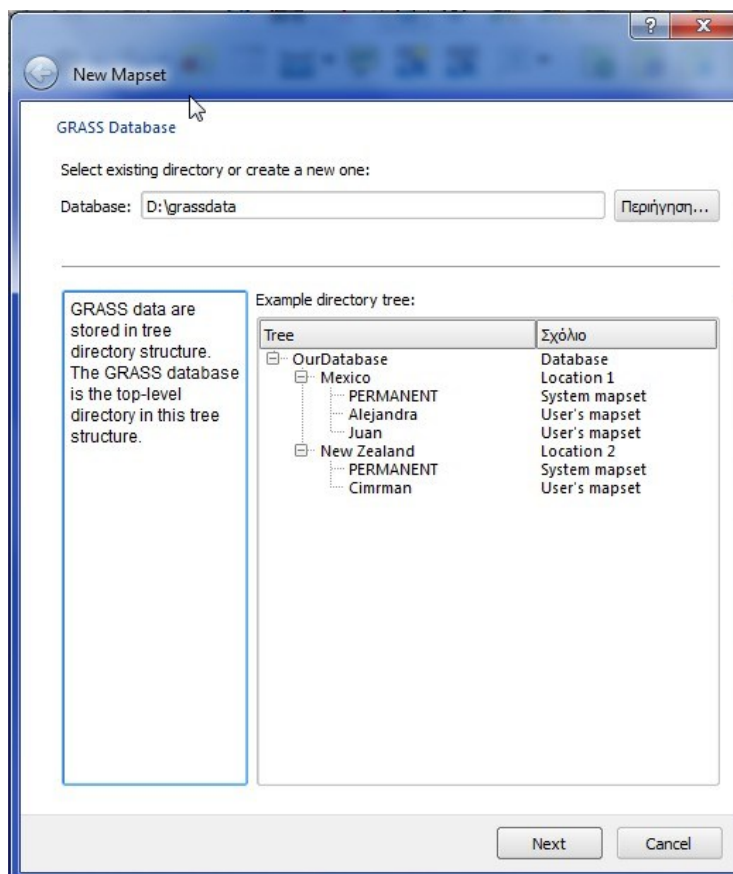
Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν αποτελεί σκοπο της εργασίας η πλήρης κι αναλυτική περιγραφή των διαδικασιών ψηφιοποίησης ή επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού QUANTUM\_GIS. Αντίθετα ο στόχος είναι να καταδειχτούν οι γενικότερες δυνατότητες του λογισμικού στο συγκεκριμένο τομέα, όποτε δεν απαιτείται περαιτέρω εμβάθυνση στο αντικείμενο της ψηφιοποίησης κι επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων.

- **GRASS:** Η δημιουργία κι επεξεργασία διανυσματικών δεδομένων στο περιβάλλον του λογισμικού GRASS, είναι πιο πολύπλοκη σε σχέση με τα QUANTUM και ARCGIS. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της δομής των διανυσματικών δεδομένων του GRASS αλλά και του τρόπου με τον οποίο το συγκεκριμένο λογισμικό αποθηκεύει τα δεδομένα γενικότερα. Το συγκεκριμένο λογισμικό αποθηκεύει τα δεδομένα σε ένα directory το οποίο ονομάζεται GRASSDATA, και στο οποίο τα δεδομένα οργανώνονται σε PROJECTS τα οποία είναι αποθηκευμένα σε subdirectories τα οποία ονομάζονται LOCATIONS. Το κάθε LOCATION περιέχει έναν αριθμό MAPSETS στα οποία ομαδοποιούνται κι αποθηκεύονται τα διανυσματικά (κι όχι μόνο) δεδομένα. Επομένως πριν δημιουργηθεί ένα διανυσματικό αρχείο στο GRASS, πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί ένα αντίστοιχο LOCATION και στη συνέχεια ένα MAPSET, μέσα στα οποία θα αποθηκευθούν τα δεδομένα. Η δομή αποθήκευσης των δεδομένων στο αρχείο GRASS φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



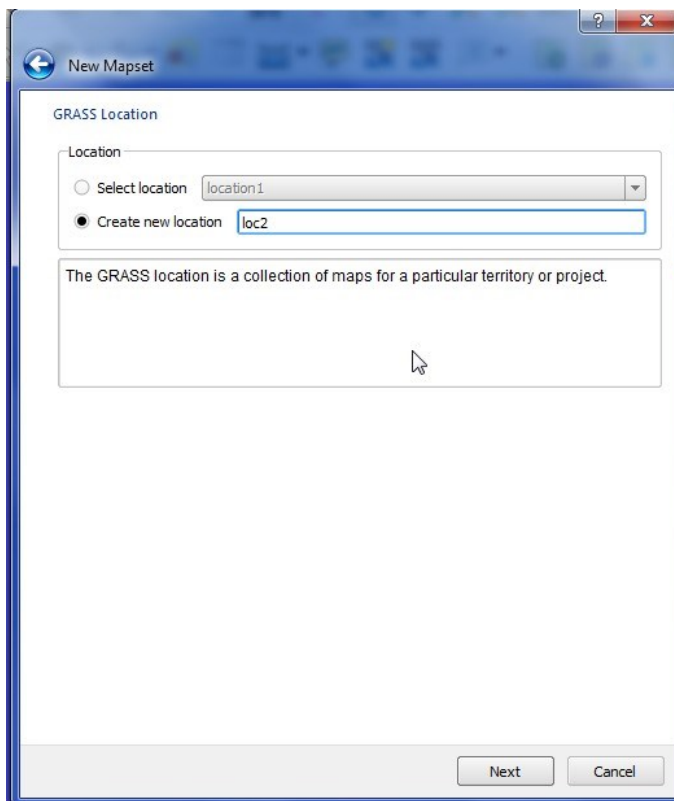
Εικόνα 30 Η δομή αποθήκευσης διανυσματικού αρχείου στο GRASS (QGIS USER MANUAL)

Επομένως ο χρήστης πρέπει αρχικά να δημιουργήσει σε κάποιον χώρο του υπολογιστή του ένα directory το οποίο θα ονομάσει grassdata. Στη συνέχεια κάνοντας χρήση της εντολής GRASS→NEW MAPSET, θα ακολουθησει τα βήματα του WIZARD, ο οποίος θα εμφανισθεί με τη χρήση του οποίου θα δημιουργήσει ένα νέο LOCATION (αν δεν υπάρχει ήδη). Με τη χρήση του ίδιου WIZARD ο χρήστης θα επιλέξει το σύστημα αναφοράς για το LOCATION καθώς και την εκταση του (region). Η επιλογή του region αντιστοιχεί στο EXTENT της περιοχής που καλύπτει το LOCATION. Στη συνέχεια επιλέγει το όνομα του καινούργιου MAPSET το οποίο θα χρησιμοποιήσει για την αποθήκευση των δεδομένων του. Αν ο χρήστης θελήσει να δημιουργήσει και δεύτερο MAPSET στο ίδιο LOCATION, απλά επαναλαμβάνει τη διαδικασία επιλέγοντας τη χρήση ενός υπάρχοντος LOCATION αντί για τη δημιουργία νέου, στον WIZARD. Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται στα επόμενα σχήματα:

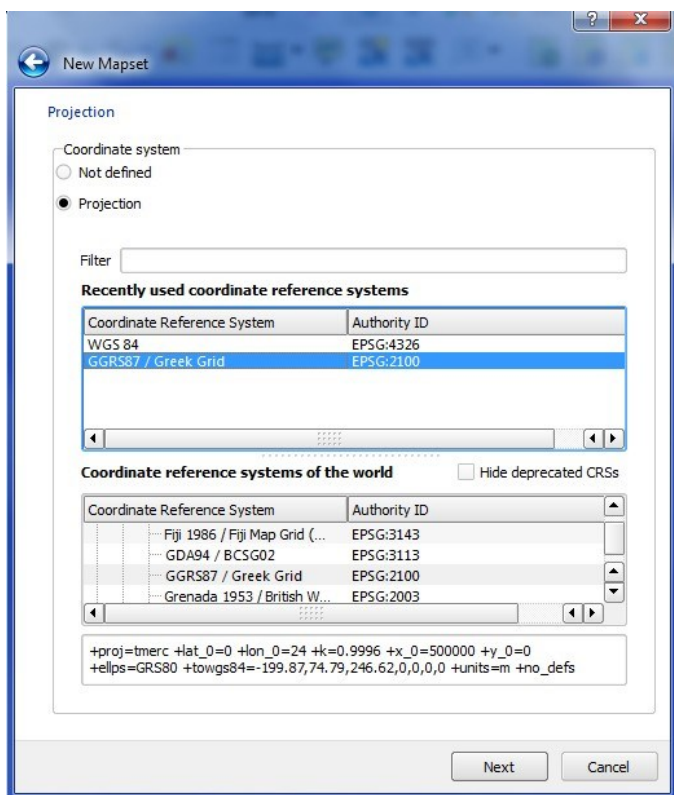


Εικόνα 31 Δημιουργία νέου MAPSET (ΒΗΜΑ 1)

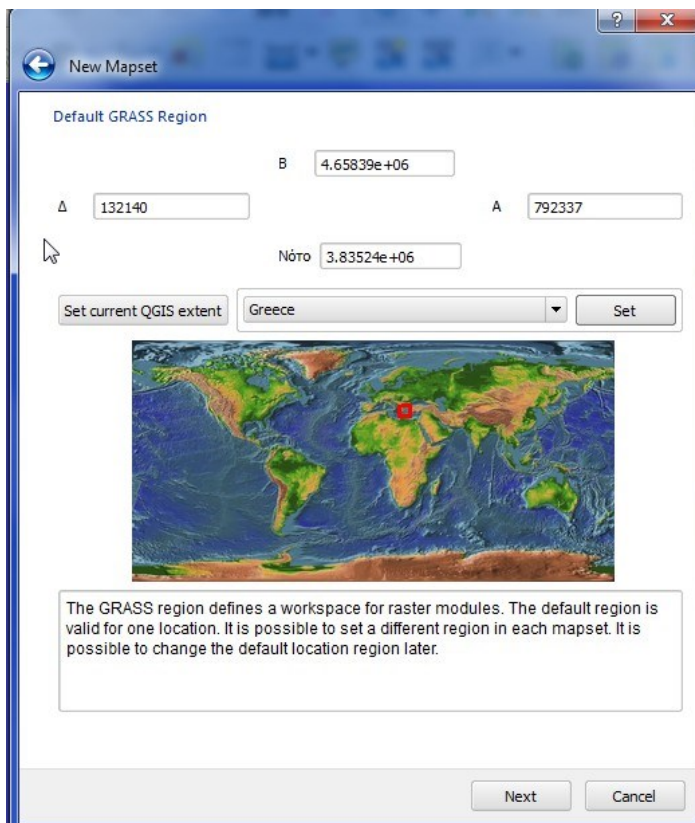




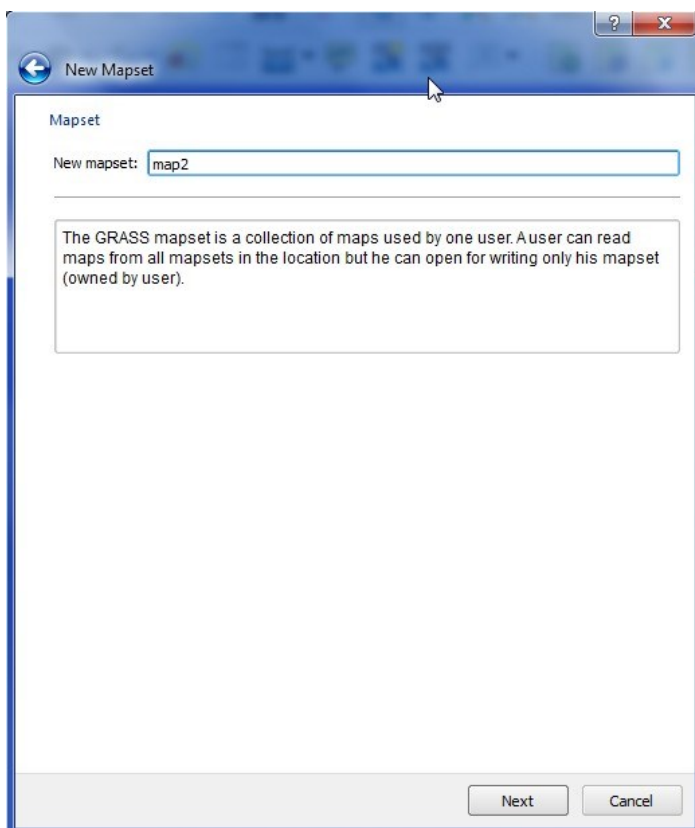
Εικόνα 32 Δημιουργία νέου MAPSET (ΒΗΜΑ 2)



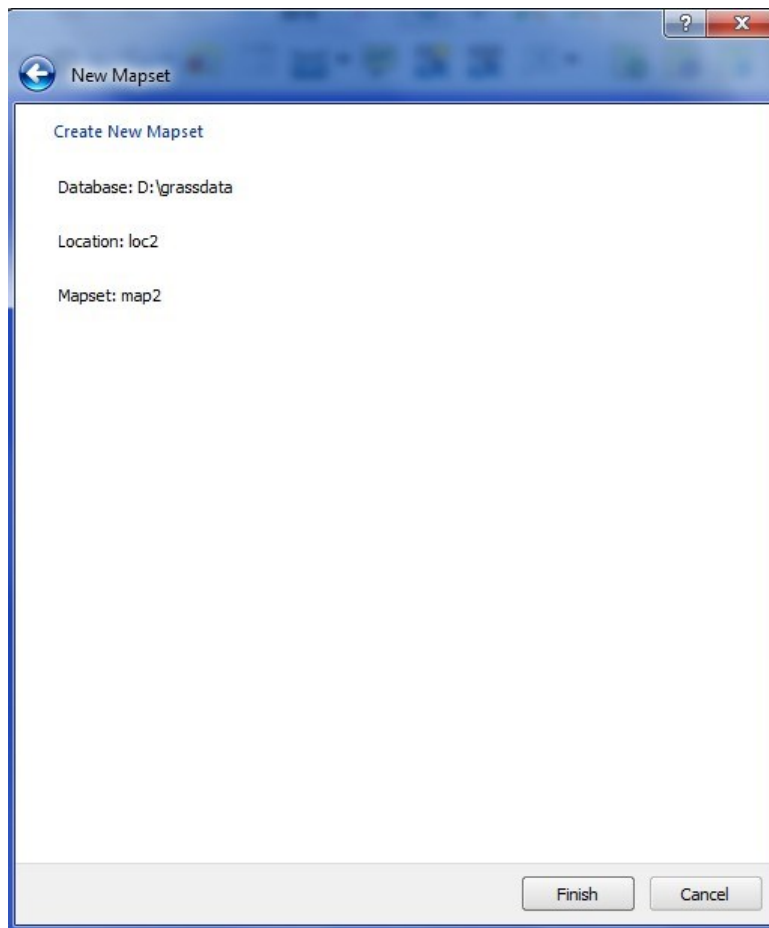
Εικόνα 33 Δημιουργία νέου MAPSET (ΒΗΜΑ 3)



Εικόνα 34 Δημιουργία νέου MAPSET (ΒΗΜΑ 4)

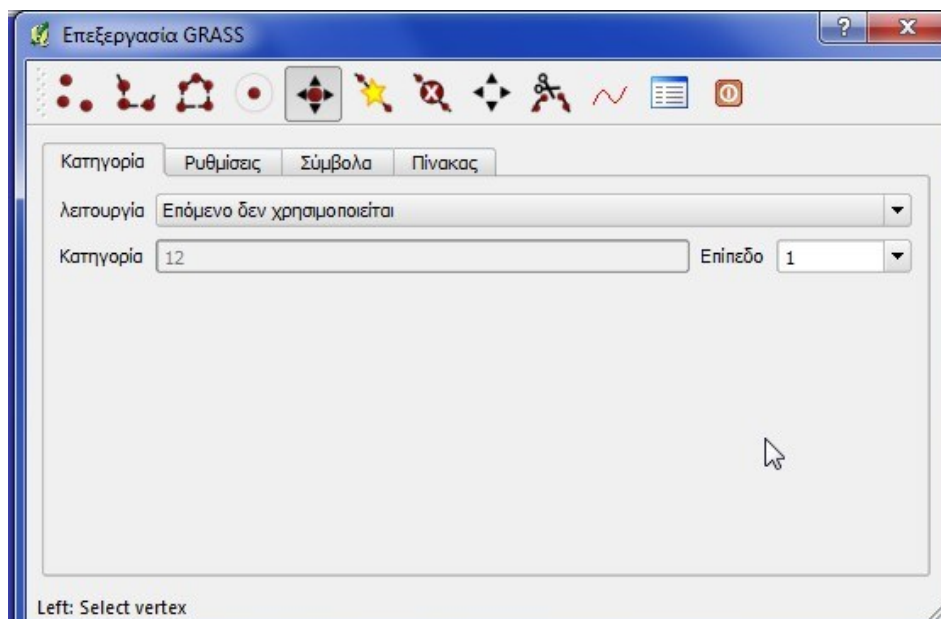


Εικόνα 35 Δημιουργία νέου MAPSET (ΒΗΜΑ 5)



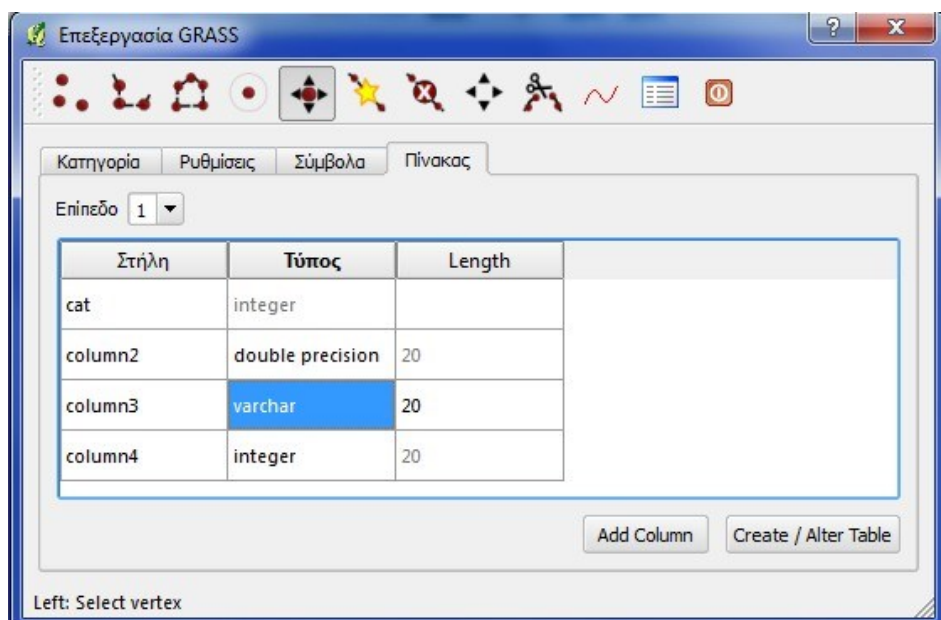
*Εικόνα 36 Δημιουργία νέου MAPSET (BHMA 6)*

Μετά την δημιουργία του MAPSET, μπορεί να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση με τη χρήση της εντολής CREATE NEW GRASS VECTOR, η οποία ενεργοποιεί ένα παράθυρο στο οποίο ζητείται να ονοματισθεί το νέο διανυσματικό LAYER. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της δημιουργίας του νέου LAYER, δεν θα ζητηθεί η επιλογή συστήματος αναφοράς. Αυτό συμβαίνει γιατί ο χρήστης έχει επιλέξει ήδη σύστημα αναφοράς όταν δημιουργούσε το LOCATION, γεγονός που σημαίνει ότι σε κάθε LOCATION αποθηκεύονται δεδομένα (ανεξάρτητα μορφής) ΜΕ ΕΝΑ ΜΟΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ. Μετά την επιλογή του ονόματος του νέου LAYER, εμφανίζεται η παρακάτω εργαλειοθήκη η οποία επιτρέπει όλες τις λειτουργίες ψηφιοποίησης, επεξεργασίας και προσθήκης περιγραφικών δεδομένων για το συγκεκριμένο LAYER.



Εικόνα 37 Η εργαλειοθήκη ψηφιοποίησης του GRASS.(qgis user manual)

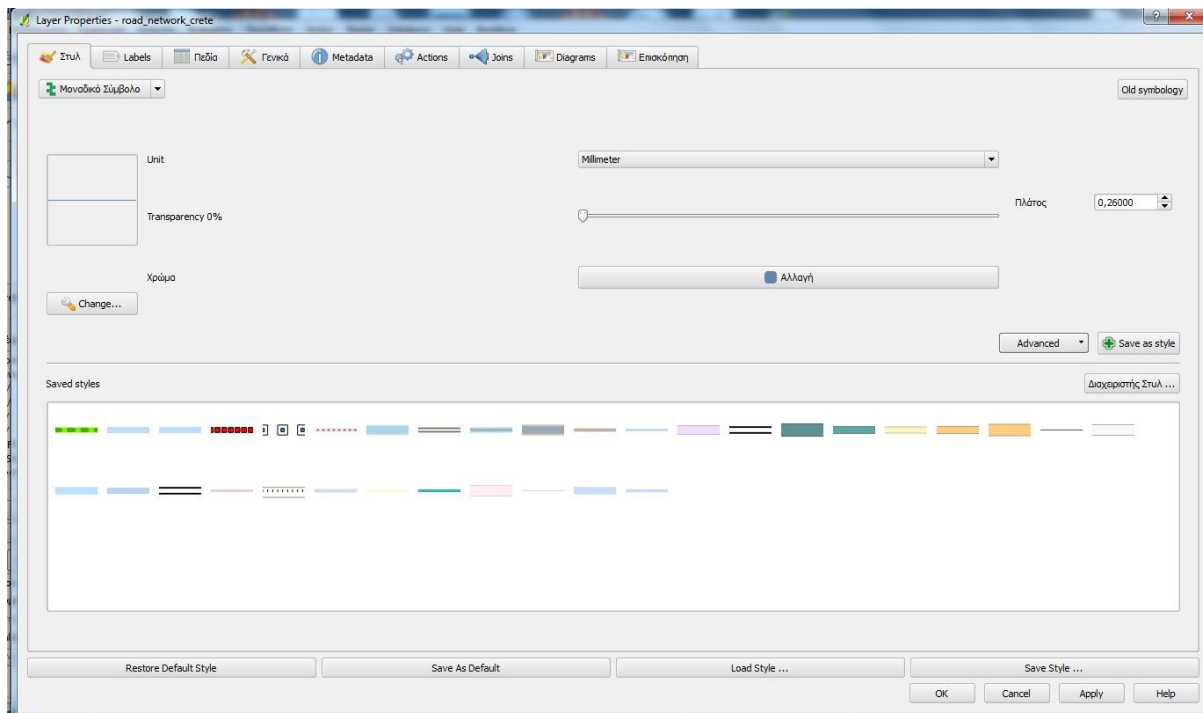
Η παραπάνω εργαλειοθήκη περά από τα εργαλεία ψηφιοποίησης και επεξεργασίας (editing), παρέχει και τα εργαλεία ορισμού των πεδίων του πίνακα περιγραφικής πληροφορίας του LAYER. Στον πίνακα αυτόν μπορούν να προστεθούν νέες έγγραφες και νέα πεδία, τα οποία έχουν μορφή integer, double precision ή varchar, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 38 Η δυνατότητα προσθήκης δεδομένων στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών (qgis user manual)

Το λογισμικό παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να ψηφιοποιεί νέες οντότητες, ή να επεξεργάζεται ήδη υπάρχουσες και να επεμβαίνει στους πίνακες περιγραφικών χαρακτηριστικών τους. Στην περίπτωση των GRASS TOOLS δεν υπάρχει field calculator, αλλά η δυνατότητα μαζικής επεξεργασίας των στηλών του πίνακα ενός feature δίνεται από το εργαλείο v.db.update. Αντίθετα το λογισμικό GRASS παρέχει το εργαλείο ATTRIBUTE TABLE MANAGER, το οποίο δύναται να λειτουργήσει ως field calculator, το οποίο όμως δεν θα αναλυθεί περαιτέρω καθώς δεν ανήκει στο περιβάλλον των GRASS TOOLS. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι ο σκοπός της εργασίας δεν είναι να λειτουργήσει ως user manual του συγκεκριμένου λογισμικού, επομένως δεν κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω εμβάθυνση στο αντικείμενο της επεξεργασίας διανυσματικών δεδομένων με τη χρήση του GRASS. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση του GRASS γίνεται μέσα από το περιβάλλον εργασίας του QUANTUM\_GIS, καθώς ο στόχος της εργασίας είναι η συγκριτική μελέτη του ARCGIS με το συνδυαστικό πακέτο λογισμικών QUANTUM/GRASS.

Η οπτικοποίηση των διανυσματικών δεδομένων μέσα από το συνδυασμό λογισμικών QUANTUM/GRASS γίνεται με τη χρήση των εργαλείων του QUANTUM, καθώς υπερτερεί το συγκεκριμένο λογισμικό, έναντι του GRASS. Και στην περίπτωση του λογισμικού QUANTUM υπάρχει το εργαλείο LAYER PROPERTIES, το οποίο παρέχει δυνατότητες συμβολισμού των δεδομένων με βάση τις τιμές των χαρακτηριστικών τους ή με τη χρήση ενιαίου συμβόλου, καθώς και με τη χρήση κανόνων. Οι κανόνες αποτελούν στην ουσία κανόνες ταξινόμησης των δεδομένων σε κλάσεις, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα διαβαθμισμένης απεικόνισης με βάση τις τιμές ενός πεδίου. Το λογισμικό GRASS έχει το δικό του περιβάλλον οπτικοποίησης και τα δικά του εργαλεία συμβολισμού των δεδομένων. Η παρούσα εργασία όμως αφορά το συνδυασμό των δύο λογισμικών, γεγονός το οποίο συνδυαζόμενο με την ανωτερότητα του QUANTUM στον τομέα της οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων, καθιστά περιττή την αναφοράς στο αντίστοιχο περιβάλλον και στις λειτουργίες του GRASS. Το εργαλείο LAYER PROPERTIES του QUANTUM\_GIS απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 39 Η χρήση του εργαλείου *LAYER PROPERTIES* για διανυσματικά δεδομένα με το *QGIS*.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφοράς στην αποθήκευση, επεξεργασία και δημιουργία διανυσματικών δεδομένων μέσα από τα λογισμικά τα οποία μελετώνται. Η ανάπτυξη των δυνατοτήτων των λογισμικών αυτών στο συγκεκριμένο τομέα υπήρξε αρκετά σύντομη κι επιγραμματική, καθώς υπόκειται στους περιορισμούς οι οποίοι ισχύουν για κάθε Διπλωματική Εργασία. Στο επόμενο υποκεφάλαιο ακολουθεί ανάλογη ανάλυση για τη συμπεριφορά των λογισμικών σε σχέση με τη διαχείριση και αποθήκευση ψηφιδωτών δεδομένων

## 2. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### ARCGIS 9.3 και Ψηφιδωτά Δεδομένα

Το λογισμικό πακέτο ARCGIS παρέχει δυνατότητες αποθήκευσης κι επεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων, τα οποία μπορούν να εισαχθούν (διαβαστούν) στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού, να οπτικοποιηθούν με διάφορους τρόπους, να εξαχθούν με διαφορετική μορφή, να γεωαναφερθούν (εφόσον δεν είναι ήδη γεωαναφερμένα) και να αποθηκευθούν με τη χρήση του εν λόγω λογισμικού. Κάποια από τα δεδομένα αυτά

παρέχουν δυνατότητες μόνο διαβάσματος από το λογισμικό (read-only), ενώ κάποιες άλλες μορφές υποστηρίζουν και την δυνατότητα εγγραφής τους (read/write). Τέλος ορισμένες μορφές ψηφιδωτών δεδομένων, όπως τα GRIDS μπορούν να αποθηκευθούν εντός μιας geodatabase είτε ατομικά, είτε ως raster catalogs. Στη συνέχεια περιγράφονται ο τρόπος αποθήκευσης των ψηφιδωτών δεδομένων, η οπτικοποίηση τους καθώς και οι δυνατότητες επεξεργασίας τους μέσα από το λογισμικό ARCGIS.

### **Αποθήκευση Ψηφιδωτών Δεδομένων**

Το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχει δυνατότητα αποθήκευσης κι οργάνωσης ψηφιδωτών δεδομένων με τρεις βασικούς τρόπους, οι οποίοι περιλαμβάνουν τη μορφή των σετ δεδομένων raster (raster datasets), την μορφή καταλόγων raster και την αποθήκευση raster με τη μορφή χαρακτηριστικών (attributes) μιας χωρικής οντότητας (feature). Στην πρώτη περίπτωση τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε μια ή περισσότερες μπάντες (διάταξη εικονοστοιχείων καθένα από τα οποία έχει μια τιμή), ενώ αν πρόκειται για περισσότερα από ένα datasets, δημιουργείται ένα μωσαϊκό (mosaic) το οποίο στην ουσία αποτελεί ένα ευρύτερο, συνεχές, raster dataset. Τα κελιά του μωσαϊκού στις επικαλυπτόμενες περιοχές των raster dataset έχουν μια μόνο τιμή, η οποία προκύπτει μέσα από τη διαδικασία του mosaicking με τη χρήση ειδικών αλγορίθμων. (ARCGIS 9.3 HELP)

Ο δεύτερος τρόπος αφορά τη συλλογή των raster datasets σε πινακοποιημένη μορφή (raster catalogs), όπου κάθε εγγραφή αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο raster dataset, και χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση μεγάλου αριθμού γειτονικών ή επικαλυπτόμενων raster datasets χωρίς τη δημιουργία μωσαϊκού. Κάθε αρχείο raster μπορεί να έχει το δικό του σύστημα αναφοράς το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαναπροβολή και των υπολοίπων on-the-fly. Είναι εμφανές ότι ο δεύτερος τρόπος αφορά ετερογενή δεδομένα τα οποία ομαδοποιούνται έτσι ώστε να διευκολύνεται η οπτικοποίησή τους, ενώ αντίθετα η χρήση raster datasets αφορά ομογενοποιημένα δεδομένα με ενιαίο σύστημα αναφοράς. Τέλος, ο τρίτος τρόπος αφορά την οργάνωση κι αποθήκευση ψηφιδωτών δεδομένων ως attributes διανυσματικών feature classes σε μια geodatabase. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αποθήκευση μιας φωτογραφίας σαν τιμή ενός πεδίου στον attribute table ενός σημειακού feature class (φωτογραφίες των στάσεων λεωφορείου στο αντίστοιχο σημειακό feature class). (ARCGIS 9.3 HELP)

Φυσικά η αποθήκευση των ψηφιδωτών δεδομένων μπορεί να γίνει είτε σε κάποιο χώρο του σκληρού δίσκου, είτε σε μια γεωβάση (personal, file, SDE) χωρίς να παίζει ρόλο το αν πρόκειται για μεμονωμένα rasters, raster datasets, ή raster catalogs.

### Οπτικοποίηση Ψηφιδωτών Δεδομένων

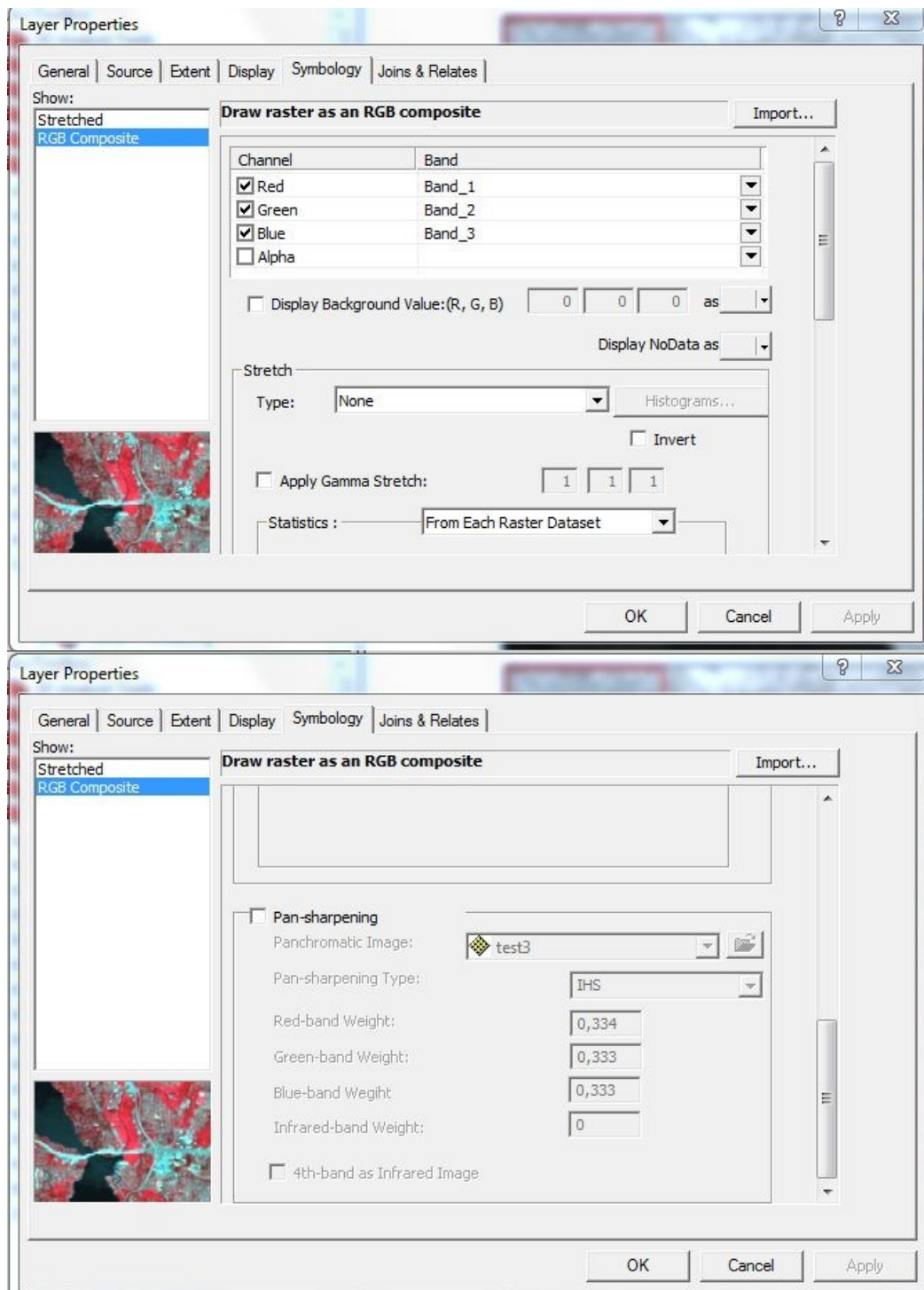
Η οπτικοποίηση των ψηφιδωτών δεδομένων μέσα από το ARCGIS γίνεται συνήθως με τέσσερις τεχνικές, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

- Stretched: Η συγκεκριμένη τεχνική οπτικοποιεί τις τιμές των κελιών με βάση μια σταδιακά μεταβαλλόμενη χρωματική κλίμακα, ενώ συνήθως χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση πολυφασματικών δεδομένων (μια μπάντα).
- RGB COMPOSITE: Χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση πολυφασματικών δεδομένων με τη χρήση τριών φασματικών καναλιών (κόκκινο, πράσινο, μπλε)
- Classified: Χρησιμοποιείται με πολυφασματικά δεδομένα, κυρίως θεματικών raster, στα οποία οι τιμές των κελιών ομαδοποιούνται και κάθε ομάδα κελιών αποδίδεται με συγκεκριμένη χρωματική διαβάθμιση. Υπάρχουν μια σειρά εργαλείων βάσει των οποίων γίνεται η ομαδοποίηση αυτή, η ανάλυση των οποίων δεν αφορά το συγκεκριμένο υποκεφάλαιο.
- Unique Values: Το κάθε εικονοστοιχείο του αρχείου απεικονίζεται με βάση την τιμή του, επομένως η τεχνική αυτή είναι η πιο κατάλληλη για την οπτικοποίηση διακριτών δεδομένων (discrete data) όπως η χρήσεις γης, ή η απεικόνιση ασπρόμαυρων τοπογραφικών σχεδίων.

Η επιλογή της τεχνικής απεικόνισης η οποία θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά επιλέγεται με τη χρήση του εργαλείου LAYER PROPERTIES, το οποίο δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να απεικονίσει τα δεδομένα του με διάφορους τρόπους, και να βελτιώσει την ποιότητα τους. Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα PANSHARPENING, η οποία επιτρέπει το συνδυασμό παγχρωματικών δεδομένων (υψηλής διακριτικής ικανότητας) με πολυφασματικά δεδομένα έτσι ώστε να βελτιωθεί η γεωμετρική ανάλυση των πολυφασματικών δεδομένων. Η δε παραπάνω δυνατότητα παρέχεται και με τη χρήση του εργαλείου CREATE PANSHARPENED RASTER μέσα από το περιβάλλον ανάλυσης του λογισμικού, ενώ το λογισμικό διαθέτει τρεις κατάλληλους αλγόριθμους (HIS, BROVEY και ESRI PANSHARPENING TRANSFORMATION).



Παράλληλα το λογισμικό, με τη χρήση διαφόρων εργαλείων, παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού του επιπέδου διαφάνειας (transparency level) και της δημιουργίας ιστογράμματος για το ψηφιδωτό αρχείο, ενώ είναι δυνατή η επέμβαση στα χαρακτηριστικά της εικόνας μέσω της επέμβασης στο παραπάνω ιστόγραμμα. Το εργαλείο LAYER PROPERTIES και οι δυνατότητες του απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 40 Το εργαλείο LAYER PROPERTIES και η χρήση του με ψηφιδωτά δεδομένα

### Επεξεργασία και Διαχείριση Ψηφιδωτών Δεδομένων – FORMAT δεδομένων

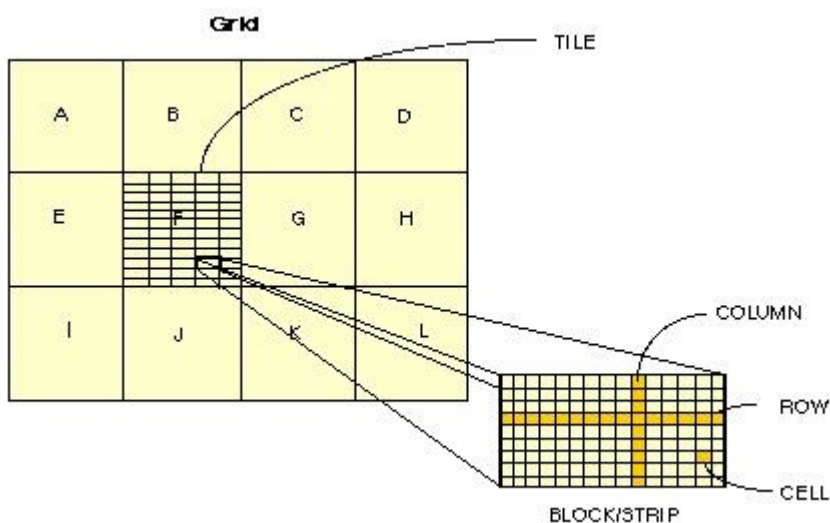
Το λογισμικό ARCGIS 9.3 παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης ψηφιδωτών δεδομένων με τη χρήση διαφόρων εργαλείων. Στη συγκεκριμένη παράγραφο δεν θα γίνει αναφορά σε εξειδικευμένες λειτουργίες ανάλυσης κι επεξεργασίας, αντίθετα θα αναλυθούν οι βασικές κατηγορίες ενεργειών τις οποίες μπορεί να εκτελέσει το λογισμικό σε σχέση με τα ψηφιδωτά δεδομένα. Έτσι αρχικά το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί:

- να γεωαναφέρει ψηφιδωτά αρχεία,
- να μετασχηματίζει ψηφιδωτά αρχεία σε άλλες μορφές,
- να ομαδοποιήσει ή να συνενώσει ψηφιδωτά αρχεία σε raster datasets ή raster catalogs
- να επαναταξινομήσει ή να μεταβάλλει τις τιμές των κελιών των ψηφιδωτών αρχείων.
- να επεξεργαστεί αρχεία, κάνοντας editing, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι παρέχεται η δυνατότητα απόσβεσης κελιών (ARCSCAN)
- να μεταβάλλει το μέγεθος των κελιών (resampling).
- Το λογισμικό διαθέτει τρεις αλγορίθμους (HIS, BROVEY και ESRI PANSARPENING TRANSFORMATION) για την συγχώνευση πολυφασματικών και παγχρωματικών δεδομένων
- να μετατρέψει τα ψηφιδωτά σε διανυσματικά δεδομένα κι αντίστροφα

Οι παραπάνω διαδικασίες λαμβάνουν χώρα με τη χρήση μιας ευρύτατης γκάμας εργαλείων επεξεργασίας, η εκτενής παρουσία των οποίων ξεφεύγει από τα όρια της εργασίας, καθώς οι εν λόγω εργασίες αποτελούν πεδίο εξειδικευμένης ανάλυσης. Αυτό το οποίο αξίζει να σημειωθεί είναι ότι το συγκεκριμένο λογισμικό εξαντλεί τις δυνατότητες διαχείρισης κι επεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη μορφή δεδομένων ESRI GRID. Η συγκεκριμένη μορφή δημιουργήθηκε από την ESRI κι αφορά ψηφιδωτά αρχεία τετραγωνικών pixels τα οποία βρίσκονται διατεταγμένα σε ένα σύστημα αναφοράς. Τα εικονοστοιχεία αυτά συνοδεύονται από έναν πίνακα τιμών .VAT (Value Attribute Table), ο οποίος περιέχει τις τιμές των πεδίων και πιο συγκεκριμένα του πεδίου VALUE, το οποίο περιέχει την τιμή του κάθε εικονοστοιχείου, ανάλογα με μια βασική

ιδιότητα του αρχείου. Τα αρχεία GRID έχουν δύο μορφές, τη μορφή integer η οποία περιλαμβάνει πίνακα VAT με ακέραιες τιμές στο πεδίο VALUE, και τη μορφή floating point η οποία δεν περιλαμβάνει πίνακα VAT καθώς οι τιμές των εικονοστοιχείων δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται εντός ενός πεδίου τιμών.

Γενικά τα grids μπορεί να είναι πολύ σύνθετες δομές καθώς κάθε grid αποτελείται από μια σειρά tiles τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από μια σειρά αρχείων ψηφιδωτών δεδομένων αποτελούμενων από εικονοψηφίδες. Το παρακάτω σχήμα εξηγεί παραστατικά τη συγκεκριμένη δομή.



Εικόνα 41 Η δομή του grid (ARCGIS 9.3 HELP)

Όσον αφορά την εσωτερική τους δομή, ένα grid είναι στη ουσία ένας φάκελος αρχείων τα οποία περιέχουν διάφορα είδη πληροφορίας. Έτσι ένα grid περιέχει τα παρακάτω αρχεία:

- BND TABLE: Ο πίνακας ο οποίος περιέχει το όριο (boundary box) του αρχείου, τα δεδομένα του οποίου (συντεταγμένες της κάτω αριστερά και της επάνω δεξιά γωνίας, των αντιστοίχων εικονοστοιχείων), είναι μορφής double precision και χρησιμοποιούν το σύστημα αναφοράς του grid.
- HDR FILE: Αρχείο δυαδικής μορφής, το οποίο περιέχει το είδος του grid, το μέγεθος εικονοστοιχείου καθώς κι άλλες περιγραφικές πληροφορίες.
- STA TABLE: Πίνακας ο οποίος περιέχει στατιστικές πληροφορίες (μεγίστη τιμή ελαχίστη τιμή, μέση τιμή, τυπική απόκλιση) για το grid.

- VAT TABLE: Ο πίνακας τιμών του grid, εφόσον το αρχείο είναι μορφής integer. Περιέχει τουλάχιστον δύο πεδία τα COUNT και VALUE, τα οποία περιέχουν τις τιμές των εικονοστοιχείων και το πλήθος των εικονοστοιχείων κάθε τιμής.
- TILE FILES: Τα αρχεία αυτά περιέχουν δεδομένα καθώς και τον δείκτη για το πρώτο ή βασικό tile ενός GRID.
- LOG FILE: Το αρχείο περιέχει πληροφορίες για τις αλλαγές που έχει υποστεί ένα grid μέσω των εντολών RENAME και COPY.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι τα GRIDS μπορούν να στοιβαχθούν το ένα επάνω στο άλλο (με κοινό σύστημα αναφοράς και ίδιο μέγεθος εικονοστοιχείου) δημιουργώντας έτσι μια στοίβα (GRID STACK), η οποία διευκολύνει εργασίες ανάλυσης. Όσον αφορά τις υπόλοιπες μορφές δεδομένων οι οποίες είναι δυνατό να εισαχθούν στο λογισμικό ARCGIS, αυτές απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα σε συνδυασμό με τις εργασίες ανάγνωσης και εγγραφής οι οποίες επιτρέπονται.

Format	Description	Extensions	Read/Wri
ARC Digitized Raster Graphics (ADRG)	Distributed on CD-ROM by the <a href="#">National Geospatial-Intelligence Agency</a> (NGA). ADRG is geographically referenced using the equal arc-second raster chart/map (ARC) system in which the globe is divided into 18 latitudinal bands or zones. The data consists of raster images and other graphics generated by scanning source documents.	Multiple files Data file—extension *.img or *.ovr Legend file—extension *.lgg	Read-only
ArcSDE raster	Raster data stored within an ArcSDE database.	Stored in SDE database	Read and write
ASCII Grid	The ArcInfo ASCII Grid format is an ArcInfo Grid exchange file.	Single file—extension *.asc	Read-only
Band interleaved by line (BIL), band interleaved by pixel (BIP), band sequential (BSQ)	This format provides a method for reading and displaying decompressed, BIL, BIP, and BSQ image data. By creating an ASCII description file that describes the layout of the image data, black-and-white, grayscale, pseudo color, and multiband image data can be displayed without translation into a proprietary format.	Multiple files Data file—extension *.bil, *.bip, or *.bsq Header file—extension *.hdr Color map file—extension *.clr Statistics file—extension *.stx	Read-only (Write—developer only)
Bitmap (BMP), device-independent bitmap (DIB) format, or Microsoft Windows bitmap	BMP files are Windows bitmap images. They are usually used to store pictures or clip art that can be moved between different applications on Windows platforms.	Single file—extension *.bmp World file—extension *.bpw	Read and write
BSB	This is a compressed raster format used in the distribution of raster nautical charts by <a href="#">MapTech</a> and <a href="#">NOAA</a> .	Multiple files—extensions *.bsb, *.cap, and *.kap	Read-only
Compressed ARC Digitized Raster Graphics (CADRG)	Distributed on CD-ROM by NGA. CADRG is geographically referenced using the ARC system in which the globe is divided into 18 latitudinal bands, or zones. The data consists of raster images and other graphics generated by scanning source documents. CADRG achieves a nominal compression ratio of 55:1.	Single file—no standard file extension Choose to search all files or add your file extensions to ArcCatalog.	Read-only
Controlled Image Base (CIB)	Panchromatic (grayscale) images that have been georeferenced and corrected for distortion due to topographic relief distributed by NGA. Thus, they are similar to digital orthophoto quads and have similar applications, such as serving as a base or backdrop for other data or as a simple map.	Single file—no standard file extension Choose to search all files or add your file extensions to ArcCatalog.	Read-only
Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST) Arc Standard Raster Product (ASRP), UTM/UPS Standard Raster Product (USRP)	DIGEST datasets are digital replicas of graphic products designed for seamless worldwide coverage. ASRP data is transformed into the ARC system and divides the earth's surface into latitudinal zones. USRP data is referenced to UTM or UPS coordinate systems. Both are based on the WGS 1984 datum.	Multiple files Main raster image—extension *.img General information file—extension *.gen Georeference file—extension *.ger Source file—extension *.sou Quality file—extension *.qal Transmission header file—extension *.thf	Read-only

Εικόνα 42 Πίνακας συμβατών αρχείων RASTER με το λογισμικό ARCGIS-1 (ARCGIS 9.3 HELP)



Digital Terrain Elevation Data (DTED) Level 0, 1, and 2	A simple, regularly spaced grid of elevation points, based on 1 degree latitude and longitude extents. Created by NSA.	Single file—various file extensions *.dt0, *.dt1, *.dt2 All possible file extensions are available by default (*.dt0, *.dt1, *.dt2).	Read-only
Enhanced Compressed Wavelet (ECW)	<a href="#">ER Mapper's</a> ECW format is able to compress extremely large images at high compression ratios while still providing fast data access and high visual quality.	Single file—extension *.ecw	Read-only
ENVI Header Format	When <a href="#">ENVI</a> works with a raster dataset it create a header file containing the information the software requires. This header file can be created for multiple raster file formats.	Header file—extension *.hdr Multiple data files—extension *.raw, *.img, *.dat, *.bsq, etc.	Read-only (Write—developer only)
ER Mapper	A proprietary raster format from ER Mapper. Produced using the ER Mapper image processing software.	Multiple files Header file—extension *.ers Data file—usually same as header file without the *.ers extension but could be any and is defined in the header file.	Read-only
ERDAS 7.5 GIS	Single-band thematic images produced by ERDAS 7.5 image processing software.	Multiple files Data file—extension *.GIS Color map file—extension *.trl	Read-only
ERDAS 7.5 LAN	Single- or multiband continuous images produced by the ERDAS 7.5 image processing software.	Single file—extension *.lan	Read-only
ERDAS IMAGINE	Produced using IMAGINE image processing software created by ERDAS. IMAGINE files can store both continuous and discrete, single-band and multiband data.	Single file—extension *.img If image is bigger than 2 GB—extension *.ige World file—extension *.igw	Read and write
ERDAS RAW	Provides a method for reading and displaying files that are not otherwise supported by another format but are formatted in such a way that the arrangement of the data can be described by a relatively small number of parameters. By creating an ASCII file that describes the layout of the raster data, it can be displayed without translation in a proprietary format. The format is defined in the ERDAS IMAGINE software.	Single file—extension *.raw	Read-only
<a href="#">ESRI Grid</a>	A proprietary ESRI format that supports 32-bit integer and 32-bit floating-point raster grids. Grids are useful for representing geographic phenomena that vary continuously over space and for performing spatial modeling and analysis of flows, trends, and surfaces such as hydrology.	Directory color map file—extension *.clr	Read and write
<a href="#">ESRI Grid stack</a>	Used to reference multiple ESRI Grids as a multiband raster dataset. A stack is stored in a directory structure similar to a grid or coverage.	Directory	Read and write

Εικόνα 43 Πίνακας συμβατών αρχείων RASTER με το λογισμικό ARCGIS-2 (ARCGIS 9.3 HELP)

ESRI Grid stack file	Used to reference multiple ESRI Grids as a multiband raster dataset. A stack file is a simple text file that stores the path and name of each ESRI Grid contained within it on a separate line.	Single file—possible file extension *.stk	Read and write
Graphic Interchange Format (GIF)	A proprietary image format that is highly compressed and requires an LZW license from Unisys. Allows high-quality, high-resolution graphics to be displayed on a variety of graphics hardware and is intended as an exchange and display mechanism for graphic images.	Single file—extension *.gif World file—extension *.gfw	Read and write
Hierarchical Data Format (HDF) 4	A self-defining file format used for storing arrays of multidimensional data.	Single file—extension *.hdf	Read-only (Write—developer only)
IDRISI Raster Format (RST)	File format native to <a href="#">IDRISI</a> .	Multiple files Raw image—extension *.rst Descriptor—extension *.rdc Color map—extension *.smp Georeference file—extension *.ref	Read-only (Write—developer only)
Intergraph raster files: CIT—Binary data; COT—Grayscale data	Intergraph's proprietary format for 16-bit imagery (CIT) and unsigned 8-bit imagery (COT).	Multiple files Binary imagery—extension *.cit Grayscale imagery—extension *.cot	Read-only
Joint Photographic Experts Group (JPEG) File Interchange Format (JFIF)	A standard compression technique for storing full-color and grayscale images. Support for JPEG compression is provided through the JFIF file format.	Single file—Possible file extensions are *.jpg, *.jpeg, *.jpc, and *.jpe. World file—extension *.jgw ArcCatalog only recognizes the .jpg file extension by default. To add .jpeg or .jpe files to ArcMap without renaming them, add those file extensions to ArcCatalog or drag those files from Windows Explorer into your map.	Read and write
JPEG 2000	A compression technique especially for maintaining the quality of large imagery. Allows for a high-compression ratio and fast access to large amounts of data at any scale.	Single file—extension *.jp2, *.j2c, *.j2k, or *.jpx	Read and write
MAP	<a href="#">PCRaster's</a> raster format.	Single file—extension *.map	Read-only (Write—developer only)
<a href="#">Multi-resolution Seamless Image Database (MrSID)</a>	A compression technique especially for maintaining the quality of large images. Allows for a high compression ratio and fast access to large amounts of data at any scale.	Single file—extension *.sid World file—extension *.sdw	Read-only

Εικόνα 44 Πίνακας συμβατών αρχείων RASTER με το λογισμικό ARCGIS-3 (ARCGIS 9.3 HELP)

National Imagery Transmission Format (NITF)	A collection of standards and specifications that allow interoperability in the dissemination of imagery and its metadata among various computer systems. Developed by the NSA.		Read-only
PCIDSK	<a href="#">PCI Geomatics</a> raster dataset format.	Single file—extension *.pix	Read-only (Write—developer only)
Portable Network Graphics (PNG)	Provides a well-compressed, lossless compression for raster files. It supports a large range of bit depths from monochrome to 64-bit color. Its features include indexed color images of up to 256 colors and effective 100 percent lossless images of up to 16 bits per pixel.	Single file—extension *.png	Read and write
Raster Product Format (RPF)	The underlying format of CADRG, ADRG, and CIB.	Single file—no standard file extension	Read-only
<a href="#">Tagged Image File Format (TIFF)</a> (GeoTIFF tags are supported.)	Widespread use in the desktop publishing world. It serves as an interface to several scanners and graphic arts packages. TIFF supports black-and-white, grayscale, pseudo color, and true color images, all of which can be stored in a compressed or decompressed format.	Single file—possible file extensions *.tif, *.tiff, and *.tff World file—extension *.tfw ArcCatalog only recognizes the .tif file extension by default. To add .tiff or .tff files to ArcMap without renaming them, add those file extensions to ArcCatalog or drag those files from Windows Explorer into your map.	Read and write
<a href="#">United States Geological Survey (USGS) digital elevation model (DEM)</a>	This format consists of a raster grid of regularly spaced elevation values derived from the USGS topographic map series. In their native format, they are written as ANSI-standard ASCII characters in fixed-block format.	Single file—extension *.dem (need to change .dat extension to .dem)	Read-only
<a href="#">XPM</a>	Stores color images in a format consisting of an ASCII image and a C library.	Single file—extension *.xpm	Read-only (Write—developer only)

Εικόνα 45 Πίνακας συμβατών αρχείων RASTER με το λογισμικό ARCGIS-4 (ARCGIS 9.3 HELP)

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφορά στην αποθήκευση, διαχείριση κι επεξεργασία ψηφιδωτών δεδομένων από το λογισμικό ARCGIS. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση των αντίστοιχων δυνατοτήτων των λογισμικών QUANTUM\_GIS και GRASS.

## Συνδυασμός QUANTUM\_GIS/GRASS και Ψηφιδωτά Δεδομένα

Τα πακέτα QUANTUM\_GIS και GRASS παρέχουν με τη σειρά τους κι αυτά δυνατότητες αποθήκευσης κι επεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων, τα οποία μπορούν να εισαχθούν (διαβαστούν) στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού, να οπτικοποιηθούν με διάφορους τρόπους, να εξαχθούν με διαφορετική μορφή, να γεωαναφερθούν (εφόσον δεν είναι ήδη γεωαναφερμένα) και να αποθηκευθούν με τη χρήση του εν λόγω λογισμικού. Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι το πακέτο GRASS έχει περισσότερες λειτουργίες επεξεργασίας και διαχείριση ψηφιδωτών δεδομένων, καθώς και ότι τα δύο αυτά λογισμικά κάνουν χρήση όλων των ψηφιδωτών αρχείων τα οποία περιέχονται στη βιβλιοθήκη GDAL . Στη συνέχεια περιγράφονται ο τρόπος αποθήκευσης των ψηφιδωτών δεδομένων, η οπτικοποίησή τους καθώς και οι δυνατότητες επεξεργασίας τους μέσα από τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS.

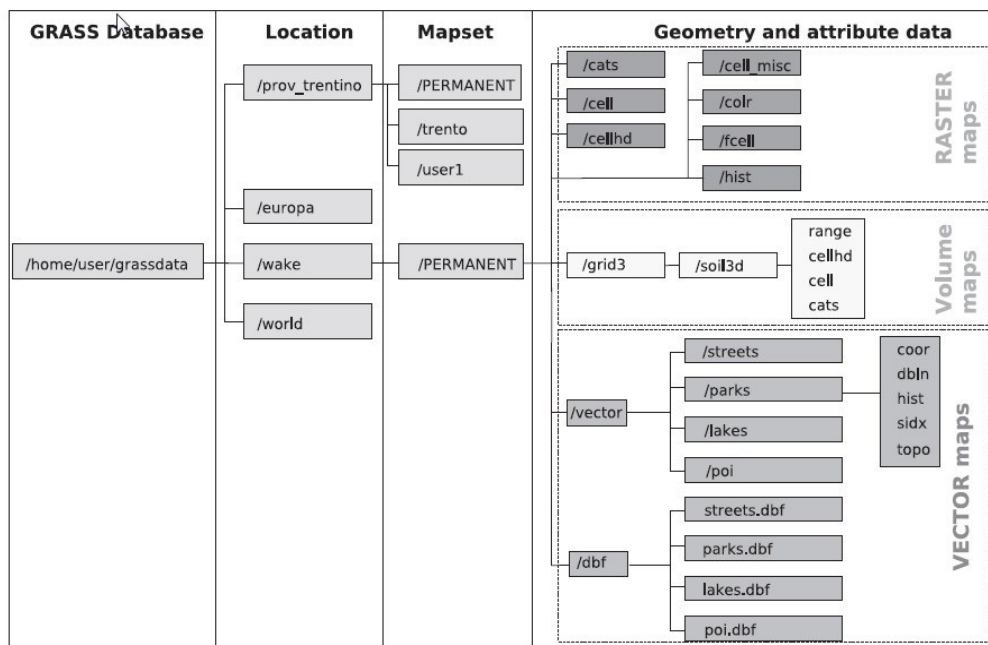
## Αποθήκευση Ψηφιδωτών Δεδομένων

Τα λογισμικά QGIS και GRASS έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν μια σειρά δεδομένων ψηφιδωτής μορφής σε διάφορες μορφές. Τα δύο αυτά λογισμικά χρησιμοποιούν τη βιβλιοθήκη ψηφιδωτών δεδομένων GDAL για την ανάγνωση και αποθήκευση των δεδομένων αυτών, ενώ δεν παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας raster datasets (mosaics) ή raster catalogs, στο βαθμό που το κάνει το ARCGIS. Μια σχετική εξαίρεση στον παραπάνω κανόνα είναι η εντολή `r.patch` του λογισμικού GRASS, η οποία επιτρέπει τη σύνθεση δύο ή περισσότερων raster σε ένα, υπό την προϋπόθεση ότι τα κελιά του αρχικού αρχείου με μηδενική ή null, ή NODATA τιμή, αντικαθίστανται από τα κελιά του επόμενου αρχείου. Στη συνέχεια τα κενά (μηδενική ή null. Η NODATA τιμή) κελιά του νέου αυτού αρχείου αντικαθίστανται από τα κελιά του δεύτερου αρχείου `κοκ`. Αυτό στην ουσία σημαίνει ότι για επικαλυπτόμενες περιοχές με κελιά τα οποία έχουν τιμές ο αλγόριθμος δεν λειτουργεί, γεγονός που διαφοροποιεί τη λειτουργία αυτή από τη δυνατότητα MOSAICKING του ARCGIS. Παράλληλα όμως, η εντολή `r.image.mosaic` του GRASS επιτρέπει τη δημιουργία μωσαϊκού με τη χρήση μέχρι τεσσάρων (4) rasters. Γενικά σχετικά με τις δυνατότητες αποθήκευσης, για τα δύο αυτά λογισμικά, μπορεί να ειπωθούν τα παρακάτω:

- **QGIS:** Το λογισμικό QGIS αποθηκεύει τα δεδομένα ψηφιδωτής μορφής στο σκληρό δίσκο, τα οποία μπορεί να τα ενώσει σε mosaics με τη χρήση του εργαλείου MERGE της εργαλειοθήκης GDAL TOOLS, ενώ δεν προσφέρει πρόσβαση στα δεδομένα του πίνακα VAT για τα GRID. Επίσης το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να αποθηκεύσει ψηφιδωτά αρχεία, με διαφορετικά συστήματα αναφοράς στον ίδιο φάκελο, ενώ μπορεί να οπτικοποιήσει τα αρχεία αυτά κάνοντας on-the-fly reproject, μεταξύ των αρχείων αυτών. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα ψηφιδωτά αρχεία τα οποία εισέρχονται στο περιβάλλον εργασίας επαναπροβάλλονται στο σύστημα αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται ήδη. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι το QGIS έχει τη δυνατότητα μέσω του εργαλείου WKTRASTER, να εισάγει και να αποθηκεύσει ψηφιδωτά δεδομένα σε μια βάση PostgreSQL/PostGIS, ή να οπτικοποιήσει ψηφιδωτά δεδομένα τα οποία βρίσκονται σε μια βάση PostgreSQL/PostGIS, ακριβώς όπως και με τα διανυσματικά δεδομένα.
- **GRASS:** Το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να ενώσει κάποια γειτονικά ψηφιδωτά αρχεία μέσω της εντολής `i.group`, υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει επικάλυψη



μεταξύ κελιών με τιμές οι οποίες δεν είναι μηδενικές, nodata, ή null. Στην περίπτωση αυτή τα αρχεία δεν μπορούν να ενωθούν και να αποθηκευθούν ως ένα νέο αρχείου. Αντίθετα η εντολή `r.image.mosaic` του GRASS επιτρέπει τη δημιουργία μωσαϊκού με τη χρήση έως και τεσσάρων (4) ψηφιδωτών εικόνων. Παράλληλα εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι και τα ψηφιδωτά αρχεία αποθηκεύονται σε ένα MAPSET, το οποίο βρίσκεται εντός ενός LOCATION, όπως συμβαίνει και με τα διανυσματικά δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι στο περιβάλλον εργασίας του GRASS δεν μπορούν να εισαχθούν αρχεία με διαφορετικά συστήματα αναφοράς, καθώς κάθε LOCATION έχει το δικό του μοναδικό σύστημα αναφοράς. Το γενικό μοντέλο αποθήκευσης δεδομένων στο GRASS απεικονίζεται στο παράγω σχήμα:



Εικόνα 46 Το μοντέλο αποθήκευσης ψηφιδωτών δεδομένων στο λογισμικό GRASS. (Neteler et al, 2011)

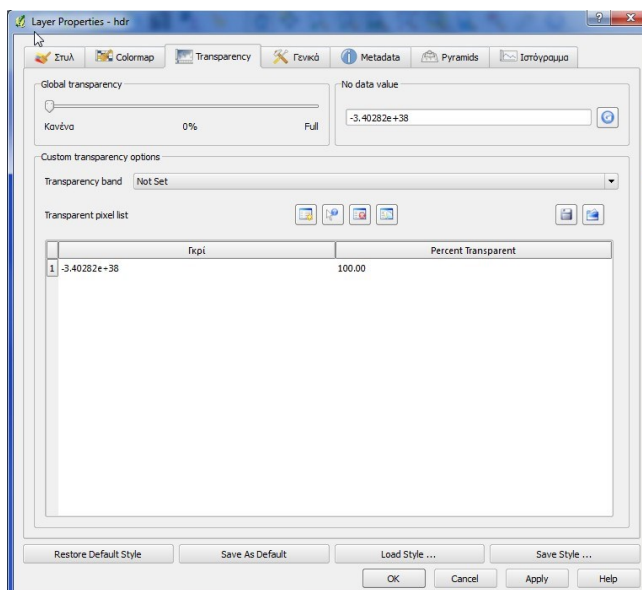
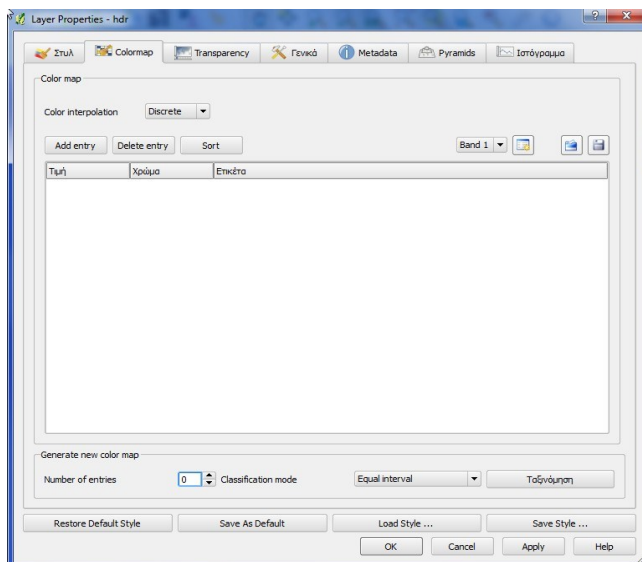
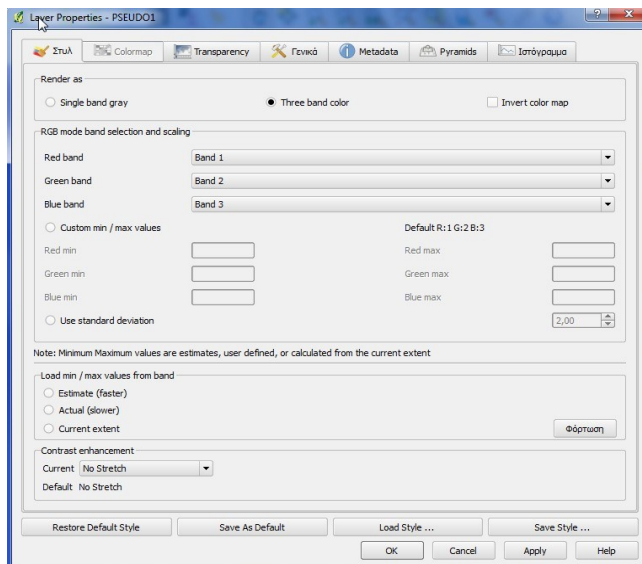
### Οπτικοποίηση Ψηφιδωτών Δεδομένων

Η οπτικοποίηση των ψηφιδωτών δεδομένων γίνεται με την εισαγωγή των δεδομένων στο βασικό περιβάλλον εργασίας του QUANTUM. Το περιβάλλον αυτό παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το εργαλείο LAYER PROPERTIES με βάση το οποίο μπορεί να επέμβει στα χρώματα των δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό τα δεδομένα μπορούν να απεικονιστούν:

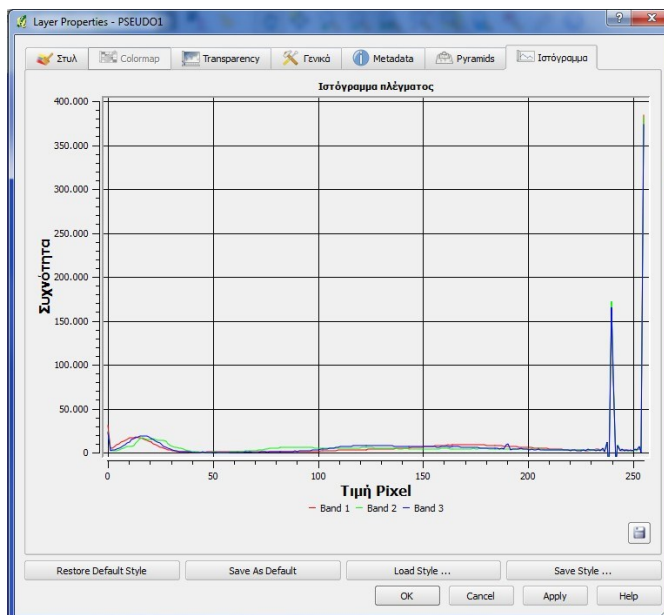
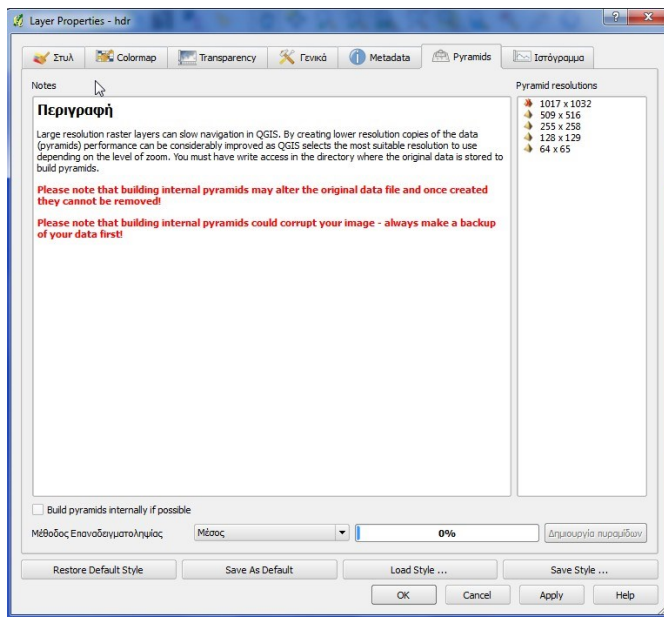
- με τη χρήση τριών φασματικών καναλιών για πολυφασματικά δεδομένα (R,G,B)
- με τη χρήση διαβαθμίσεων του γκρι (για πολυφασματικά δεδομένα).
- Με τη χρήση colormap, όπου κάθε pixel αντιστοιχείται ανάλογα με την τιμή του σε ένα χρώμα (στην ουσία πρόκειται για ταξινόμηση ανάλογη της επιλογής CLASSIFIED του ARCGIS)
- Ως ψευδέγχρωμη εικόνα

Παράλληλα το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού του επιπέδου διαφάνειας (transparency level) και της δημιουργίας ιστογράμματος για το ψηφιδωτό αρχείο, ενώ είναι δυνατή η επέμβαση στα χρωματικά χαρακτηριστικά της εικόνας μέσω της επέμβασης στο παραπάνω ιστόγραμμα. Τέλος το συγκεκριμένο εργαλείο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει «πυραμίδες», δηλαδή επίπεδα οπτικοποίησης για διάφορες κλίμακες στα οποία η λεπτομέρεια της οπτικοποίησης (ανάλυση) εξαρτάται από την κλίμακα. Στην περίπτωση του ARCGIS, η διαδικασία αυτή γίνεται συνήθως αυτόματα από το λογισμικό το οποίο επιλέγει μόνο του την ανάλυση κάθε επιπέδου. Αντίθετα στο QGIS, ο χρήστης μέσω του LAYER PROPERTIES επιλέγει αυτός την ανάλυση κάθε επιπέδου της πυραμίδας. Τέλος ενώ στο ARCGIS οι πυραμίδες κτίζονται on-the-fly κι αποθηκεύονται σε κάποιο αρχείου, χωρίς να μεταβάλλουν στην πραγματικότητα τις ιδιότητες του αρχείου, στο QGIS οι πυραμίδες κτίζονται internally και μεταβάλλουν οριστικά το αρχείο raster.

Η μορφή και κάποιες από τις λειτουργίες του εργαλείου LAYER PROPERTIES στην περίπτωση διαχείρισης δεδομένων raster απεικονίζονται στη συνέχεια:



Εικόνα 47 Οπτικοποίηση ψηφιδωτών δεδομένων με τη χρήση του LAYER PROPERTIES (Part 1)



Εικόνα 48 Οπτικοποίηση ψηφιδωτών δεδομένων με τη χρήση του LAYER PROPERTIES (Part 2)

Όσον αφορά την περίπτωση του GRASS η συμβατότητα των δύο λογισμικών επιτρέπει την οπτικοποίηση ψηφιδωτών αρχείων τα οποία υφίστανται επεξεργασία από το GRASS, μέσα από το περιβάλλον εργασίας του QUANTUM\_GIS. Επομένως όλα τα ψηφιδωτά αρχεία που εισάγονται στο περιβάλλον του GRASS TOOLS, μπορούν να οπτικοποιηθούν και να υποστούν επεξεργασία με τη χρήση του εργαλείου LAYER PROPERTIES. Ταυτόχρονα το περιβάλλον των GRASS TOOLS δίνει τη δυνατότητα περαιτέρω οπτικής επεξεργασίας (χρωματικής διαβάθμισης βάσει ταξινόμησης με τη χρήση διαφορών μεθόδων), εφόσον τα συγκεκριμένα raster εισαχθούν σε κάποιο MAPSET με τη χρήση του εργαλείου

r.in.gdal.qgis, το οποίο εισάγει ένα ψηφιδωτό αρχείο, το οποίο είναι ήδη «φορτωμένο» στο QGIS, στο περιβάλλον των GRASS TOOLS. Τέλος, το κατεξοχήν περιβάλλον εργασίας του GRASS και οι δυνατότητες του συγκεκριμένου λογισμικού ως αυτόνομο λογισμικό, δεν αφορούν την παρούσα εργασία κι επομένως δεν ακολουθεί αντίστοιχη αναφορά στις δυνατότητες οπτικοποίησης του GRASS εκτός του περιβάλλοντος του QGIS.

### **Επεξεργασία Ψηφιδωτών Δεδομένων**

Ο συνδυασμός λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης ψηφιδωτών δεδομένων με τη χρήση διαφορών εργαλείων. Στη συγκεκριμένη παράγραφο δεν θα γίνει αναφορά σε εξειδικευμένες λειτουργίες ανάλυσης κι επεξεργασίας, ενώ αντίθετα θα αναλυθούν οι βασικές κατηγορίες ενεργειών τις οποίες μπορεί να εκτελέσει το λογισμικό σε σχέση με τα ψηφιδωτά δεδομένα. Έτσι η χρήση του συνδυασμού λογισμικών επιτρέπει στο χρήστη :

- να γεωαναφέρει ψηφιδωτά αρχεία,
- να μετασχηματίζει ψηφιδωτά αρχεία σε άλλες μορφές,
- να ομαδοποιήσει έως τέσσερα (4) αρχεία σε MOSAIC με την εντολή i.image.mosaic ή και περισσότερα με τη χρήση του εργαλείου MERGE του QGIS..
- να μεταβάλλει το μέγεθος των κελιών (resampling).
- Το GRASS, μέσω των GRASS TOOLS, χρησιμοποιεί την εντολή i.fusion.brovey για την συγχώνευση παγχρωματικών με πολυφασματικά δεδομένα (μετασχηματισμός BROVEY), ενώ χρησιμοποιεί και το μετασχηματισμό HIS (HUE-INTENSITY SATURATION)
- να μετατρέψει τα ψηφιδωτά σε διανυσματικά δεδομένα κι αντίστροφα
- να επαναταξινομήσει ή να μεταβάλλει τις τιμές των κελιών των ψηφιδωτών αρχείων.

Αντίθετα, δεν παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα να επεξεργαστεί αρχεία, κάνοντας editing, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι δεν παρέχεται η δυνατότητα απόσβεσης κελιών μέσα από το περιβάλλον εργασίας των GRASSTOOLS. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται μέσα από το αυτόνομο περιβάλλον του GRASS με την εντολή d.raster.edit, η οποία δεν αφορά το συνδυασμό QGIS/GRASS αλλά το αυτόνομο λογισμικό GRASS. Το ίδιο ισχύει και για την

εντολή `i.group`, η οποία παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να συνενώσει ψηφιδωτά αρχεία σε groups (ομάδες αρχείων στο ίδιο LOCATION) μέσα από το αυτόνομο λογισμικό GRASS, όχι όμως μέσα από το περιβάλλον των GRASS TOOLS, το οποίο εξετάζεται στην παρούσα εργασία.

Σε γενικές γραμμές ο συνδυασμός των λογισμικών QUANTUM και GRASS, επιτρέπει στο χρήστη να διεξάγει μια πληθώρα εργασιών επεξεργασίας ψηφιδωτών δεδομένων, ενώ του παρέχει τη δυνατότητα να εργασθεί με το σύνολο των δεδομένων τα οποία περιέχονται στην βιβλιοθήκη GDAL. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα:

## GDAL Raster Formats

Long Format Name	Code	Creation	Georeferencing	Maximum file size <sup>1</sup>	Compiled by default
<a href="#">Arc/Info ASCII Grid</a>	AAIGrid	Yes	Yes	2GB	Yes
<a href="#">ACE2</a>	ACE2	No	Yes	--	Yes
<a href="#">ADRG/ARC Digitized Raster Graphics (.gen/.thf)</a>	ADRG	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Arc/Info Binary Grid (.adf)</a>	AIG	No	Yes	--	Yes
<a href="#">AIRSAR Polarimetric</a>	AIRSAR	No	No	--	Yes
<a href="#">Magellan BLX Topo (.blx/.xlb)</a>	BLX	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Bathymetry Attributed Grid (.bag)</a>	BAG	No	Yes	2GiB	No, needs libhdf5
<a href="#">Microsoft Windows Device Independent Bitmap (.bmp)</a>	BMP	Yes	Yes	4GiB	Yes
<a href="#">BSB Nautical Chart Format (.kap)</a>	BSB	No	Yes	--	Yes, can be disabled
<a href="#">VTP Binary Terrain Format (.bt)</a>	BT	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">CEOS (Spot for instance)</a>	CEOS	No	No	--	Yes
DRDC COASP SAR Processor Raster	COASP	No	No	--	Yes
<a href="#">TerraSAR-X Complex SAR Data Product</a>	COSAR	No	No	--	Yes
Convair PolGASP data	CPG	No	Yes	--	Yes
<a href="#">USGS LULC Composite Theme Grid</a>	CTG	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Spot DIMAP (metadata.dim)</a>	DIMAP	No	Yes	--	Yes
ELAS DIPEX	DIPEX	No	Yes	--	Yes
<a href="#">DODS / OPeNDAP</a>	DODS	No	Yes	--	No, needs libdap
<a href="#">First Generation USGS DOQ (.doq)</a>	DOQ1	No	Yes	--	Yes
<a href="#">New Labelled USGS DOQ (.doq)</a>	DOQ2	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Military Elevation Data (.dt0, .dt1, .dt2)</a>	DTED	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Arc/Info Export E00 GRID</a>	E00GRID	No	Yes	--	Yes
<a href="#">ECRG Table Of Contents (TOC.xml)</a>	ECRGTOC	No	Yes	--	Yes
<a href="#">ERDAS Compressed Wavelets (.ecw)</a>	ECW	Yes	Yes		No, needs ECW SDK

Εικόνα 49. Πίνακας ψηφιδωτών δεδομένων της GDAL 1  
([http://www.gdal.org/formats\\_list.html](http://www.gdal.org/formats_list.html))



<a href="#">ESRI .hdr Labelled</a>	EHdr	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">Erdas Imagine Raw</a>	EIR	No	Yes	--	Yes
<a href="#">NASA ELAS</a>	ELAS	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">ENVI .hdr Labelled Raster</a>	ENVI	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">Epsilon - Wavelet compressed images</a>	EPSILON	Yes	No	--	No, needs EPSILON library
<a href="#">ERMapper (.ers)</a>	ERS	Yes	Yes		Yes
<a href="#">Envisat Image Product (.n1)</a>	ESAT	No	No	--	Yes
<a href="#">EOSAT FAST Format</a>	FAST	No	Yes	--	Yes
<a href="#">FIT</a>	FIT	Yes	No	--	Yes
<a href="#">FITS (.fits)</a>	FITS	Yes	No	--	No, needs libfitsio
<a href="#">Fuji BAS Scanner Image</a>	FujiBAS	No	No	--	Yes
<a href="#">Generic Binary (.hdr Labelled)</a>	GENBIN	No	No	--	Yes
<a href="#">Oracle Spatial GeoRaster</a>	GEORASTER	Yes	Yes	--	No, needs Oracle client libraries
<a href="#">GSat File Format</a>	GFF	No	No	--	Yes
<a href="#">Graphics Interchange Format (.gif)</a>	GIF	Yes	No	2GB	Yes (internal GIF library provided)
<a href="#">WMO GRIB1/GRIB2 (.grb)</a>	GRIB	No	Yes	2GB	Yes, can be disabled
<a href="#">GMT Compatible netCDF</a>	GMT	Yes	Yes	2GB	No, needs libnetcdf
<a href="#">GRASS Rasters</a>	GRASS	No	Yes	--	No, needs libgrass
<a href="#">GRASS ASCII Grid</a>	GRASSASCIIGrid	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Golden Software ASCII Grid</a>	GSAG	Yes	No	--	Yes
<a href="#">Golden Software Binary Grid</a>	GSBG	Yes	No	4GiB (32767x32767 of 4 bytes each + 56 byte header)	Yes
<a href="#">Golden Software Surfer 7 Binary Grid</a>	GS7BG	No	No	4GiB	Yes
<a href="#">GSC Geogrid</a>	GSC	Yes	No	--	Yes
<a href="#">Generic Tagged Arrays (.gta)</a>	GTA	Yes	Yes		No, needs libgta

Εικόνα 50. Πίνακας ψηφιδωτών δεδομένων της GDAL 2  
([http://www.gdal.org/formats\\_list.html](http://www.gdal.org/formats_list.html))

<a href="#">TIFF / BigTIFF / GeoTIFF (.tif)</a>	GTiff	Yes	Yes	4GiB for classical TIFF / No limits for BigTIFF	Yes (internal libtiff and libgeotiff provided)
<a href="#">NOAA .gtx vertical datum shift</a>	GTX	Yes	Yes		Yes
<a href="#">GXF - Grid eXchange File</a>	GXF	No	Yes	4GiB	Yes
<a href="#">Hierarchical Data Format Release 4 (HDF4)</a>	HDF4	Yes	Yes	2GiB	No, needs libhdf
<a href="#">Hierarchical Data Format Release 5 (HDF5)</a>	HDF5	No	Yes	2GiB	No, needs libhdf5
<a href="#">HF2/HFZ heightfield raster</a>	HF2	Yes	Yes	-	Yes
<a href="#">Erdas Imagine (.img)</a>	HFA	Yes	Yes	No limits <sup>2</sup>	Yes
<a href="#">Image Display and Analysis (WinDisp)</a>	IDA	Yes	Yes	2GB	Yes
<a href="#">ILWIS Raster Map (.mpr, mpl)</a>	ILWIS	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Intergraph Raster</a>	INGR	Yes	Yes	2GiB	Yes
<a href="#">USGS Astrogeology ISIS cube (Version 2)</a>	ISIS2	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">USGS Astrogeology ISIS cube (Version 3)</a>	ISIS3	No	Yes	--	Yes
<a href="#">JAXA PALSAR Product Reader (Level 1.1/1.5)</a>	JAXAPALSAR	No	No	--	Yes
<a href="#">Japanese DEM (.mem)</a>	JDEM	No	Yes	--	Yes
<a href="#">JPEG JFIF (.jpg)</a>	JPEG	Yes	Yes	4GiB (max dimensions 65500x65500)	Yes (internal libjpeg provided)
<a href="#">JPEG-LS</a>	JPEGLS	Yes	No	--	No, needs CharLS library
<a href="#">JPEG2000 (.jp2, .j2k)</a>	JPEG2000	Yes	Yes	2GiB	No, needs libjasper
<a href="#">JPEG2000 (.jp2, .j2k)</a>	JP2ECW	Yes	Yes	500MB	No, needs ECW SDK
<a href="#">JPEG2000 (.jp2, .j2k)</a>	JP2KAK	Yes	Yes	No limits	No, needs Kakadu library
<a href="#">JPEG2000 (.jp2, .j2k)</a>	JP2MrSID	Yes	Yes		No, needs MrSID SDK
<a href="#">JPEG2000 (.jp2, .j2k)</a>	JP2OpenJPEG	Yes	Yes		No, needs OpenJPEG library (v2)
<a href="#">JPIP (based on Kakadu)</a>	JPIPKAK	No	Yes		No, needs Kakadu library
<a href="#">KMLSUPEROVERLAY</a>	KMLSUPEROVERLAY	Yes	Yes		Yes
<a href="#">NOAA Polar Orbiter Level 1b Data Set (AVHRR)</a>	LIB	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Erdas 7.x LAN and GIS</a>	LAN	No	Yes	2GB	Yes
<a href="#">FARSITE v4 LCP Format</a>	LCP	No	Yes	No limits	Yes

Εικόνα 51. Πίνακας ψηφιδωτών δεδομένων της GDAL 3  
([http://www.gdal.org/formats\\_list.html](http://www.gdal.org/formats_list.html))



<a href="#">FARSITE v.4 LCP Format</a>	LCP	No	Yes	No limits	Yes
<a href="#">Davlon Leveller Heightfield</a>	Leveller	No	Yes	2GB	Yes
<a href="#">NADCON .los/.las Datum Grid Shift</a>	LOSLAS	No	Yes		Yes
<a href="#">MBTiles</a>	MBTiles	No	Yes	--	No (needs OGR SQLite driver)
<a href="#">In Memory Raster</a>	MEM	Yes	Yes		Yes
<a href="#">Vexcel MFF</a>	MFF	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">Vexcel MFF2</a>	MFF2 (HKV)	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">MG4 Encoded Lidar</a>	MG4Lidar	No	Yes	--	No, needs LIDAR SDK
<a href="#">Multi-resolution Seamless Image Database</a>	MrSID	No	Yes	--	No, needs MrSID SDK
<a href="#">Meteosat Second Generation</a>	MSG	No	Yes		No, needs msg library
<a href="#">EUMETSAT Archive native (.nat)</a>	MSGN	No	Yes		Yes
<a href="#">NLAPS Data Format</a>	NDF	No	Yes	No limits	Yes
<a href="#">NOAA NGS Geoid Height Grids</a>	NGSGEIOD	No	Yes		Yes
<a href="#">NITF (.ntf, .nsf, .gn?, .hr?, .ja?, .ig?, .in?, .lf?, .on?, .tl?, .tp?, etc.)</a>	NITF	Yes	Yes	10GB	Yes
<a href="#">NetCDF</a>	netCDF	Yes	Yes	2GB	No, needs libnetcdf
<a href="#">NTv2 Datum Grid Shift</a>	NTv2	Yes	Yes		Yes
<a href="#">Northwood/VerticalMapper Classified Grid Format .gro/ .tab</a>	NWT_GRC	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Northwood/VerticalMapper Numeric Grid Format .grd/ .tab</a>	NWT_GRD	No	Yes	--	Yes
<a href="#">OGDI Bridge</a>	OGDI	No	Yes	--	No, needs OGDI library
<a href="#">OZI OZF2/OZFX3</a>	OZI	No	Yes	--	No
<a href="#">PCI .aux Labelled</a>	PAux	Yes	No	No limits	Yes
<a href="#">PCI Geomatics Database File</a>	PCIDSK	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">PCRaster</a>	PCRaster	Yes	Yes		Yes (internal libcsf provided)
<a href="#">Geospatial PDF</a>	PDF	No	Yes	--	No, needs libpoppler or libpodofo
<a href="#">NASA Planetary Data System</a>	PDS	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Portable Network Graphics (.png)</a>	PNG	Yes	No		Yes (internal libpng provided)
<a href="#">PostGIS Raster (previously WKTRaster)</a>	PostGISRaster	No	Yes	--	No, needs PostgreSQL library

Εικόνα 52. Πίνακας ψηφιδωτών δεδομένων της GDAL 4([http://www.gdal.org/formats\\_list.html](http://www.gdal.org/formats_list.html))

<a href="#">Netpbm (.ppm, .pgm)</a>	PNM	Yes	No	No limits	Yes
<a href="#">R Object Data Store</a>	R	Yes	No	--	Yes
<a href="#">Rasdaman</a>	RASDAMAN	No	No	No limits	No (needs raslib)
<a href="#">Rasterlite - Rasters in SQLite DB</a>	Rasterlite	Yes	Yes	--	No (needs OGR SQLite driver)
<a href="#">Swedish Grid RIK (.rik)</a>	RIK	No	Yes	4GB	Yes (internal zlib is used if necessary)
<a href="#">Raster Matrix Format (*.rsw, .mtw)</a>	RMF	Yes	Yes	4GB	Yes
<a href="#">Raster Product Format RPF (CADRG, CIB)</a>	RPFTOC	No	Yes	--	Yes
<a href="#">RadarSat2 XML (product.xml)</a>	RS2	No	Yes	4GB	Yes
<a href="#">Idrisi Raster</a>	RST	Yes	Yes	No limits	Yes
<a href="#">SAGA GIS Binary format</a>	SAGA	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">SAR CEOS</a>	SAR_CEOS	No	Yes	--	Yes
<a href="#">ArcSDE Raster</a>	SDE	No	Yes	--	No, needs ESRI SDE
<a href="#">USGS SDTS DEM (*.CATD.DDF)</a>	SDTS	No	Yes	--	Yes
<a href="#">SGI Image Format</a>	SGI	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Snow Data Assimilation System</a>	SNODAS	No	Yes	--	Yes
<a href="#">Standard Raster Product (ASRP/USRP)</a>	SRP	No	Yes	2GB	Yes
<a href="#">SRTM HGT Format</a>	SRTMHGT	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">Terragen Heightfield (.ter)</a>	TERRAGEN	Yes	No	--	Yes
<a href="#">EarthWatch/DigitalGlobe .TIL</a>	TIL	No	No	--	Yes
<a href="#">TerraSAR-X Product</a>	TSX	Yes	No	--	Yes
<a href="#">USGS ASCII DEM / CDED (.dem)</a>	USGSDEM	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">GDAL Virtual (.vrt)</a>	VRT	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">OGC Web Coverage Service</a>	WCS	No	Yes	--	No, needs libcurl
<a href="#">WEBP</a>	WEBP	Yes	No	--	No, needs libwebp
<a href="#">OGC Web Map Service</a>	WMS	No	Yes	--	No, needs libcurl
<a href="#">X11 Pixmap (.xpm)</a>	XPM	Yes	No		Yes
<a href="#">ASCII Gridded XYZ</a>	XYZ	Yes	Yes	--	Yes
<a href="#">ZMap Plus Grid</a>	ZMap	Yes	Yes		Yes

Εικόνα 53. Πίνακας ψηφιδωτών δεδομένων της GDAL 5 ([http://www.gdal.org/formats\\_list.html](http://www.gdal.org/formats_list.html))

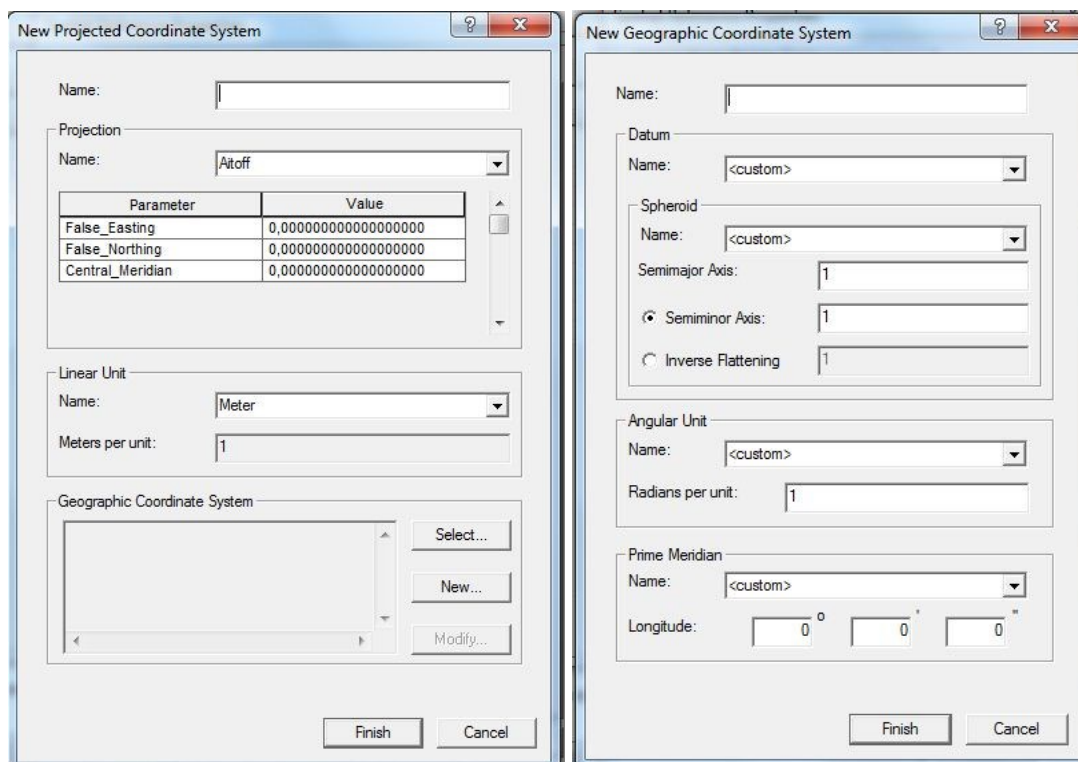
Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό ότι ο συνδυασμός των λογισμικών QUANTUM/GRASS παρέχει στο χρήστη δυνατότητες σχεδόν παρόμοιες με εκείνες του ARCGIS, όσον αφορά την οπτικοποίηση κι επεξεργασία ψηφιδωτών δεδομένων. Φυσικά σε κάποια σημεία φαίνεται να επικρατεί το ARCGIS, καθώς η χρήση του proprietary αλγορίθμου της ESRI για τη λειτουργία PANSHARPENING, αποτελεί επιπλέον πλεονέκτημα του ARCGIS. Παράλληλα πρέπει να αναφερθεί ότι η δημιουργία μωσαϊκών με τη χρήση του QGIS ή των GRASS TOOLS, έχει σαν αποτέλεσμα μωσαϊκά στα οποία οι επικαλυπτόμενες περιοχές (μεταξύ των εικόνων του μωσαϊκού) έχουν μόνο τα pixels της τελευταίας εικόνας τα οποία εγγράφονται επάνω από τα pixels των προηγούμενων εικόνων. Αντίθετα το ARCGIS 9.3 παρέχει δυνατότητες χρήσης seamlines ή blending μεταξύ των εικόνων για τη διαχείριση των επικαλυπτόμενων περιοχών. Όμως από την άλλη μεριά το GRASS, το οποίο είναι μέρος του συνδυασμού λογισμικών με το QUANTUM, παρέχει στο χρήστη περισσότερες δυνατότητες οπτικοποίησης των ψηφιδωτών δεδομένων με τη χρήση ταξινόμησης των κελιών τους.

Σημειώνεται τέλος, ότι η ταξινόμηση στην οποία γίνεται αναφορά στο υποκεφάλαιο αυτό αφορά καθαρά την οπτικοποίηση (εικονική ταξινόμηση κελιών με σκοπο την απεικόνιση) και όχι την πραγματική επαναταξινόμηση των κελιών ενός αρχείου, η οποία θα εξεταστεί σε επόμενο υποκεφάλαιο. Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η αναφορά στις δυνατότητες των λογισμικών σχετικά με τη διαχείριση ψηφιδωτών δεδομένων, ενώ ακολουθεί η περιγραφή των δυνατοτήτων τους σε σχέση με τις λειτουργίες Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων και αλλαγής συστήματος αναφοράς των διανυσματικών αρχείων.

### **3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

#### **ARCGIS 9.3 και Συστήματα Αναφοράς.**

Το λογισμικό πακέτο ARCGIS 9.3 παρέχει μια τεραστία γκάμα συστημάτων αναφοράς τόσο γεωγραφικών όσο και projected, τα οποία καλύπτουν ολόκληρη τη γήινη επιφάνεια. Παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργούν νέα συστήματα αναφοράς με τη χρήση των εργαλείων του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα 54 Τα εργαλεία δημιουργίας νέων συστημάτων αναφοράς.

Ο χρήστης καλείται να ορίσει μια σειρά από παραμέτρους, όπως το προβολικό σύστημα, την αρχή των αξόνων, τη μονάδα μέτρησης, το ελλειψοειδές εκ περιστροφής το οποίο θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και μια σειρά άλλων μεταβλητών οι οποίες είναι απαραίτητες για τον ορισμό ενός συστήματος αναφοράς. Το σύνολο των συστημάτων αναφοράς το οποίο υποστηρίζεται από το λογισμικό είναι αρκετά εκτενές, επομένως δεν υπάρχει λόγος να απαριθμηθεί στο σημείο αυτό. Απλά αναφέρεται ότι για την Ελλάδα περιλαμβάνεται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87), όχι όμως τα συστήματα HATT και TM3<sup>0</sup>. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι δυνατότητες του λογισμικού στους τομείς της επαναπροβολής διανυσματικών δεδομένων (αλλαγή συστημάτων αναφοράς), και της Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων (georeferencing).

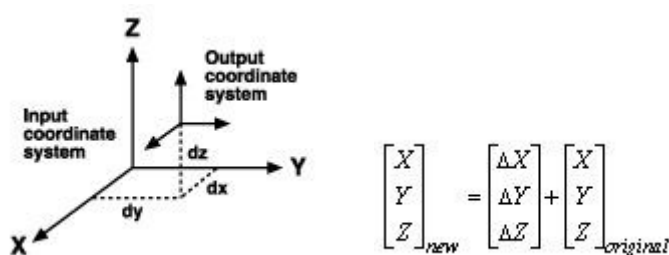
### Επαναπροβολή Διανυσματικών και Ψηφιδωτών Δεδομένων

Το ARCGIS 9.3 παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επαναπροβολής διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων μεταξύ δύο συστημάτων αναφοράς. Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι εξαιρετικά χρήσιμη στην περίπτωση δεδομένων, τα οποία πρέπει να μετασχηματισθούν από ένα Γεωγραφικό σε ένα Projected σύστημα αναφοράς ή αντίστροφα. Συνήθως κάτι τέτοιο γίνεται κατά το μετασχηματισμό δεδομένων μεταξύ του συστήματος WGS84 (GOOGLE

EARTH) και τοπικών Projected συστημάτων αναφοράς, και αφορά δεδομένα τα οποία είτε προέρχονται, είτε πρόκειται να προβληθούν στο GOOGLE EARTH. Η παραπάνω δυνατότητα μετασχηματισμού βέβαια παρέχεται μεταξύ όλων των συστημάτων αναφοράς τα οποία υποστηρίζονται από το λογισμικό.

Γενικά το λογισμικό παρέχει τις παρακάτω μεθόδους μετασχηματισμού μεταξύ συστημάτων αναφοράς:

- Μέθοδο τριών παραμέτρων: Η μέθοδος θεωρεί ότι τα δύο συστήματα αναφοράς είναι παράλληλα μετατοπισμένα, κι έχουν παράλληλους άξονες. Επομένως οι συντεταγμένες ενός σημείου στο νέο σύστημα υπολογίζονται αν προστεθούν στις παλιές συντεταγμένες οι μετατοπίσεις κατά X,Y,Z μεταξύ των αρχών των δύο συστημάτων. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 55 Μετασχηματισμός τριών παραμέτρων (ARCGIS 9.3 HELP)

- Μέθοδος επτά παραμέτρων: Αποτελεί επέκταση της προηγούμενης καθώς επιπρόσθετα των τριών μετατοπίσεων, λαμβάνει υπόψιν της τρεις γωνιακές στροφές (angular rotations) γύρω από τους τρεις άξονες, και έναν συντελεστή κλίμακας (scale factor). (ARCGIS 9.3 HELP)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+s) \cdot \begin{bmatrix} 1 & r_z & -r_y \\ -r_z & 1 & r_x \\ r_y & -r_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}$$

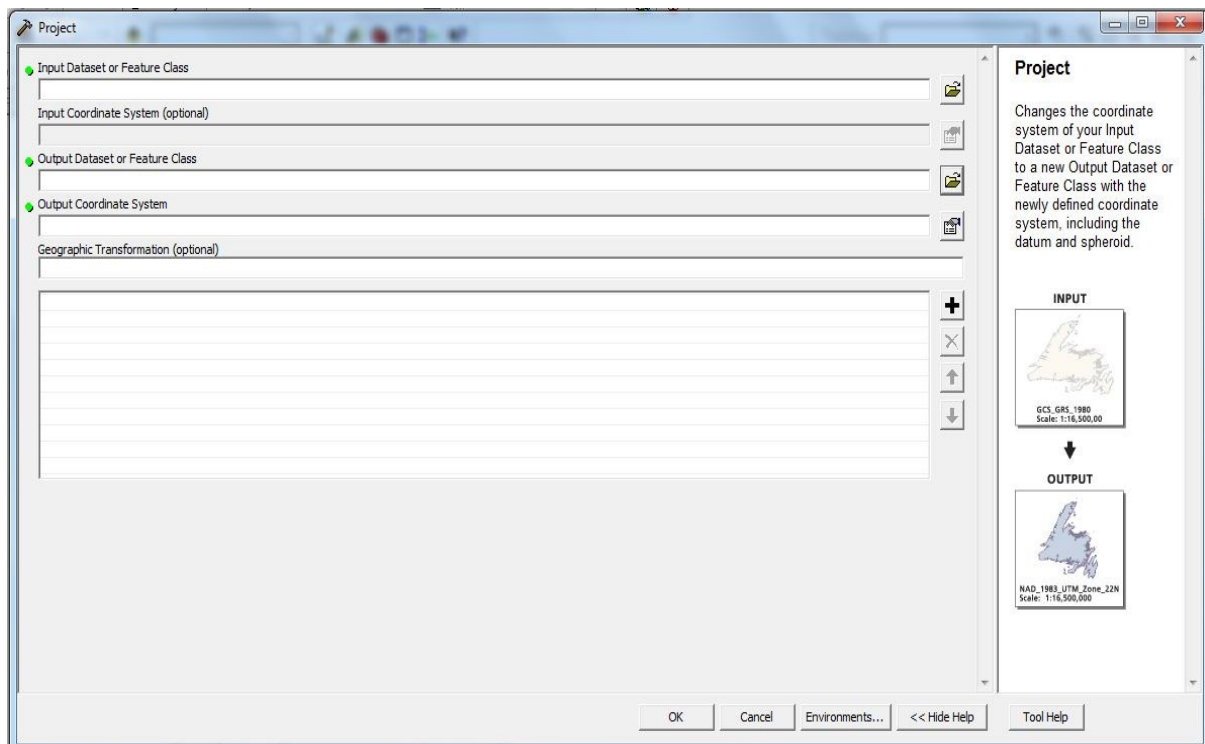
Εικόνα 56 Μετασχηματισμός επτά παραμέτρων (ARCGIS 9.3 HELP)

- Η μέθοδος Molodensky: Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για την απευθείας μετατροπή μεταξύ δύο γεωγραφικών συστημάτων ενώ, απαιτεί τρεις γωνιακές μετατοπίσεις (angular shifts) και τις διαφορές μεταξύ των μεγάλων ημιαξόνων και της «επιπλάτυνσης» (flattening) των δύο ελλειψοειδών εκ περιστροφής. Οι

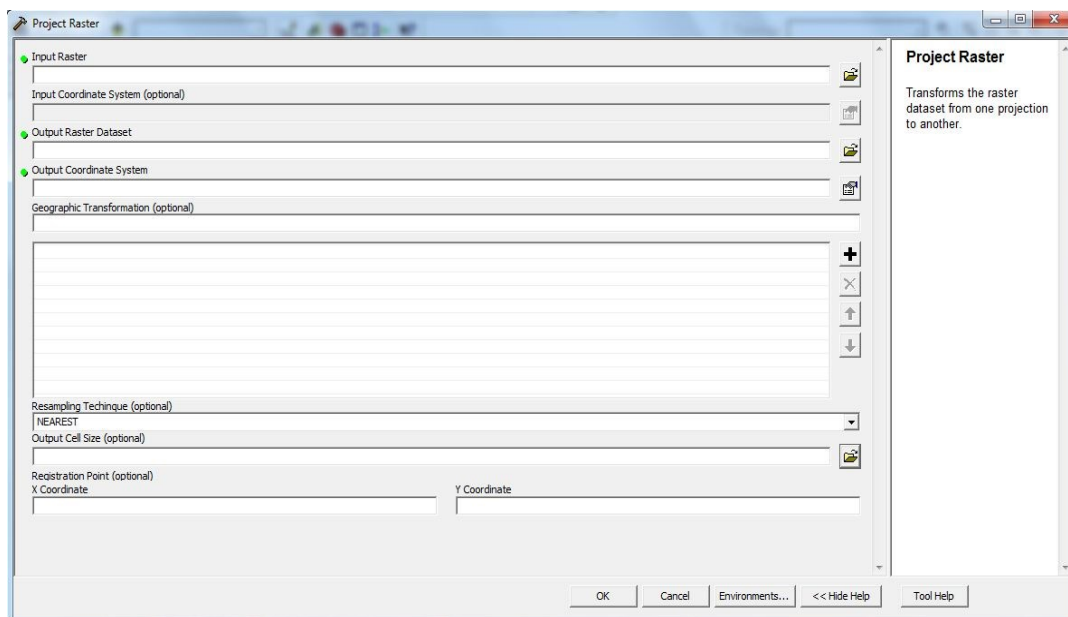
μαθηματικές σχέσεις είναι αρκετά περίπλοκες κι επομένως δεν υπάρχει λόγος να γίνει περαιτέρω αναφορά σε αυτές (ARCGIS 9.3 HELP)

- Η μέθοδος Abridged Modolensky: Πρόκειται για απλοποιημένη μορφή της παραπάνω μεθόδου.

Οι δυνατότητες μετασχηματισμού παρέχονται μέσα από τα εργαλεία PROJECT και PROJECT RASTER τα οποία απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα, κι αφορούν διανυσματικά και ψηφιδωτά δεδομένα αντίστοιχα:



Εικόνα 57 Το εργαλείο επαναπροβολής διανυσματικών δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων αναφοράς.



Εικόνα 58 Το εργαλείο επαναπροβολής ψηφιδωτών δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων αναφοράς

Το λογισμικό επίσης παρέχει τη δυνατότητα μαζικής επαναπροβολής διανυσματικών δεδομένων (batch project), ενώ για τα ψηφιδωτά δεδομένα παρέχονται οι δυνατότητες περιστροφής (rotate), μετατόπισης (shift), διενέργειας πολυωνυμικού μετασχηματισμού (warp), αλλαγής κλίμακας (rescale), «αναποδογυρίσματος» (flip) και αντιστροφής προβολής (mirror). Η επιλογή του resampling χρησιμοποιεί τις μεθόδους nearest (εγγύτερος γείτονας), bilinear (χρήση οκτώ πλησιέστερων κελιών) και cubic (χρήση δεκαέξι πλησιέστερων κελιών) προκειμένου να υπολογίσει τη θέση του νέου εικονοστοιχείου.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφορά στις δυνατότητες επαναπροβολής δεδομένων του λογισμικού, ενώ στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων μέσα από το λογισμικό ARCGIS 9.3.

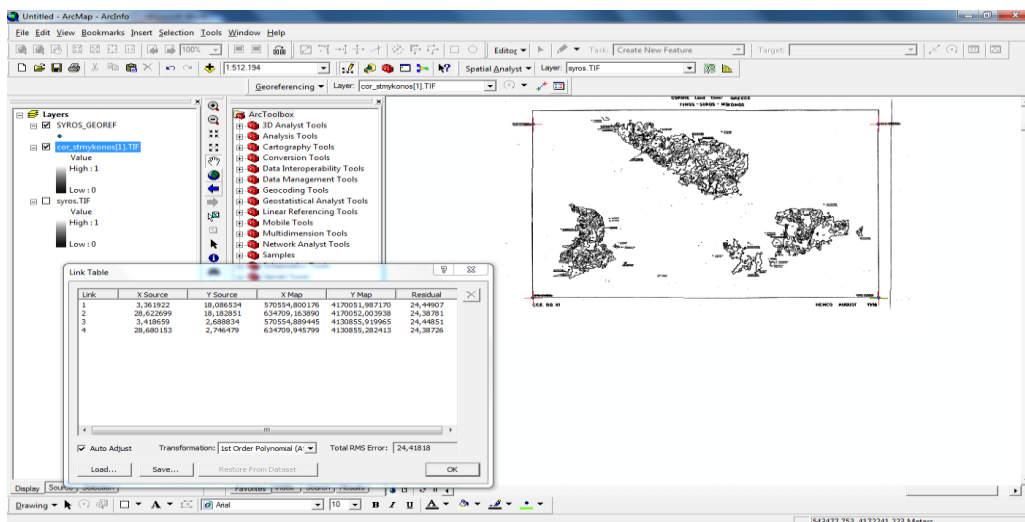
### **Γεωαναφορά Διανυσματικών και Ψηφιδωτών Δεδομένων**

Η Γεωαναφορά των διανυσματικών δεδομένων, δηλαδή η ένταξη των διανυσματικών δεδομένων σε ένα σύστημα συντεταγμένων γίνεται κατά τη δημιουργία τους, επιλέγοντας μεταξύ των συστημάτων αναφοράς το κατάλληλο, ή ορίζοντας ένα νέο σύστημα. Η διαδικασία έχει περιγραφεί σε προηγούμενη παράγραφο. σχετικά με τη δημιουργία διανυσματικών δεδομένων και δεν απαιτείται η περαιτέρω ανάλυση της. Αντίθετα η Γεωαναφορά ψηφιδωτών δεδομένων είναι μια διαδικασία, η δυνατότητα εκτέλεσης της οποίας, παρέχεται από το λογισμικό μέσα από την georeferencing toolbar. Το συγκεκριμένο



εργαλείο επιτρέπει την Γεωαναφορά ενός ψηφιδωτού αρχείου μέσω της αντιστοίχισης χαρακτηριστικών του σημείων με ομόλογα σημεία γνωστών συντεταγμένων. Τα σημεία γνωστών συντεταγμένων συνήθως είναι σημειακά δεδομένα μορφής shapefile ή feature-class, τα οποία εισάγονται στην οθόνη. Στη συνέχεια εισάγεται το ψηφιδωτό αρχείο το οποίο με τη χρήση της εντολής FIT TO DISPLAY, προβάλλεται στην ίδια περίπου θέση με το διανυσματικό αρχείο. Το επόμενο βήμα αφορά την εισαγωγή συνδέσμων (links) μεταξύ των χαρακτηριστικών σημείων του ψηφιδωτού αρχείου και των ομολόγων σημείων του διανυσματικού αρχείου.

Ανάλογα με τον αριθμό των συνδέσμων και το είδος του μετασχηματισμού το οποίο επιλέγεται, το λογισμικό υπολογίζει το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (RMS), κι εφόσον αυτό κριθεί ανεκτό ή χρήση της εντολής REGISTER δημιουργεί το αρχείο Γεωαναφοράς .tfw, το οποίο ακολουθεί πλέον το ψηφιδωτό αρχείο. Το λογισμικό επίσης παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής του αρχείου σε μορφή RECTIFIED, η οποία έχει κάθε εικονοστοιχείο της γεωαναφερμένο (π.χ. geo-tiff). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση που απλά δημιουργηθεί το αρχείο Γεωαναφοράς (χωρίς rectify), το ψηφιδωτό αρχείο δεν παρουσιάζει πρόβλημα κατά το άνοιγμα του με το λογισμικό ARCGIS, όμως δεν εμφανίζεται ακριβώς στη σωστή του θέση όταν χρησιμοποιείται το λογισμικό AUTOCAD. Έτσι στην περίπτωση που το αρχείο το οποίο πρόκειται να γεωαναφερθεί, προορίζεται για μετέπειτα χρήση με το AUTOCAD, κάλο είναι να υφίσταται τη διαδικασία RECTIFY.



Εικόνα 59 Η μορφή του εργαλείου Γεωαναφοράς ψηφιδωτών Δεδομένων

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι το λογισμικό ARCGIS παρέχει στο χρήστη του επιλογές μετασχηματισμού 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> τάξης, μετασχηματισμό SPLINE και μετασχηματισμό



ADJUST για την Γεωαναφορά ψηφιδωτών δεδομένων. Η περαιτέρω αναφορά στις μεθόδους μετασχηματισμού δεν αφορά το αντικείμενο της εργασίας, καθώς αποτελεί πολύ εξειδικευμένο αντικείμενο. Αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι στην περίπτωση της Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων με τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα δεδομένα αυτά αφορούν μετασχηματισμό σε δύο διαστάσεις καθώς δεν λαμβάνεται υπόψιν ο παράγοντας του αναγλύφου.

Επομένως η συγκεκριμένη μέθοδος δεν εκτελεί ορθοαναγωγή και δεν αφορά αεροφωτογραφίες ή δημιουργία ορθοφωτοχαρτών. Η Γεωαναφορά αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών εικόνων μπορεί να γίνει, ΜΕ ΠΟΛΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ όμως ακρίβεια κάτι το οποίο πρέπει να θεωρείται γνωστό. Στην περίπτωση δημιουργίας ορθοφωτοχαρτών, καλό είναι να χρησιμοποιηθεί κάποιο εξειδικευμένο πακέτο λογισμικού καθώς το ARCGIS 9.3 δεν διαθέτει δυνατότητες εκτέλεσης αεροτριγωνισμού ή ορθοαναγωγής. Επίσης η Γεωαναφορά των ψηφιδωτών δεδομένων αφορά σκαναρισμένα δεδομένα δύο διαστάσεων (χάρτες, διαγράμματα, φωτογραφίες), επομένως οι αντίστοιχοι μετασχηματισμοί είναι δύο διαστάσεων και δεν έχουν σχέση με τους μετασχηματισμούς αλλαγής προβολικών συστημάτων ή συστημάτων αναφοράς.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφορά στις κυριότερες δυνατότητες του λογισμικού σχετικά με την διαχείριση των συστημάτων αναφοράς και της Γεωαναφοράς χωρικών δεδομένων, χωρίς προφανώς να καλυφθούν όλες οι πιθανές περιπτώσεις καθώς κάτι τέτοιο δεν μπορεί να ενταχθεί στα στενά πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας. Στη συνέχεια ακολουθεί αντίστοιχη αναφορά για τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS.

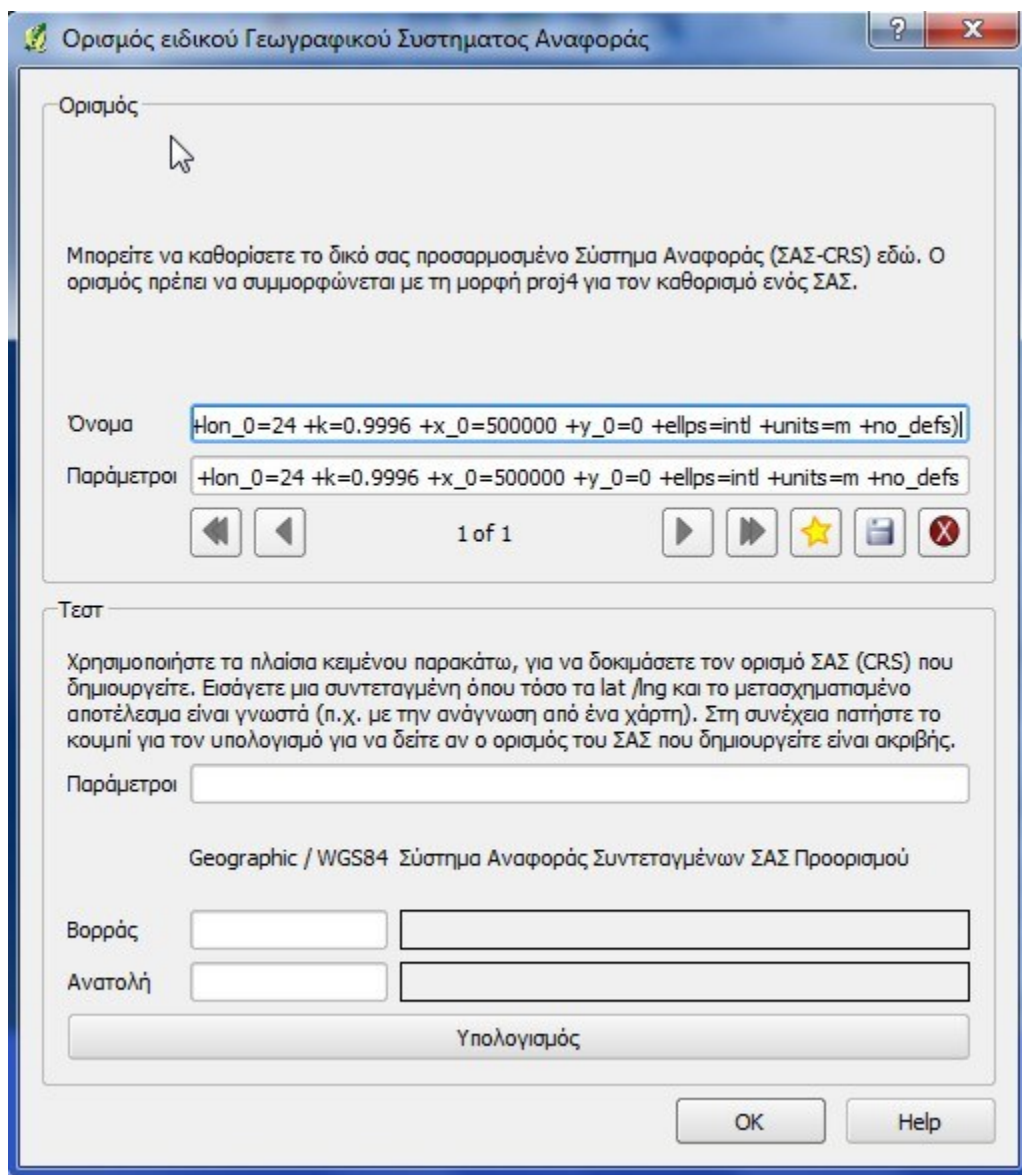
### **Συνδυασμός QUANTUM/GRASS και Συστήματα Αναφοράς.**

Τα λογισμικά QUANTUM\_GIS και GRASS παρέχουν τη δυνατότητα χρήσης μιας ευρείας γκάμας προβολικών συστημάτων και συστημάτων αναφοράς, τα οποία καλύπτουν διάφορες ανάγκες χαρτογράφησης του συνόλου της γήινης επιφάνειας. Οι προβολές και τα συστήματα αναφοράς τα οποία είναι διαθέσιμα στα δύο παραπάνω λογισμικά περιέχονται στη βιβλιοθήκη PROJ.4, η οποία αποτελεί εφαρμογή ανοιχτού κώδικα και περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό προβολικών συστημάτων και συστημάτων αναφοράς, παράλληλα με έναν αριθμό μεθόδων μετασχηματισμού μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Οι μέθοδοι μετασχηματισμού οι οποίοι παρέχονται από την ίδια τη βιβλιοθήκη είναι:

- «*Proj* και *invproj*: Χρησιμοποιείται για το μετασχηματισμό δεδομένων από ένα σύστημα *GEOGRAPHIC* σε *PROJECTED (Proj)* και αντίστροφα (*invproj*)» (Sherman, 2009)
- «*cs2cs*: Πραγματοποιεί μετασχηματισμούς μεταξύ συστημάτων αναφοράς, με αλλαγή *datum*, και απαιτεί την εισαγωγή των παραμέτρων των δύο συστημάτων» (Sherman, 2009)
- «*geode* και *invgeod*”: Πραγματοποιεί ευθείς κι αντιστρόφους γεωδαιτικούς μετασχηματισμούς, επιτρέποντας τον υπολογισμό γεωγραφικών μηκών, πλατών, και αζιμουθίων από ένα γνωστό σημείου έναρξης. Επίσης υπολογίζει αποστάσεις κι αζιμούθια μεταξύ γνωστών σημείων» » (Sherman, 2009)
- «*Nad2nad*: Χρησιμοποιείται για μετασχηματισμό δεδομένων μεταξύ των συστημάτων *North America 1927* και *North America 1983*.» (Sherman, 2009)

Οι παραπάνω μετασχηματισμοί είναι διαθέσιμοι μέσα από τη βιβλιοθήκη PROJ.4 (διαθέσιμη στην ιστοσελίδα <http://trac.osgeo.org/proj/> ), την οποία μπορεί να κατεβάσει ο χρήστης στον υπολογιστή του και την οποία χρησιμοποιούν και τα ανοιχτά λογισμικά της μελέτης, και η οποία αποτελεί ευρύτατο αντικείμενο μελέτης το οποίο δεν δύναται να καλυφθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας. Το γεγονός αυτό παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης μετασχηματισμών από το περιβάλλον του DOS με τη χρήση εντολών, χωρίς να χρειαστεί ενεργοποίηση των λογισμικών QUANTUM/GRASS. Η δυνατότητα αυτή δεν αφορά τη συγκεκριμένη εργασία, όποτε δεν θα εξεταστεί περαιτέρω.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι και τα δύο λογισμικά παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας νέων συστημάτων αναφοράς, με τη χρήση εργαλείων τα οποία επιτρέπουν την εισαγωγή των παραμέτρων των νέων συστημάτων αναφοράς. Το μεν QGIS χρησιμοποιεί το εργαλείο «Ορισμός Ειδικού Συστήματος Αναφοράς», το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία ενός νέου Συστήματος Αναφοράς με την εισαγωγή των παραμέτρων του συστήματος από το χρήστη, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



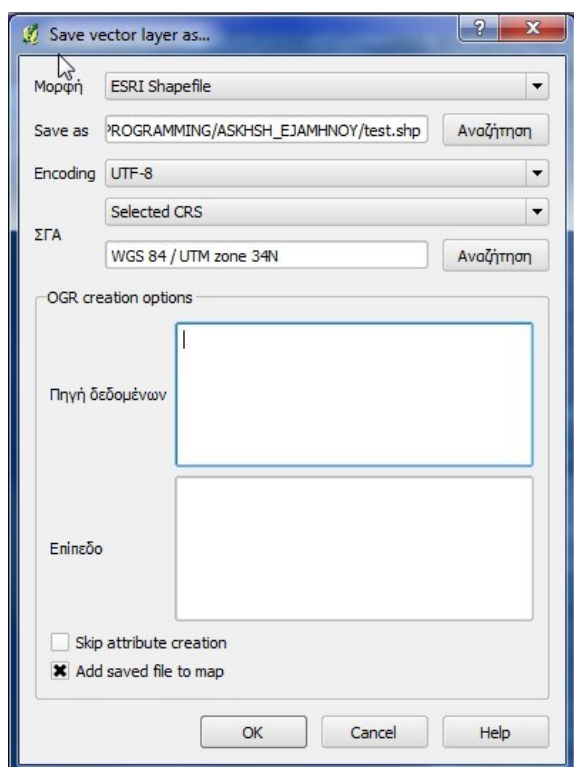
Εικόνα 60 Η μορφή του εργαλείου Νέου Ορισμού Συστήματος Αναφοράς

Το λογισμικό GRASS, με τη σειρά του, επιτρέπει τη χρήση ενός user defined συστήματος αναφοράς, το οποίο δημιουργείται κατά τη δημιουργία του LOCATION στο οποίο θα αποθηκευθούν τα δεδομένα, απλά επιλέγοντας τη χρήση της επιλογής USER DEFINED COORDINATE SYSTEMS στο αντίστοιχο TAB δημιουργίας του νέου MAPSET. Η διαδικασία έχει περιγραφεί σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, σχετικά με τη δημιουργία δεδομένων με τη χρήση του GRASS, επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω αναφορά σε αυτήν. Γενικά, οι δυνατότητες των λογισμικών όσον αφορά τη διαχείριση συστημάτων αναφοράς και προβολικών συστημάτων, δεν υστερούν από τις αντίστοιχες του ARCGIS 9.3. Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι δυνατότητες του συνδυασμού των λογισμικών

QUANTUM/GRASS στους τομείς της επαναπροβολής (μετασχηματισμός συστήματος αναφοράς) και της Γεωαναφοράς δεδομένων.

### Επαναπροβολή Διανυσματικών και Ψηφιδωτών Δεδομένων

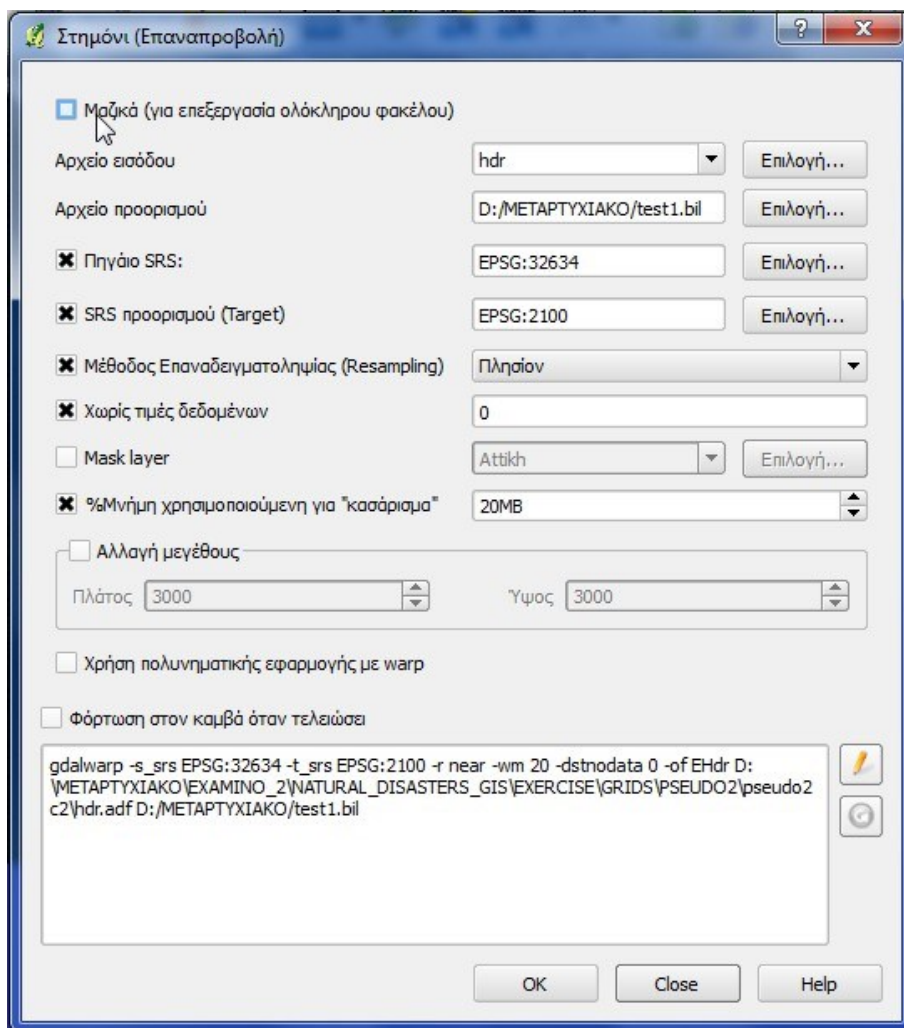
Το λογισμικό QUANTUM\_GIS παρέχει τη δυνατότητα επαναπροβολής διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων χρησιμοποιώντας τους μετασχηματισμούς οι οποίοι παρέχονται από τη βιβλιοθήκη PROJ.4, οι οποίοι περιγράφησαν σε προηγούμενη παράγραφο. Το λογισμικό επαναπροβάλλει τα διανυσματικά και τα ψηφιδωτά δεδομένα με τη χρήση διαφορετικών λειτουργιών, γεγονός το οποίο ορισμένες φορές δυσκολεύει το χρήστη καθώς η αντιμετώπιση των δύο μορφών δεδομένων φαίνεται να είναι διαφορετική. Έτσι στην περίπτωση των διανυσματικών δεδομένων ο μετασχηματισμός από ένα σύστημα αναφοράς σε ένα άλλο, γίνεται μέσα από την εντολή SAVE AS, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι το διανυσματικό αρχείο στην ουσία σώζεται με άλλο όνομα και σε άλλο σύστημα αναφοράς με τη χρήση της εντολής αποθήκευσης. Το περιβάλλον μέσα από το οποίο διεξάγεται η συγκεκριμένη λειτουργία απεικονίζεται στη συνέχεια:



Εικόνα 61 Η μορφή του εργαλείου αποθήκευσης κι επαναπροβολής διανυσματικού αρχείου.

Στην περίπτωση των ψηφιδωτών δεδομένων ο μετασχηματισμός γίνεται μέσα από το εργαλείο RASTER→PROJECTIONS→REPROJECT, το οποίο απεικονίζεται στο παρακάτω

σχήμα και το οποίο παρέχει μια σειρά από δυνατότητες, όπως η χρήση του για το μετασχηματισμό ενός αρχείου ή ενός φακέλου αρχείων. Υπενθυμίζεται ότι η αντίστοιχη εργασία BATCH PROJECT στο ARCGIS απαιτούσε τη χρήση διαφορετικού εργαλείου, ενώ το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει ταυτόχρονα δυνατότητες RESAMPLING, WARP, χρήση ΜΑΣΚΑΣ, καθώς και διαχείριση των κελιών με τιμές NODATA. Η επιλογή resampling υλοποιείται μέσα από τις επιλογές nearest, bilinear, cubic, cubic spline και lanczos, οποίες περιγράφονται στη συνέχεια. Το συγκεκριμένο εργαλείο απεικονίζεται στη συνέχεια:



Εικόνα 62 Η μορφή του εργαλείου επαναπροβολής ψηφιδωτού αρχείου.

Τέλος το λογισμικό GRASS μέσα από τα GRASS TOOLS, παρέχει μια σειρά εντολών μετασχηματισμού από ένα σύστημα αναφοράς σε ένα άλλο, οι κυριότερες εκ των οποίων είναι οι παρακάτω:

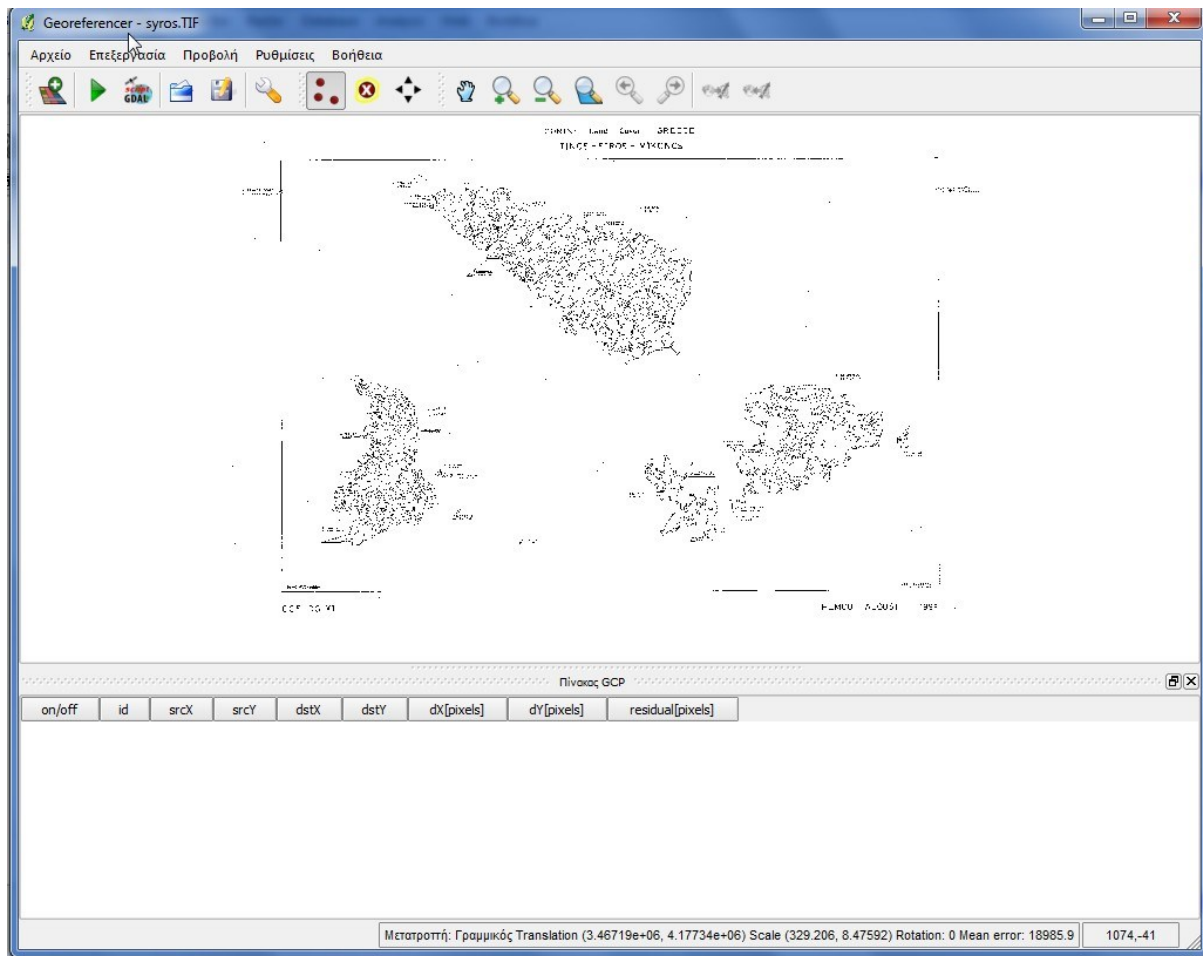
- m.proj : Μετατρέπει αρχεία συντεταγμένων από ένα σύστημα σε ένα άλλο με τη χρήση του μετασχηματισμού cs2cs
- v.project: Επαναπροβολής ένα διανυσματικό χάρτη από ένα άλλο MAPSET ενός αλλού LOCATION στο τρέχον MAPSET του τρέχοντος LOCATION κάνοντας χρήση της βιβλιοθήκης PROJ.4.
- v.transform: Διενεργεί αφινικό μετασχηματισμό σε ένα διανυσματικό χάρτη.
- r.project: Επαναπροβολής ένα ψηφιδωτό χάρτη από ένα LOCATION στο τρέχον LOCATION, κάνοντας resampling με βάση τις επιλογές nearest nearest neighbor), bilinear (χρήση των τεσσάρων κοντινότερων εικονοστοιχειών), cubic (χρήση των δεκαέξι κοντινότερων εικονοστοιχειών) και lanczos (χρήση 25 κοντινότερων εικονοστοιχειών). Η επιλογή lanczos δεν είναι διαθέσιμη στο ARCGIS 9.3, ενώ η επιλογή cubic spline είναι διαθέσιμη μόνο στο QUANTUM.

Σε γενικές γραμμές προκύπτει ότι, όχι μόνο τα δύο λογισμικά QUANTUM και GRASS έχουν παρόμοιες δυνατότητες με το ARCGIS 9.3 σε σχέση με την επαναπροβολή δεδομένων, αλλά όσον αφορά την δυνατότητα resampling ψηφιδωτών δεδομένων διαθέτουν περισσότερες επιλογές.

### **Γεωαναφορά Διανυσματικών και Ψηφιδωτών Δεδομένων**

Η Γεωαναφορά των διανυσματικών δεδομένων και για τα δύο λογισμικά, δηλαδή η ένταξη των διανυσματικών δεδομένων σε ένα σύστημα συντεταγμένων γίνεται κατά τη δημιουργία τους, επιλέγοντας μεταξύ των συστημάτων αναφοράς το κατάλληλο ή ορίζοντας ένα νέο σύστημα αναφοράς. Έτσι στη μεν περίπτωση του QGIS ο χρήστης ορίζει το σύστημα συντεταγμένων κατά τη δημιουργία του shapefile ή του SpatialLite - PostGIS Layer, ενώ στην περίπτωση του GRASS το σύστημα αναφοράς ορίζεται κατά τη διαδικασία δημιουργίας του LOCATION/MAPSET. Η διαδικασία αυτή, και για τις δύο περιπτώσεις έχει περιγράψει σε προηγούμενο υποκεφάλαιο σχετικά με τη δημιουργία διανυσματικών δεδομένων και δεν απαιτείται η περαιτέρω ανάλυση της.

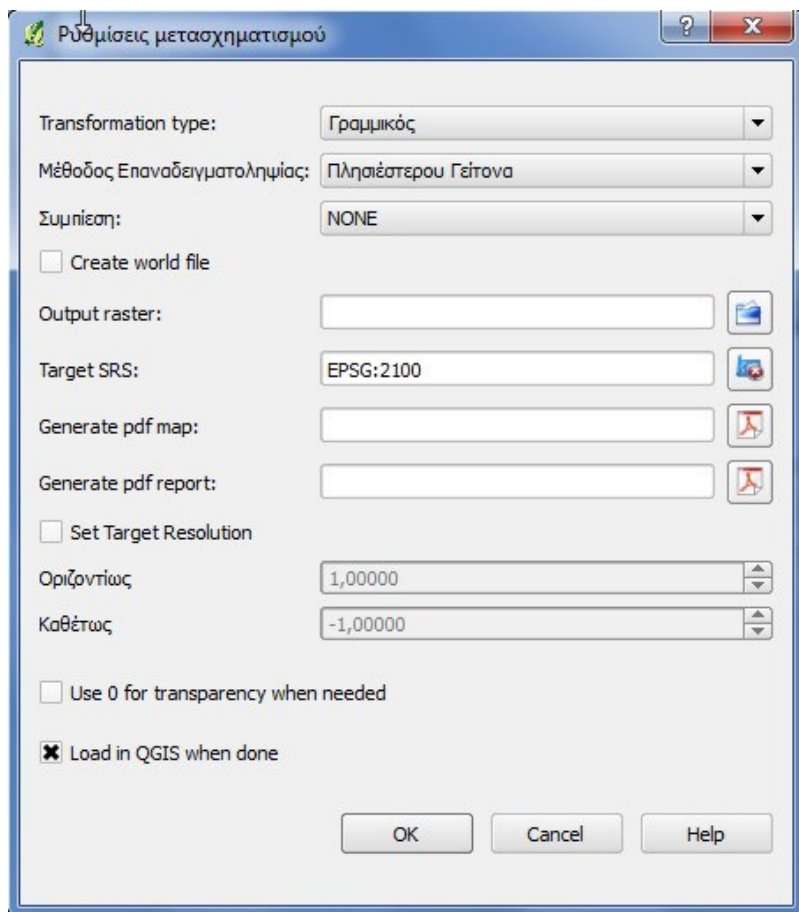
Αντίθετα στην περίπτωση των ψηφιδωτών δεδομένων η δυνατότητα Γεωαναφοράς τους παρέχεται με τη χρήση ξεχωριστών εργαλείων από το λογισμικό. Έτσι στην περίπτωση του QUANTUM\_GIS παρέχεται το εργαλείο GEOREFERENCER, το οποίο περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 63 Η μορφή του εργαλείου Γεωαναφοράς ψηφιδωτού αρχείου

Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει στο χρήστη να επιλέξει μεταξύ επτά (7) ειδών μετασχηματισμού και συγκεκριμένα μεταξύ των 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup> τάξης πολυωνυμίων μετασχηματισμών, των μετασχηματισμών Helmert, Projected, Thin Plate Spline και του Γραμμικού (Linear) μετασχηματισμού. Παράλληλα επιτρέπει τις μεθόδους resampling οι οποίες περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ενώ δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει γεωαναφερμένο αρχείο μορφής .pdf και να δημιουργήσει αρχείο Γεωαναφοράς .tfw. Οι δυνατότητες αυτές διαχείριση του μετασχηματισμού, προσφέρονται από το εργαλείο του παρακάτω σχήματος:



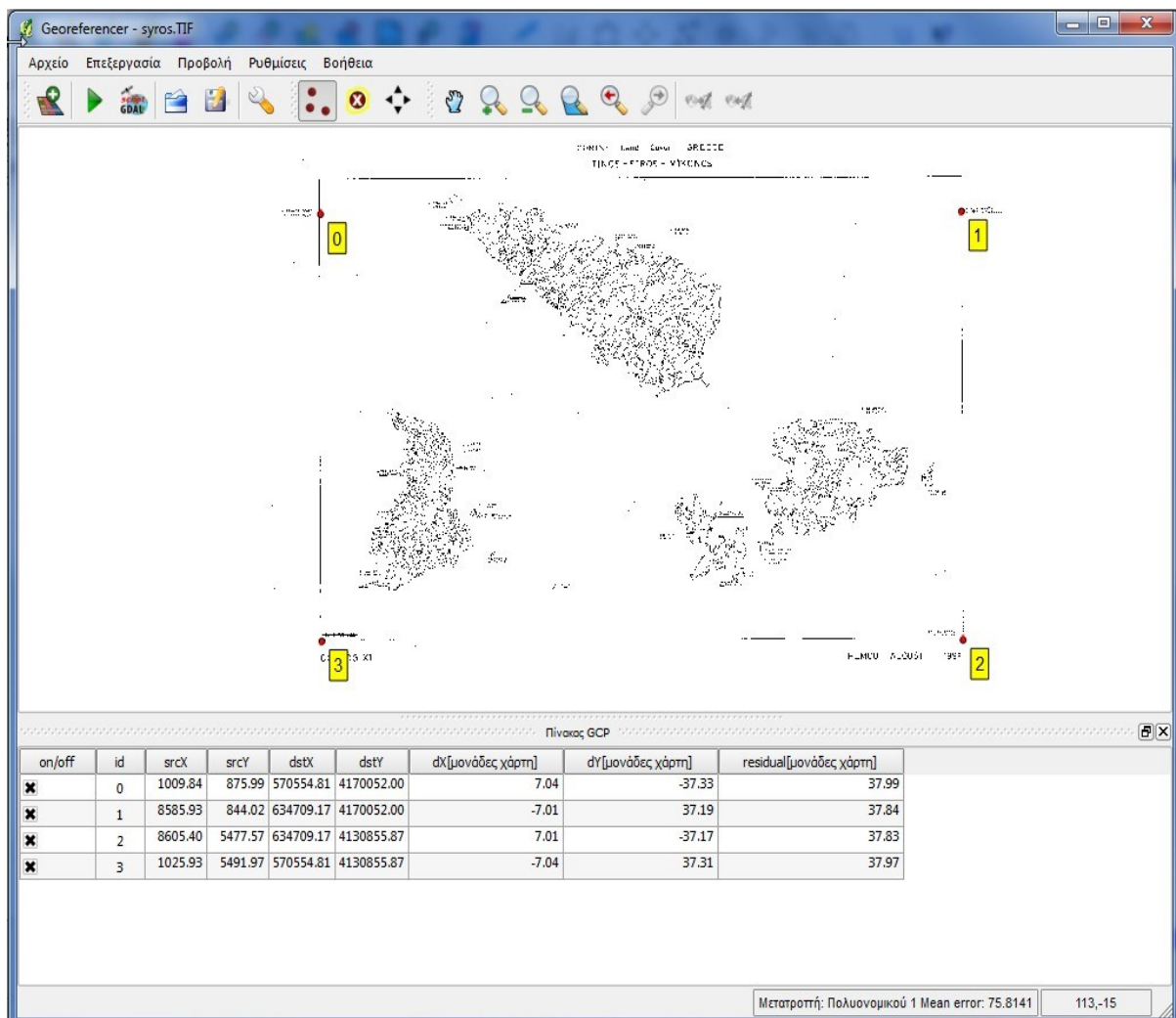


Εικόνα 64 Η μορφή του εργαλείου ρυθμίσεως του μετασχηματισμού της Γεωαναφοράς ψηφιδωτού αρχείου

Σε αντίθεση με το ARCGIS 9.3 ο χρήστης εδώ εισάγει τα σημεία γνωστών συντεταγμένων χειροκίνητα, επιλέγοντας τα στο ψηφιδωτό αρχείο το οποίο εισάγεται στο εργαλείο. Κατά τη διάρκεια της εισαγωγής κάθε σημείου, ο χρήστης αρχικά προσθέτει και στη συνέχεια πληκτρολογεί τις συντεταγμένες (στο αντίστοιχο σύστημα αναφοράς) στη φόρμα που εμφανίζεται, ενώ μετά το πέρας της εισαγωγής των σημείων μπορεί να σώσει το αρχείο των σημείων σε μορφή .point. Παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιήσει για τη Γεωαναφορά κάποιο ήδη υπάρχον τέτοιο αρχείο, εφόσον το έχει δημιουργήσει με την παραπάνω διαδικασία, χωρίς όμως να είναι δυνατή η χρήση SHAPEFILE.

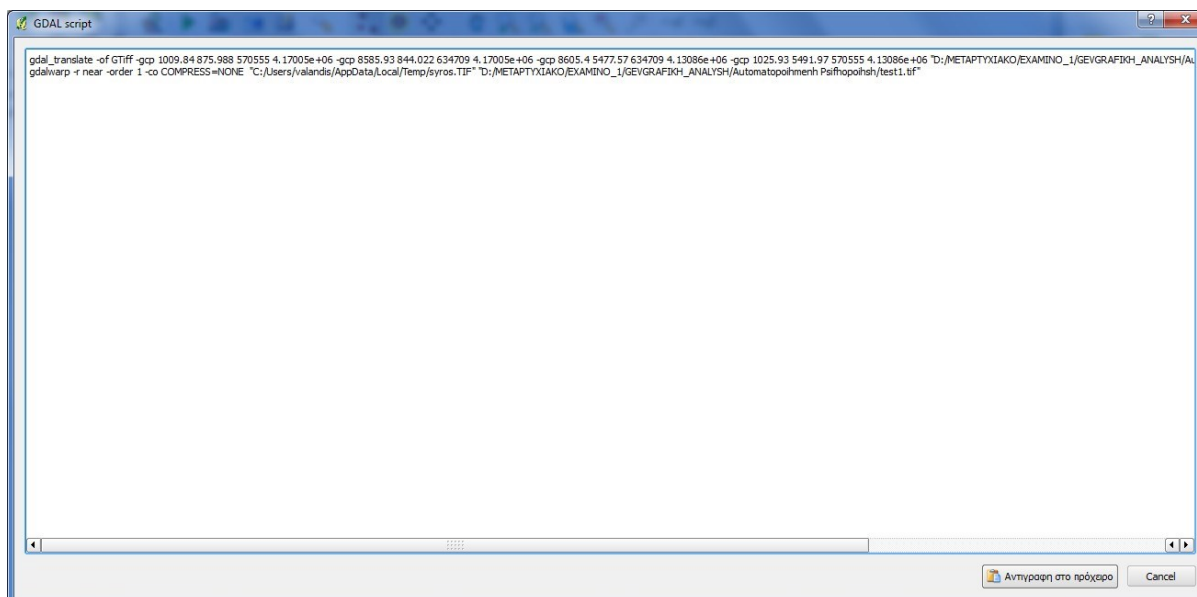
Μετά την προσθήκη του απαιτούμενου αριθμού σημείων και της κατάλληλης μεθόδου μετασχηματισμού, το λογισμικό παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να εκτιμήσει την ακρίβεια της εργασίας, μέσω του RMS (κάτω αριστερά στο παρακάτω σχήμα), και της απόκλισης από την πραγματική θέση του κάθε σημείου έλεγχου. Τέλος, κατά την επιλογή των ρυθμίσεων του μετασχηματισμού, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την δημιουργία ενός

νέου ψηφιδωτού αρχείου (αντί για τη δημιουργία αρχείου .tifw) γεγονός το οποίο αντιστοιχεί στη λειτουργία RECTIFY του ARCGIS 9.3.



Εικόνα 65 Η μορφή του εργαλείου Γεωαναφοράς ψηφιδωτών Δεδομένων, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Τέλος, το εργαλείο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει την όλη διαδικασία του μετασχηματισμού σε μορφή GDAL SCRIPT, το οποίο να μπορεί να το χρησιμοποιήσει και σε άλλες εφαρμογές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 66 Η μορφή της εξαγωγής της διαδικασίας Γεωαναφοράς σε GDAL SCRIPT.

Όσον αφορά το λογισμικό GRASS οι δυνατότητες Γεωαναφοράς ψηφιδωτών δεδομένων, αφορούν κυρίως την εντολή `i.rectify`, η οποία όμως δεν παρέχεται από τα GRASS TOOLS. Η εντολή αυτή χρησιμοποιεί σημεία γνωστών συντεταγμένων, τα οποία έχουν οριστεί με τις εντολές `i.points` και `i.vrpoints`, προκειμένου να διενεργήσει πολυωνυμικούς μετασχηματισμούς (1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup> τάξης) και να μετασχηματίσει στη συνέχεια τις συντεταγμένες του κάθε εικονοστοιχείου, για ένα αρχείο ή μιας ομάδας ψηφιδωτών αρχείων. Η διαδικασία resampling χρησιμοποιεί τις μεθόδους nearest, bilinear, cubic, lanczos, bilinear\_f, cubic\_f, lanczos\_f, οι οποίες είναι αριθμητικά περισσότερες από αυτές που παρέχει το ARCGIS 9.3. Η διαδικασία προϋποθέτει την προηγούμενη χρήση των εντολών `i.points` και `i.vrpoints`, κάθε μη γεωαναφερόμενο αρχείο πρέπει να υφίσταται την παραπάνω διαδικασία πριν εισαχθεί σε ένα LOCATION, ενώ το τελικό προϊόν είναι ένα RECTIFIED RASTER ή μια ομάδα RECTIFIED RASTERS.

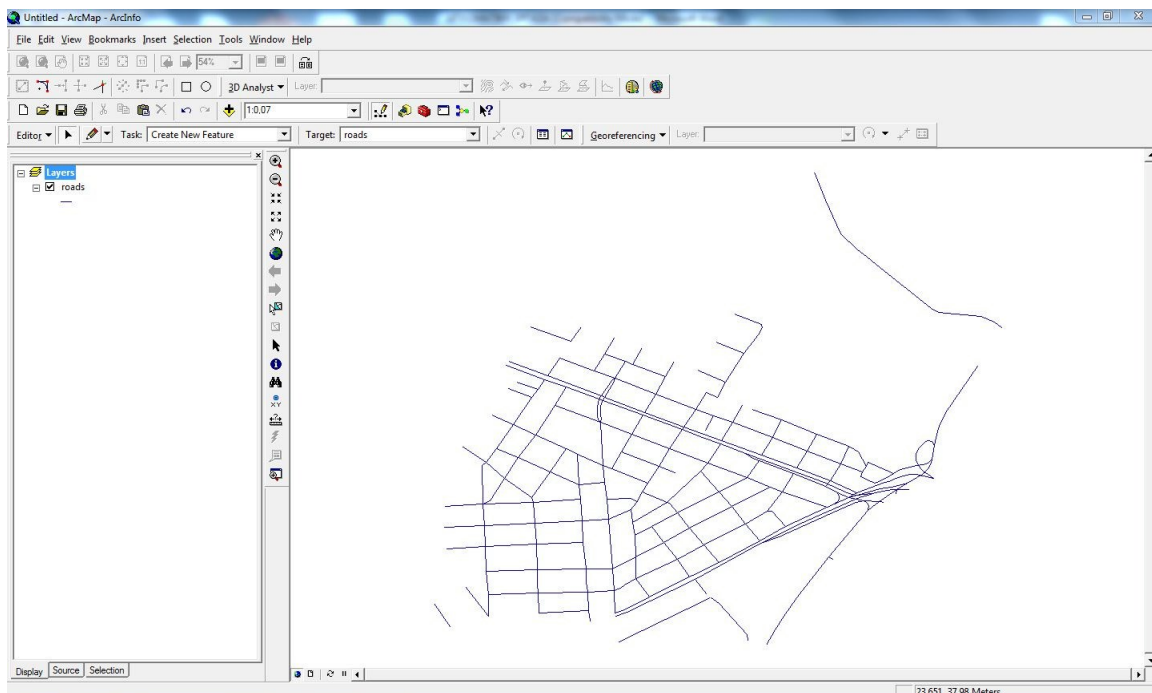
Γενικά παρατηρείται ελαφρά υπεροχή των λογισμικών QUANTUM/GRASS έναντι του ARCGIS, τουλάχιστον όσον αφορά τη Γεωαναφορά ψηφιδωτών δεδομένων, καθώς τα δύο αυτά λογισμικά παρέχουν α) περισσότερες μεθόδους μετασχηματισμού β) περισσότερες μεθόδους resampling. Αντίθετα, όσον αφορά τα διανυσματικά δεδομένα οι δυνατότητες του ARCGIS και του συνδυασμού GRASS/QUANTUM δεν φαίνονται να έχουν εμφανείς διαφορές, πέρα ίσως από τις διαφορές οι οποίες παρουσιάζονται λόγω της χρήσης των μεθόδων μετασχηματισμού (αλλαγής προβολικών συστημάτων) της βιβλιοθήκης PROJ.4 από τα GRASS/QUANTUM, σε αντιδιαστολή με τις μεθόδους μετασχηματισμού (αλλαγής

προβολικών συστημάτων ) του ARCGIS. Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η περιγραφή των δυνατοτήτων των λογισμικών της μελέτης σε σχέση με τις δυνατότητες Διαχείρισης Συστημάτων Αναφοράς και Γεωαναφοράς Δεδομένων, τις οποίες παρέχουν στο χρήστη. Στο επόμενο υποκεφάλαιο ακολουθεί περιγραφή των δυνατοτήτων Χαρτογραφικής Απεικόνισης των λογισμικών αυτών.

## 4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

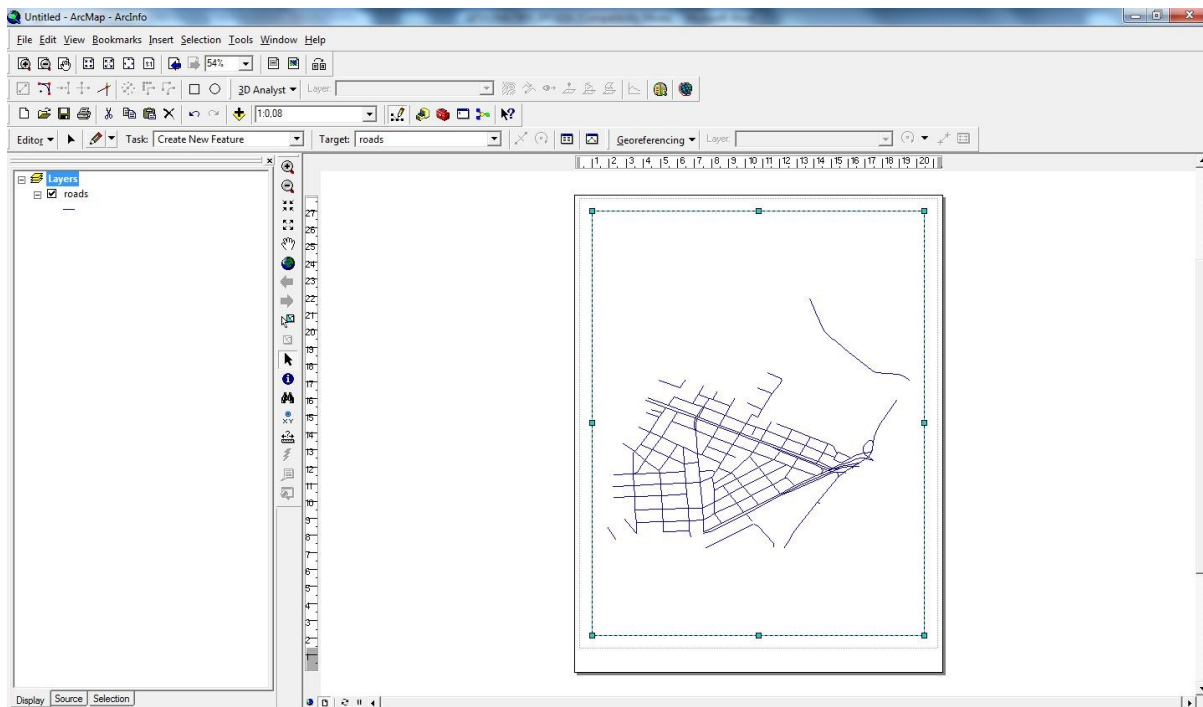
### ARCGIS 9.3 και Χαρτογραφική Σύνθεση

Το πακέτο λογισμικού ARCGIS 9.3 παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να απεικονίσει χαρτογραφικά, τα δεδομένα του μέσα από τη χρήση της εφαρμογής LAYOUT, η οποία είναι διαθέσιμη με αυτό. Η εφαρμογή αυτή λειτουργεί μέσα από το κεντρικό περιβάλλον εργασίας του λογισμικού, το οποίο απεικονίζεται στο σχήμα της επομένης σελίδας. Το κεντρικό περιβάλλον περιλαμβάνει ένα VIEW (περιβάλλον θέασης), το οποίο έχει σύστημα αναφοράς που είτε επιλέγεται από το χρήστη, είτε είναι το σύστημα του πρώτου αρχείου το οποίο θα εισαχθεί στο VIEW.



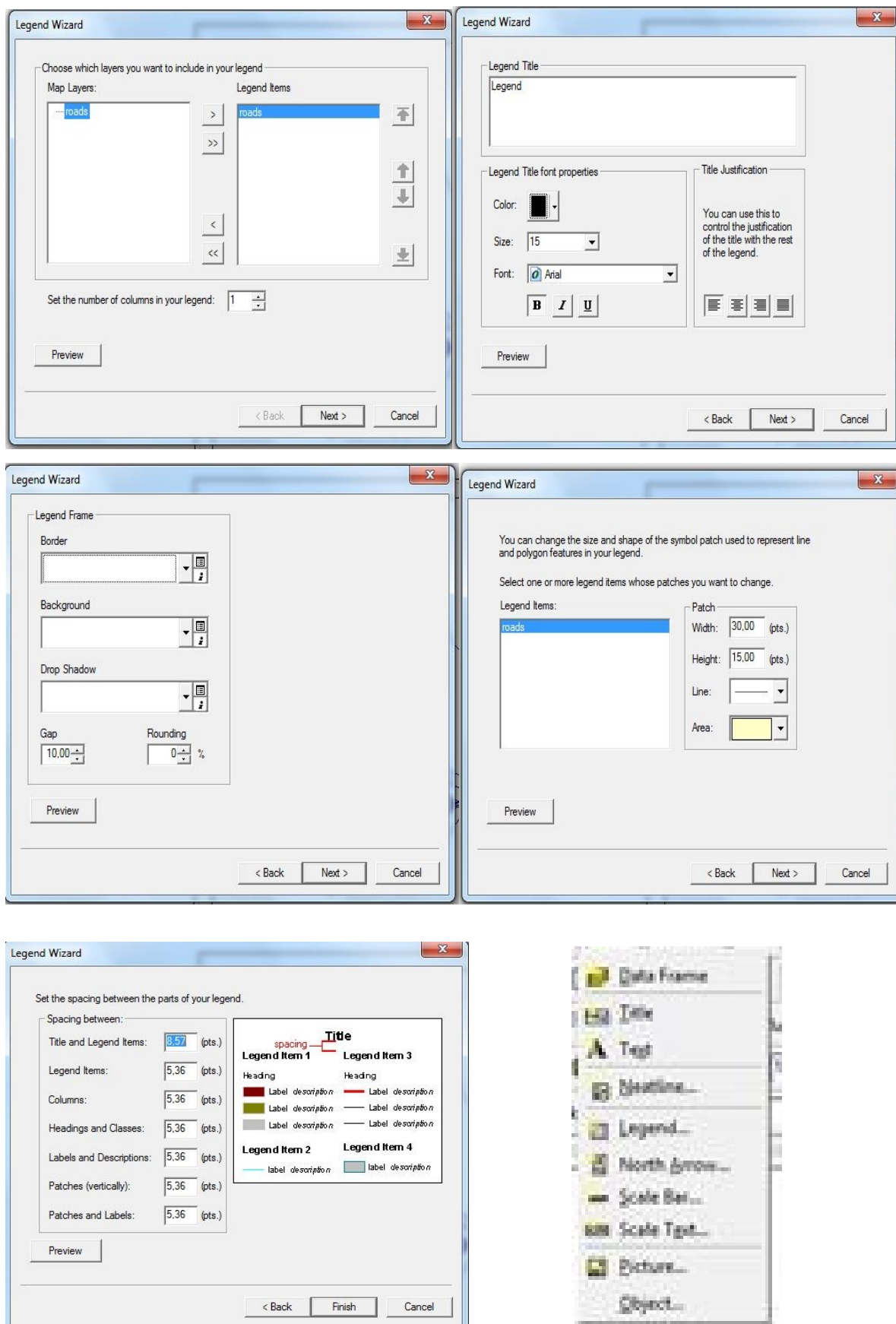
Εικόνα 67 Η μορφή κεντρικού περιβάλλοντος εργασίας του λογισμικού ARCGIS 9.3

Η ενεργοποίηση της λειτουργίας LAYOUT παρέχει στο χρήστη ένα εναλλακτικό περιβάλλον εργασίας, το οποίο περιέχει εργαλεία σύνθεσης χαρτών και το οποίο απεικονίζεται στη συνέχεια:



Εικόνα 68 Η μορφή περιβάλλοντος χαρτογραφικής σύνθεσης του λογισμικού ARCGIS 9.3

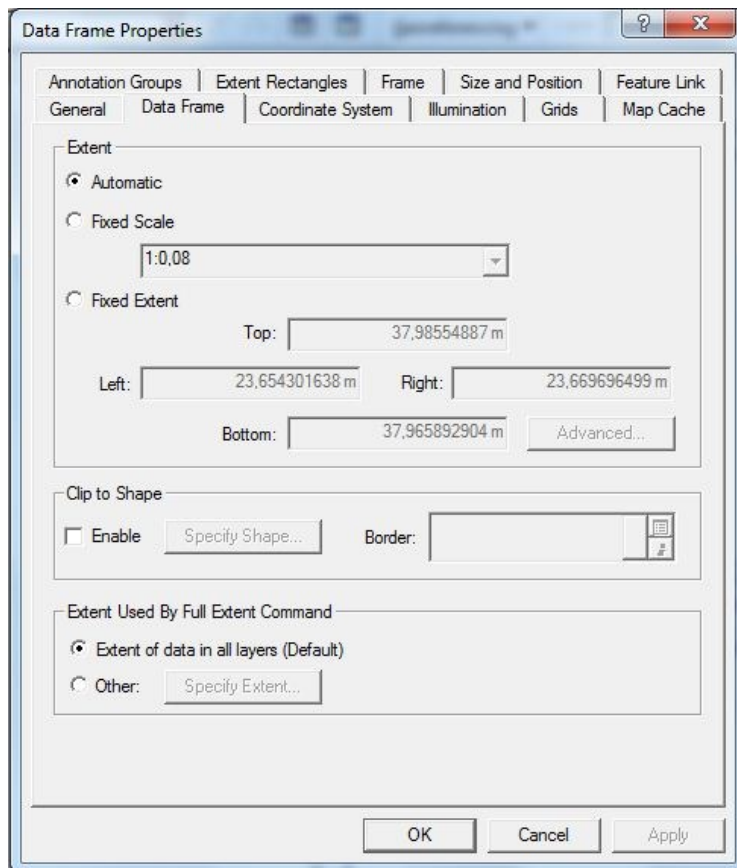
Το συγκεκριμένο περιβάλλον απεικονίζει τα δεδομένα τα οποία έχει εισάγει ο χρήστης κάθε φορά στο κεντρικό περιβάλλον, ενώ παρέχει μια σειρά από δυνατότητες σχετικά με την επιλογή του χαρτιού, την κλίμακα, τη διάταξη του χάρτη (landscape, portrait) κ.α. Με τη χρήση του εργαλείου INSERT, ο χρήστης μπορεί να εισάγει στον χάρτη διάφορα αντικείμενα όπως, η κλίμακα σε μορφή μπάρας (scale bar), η απεικόνιση του χαρτογραφικού Βορρά (North Arrow), περιγραφικό κείμενο (text), περίγραμμα του χάρτη (neatline), και υπόμνημα (legend). Η εισαγωγή υπομνήματος γίνεται με τη χρήση του αντιστοίχου WIZARD ο οποίος καθοδηγεί τον χρήστη, μέσω της επιλογής των δεδομένων τα οποία θα εισαχθούν στο υπόμνημα, των συμβόλων των δεδομένων αυτών, και των αντιστοίχων επιλογών σχετικά με τη διάταξη του υπομνήματος. Η χρήση του παραπάνω εργαλείου και του εργαλείου INSERT απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 69 Το εργαλείο δημιουργίας υπομνήματος και η μπάρα επιλόγων Insert Toolbar.



Η επιλογή της κλίμακας του χάρτη γίνεται με τη χρήση του εργαλείου VIEW→DATA FRAME PROPERTIES→ DATA FRAME, όπου ο χρήστης επιλέγει την κλίμακα αποδοχής, η οποία όπως και το σύστημα αναφοράς, είναι ίδια με του VIEW.




Εικόνα 70 Το εργαλείο επιλογής χαρτογραφικής κλίμακας.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει χαρτογραφικό κάνναβο με τη χρήση του εργαλείου VIEW→DATA FRAME PROPERTIES→GRIDS, με το οποίο, ακολουθώντας τον αντίστοιχο WIZARD δημιουργείται ο χαρτογραφικός κάνναβος. Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικότερα στο παρακάτω σχήμα:



Create a measured grid



**Appearance**

☐ Labels only  
☒ Tick marks and labels  
☐ Grid and labels

Style:

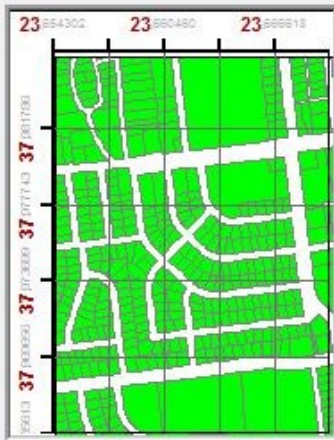
**Coordinate System**

Transverse\_Mercator  
 false\_easting: 500000,000000

**Intervals**

X Axis:  Meters  
 Y Axis:  Meters

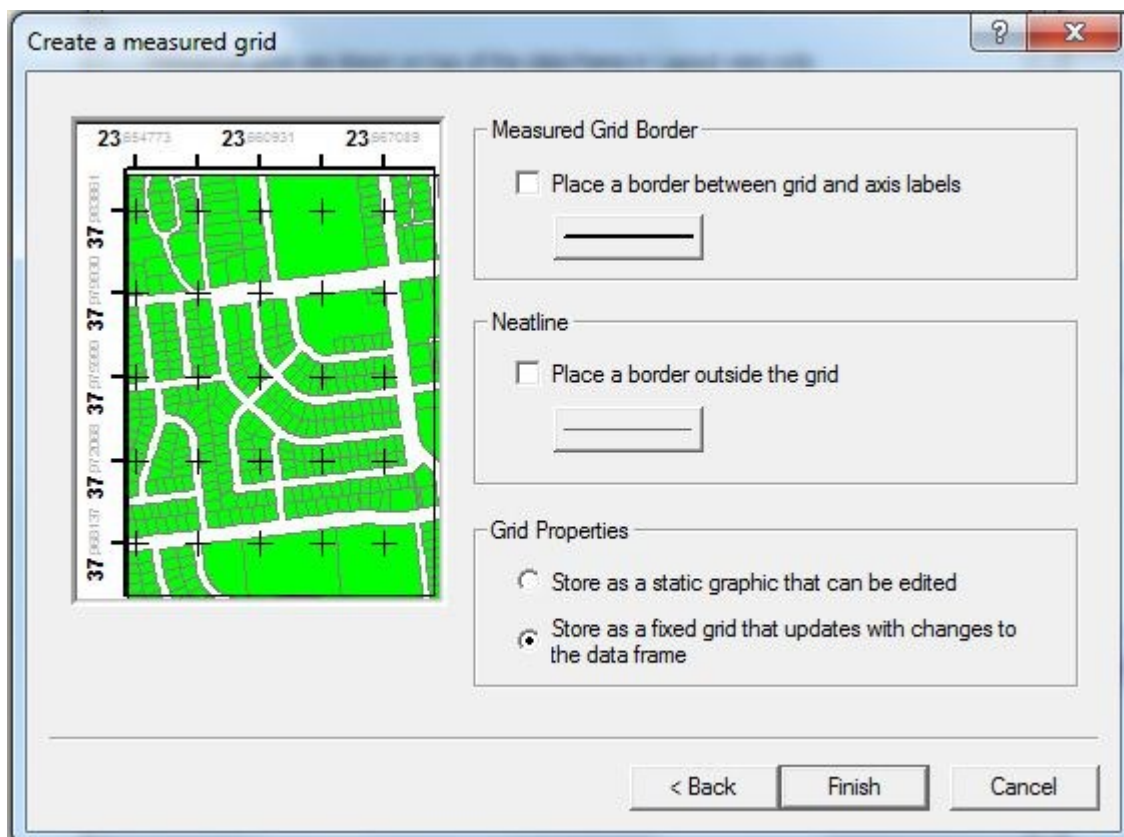
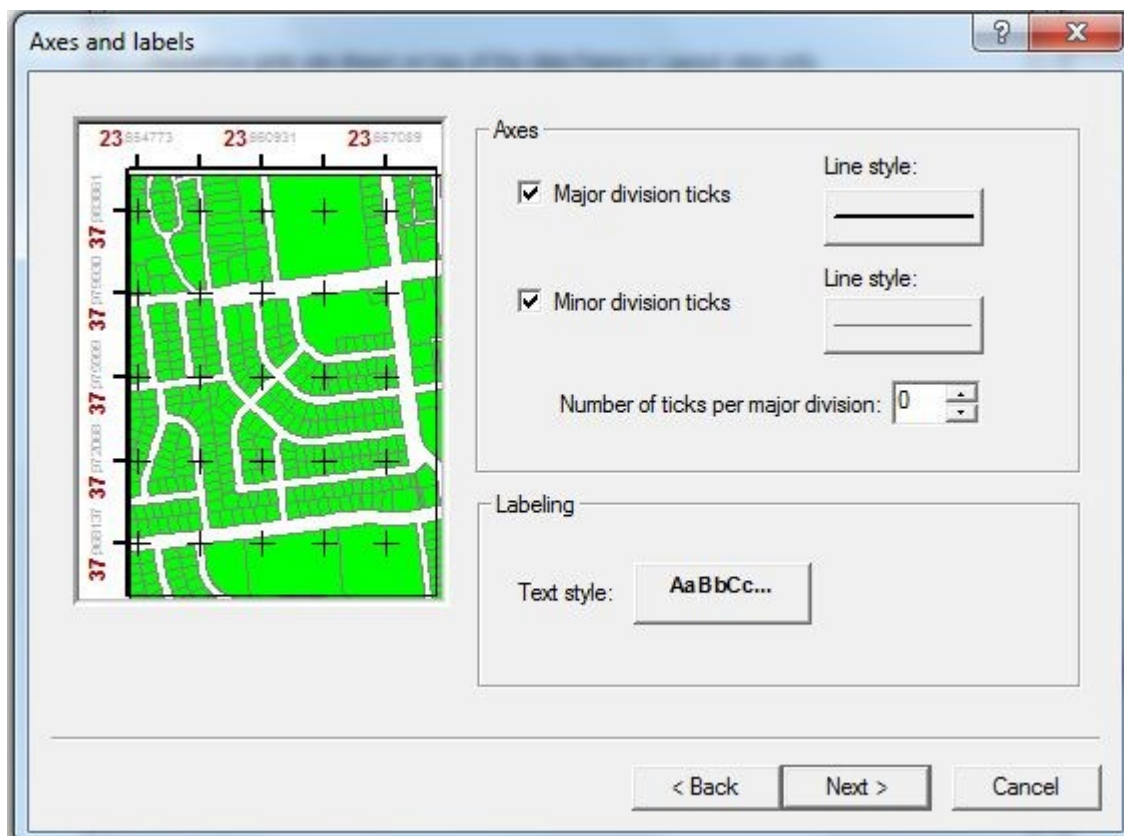
Grids and Graticules Wizard



**Which do you want to create?**

☐ Graticule: divides map by meridians and parallels  
☒ Measured Grid: divides map into a grid of map units  
☐ Reference Grid: divides map into a grid for indexing

Grid name:



Εικόνα 71 Το εργαλείο δημιουργίας χαρτογραφικού καννάβου.

Τόσο το συγκεκριμένο εργαλείο, όσο και όλα τα υπόλοιπα τα οποία περιγράφηκαν στην συγκεκριμένη παράγραφο, προσφέρουν στο σύνολο τους τη δυνατότητα στο χρήστη να παρουσιάσει ολοκληρωμένα χαρτογραφικά προϊόντα. Η αναλυτική χρήση του κάθε εργαλείου και η περαιτέρω ανάλυση, της διαδικασίας αυτής δεν αποτελεί στόχο της εργασίας, καθώς κάτι τέτοιο εμπίπτει εντός του αντικείμενου εργασίας ενός USER MANUAL.

Αντίθετα, αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφοράς στη δυνατότητα απεικόνισης διανυσματικών δεδομένων μέσω της χρήσης χαρτογραφικών αναπαραστάσεων (cartographic representations), την οποία παρέχει το λογισμικό ARCGIS 9.3. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται για δεδομένα μορφής feature class τα οποία είναι αποθηκευμένα σε οποιασδήποτε μορφής geodatabase. Στην ουσία οι αναπαραστάσεις αποτελούν κανόνες απεικόνισης διανυσματικών δεδομένων (feature classes), οι οποίοι καλούνται κάθε φορά που απεικονίζεται ο συγκεκριμένο feature class. Οι κανόνες αυτοί μπορεί να μεταβάλλουν απλά το συμβολισμό με τον οποίο απεικονίζεται το feature class, ή να μεταβάλλουν και τη γεωμετρία της απεικόνισης του, όπως στην περίπτωση χρήσης απεικονίσεων για λογούς χαρτογραφικής γενίκευσης.. Στη δεύτερη περίπτωση η γεωμετρία της αναπαράστασης μπορεί να αποθηκευθεί ως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό (χωρίς μεταβολή της γεωμετρίας του feature class) ή να μεταβάλει οριστικά τη γεωμετρία του feature class. (ARCGIS 9.3 HELP)

Σε κάθε περίπτωση οι αναπαραστάσεις αποθηκεύονται ως ιδιότητες του feature class, με τη μορφή δύο πεδίων: α) του RULE ID, το οποίο αποθηκεύει τον κανόνα αναπαράστασης του κάθε feature του feature class και β) του πεδίου OVERRIDE, το οποίο αποθηκεύει τις τυχόν εξαιρέσεις στην απεικόνιση του κάθε feature του feature class, σε σχέση με γενικότερους κανόνες. Αυτό το οποίο έχει σημασία είναι ότι η χρήση αναπαραστάσεων δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών χαρτογραφικών συνθέσεων από τα ίδια ακριβώς δεδομένα, με τη χρήση διαφορετικών αναπαραστάσεων κάθε φορά. Το γεγονός αυτό είναι, για παράδειγμα, πολύ σημαντικό στην περίπτωση που απαιτείται χαρτογραφική απεικόνιση μιας περιοχής σε διαφορετικές κλίμακες. (ARCGIS 9.3 HELP)

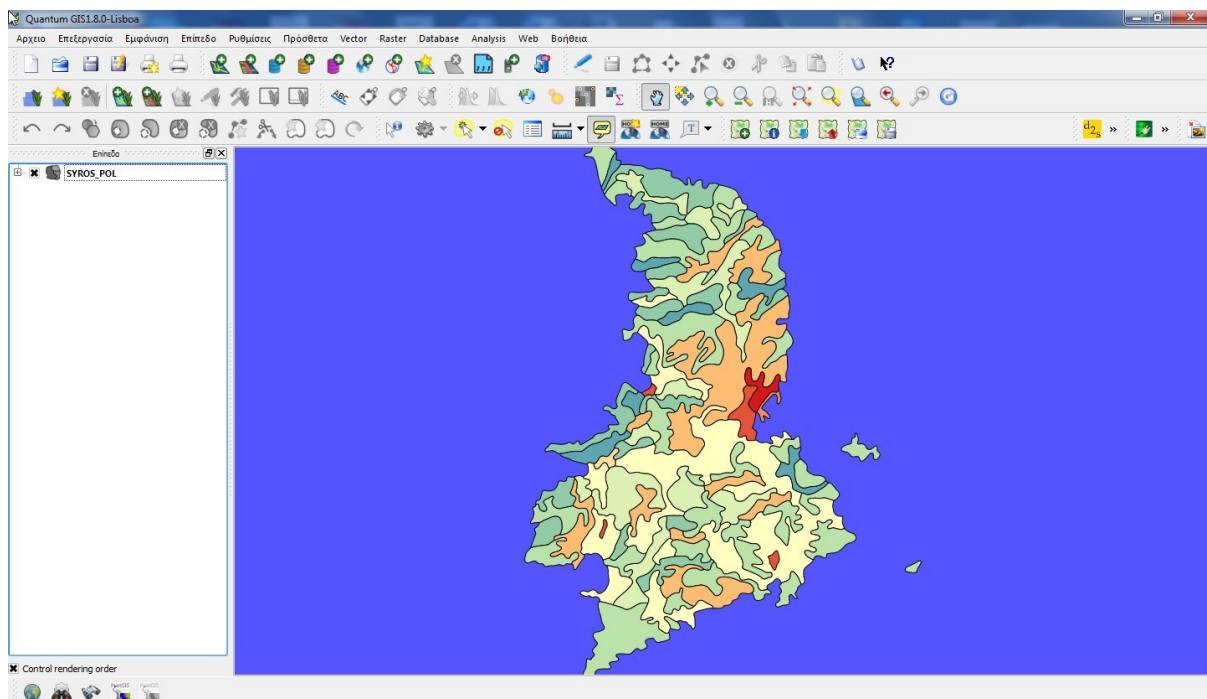
Η δυνατότητα αναπαραστάσεων παρέχεται από το εργαλείο, CARTOGRAPHY TOOLBOX, το οποίο παρέχει και άλλες δυνατότητες χαρτογραφικής απεικόνισης δεδομένων, όπως η δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας γραφικών (graphic quality) και δημιουργίας ΜΑΣΚΩΝ (MASKING TOOLS ). Τέλος το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής του χάρτη σε μια πληθώρα μορφών raster, όπως .tiff, .jpg, κ.α., ενώ παρέχει και τη δυνατότητα εξαγωγής

σε μορφή .pdf ή της αποθήκευσης του χάρτη σε μορφή .mxd η οποία είναι διαχειρίσιμη μόνο από το ARCGIS. Αξίζει επίσης να ειπωθεί ότι το ARCGIS 9.3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μαζική παραγωγή σύνθετων χαρτών με την προσθήκη της επέκτασης PLTS, η οποία πωλείται χωριστά από την ESRI, ενώ η πλήρης ανάπτυξη όλων των δυνατοτήτων του δεν είναι δυνατό να διεξαχθεί στα πλαίσια της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας

Στην επόμενη παράγραφο ακολουθεί αντίστοιχη συνοπτική περιγραφή των δυνατοτήτων Χαρτογραφικής Απεικόνισης του συνδυασμού λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS.

### QUANTUM/GRASS και Χαρτογραφική Σύνθεση

Στην περίπτωση του συνδυασμού QUANTUM/GRASS, η χαρτογραφική σύνθεση γίνεται συνήθως μέσα από τη χρήση του λογισμικού QUANTUM, το οποίο προσφέρει ένα πολύ εύχρηστο περιβάλλον χαρτογραφικής σύνθεσης. Το βασικό περιβάλλον εργασίας του λογισμικού είναι διαφορετικό από το περιβάλλον χαρτογραφικής σύνθεσης, το οποίο εμφανίζεται σε μορφή ξεχωριστού παραθύρου, κι απεικονίζεται στη συνέχεια:

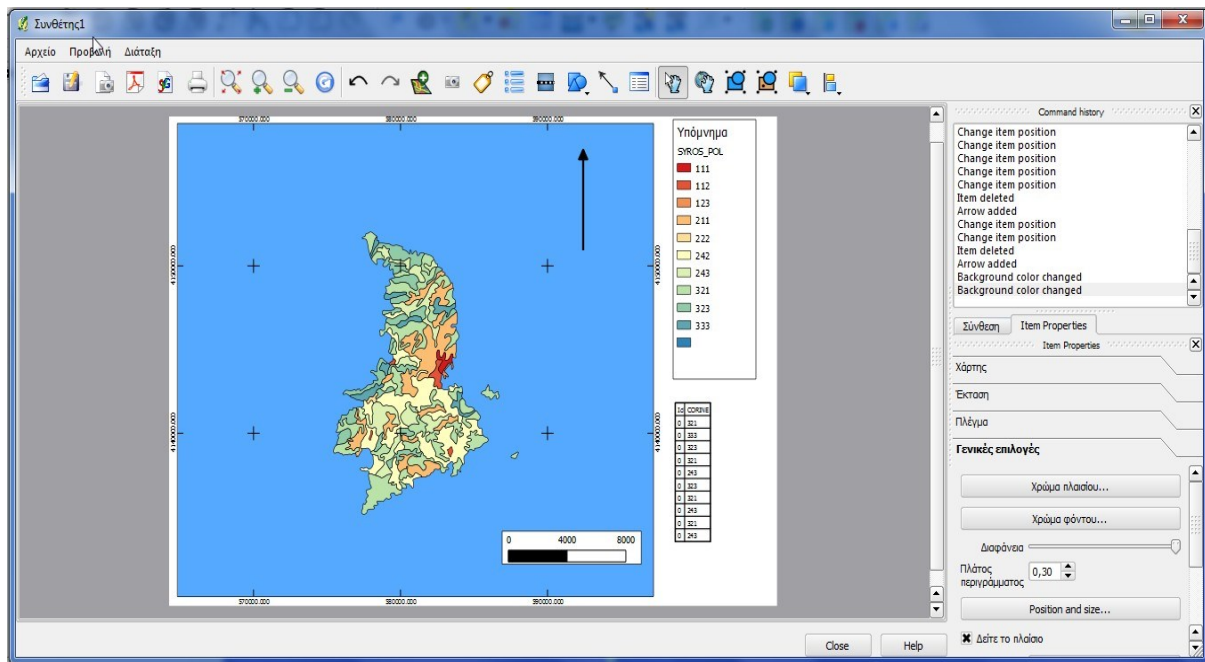


Εικόνα 72 Το βασικό περιβάλλον εργασίας του QUANTUM\_GIS.

Έτσι, το περιβάλλον χαρτογραφικής σύνθεσης, το οποίο ενεργοποιείται με την εντολή FILE→NEW MAP COMPOSITION, αποτελείται από ένα ξεχωριστό εργαλείο το οποίο διαθέτει παράθυρο απεικόνισης δεδομένων, και εργαλειοθήκες οι οποίες αποτελούν αποκλειστικότητα του περιβάλλοντος αυτού. Αυτό διαφέρει από το ARCGIS 9.3, όπου η

επιλογή LAYOUT απλά αλλάζει το περιβάλλον εργασίας (θέασης) και προσθέτει κάποια TOOLBARS στα ήδη υπάρχοντα.

Το συγκεκριμένο εργαλείο απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, όπου διακρίνεται ξεκάθαρα η διαφορετική μορφή του σε σχέση με το αντίστοιχο περιβάλλον του ARCGIS 9.3



Εικόνα 73 Το βασικό περιβάλλον Χαρτογραφικής Σύνθεσης του QUANTUM\_GIS.

Το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχει επίσης δυνατότητες προσθήκης, χαρακτηριστικών όπως η κλίμακα σε μορφή μπάρας, το περίγραμμα του χάρτη, η εισαγωγή κειμένου ή ετικέτας, καθώς και η δυνατότητα εισαγωγής φωτογραφίας. Ταυτόχρονα επιτρέπει τη δημιουργία υπομνήματος μέσα από τη χρήση του εργαλείου ADD LEGEND, το οποίο εισάγει όλα τα ενεργά (στο βασικό περιβάλλον εργασίας του QGIS), layers στο υπόμνημα. Το εργαλείο αυτό δεν επιτρέπει την επιλογή των επίπεδων τα οποία ο χρήστης θέλει να εμφανίζονται στο υπόμνημα και δεν λειτουργεί με τη μορφή WIZARD, αλλά απλά ενεργοποιώντας την αντίστοιχη επιλογή. Η ενημέρωση των στοιχείων του υπομνήματος γίνεται στη συνέχεια, με τη χρήση του εργαλείου ITEM PROPERTIES, εφόσον επιλεγθεί αρχικά το υπόμνημα ως ενεργό ITEM.

Το εργαλείο επιτρέπει επίσης, με τη χρήση των επίλογων οι οποίες βρίσκονται στο δεξιό τμήμα του, την επιλογή κλίμακας και τη δημιουργία καννάβου χωρίς χρήση WIZARD. Στην περίπτωση του QUANTUM, υπάρχει δυνατότητα εκτύπωσης σε διαφορετική κλίμακα από



Όσον αφορά τη δυνατότητα εξαγωγής του χάρτη, αυτή γίνεται σε μια σειρά ψηφιδωτών αρχείων ή σε μορφή .pdf, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα εξαγωγής σε μορφή .SVG, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό. Επίσης ο χάρτης μπορεί να αποθηκευθεί ως πρότυπο το οποίο θα χρησιμεύει για την δημιουργία άλλων χαρτών στη συνέχεια, κάτι που βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση των χαρτογραφικών σειρών. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι το QUANTUM \_GIS δεν παρέχει τη δυνατότητα χαρτογραφικών αναπαραστάσεων η οποία παρέχεται από το ARCGIS 9.3 για τα FEATURE CLASSES, γεγονός το οποίο αποτελεί μειονέκτημα έναντι του λογισμικού της ESRI. Τέλος, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα, μέσω του εργαλείου ATLAS, δημιουργίας χαρτογραφικών σειρών, ορίζοντας ένα βασικό TEMPLATE και χρησιμοποιώντας το για την παραγωγή σειράς χαρτών.

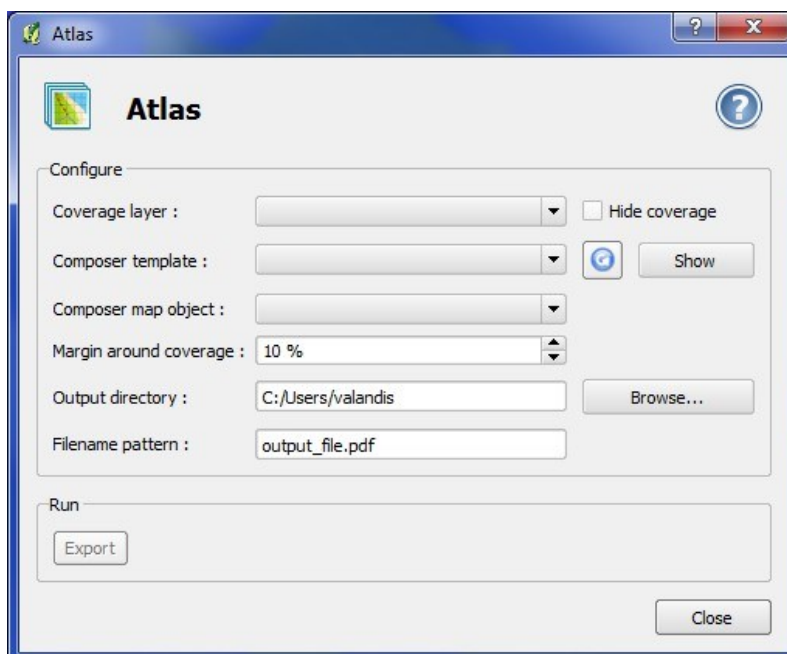
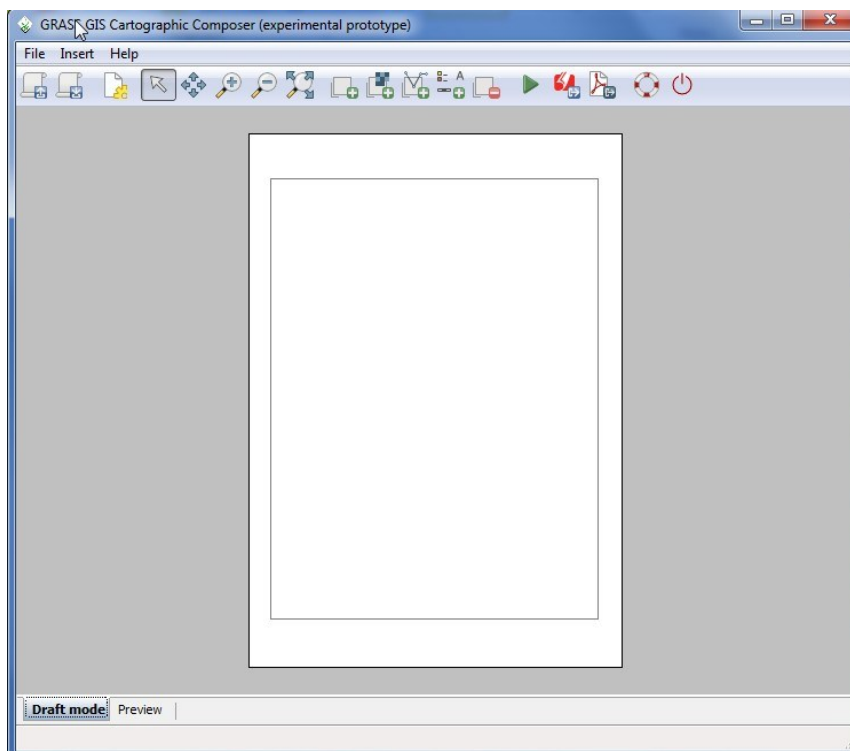
Σε γενικές γραμμές πάντως, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι δυνατότητες του QUANTUM είναι αρκετές για έναν μέσο χρήστη ο οποίος αρκείται στη δημιουργία απλών θεματικών χαρτών. Στην περίπτωση αντίθετα, όπου απαιτείται η παραγωγή πιο σύνθετων χαρτογραφικών απεικονίσεων το λογισμικό ARCGIS 9.3 είναι μάλλον καταλληλότερο, καθώς παρέχει δυνατότητες μέσα από το CARTOGRAPHY TOOLBOX τις οποίες δεν περιλαμβάνει το QGIS, όπως η χρήση χαρτογραφικής γενίκευσης μέσω αναπαραστάσεων χωρίς μεταβολή της πραγματικής γεωμετρίας των δεδομένων

Αυτό που γενικά είναι αποδεκτό όσον αφορά το συνδυασμό QUANTUM/GRASS, είναι ότι η Χαρτογραφική Απεικόνιση των δεδομένων τα οποία υφίστανται επεξεργασία με κάποιο από τα δύο αυτά λογισμικά, γίνεται κυρίως μέσα από το QUANTUM λόγω της ευκολίας χρήσης του. Πάρα το γεγονός αυτό όμως, το GRASS παρέχει τη δυνατότητα χαρτογραφικής σύνθεσης σε μορφή PS (POSTSCRIPT) ή .pdf, με τη χρήση του εργαλείου ps.map. Το εργαλείο αυτό περιλαμβάνει μια σειρά από επιλογές, οι οποίες ορίζουν τη θέση και τη διάταξη όλων των στοιχείων της χαρτογραφικής σύνθεσης.

Τέλος το εργαλείο αυτό δεν υπάρχει σε μορφή εντολής ή εργαλείου στο περιβάλλον των GRASS TOOLS του QUANTUM 1.8, ενώ αντίθετα υπάρχει και λειτουργεί μέσα από το αυτόνομο GRASS 6.4.2., ως εργαλείο Χαρτογραφικής Απεικόνισης. Οι δυνατότητες του συγκεκριμένου εργαλείου δεν θα αναλυθούν περαιτέρω, καθώς ο σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση μεταξύ του ARCGIS και του συνδυασμού λογισμικών QUANTUM/GRASS. Επομένως, επειδή το λογισμικό GRASS μελετάται μέσα από τη χρήση των GRASS TOOLS, ως τμήμα του QUANTUM (και όχι εντελώς αυτόνομα), αρκεί να αναφερθεί ότι η χρήση του περιβάλλοντος Χαρτογραφικής Απεικόνισης του QUANTUM είναι ικανή για την απεικόνιση δεδομένων τα οποία υφίστανται επεξεργασία και με τη χρήση του GRASS.

Πάρα το γεγονός αυτό όμως, το περιβάλλον Χαρτογραφικής Απεικόνισης του GRASS, ως αυτόνομο πακέτο, απεικονίζεται για λόγους καθαρά επιστημονικού ενδιαφέροντος στην επόμενη σελίδα μαζί με το εργαλείο ATLAS του QGIS:





Εικόνα 75 Το βασικό περιβάλλον Χαρτογραφικής Σύνθεσης του GRASS και το εργαλείο ATLAS του QGIS..

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η περιγραφή των δυνατοτήτων των λογισμικών μελέτης σε σχέση με τις δυνατότητες Χαρτογραφικής Απεικόνισης δεδομένων. Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των δυνατοτήτων των λογισμικών σχετικά με το αντικείμενο της Βασικής Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων.

## 5. ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

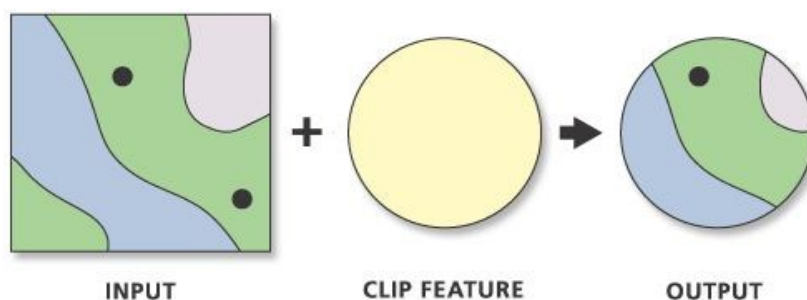
### Ανάλυση Διανυσματικών Δεδομένων και ARCGIS 9.3

Το λογισμικό ARCGIS 9.3 παρέχει στο χρήστη μια σειρά εργαλείων Ανάλυσης Διανυσματικών Δεδομένων, μέσα από την επιλογή ARCTOOLBOX→ANALYSIS TOOLS, η οποία περιλαμβάνει εργαλεία τεσσάρων (4) βασικών κατηγοριών ανάλυσης. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι:

- EXTRACT (ΕΞΑΓΩΓΗ)
- OVERLAY (ΥΠΕΡΘΕΣΗ)
- PROXIMITY (ΕΓΓΥΤΗΤΑ)
- STATISTICS (ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ).

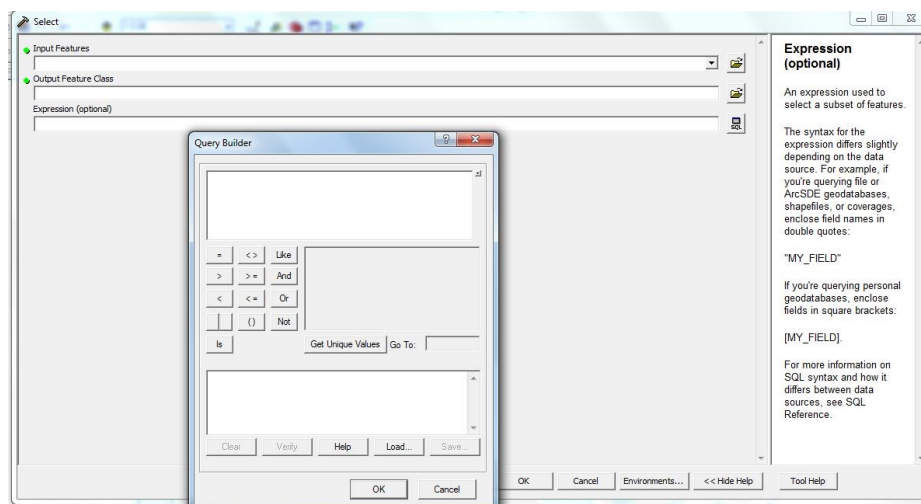
Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει εργαλεία εξαγωγής δεδομένων ή μέρους δεδομένων από ήδη υπάρχοντα αρχεία και την αποθήκευση τους με τη μορφή νέων αντιστοίχων αρχείων. Η παραπάνω κατηγορία περιλαμβάνει τα εξής εργαλεία:

- CLIP: Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιείται για την αποκοπή ενός τμήματος ενός διανυσματικού αρχείου, με τη χρήση ενός άλλου πολυγωνικού διανυσματικού αρχείου τα FEATURES του οποίου χρησιμοποιούνται για την αποκοπή. Το πρώτο αρχείο μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή (σημειακή, γραμμική, πολυγωνική), το δεύτερο όμως είναι αποκλειστικά πολυγωνικής μορφής. (ARCGIS 9.3 HELP)



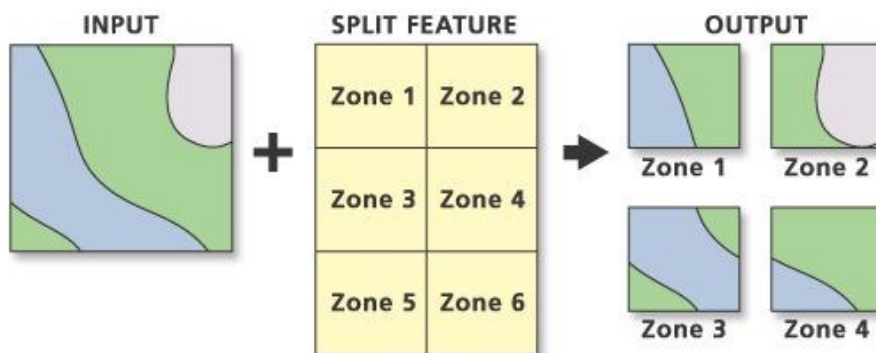
Εικόνα 76 Η μορφή της λειτουργίας CLIP.

- **SELECT:** Το συγκεκριμένο εργαλείο έχει παρόμοια λειτουργία με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι η αποκοπή στοιχείων γίνεται χωρίς τη χρήση δευτέρου διανυσματικού αρχείου. Αντίθετα το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιεί ερωτήματα μορφής SQL, προκειμένου να αποκόψει επιλεγμένα στοιχεία (features), από το αρχικό αρχείο. Στην περίπτωση που δεν τεθεί ερώτημα SQL, το εργαλείο ουσιαστικά δημιουργεί αντίγραφο του αρχικού αρχείου, το οποίο «αποκόπτεται» εξ' ολοκλήρου. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 77 Η μορφή του εργαλείου SELECT.

- **SPLIT:** Το συγκεκριμένο εργαλείο διασπά ένα υπάρχον διανυσματικό αρχείο, σε έναν αριθμό άλλων αρχείων, με βάση ένα ενδιαμέσο πολυγωνικό αρχείο, τα features του οποίου χρησιμοποιούνται ως COOKIE CUTTERS για την διάσπαση του αρχικού αρχείου. Η διάσπαση γίνεται με βάση ένα πεδίο (SPLIT FIELD), του ενδιαμέσου πολυγωνικού αρχείου, το οποίο είναι μορφής character, και οι τιμές του οποίου θα αποτελέσουν τα ονόματα των νέων διανυσματικών αρχείων, ενώ το workspace αποθήκευσης των νέων αρχείων πρέπει να είναι ήδη δημιουργημένο. Το συγκεκριμένο εργαλείο πιθανόν να δημιουργήσει προβλήματα μνήμης στον υπολογιστή όταν χρησιμοποιείται με πολύ μεγάλα αρχεία, τα οποία διασπώνται σε μεγάλο αριθμό μικρότερων. (ARCGIS 9.3 HELP)

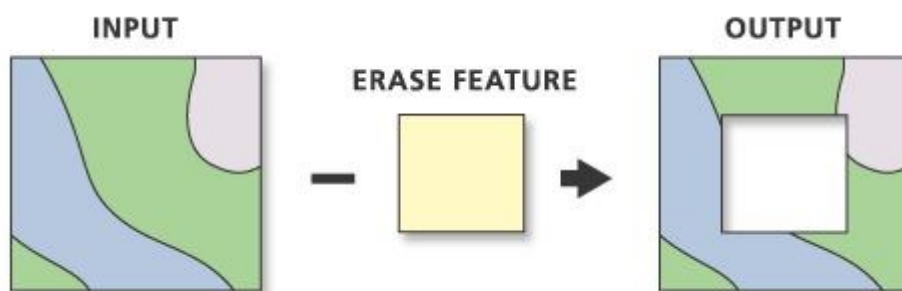


Εικόνα 78 Η μορφή της λειτουργίας SPLIT.

- TABLE SELECT: Η λειτουργία και η μορφή του εργαλείου είναι η ίδια με του εργαλείου SELECT με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται για την απόσπαση εγγραφών από πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table) και τη δημιουργία νέου πίνακα. Οι πίνακες μπορεί να έχουν μορφή INFO table, dBASE table, geodatabase table, VPF table κ.α. (ARCGIS 9.3 HELP)

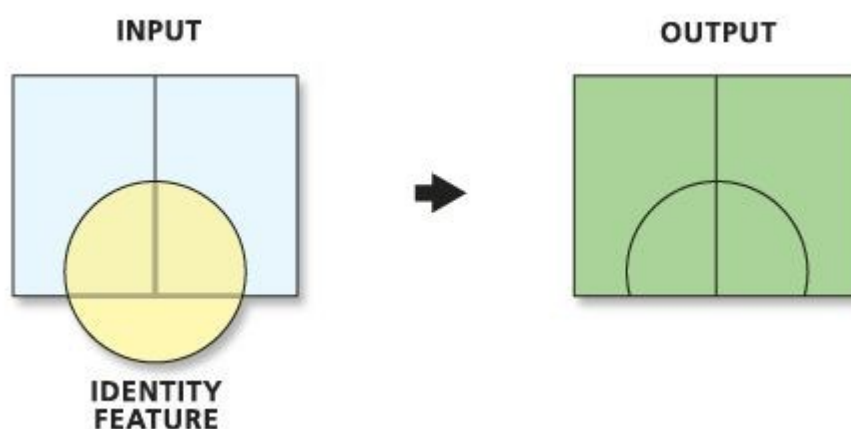
Η δεύτερη κατηγορία εργαλείων περιλαμβάνει εργαλεία υπέρθεσης δεδομένων κι αφορά τα παρακάτω εργαλεία:

- ERASE: Η λειτουργία του συγκεκριμένου εργαλείου μοιάζει αρκετά με το εργαλείο CLIP, όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση το τελικό αρχείο δεν είναι το αποτέλεσμα της αποκοπής μέρους του αρχικού. Αντίθετα το τελικό αρχείο είναι το ίδιο με το αρχικό, μείον την περιοχή την οποία καλύπτει το ενδιάμεσο πολυγωνικό αρχείο απόσβεσης (ERASE FILE). Έτσι, στην ουσία το εργαλείο αυτό αποσβαίνει ένα τμήμα ενός αρχείου, χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά του ενδιάμεσου αρχείου για την απόσβεση των επικαλυπτομένων περιοχών. (ARCGIS 9.3 HELP)



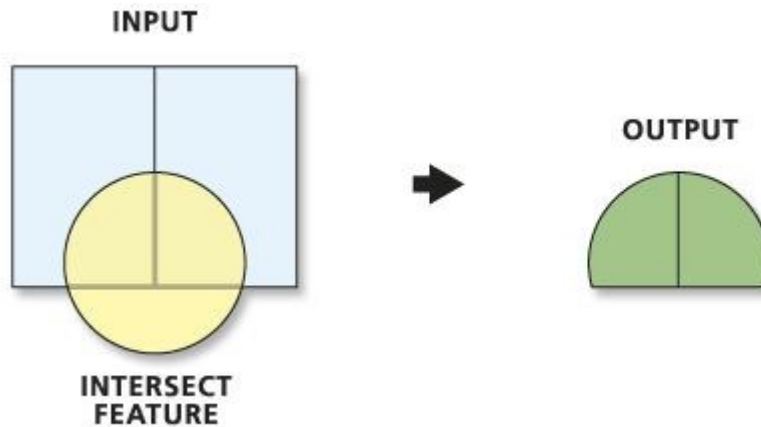
Εικόνα 79 Η μορφή της λειτουργίας ERASE

- **IDENTITY:** Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τη γεωμετρική τομή μεταξύ δύο επικαλυπτομένων (μερικώς ή ολικά) αρχείων και δημιουργεί ένα νέο αρχείο, στο οποίο τα επικαλυπτόμενα τμήματα του αρχικού αρχείου, αποκτούν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του ενδιαμέσου αρχείου (**IDENTITY FILE**). Το ενδιαμέσο αρχείο πρέπει οπωσδήποτε να είναι πολυγωνικό, ενώ το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα διατήρησης των χωρικών σχέσεων μεταξύ των **FEATURES** των δύο αρχείων (αν το επιθυμεί ο χρήστης) και τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ όλων των πεδίων ή μόνο του **FID** για να διατηρηθούν στο τελικό αρχείο. (**ARCGIS 9.3 HELP**)



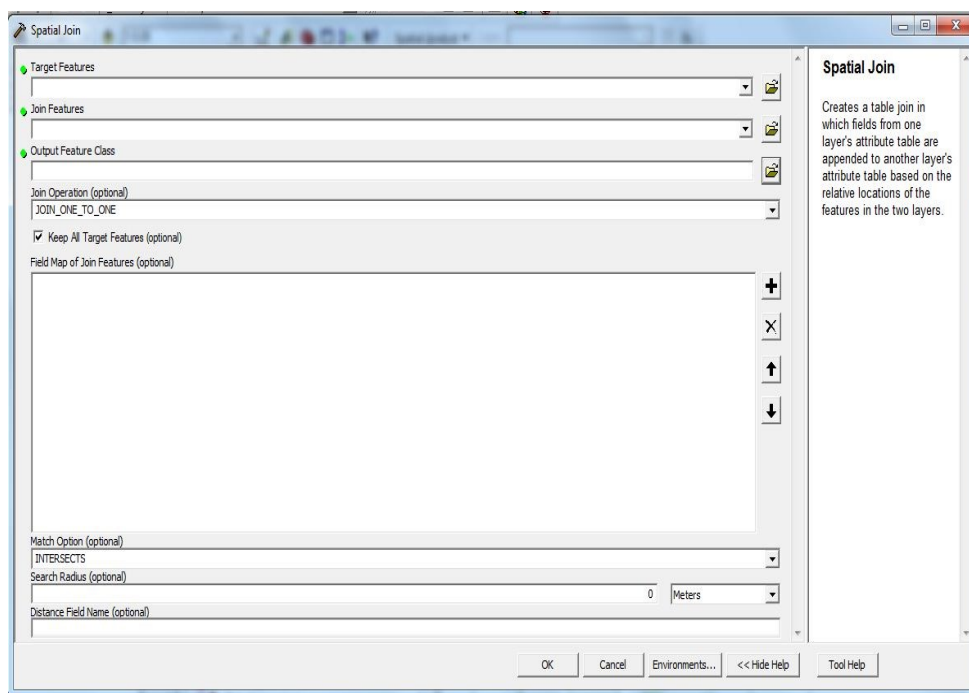
*Εικόνα 80 Η μορφή της λειτουργίας IDENTITY.*

- **INTERSECT:** Το εργαλείο υπολογίζει την τομή μεταξύ μιας σειράς διανυσματικών αρχείων τα οποία μπορεί να περιέχουν σημεία γραμμές και πολύγωνα κι επιστρέφει ένα αρχείο το οποίο περιέχει τα features με την χαμηλότερη γεωμετρική δομή, για το κοινό επικαλυπτόμενο τμήμα μεταξύ των παραπάνω αρχείων. Έτσι αν όλα τα αρχεία είναι πολυγωνικά, το τελικό αρχείο θα είναι πολυγωνικό, ενώ αν υπάρχει έστω κι ένα γραμμικό (αλλά κανένα σημειακό) αρχείο το τελικό αρχείο θα είναι γραμμικό. Τέλος αν υπάρχει κάποιο σημειακό αρχείο στη διαδικασία, τότε το τελικό αρχείο θα είναι κι αυτό σημειακό, ενώ και στην περίπτωση αυτή παρέχεται η δυνατότητα επιλογής μεταξύ όλων των πεδίων ή μόνο των **FID** για μεταφορά στο τελικό αρχείο. (**ARCGIS 9.3 HELP**)



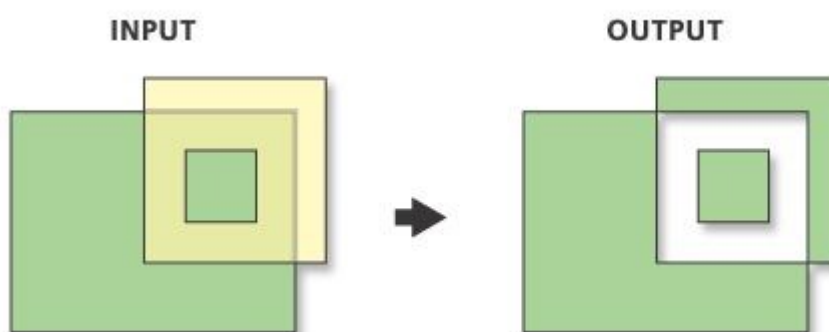
Εικόνα 81 Η μορφή της λειτουργίας INTERSECT.

- **SPATIAL JOIN:** Το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει την προσθήκη των πεδίων ενός διανυσματικού αρχείου (JOIN FILE) στον πίνακα χαρακτηριστικών ενός άλλου αρχείου (TARGET FILE), με βάση τη σχετική (χωρική) θέση μεταξύ των χαρακτηριστικών των δύο αρχείων. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα χωρικής διασύνδεσης μεταξύ των πινάκων δύο αρχείων προσθέτοντας τα πεδία του ενός στα πεδία του άλλου, όχι με τη χρήση κάποιου κλειδιού, αλλά με βάση τη χωρική θέση μεταξύ των features των αρχείων. Παρέχει τη δυνατότητα διασύνδεσης ONE TO ONE και ONE TO MANY μεταξύ των πινάκων, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ τεσσάρων χωρικών σχέσεων μεταξύ των features των αρχείων. Οι σχέσεις αυτές περιλαμβάνουν την απλή τομή (intersects), την περίληψη του ενός αρχείου στο άλλο (CONTAINS, IS WITHIN) και την εγγύτητα (PROXIMITY). Η χρήση του εργαλείου περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα, όπου γίνεται σαφές ότι ο χρήστης έχει δυνατότητα επιλογής των πεδίων του JOIN αρχείου, τα οποία επιθυμεί να επικολλήσει στον πίνακα του TARGET αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 82 Η μορφή της λειτουργίας SPATIAL JOIN.

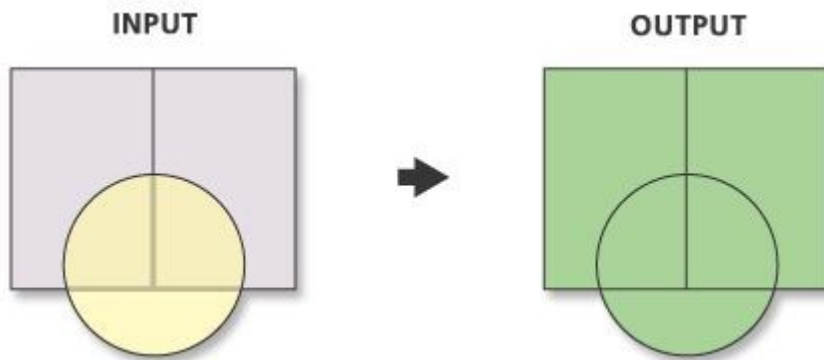
- **SYMMETRICAL DIFFERENCE:** Το συγκεκριμένο εργαλείο ενημερώνει ένα πολυγωνικό αρχείο, με τη χρήση ενός δευτέρου πολυγωνικού αρχείου ενημέρωσης. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα αρχείο το οποίο περιλαμβάνει **ΜΟΝΟ** τα **ΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΑ** τμήματα μεταξύ των δύο αρχείων. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 83 Η μορφή της λειτουργίας SYMMETRICAL DIFFERENCE.

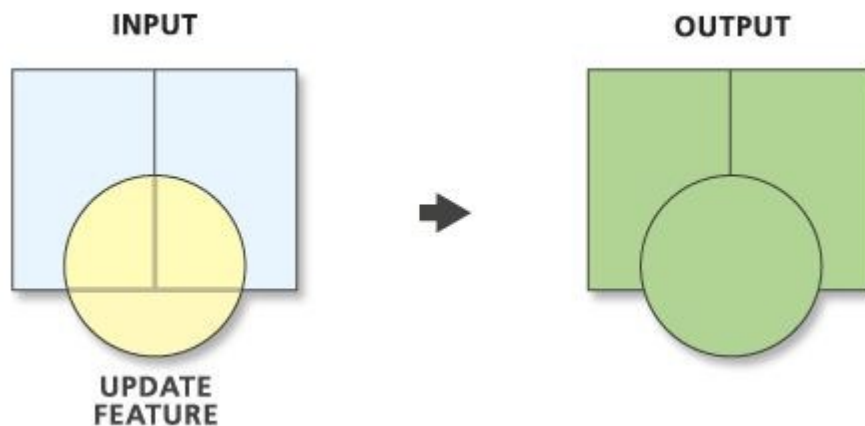
- **UNION:** Λειτουργεί με αντίστοιχο τρόπο με το εργαλείο INTERSECT με τη διαφορά ότι υπολογίζει την ένωση μιας σειράς διανυσματικών αρχείων και όχι την τομή τους. Σε αντίθεση με την εντολή INTERSECT, όλα τα αρχεία στην περίπτωση αυτή πρέπει να είναι πολυγωνικά. (ARCGIS 9.3 HELP)





Εικόνα 84 Η μορφή της λειτουργίας UNION.

- **UPDATE:** Ενημερώνει ένα πολυγωνικό διανυσματικό αρχείο με τη βοήθεια ενός άλλου πολυγωνικού διανυσματικού αρχείου. Σε αντίθεση με το εργαλείο SYMMETRICAL DIFFERENCE, η ενημέρωση αφορά το επικαλυπτόμενο τμήμα των δύο αρχείων το οποίο και διατηρείται στο τελικό αρχείο, μαζί με την υπόλοιπη επιφάνεια και των δύο αρχείων. Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να διατηρήσει (αν το επιθυμεί), το εξωτερικό όριο των FEATURES του αρχείου ενημέρωσης (UPDATE FILE). (ARCGIS 9.3 HELP)

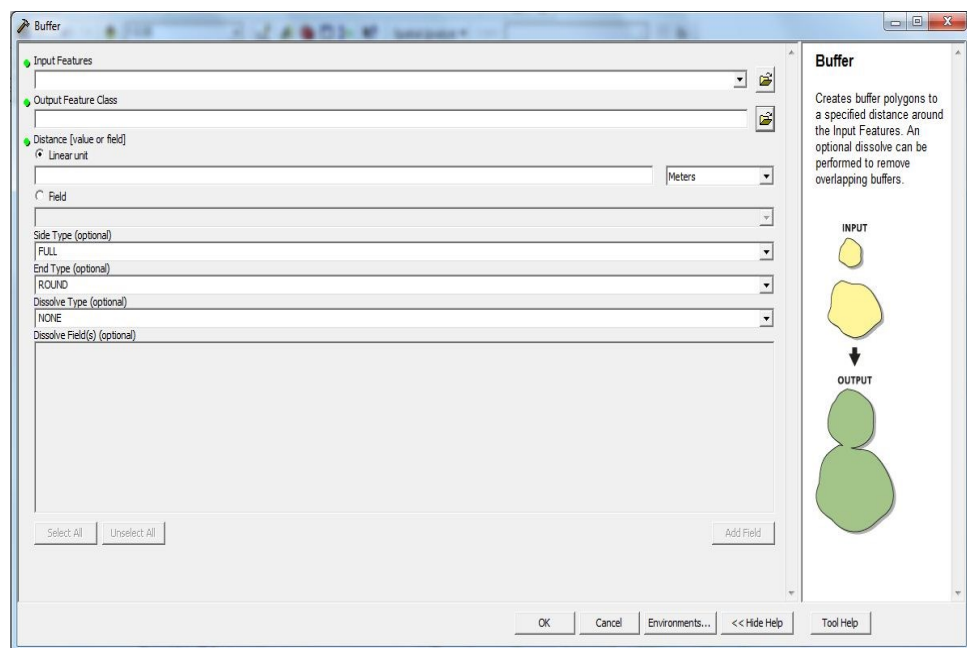


Εικόνα 85 Η μορφή της λειτουργίας UPDATE.

Η κατηγορία εργαλείων, η οποία περιλαμβάνει εργαλεία εγγύτητας, αφορά τα παρακάτω εργαλεία:

- **BUFFER:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί μια πολυγωνική ζώνη γύρω από τα FEATURES ενός διανυσματικού αρχείου. Το αρχικό διανυσματικό

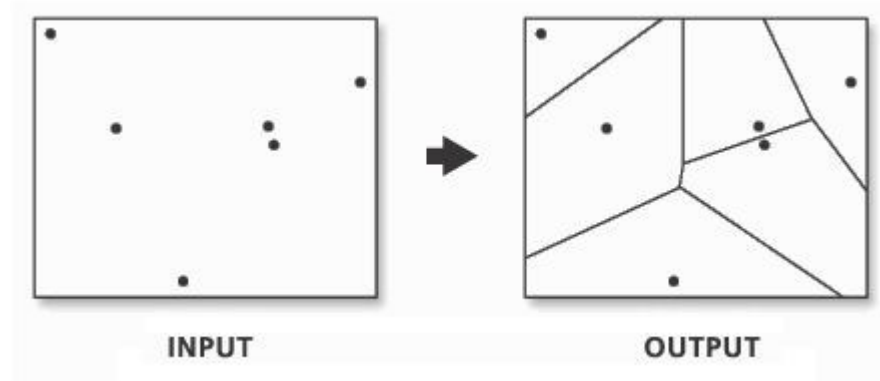
αρχείο μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή (σημειακή, γραμμική, πολυγωνική), ενώ το αντίστοιχο τελικό αρχείο είναι πάντοτε πολυγωνικό. Η εντολή έχει τη δυνατότητα δημιουργίας buffer, είτε κι από τις δύο πλευρές του χαρακτηριστικού, είτε μόνο από τη μια πλευρά. Η απόσταση βάσει της οποία θα δημιουργηθεί η ζώνη μπορεί να δοθεί ως απόλυτος αριθμός, εφόσον επιλεγεί η μονάδα μέτρησης, ή να ληφθεί από ένα πεδίο του πίνακα τιμών. Στην περίπτωση που η ζώνη δημιουργείται γύρω από γραμμικά features, το άκρο του buffer μπορεί να είναι επίπεδο (flat) ή στρογγυλεμένο (round) ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Τέλος αν τα επιμέρους BUFFERS των FEATURES του αρχικού αρχείου αλληλοκαλύπτονται, υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης τους ή ενοποίησης τους σε ένα ενιαίο BUFFER. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 86 Η μορφή του εργαλείου BUFFER.

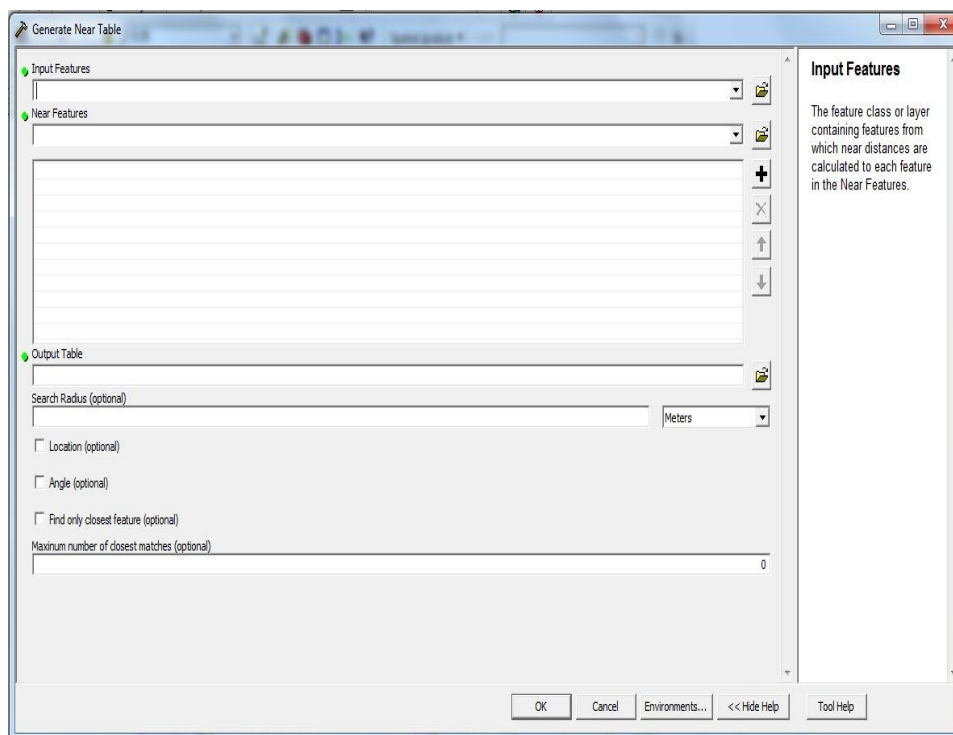
- **CREATE THIESSEN POLYGONS:** Μετατρέπει ένα σημειακό αρχείο σε αρχείο πολυγώνων THIESSEN. Τα πολύγωνα αυτά περιέχουν ένα μόνο σημείο (point), του οποίου οι αποστάσεις προς κάθε άλλο σημείο του πολυγώνου στο οποίο ανήκει, είναι μικρότερες σε σχέση με τις αποστάσεις του ιδίου σημείου προς κάθε άλλο σημείο διαφορετικού πολυγώνου. Η δημιουργία των πολυγώνων βασίζεται στην αρχική δημιουργία ενός TIN, το

οποίο πληροί το κριτήριο DELAUNAY. Στη συνέχεια οι κάθετοι διχοτόμοι των τριγώνων του TIN δημιουργούνται κι αποτελούν τα όρια των πολυγώνων, ενώ τα σημεία τομής των διχοτομών αυτών καθορίζουν τη θέση των VERTICES των πολυγώνων. (ARCGIS 9.3 HELP)



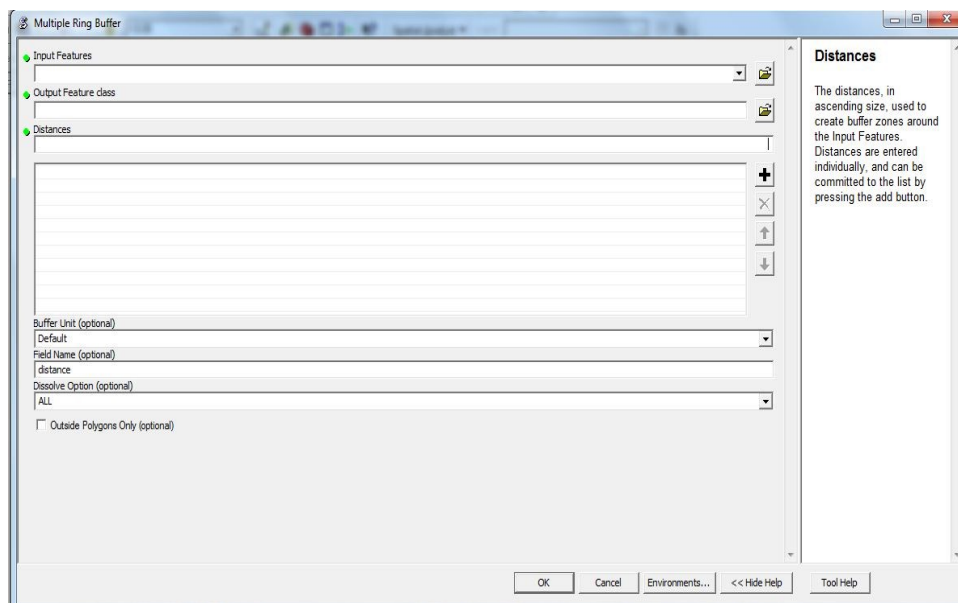
Εικόνα 87 Η μορφή της λειτουργίας CREATE THIESSEN POLYGONS.

- **GENERATE NEAR TABLE:** Το εργαλείο δημιουργεί έναν πίνακα εγγύτητας στον οποίο καταγράφονται οι θέσεις των εγγύτερων χαρακτηριστικών ενός διανυσματικού αρχείου προς τα χαρακτηριστικά ενός άλλου διανυσματικού αρχείου. Τα δύο αρχεία μπορεί να έχουν οποιαδήποτε διανυσματική μορφή (σημειακή, γραμμική, πολυγωνική), ενώ ο τελικός πίνακας μπορεί να ενωθεί με τον πίνακα του αρχικού αρχείου, από τα χαρακτηριστικά του οποίου θα υπολογιστούν οι αποστάσεις. Το εργαλείο παρέχει δυνατότητα εισαγωγής στον πίνακα μόνο του εγγυτέρου χαρακτηριστικού του δευτέρου αρχείου (ως προς το αρχικό), είτε όλων των χαρακτηριστικών εντός μιας ακτίνας εύρεσης (search radius) η οποία ορίζεται από το χρήστη. Τέλος παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης των συντεταγμένων των εγγύτερων χαρακτηριστικών (του δευτέρου αρχείου), καθώς και της γωνίας μεταξύ των χαρακτηριστικών του αρχικού διανυσματικού αρχείου και των εγγύτερων τους χαρακτηριστικών του δευτέρου διανυσματικού αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



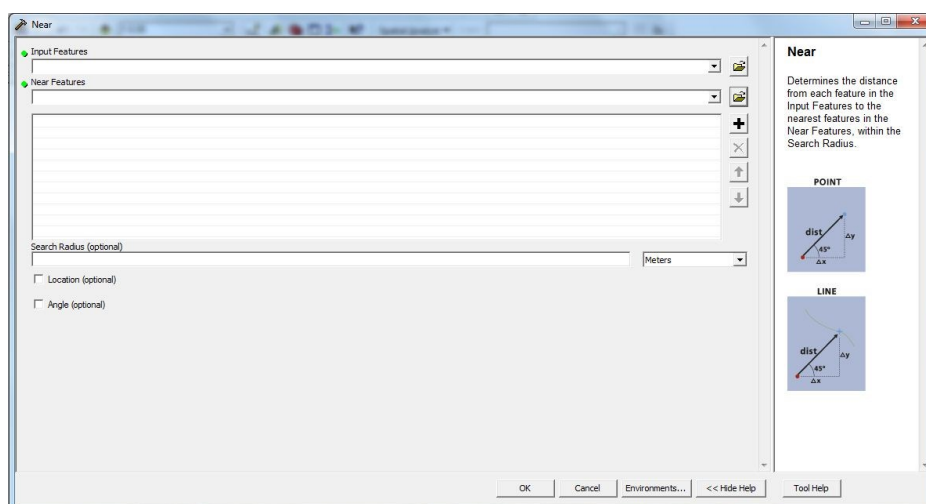
Εικόνα 88 Η μορφή του εργαλείου CREATE NEAR TABLE

- **MULTIPLE RING BUFFER:** Το συγκεκριμένο εργαλείο λειτουργεί ακριβώς όπως το εργαλείο BUFFER, χρησιμοποιώντας όμως διαφορετικές αποστάσεις υπολογισμού των ζωνών. Έτσι δημιουργεί μια σειρά από ζώνες γύρω από τα χαρακτηριστικά ενός διανυσματικού αρχείου, κάθε μια από τις οποίες καλύπτει εύρος ανάλογο με την απόσταση που ορίζει ο χρήστης. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα (εφόσον το επιθυμεί ο χρήστης) DISSOLVE η οποία συνενώνει τις ζώνες, οι οποίες αποτελούν επικαλυπτόμενα χαρακτηριστικά (features) του νέου αρχείου BUFFER, δημιουργώντας μια σειρά δακτυλίων, χωρίς επικάλυψη. (ARCGIS 9.3 HELP)



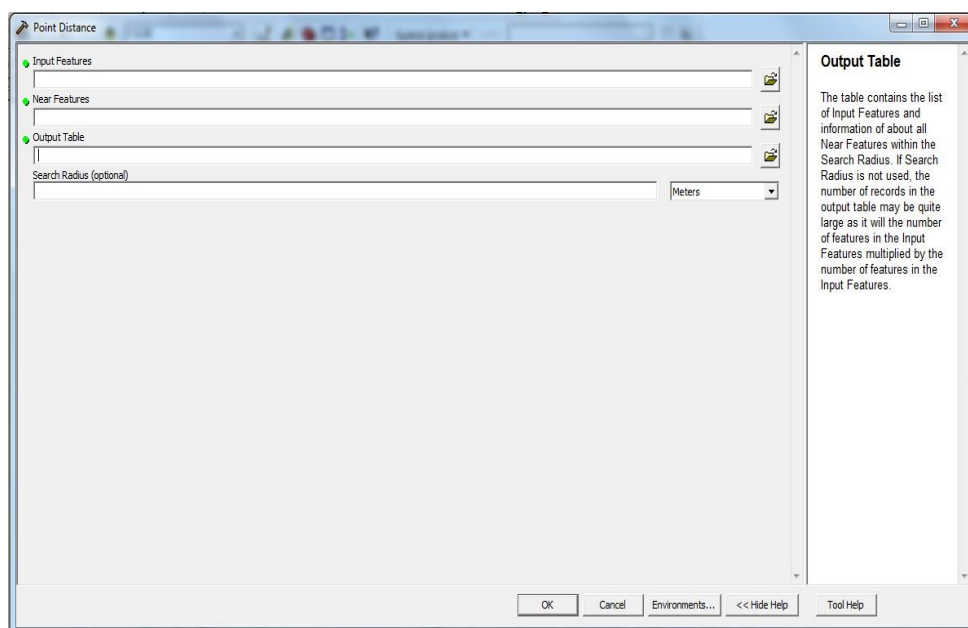
Εικόνα 89 Η μορφή του εργαλείου MULTIPLE RING BUFFER.

- NEAR: Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το εργαλείο GENERATE NEAR TABLE, μόνο που αντίθετα με αυτό, το συγκεκριμένο εργαλείο δεν δημιουργεί νέο πίνακα. Αντίθετα καταγράφει στον πίνακα του αρχικού αρχείου (προσθέτοντας νέα πεδία) τη θέση (συντεταγμένες) και το fid του πλησιέστερου feature του δευτέρου αρχείου (προς τα features του οποίου υπολογίζονται οι αποστάσεις από τα features του αρχικού). Παράλληλα καταγράφεται η γωνία μεταξύ των χαρακτηριστικών, και φυσικά απόσταση μεταξύ των χαρακτηριστικών του αρχικού αρχείου και των εγγύτερων προς αυτά χαρακτηριστικών του δευτέρου αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 90 Η μορφή του εργαλείου NEAR.

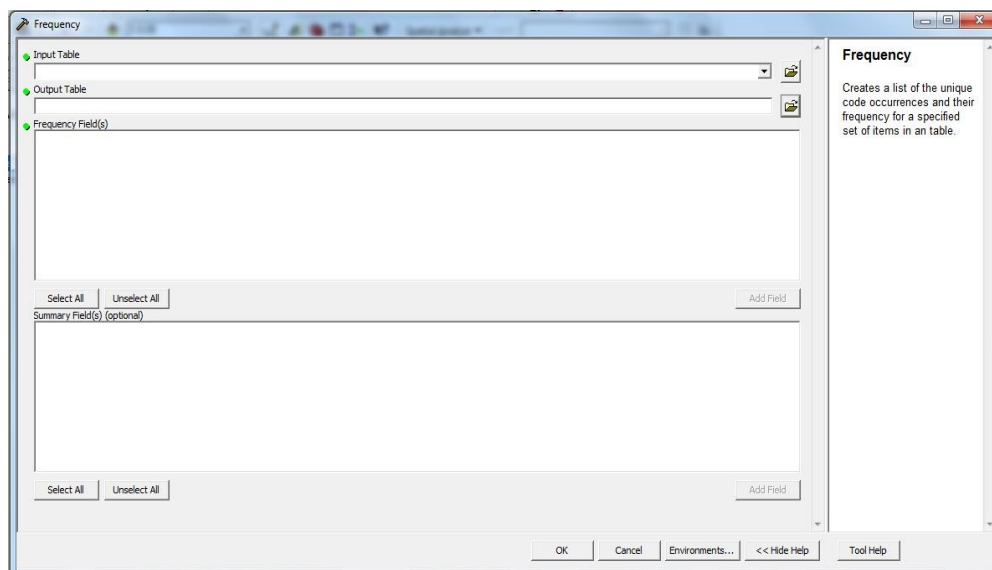
- **POINT DISTANCE:** Λειτουργεί μεταξύ σημειακών αρχείων και δημιουργεί ένα νέο πίνακα στον οποίο καταγράφονται οι αποστάσεις από κάθε σημείο του INPUT FILE (αρχικό αρχείο), προς τα σημεία του δευτέρου αρχείου (NEAR FILE), εντός μιας ορισμένης από το χρήστη ακτίνας. Τα δύο αρχεία είναι δυνατό να ταυτίζονται, οπότε ο πίνακας περιέχει τις αποστάσεις από κάθε σημείο προς τα γειτονικά του (εντος της ακτίνας), ενώ αν δεν δοθεί η ακτίνα εύρεσης υπολογίζονται οι αποστάσεις προς όλα τα σημεία του )NEAR FILE). (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 91 Η μορφή του εργαλείου POINT DISTANCE.

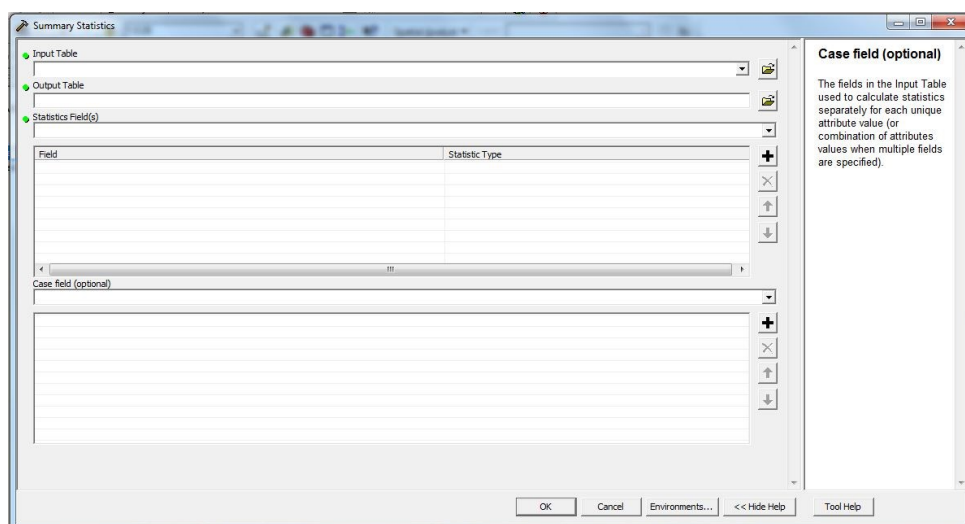
Τέλος η κατηγορία STATISTICS, περιλαμβάνει δύο εργαλεία εξαγωγής στατιστικών δεδομένων για διανυσματικά δεδομένα, αλλά και για οποιασδήποτε μορφής πινάκων, τα οποία είναι τα παρακάτω:

- **FREQUENCY:** Δημιουργεί ένα νέο πίνακα στον οποίο καταγράφεται η συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμής ενός πεδίου ή ενός αριθμού πεδίων, στον πίνακα ιδιοτήτων ενός διανυσματικού αρχείου. Στην πραγματικότητα το εργαλείο εξετάζει τον πίνακα ιδιοτήτων του διανυσματικού αρχείου, και δημιουργεί ένα νέο πίνακα με την παραπάνω πληροφορία, ενώ παρέχεται η δυνατότητα άθροισης των αριθμητικών τιμών των πεδίων τα οποία θα επιλέξει ο χρήστης με βάση τη συχνότητα εμφάνισης των τιμών (μόνο για αριθμητικά πεδία). (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 92 Η μορφή του εργαλείου FREQUENCY.

- SUMMARY STATISTICS: Υπολογίζει μια σειρά από περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα αριθμητικά πεδία του πίνακα τιμών ενός διανυσματικού αρχείου. Τα στατιστικά αυτά στοιχεία είναι το άθροισμα, ο μέσος όρος, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, η έκταση του πεδίου τιμών, η τυπική απόκλιση, το πλήθος των τιμών και η πρώτη και τελευταία τιμή που υπάρχει στον πίνακα. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 93 Η μορφή του εργαλείου SUMMARY STATISTICS.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η περιγραφή των βασικών εργαλείων ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων του ARCGIS 9.3. Το συγκεκριμένο λογισμικό φυσικά παρέχει μια ευρύτερη γκάμα εργαλείων ανάλυσης, τα οποία κάνουν χρήση διανυσματικών δεδομένων, τα



οποία όμως αποτελούν αντικείμενα Εξειδικευμένων Αναλυτικών Διεργασιών, και τα οποία δεν εξετάζονται στο παρόν Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας. Στη συνέχεια ακολουθεί ανάλογη περιγραφή για τις αντίστοιχες δυνατότητες του συνδυασμού λογισμικών QUANTUM\_GIS/GRASS, με μεγαλύτερη βαρύτητα φυσικά να δίνεται στο λογισμικό QUANTUM\_GIS, καθώς τα δύο λογισμικά αντιμετωπίζονται ως συνδυασμός, ενώ η λεπτομερής περιγραφή του GRASS (ως αυτόνομο λογισμικό) δεν αποτελεί στόχο της εργασίας αυτής.

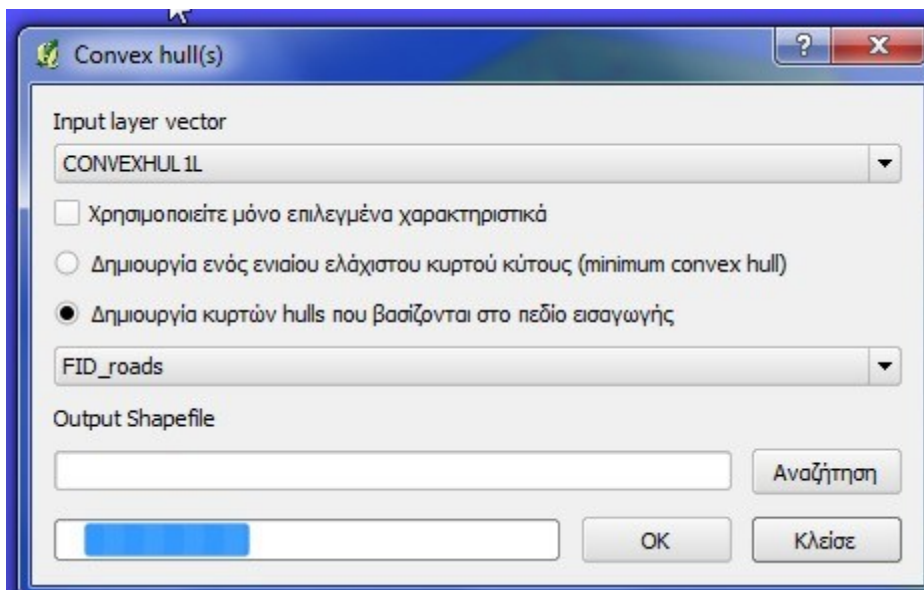
### **Ανάλυση Διανυσματικών Δεδομένων και QGIS/GRASS.**

Ο συνδυασμός των πακέτων λογισμικού QGIS/GRASS παρέχει με τη σειρά του μια εξίσου εντυπωσιακή λίστα εργαλείων για την Βασική Ανάλυση διανυσματικών δεδομένων. Τα εργαλεία αυτά εξετάζονται στη συγκεκριμένη παράγραφο, αρχικά για το QGIS και στη συνέχεια για το GRASS μέσω της επέκτασης GRASS TOOLS του QGIS. Στο σημείο αυτό πρέπει να αποσαφηνιστεί ότι η περίπτωση του GRASS και των δυνατοτήτων του, εξετάζεται υπό το πρίσμα της προσθήκης στο QGIS, το οποίο αποτελεί το βασικό πακέτο της σύγκρισης με το ARCGIS, μέσω των εργαλείων GRASS TOOLS.

Το λογισμικό QGIS παρέχει μια σειρά από εργαλεία Βασικής Ανάλυσης Διανυσματικών δεδομένων, τα οποία ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους, και το μοντέλο ταξινόμησης το οποίο ακολουθεί το λογισμικό. Η συγκεκριμένη παράγραφος ασχολείται με εργαλεία τα οποία είναι αντίστοιχα στη λειτουργία τους με τα εργαλεία του ARCGIS 9.3, προκειμένου να διεξαχθεί η σύγκριση μεταξύ των λογισμικών. Επομένως, στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή μια σειράς εργαλείων, τα οποία όμως δεν καλύπτουν το σύνολο της εργαλειοθήκης VECTOR του λογισμικού, καθώς αυτή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων κι εργαλεία Προχωρημένης Ανάλυσης. Με βάση τα όσα έχουν ήδη ειπωθεί, τα κυριότερα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης Διανυσματικών δεδομένων (μερικά από τα οποία αναγράφονται στα Ελληνικά λόγω έκδοσης) του λογισμικού QGIS είναι τα παρακάτω:

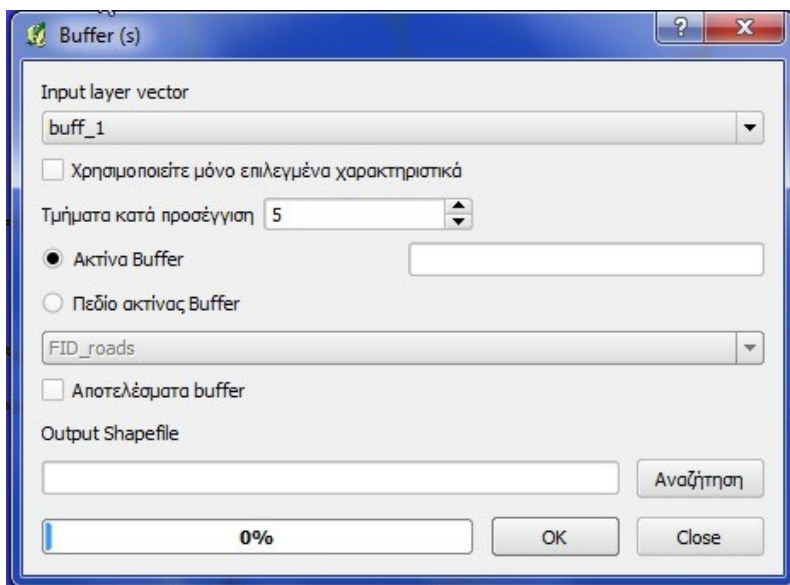
- **KYPTO ΚΕΛΥΦΟΣ:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ελάχιστα περιγεγραμμένα κυρτά πολύγωνα γύρω από τα χαρακτηριστικά ενός διανυσματικού αρχείου, το οποίο ονομάζεται κυρτό κέλυφος. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός ελάχιστου κυρτού κελύφους για το διανυσματικό αρχείο ή ενός κελύφους για κάθε χαρακτηριστικό, ανάλογα με τις τιμές ενός αριθμητικού πεδίου

εισαγωγής. Τέλος το εργαλείο παρέχει την επιλογή χρήση για ολόκληρο το διανυσματικό αρχείο ή για επιλεγμένα features.



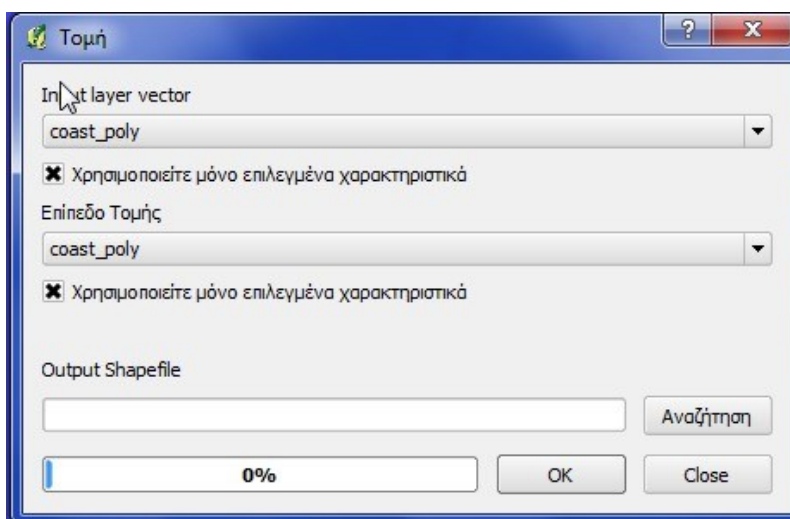
Εικόνα 94 Η μορφή του εργαλείου CONVEX HULL.

- **BUFFER:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ζώνες buffers γύρω από διανυσματικά δεδομένα, παρέχοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να χρησιμοποιήσει είτε μια σταθερή απόσταση, είτε ένα αριθμητικό πεδίο το οποίο περιέχει διάφορες αποστάσεις για κάθε χαρακτηριστικό. Το εργαλείο παρέχει την επιλογή χρήσης για ολόκληρο το διανυσματικό αρχείο ή για επιλεγμένα features, ενώ ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσω της επιλογής «τμήματα κατά προσέγγιση» να δημιουργήσει multipart buffers. Τέλος, το εργαλείο δεν παρέχει τη δυνατότητα επιλογής FLAT, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι τα πολύγωνα των BUFFERS γύρω από γραμμικά στοιχεία, έχουν κυρτή μορφή στα άκρα των γραμμικών στοιχείων.



Εικόνα 95 Η μορφή του εργαλείου BUFFER.

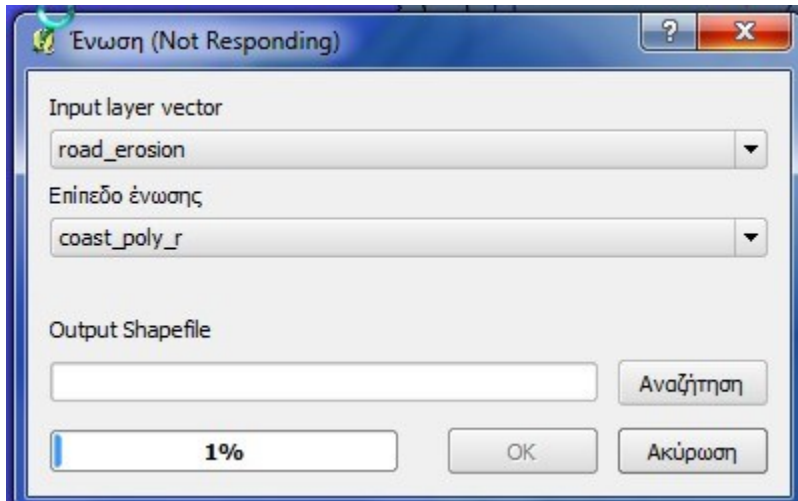
- ΤΟΜΗ: Το εργαλείο υπολογίζει την τομή μεταξύ δύο διανυσματικών αρχείων, εκ των οποίων το αρχείο τομής είναι οπωσδήποτε πολυγωνικό. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα επιλογής χρήσης για επιλεγμένα features των αρχείων ή για ολόκληρα τα αρχεία. Το τελικό προϊόν περιέχει τα features του αρχικού αρχείου, τα οποία επικαλύπτονται με τα χαρακτηριστικά του αρχείου τομής, ενώ στον πίνακα του προστίθεται η τιμή του ID του αντιστοίχου χαρακτηριστικού (feature) του επιπέδου τομής.



Εικόνα 96 Η μορφή του εργαλείου ΤΟΜΗ.

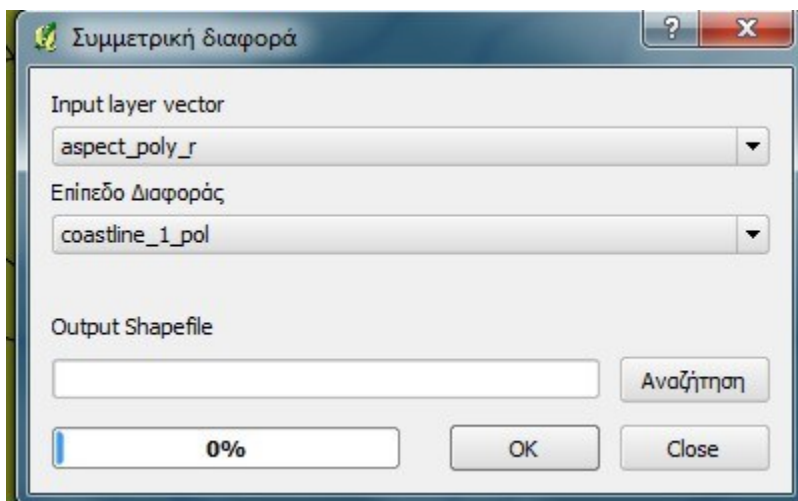
- ΕΝΩΣΗ: Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί στην ουσία το αντίστοιχο του εργαλείου UNION του ARCGIS 9.3. Σε αντίθεση όμως με αυτό, το συγκεκριμένο

εργαλείο απαιτεί πολύ χρόνο για την επεξεργασία των δεδομένων, ενώ δεν παρέχει στο χρήστη επιλογές παρέμβασης (επιλογή ανοχής cluster tolerance), καθώς επιτρέπει απλά την εισαγωγή των διανυσματικών επιπέδων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 97 Η μορφή του εργαλείου ΕΝΩΣΗ.

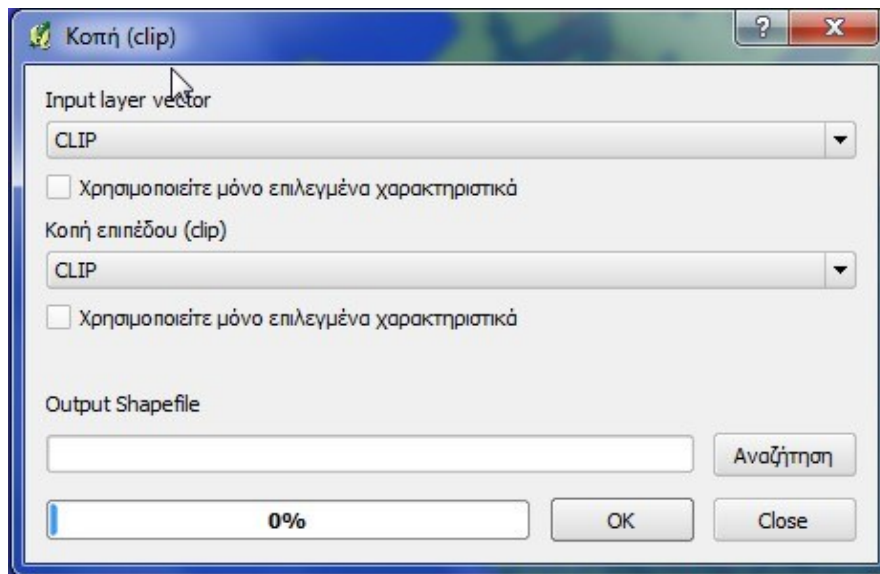
- **ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ:** Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί στην ουσία το αντίστοιχο του εργαλείου SYMMETRICAL DIFFERENCE του ARCGIS 9.3. Στην περίπτωση του και πάλι δεν παρέχεται στο χρήστη καμιά παρέμβαση (επιλογή ανοχής cluster tolerance), όμως το εργαλείο φαίνεται να λειτουργεί χωρίς να απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένο χρόνο, σε αντίθεση με το προηγούμενο.



Εικόνα 98 Η μορφή του εργαλείου ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ.

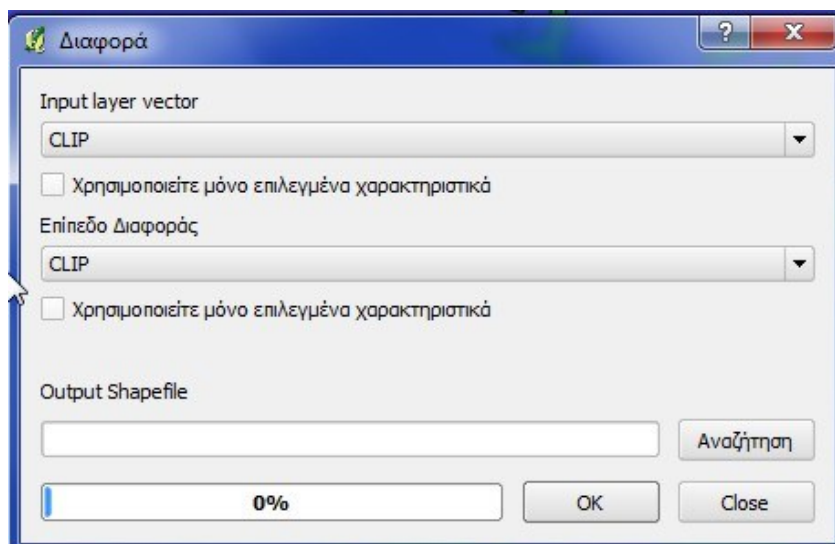
- **ΑΠΟΚΟΠΗ (CLIP):** Πρόκειται για το αντίστοιχο εργαλείο αποκοπής, το οποίο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να αποκόψει χαρακτηριστικά ενός διανυσματικού

αρχείου με τη χρήση των χαρακτηριστικών ενός άλλου πολυγωνικού αρχείου. Η λειτουργία του εργαλείου είναι απλή, ενώ δεν παρέχεται η δυνατότητα επιλογής ανοχής (cluster tolerance), μέσα από το εργαλείο.



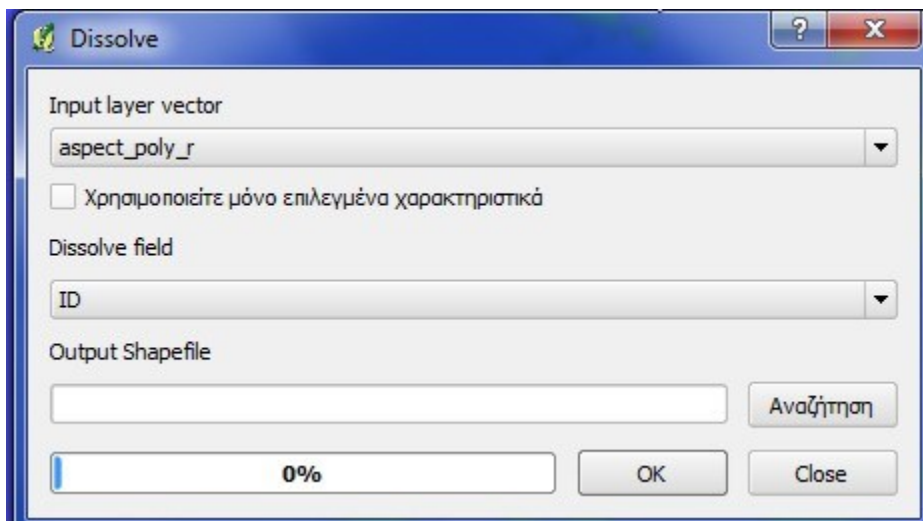
Εικόνα 99 Η μορφή του εργαλείου CLIP.

- ΔΙΑΦΟΡΑ: Πρόκειται για το αντίστοιχο εργαλείο ERASE του ARCGIS 9.3, το οποίο λειτουργεί με αντίστοιχο τρόπο, επιτρέποντας τη χρήση ολόκληρων ή επιλεγμένων features των δύο αρχείων. Το αρχείο απόσβεσης πρέπει φυσικά να είναι πολυγωνικό, ενώ το εργαλείο επίσης δεν παρέχει δυνατότητα επιλογής ανοχής (cluster tolerance).



Εικόνα 100 Η μορφή του εργαλείου ΔΙΑΦΟΡΑ.

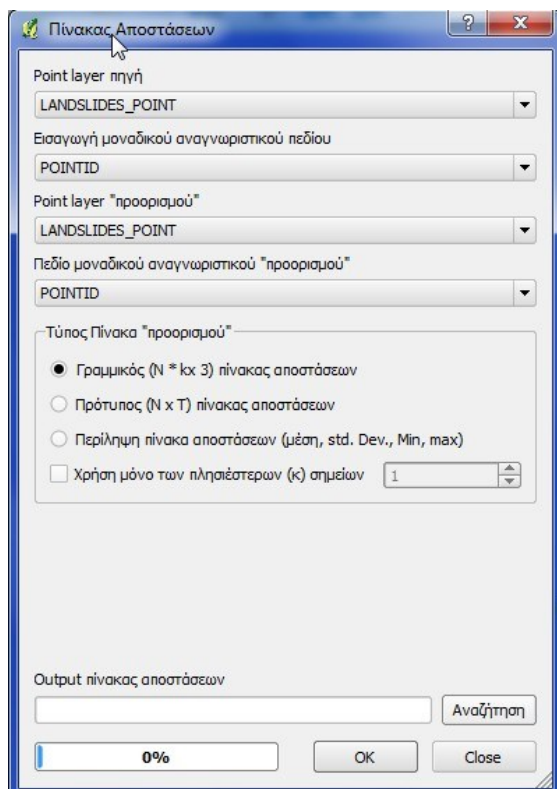
- **DISSOLVE:** Το συγκεκριμένο εργαλείο ενοποιεί γειτονικά χαρακτηριστικά ενός διανυσματικού αρχείου, τα οποία έχουν την ίδια τιμή σε κάποιο πεδίο τους με βάση την τιμή αυτή. Έτσι δημιουργείται ένα νέο αρχείο με λιγότερα χαρακτηριστικά features. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει επιλεγμένα χαρακτηριστικά προς ενοποίηση αντί για ολόκληρο το αρχείο, ενώ για άλλη μια φορά δεν παρέχεται δυνατότητα επιλογής ανοχής (cluster tolerance). Στην περίπτωση του ARCGIS 9.3, το εργαλείο αυτό περιλαμβάνεται στα εργαλεία DATA MANAGEMENT TOOLS, και όχι στα εργαλεία ανάλυσης, ενώ παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ multipart και singlepart χαρακτηριστικών, την επιλογή της ενοποίησης βάσει πολλαπλών πεδίων (ταυτόχρονα) και τη δυνατότητα υπολογισμού στατιστικών δεδομένων. Οι δυνατότητες αυτές δεν παρέχονται από το συγκεκριμένο εργαλείο του QGIS.



Εικόνα 101 Η μορφή του εργαλείου DISSOLVE.

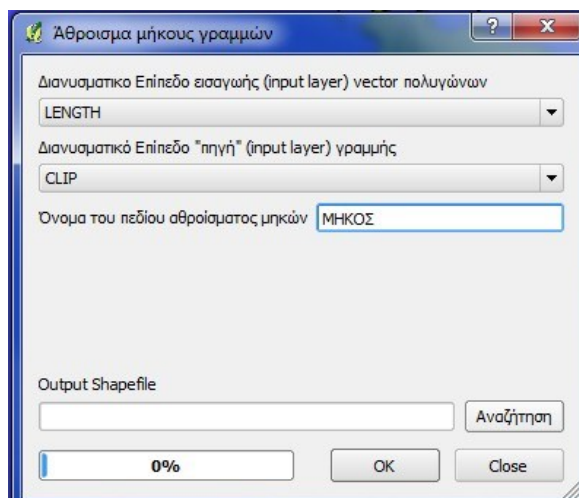
- **Πίνακας Αποστάσεων:** Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τις αποστάσεις μεταξύ των features ενός αρχικού σημειακού αρχείου προς τα features ενός άλλου σημειακού αρχείου. Το εργαλείο δημιουργεί τέλος έναν πίνακα αποστάσεων ο οποίος περιλαμβάνει τις αποστάσεις κάθε σημείου του αρχικού αρχείου προς τα σημεία του τελικού. Παρέχεται η δυνατότητα περίληψης μόνο των k πλησιέστερων σημείων του δευτέρου αρχείου, εφόσον το επιθυμεί ο χρήστης, ενώ το τελικό αρχείο είναι μορφής .csv. Η μορφή του αρχείου δεν είναι η πλέον κατάλληλη για διασύνδεση με κάποιο διανυσματικό αρχείο (μορφή .csv), γεγονός το οποίο αποτελεί μειονέκτημα του εργαλείου.





Εικόνα 102 Η μορφή του εργαλείου ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ.

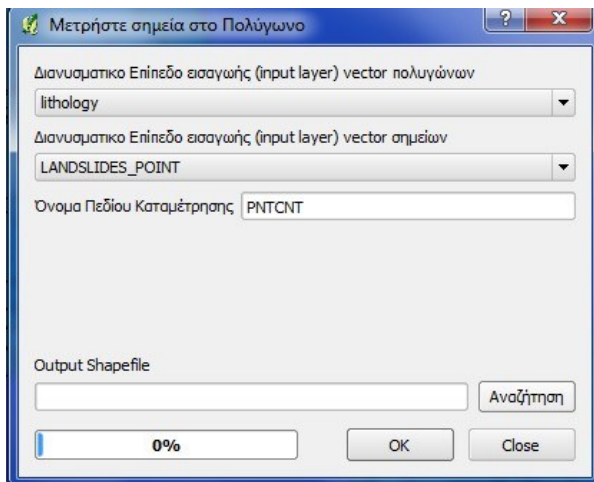
- **ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΜΗΚΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ:** Το εργαλείο υπολογίζει το συνολικό μήκος των γραμμικών χαρακτηριστικών, ενός γραμμικού αρχείου, τα οποία βρίσκονται ενός των χαρακτηριστικών ενός άλλου πολυγωνικού αρχείου. Το τελικό προϊόν είναι ένα πολυγωνικό αρχείο το οποίο είναι ίδιο με το αρχικό πολυγωνικό, με τη διαφορά ότι περιέχει ένα επιπλέον πεδίο στο οποίο είναι υπολογισμένο το μήκος των χαρακτηριστικών του γραμμικού αρχείου, τα οποία περιέχονται σε κάθε πολύγωνο.



Εικόνα 103 Η μορφή του εργαλείου ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΜΗΚΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ.

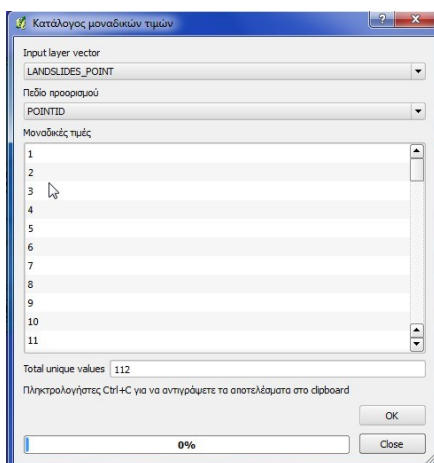


- **ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΓΩΝΟ:** Λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο εργαλείο, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί ένα πολυγωνικό κι ένα σημειακό αρχείο, ενώ το τελικό προϊόν είναι και πάλι ένα πολυγωνικό αρχείο. Το αρχείο αυτό είναι ίδιο με το αρχικό πολυγωνικό αρχείο, με τη διαφορά ότι περιέχει ένα πεδίο στο οποίο υπολογίζεται ο αριθμός των σημείων του σημειακού αρχείου τα οποία βρίσκονται εντός κάθε πολυγώνου του πολυγωνικού αρχείου.



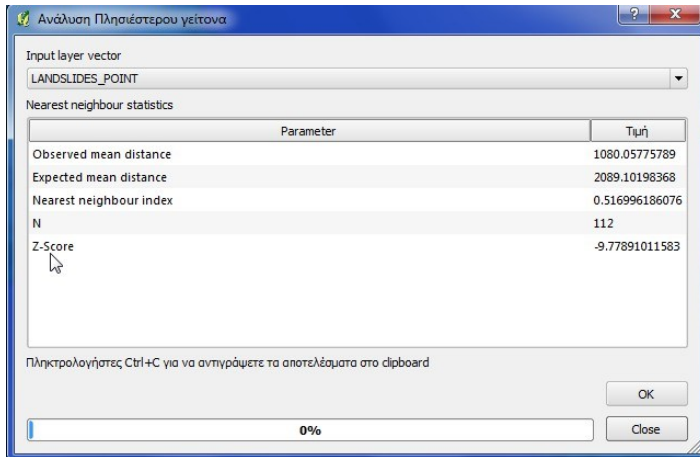
Εικόνα 104 Η μορφή του εργαλείου ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΓΩΝΟ.

- **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΟΝΑΔΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ:** Πρόκειται για ένα εργαλείο το οποίο επιστρέφει, στην οθόνη, μια λίστα με τις μοναδικές τιμές ενός πεδίου, ενός διανυσματικού αρχείου. Η επιλογή τόσο του αρχείου όσο και του πεδίου γίνεται από το χρήστη, ενώ η λίστα μπορεί να αποθηκευθεί στο CLIPBOARD με σκοπο την ένταξη της σε κάποιο αρχείο κειμένου. Τέλος το αρχείο επιστρέφει και τον συνολικό αριθμό των μοναδικών τιμών του συγκεκριμένου πεδίου.



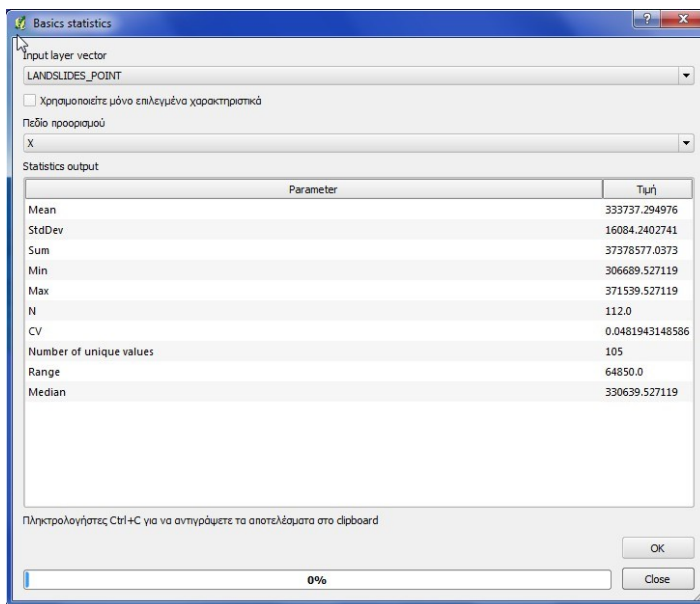
Εικόνα 105 Η μορφή του εργαλείου ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΟΝΑΔΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ.

- **ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥ ΓΕΙΤΟΝΑ:** Το εργαλείο αυτό διενεργεί στατιστικούς υπολογισμούς κι επιστρέφει μια λίστα στατιστικών δεδομένων για το διανυσματικό αρχείο, βασισμένα στην τεχνική NEAREST NEIGHBOUR.



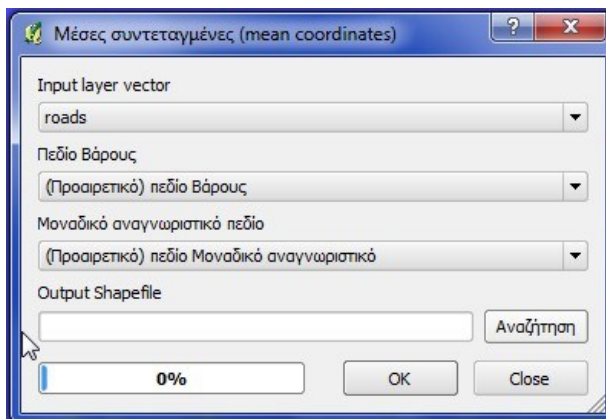
Εικόνα 106 Η μορφή του εργαλείου ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥ ΓΕΙΤΟΝΑ.

- **BASIC STATISTICS:** Το συγκεκριμένο εργαλείο επίσης διενεργεί στατιστικούς υπολογισμούς, και υπολογίζει στατιστικά δεδομένα για ένα επιλεγμένο αριθμητικό πεδίο του διανυσματικού αρχείου. Μεταξύ άλλων υπολογίζονται ή μέση τιμή, οι ακραίες τιμές, η τυπική απόκλιση, το άθροισμα των τιμών, το εύρος των τιμών κ.α. Το εργαλείο τέλος παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μόνο των επιλεγμένων χαρακτηριστικών αντί ολοκλήρου του διανυσματικού αρχείου.



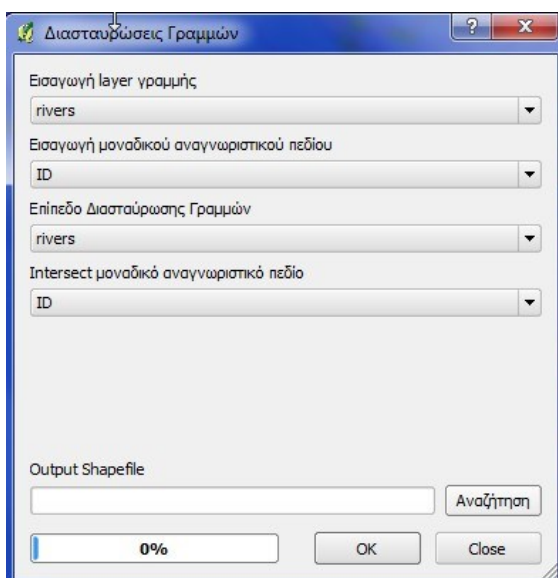
Εικόνα 107 Η μορφή του εργαλείου BASIC STATISTICS.

- **MEAN COORDINATES:** Το εργαλείο αυτό υπολογίζει τις μέσες συντεταγμένες ενός διανυσματικού αρχείου και δημιουργεί ένα νέο σημειακό αρχείο τα χαρακτηριστικά του οποίου αντιστοιχούν στις συντεταγμένες αυτές. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα πεδίο εισαγωγής, βάσει του οποίου γίνεται η ανάλυση, καθώς κι ένα πεδίο βάρους. Ο τρόπος λειτουργίας και η χρησιμότητα του δεν είναι απολύτως σαφής, ενώ αν δεν επιλέγουν πεδία βαρών ή πεδία εισαγωγής το αποτέλεσμα είναι ένα μόνο σημείο το οποίο αποτελεί τις μέσες τιμές των συντεταγμένων (X, Y) του αρχείου.



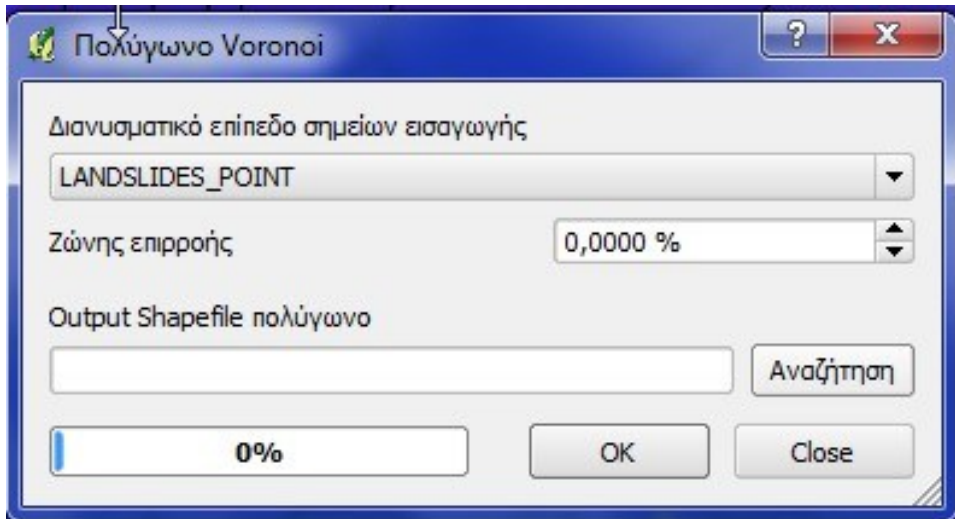
Εικόνα 108 Η μορφή του εργαλείου MEAN COORDINATES.

- **ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΩΝ:** Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τα σημεία τομής μεταξύ δύο γραμμικών διανυσματικών αρχείων, και δημιουργεί ένα νέο σημειακό αρχείο με τα σημεία αυτά.



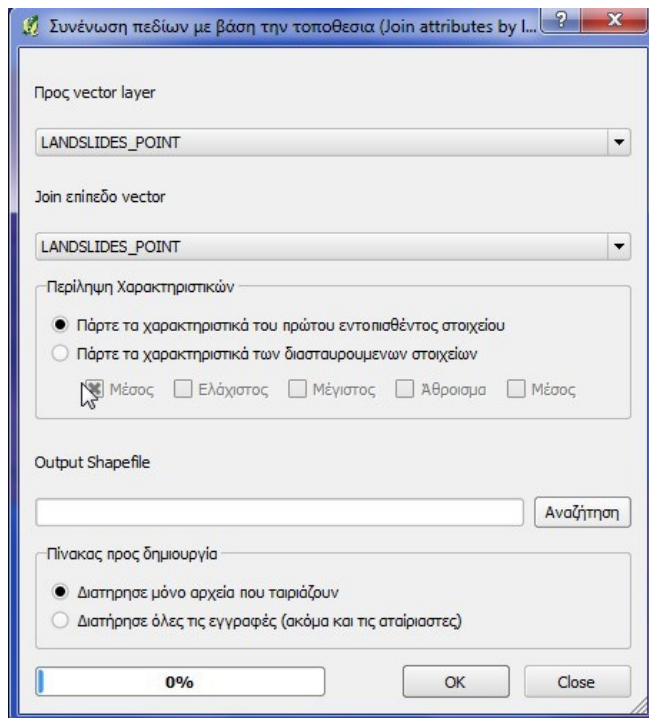
Εικόνα 109 Η μορφή του εργαλείου ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΩΝ.

- Πολύγωνα VORONOI: Είναι παρόμοιο με το εργαλείο CREATE THIESSEN POLYGONS του ARCGIS 9.3, με τη διαφορά ότι παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα καθορισμού ζώνης επιρροής, η οποία επηρεάζει το αποτέλεσμα. Η τεκμηρίωση του εργαλείου δεν είναι επαρκής, ειδικά ως προς το ρόλο της ζώνης επιρροής, γεγονός το οποίο ισχύει για το σύνολο των εργαλείων ανάλυσης του λογισμικού.



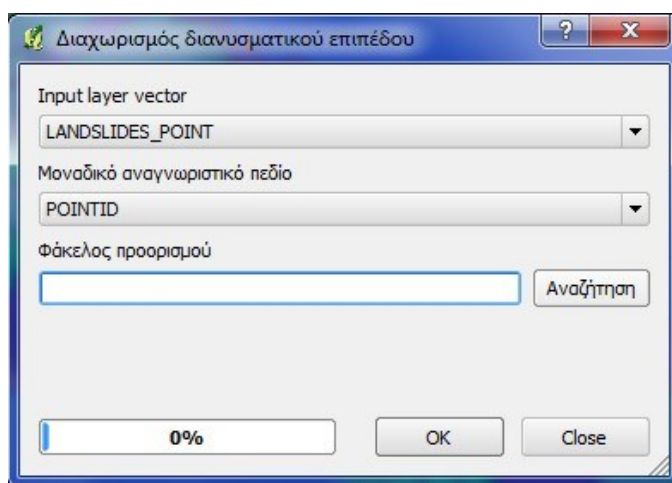
Εικόνα 110 Η μορφή του εργαλείου Πολύγωνο VORONOI.

- JOIN ATTRIBUTES BY LOCATION: Πρόκειται για μια απλούστερη μορφή του εργαλείου SPATIAL JOIN του ARCGIS 9.3. Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα νέο αρχείο (μορφής ίδιας με του TARGET LAYER), το οποίο περιέχει όλα τα πεδία του TARGET LAYER, στα οποία προσκολλώνται τα πεδία του JOIN LAYER. Δεν υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφορετικών χωρικών σχέσεων ανάμεσα στα αρχεία (όπως στο ARCGIS 9.3). Στην περίπτωση που ένα χαρακτηριστικό του TARGET LAYER τέμνει περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά του JOIN LAYER, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει αν στο τελικό προϊόν θα συμπεριληφθεί η μέση τιμή, η μικρότερη τιμή, ή το άθροισμα των τιμών για τα αριθμητικά πεδία. Στην περίπτωση αυτή τα μη αριθμητικά πεδία δεν προσκολλώνται στο νέο αρχείο.



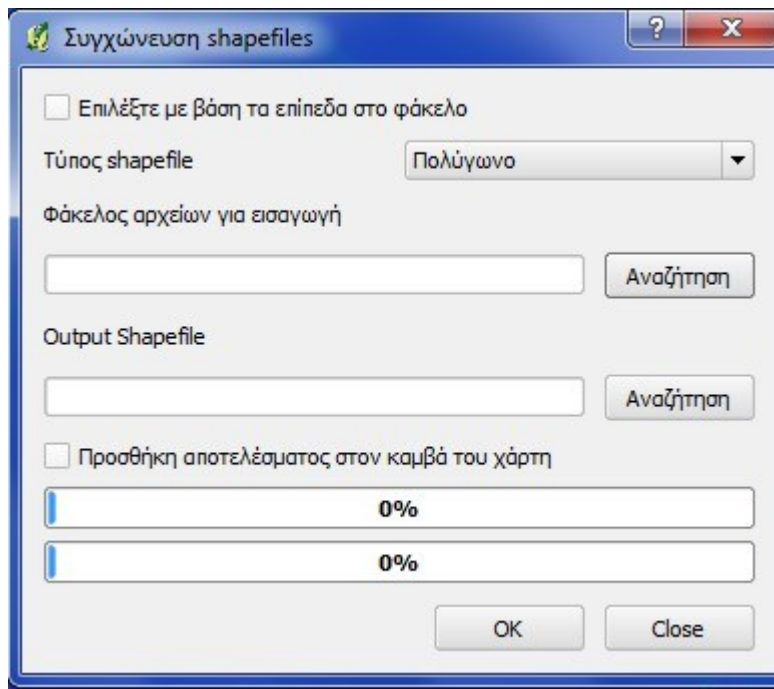
Εικόνα 111 Η μορφή του εργαλείου JOIN ATTRIBUTES BY LOCATION.

- **ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ:** Το εργαλείο αυτό είναι παρόμοιο με το SPLIT του ARCGIS 9.3, με τη σημαντική διαφορά ότι δεν απαιτείται η ύπαρξη δευτέρου πολυγωνικού αρχείου. Έτσι στην προκειμένη περίπτωση το διανυσματικό αρχείο (ανεξάρτητα της μορφής του) διασπάται σε μια σειρά από αρχεία ανάλογα με τις μοναδικές τιμές ενός πεδίου το οποίο επιλέγει ο χρήστης. Το πλήθος των νέων αρχείων είναι ίσο με το πλήθος των μοναδικών τιμών το πεδίου διάσπασης του αρχικού αρχείου, ενώ ο χρήστης επιλέγει απλά το φάκελο αποθήκευσης των νέων διανυσματικών αρχείων.



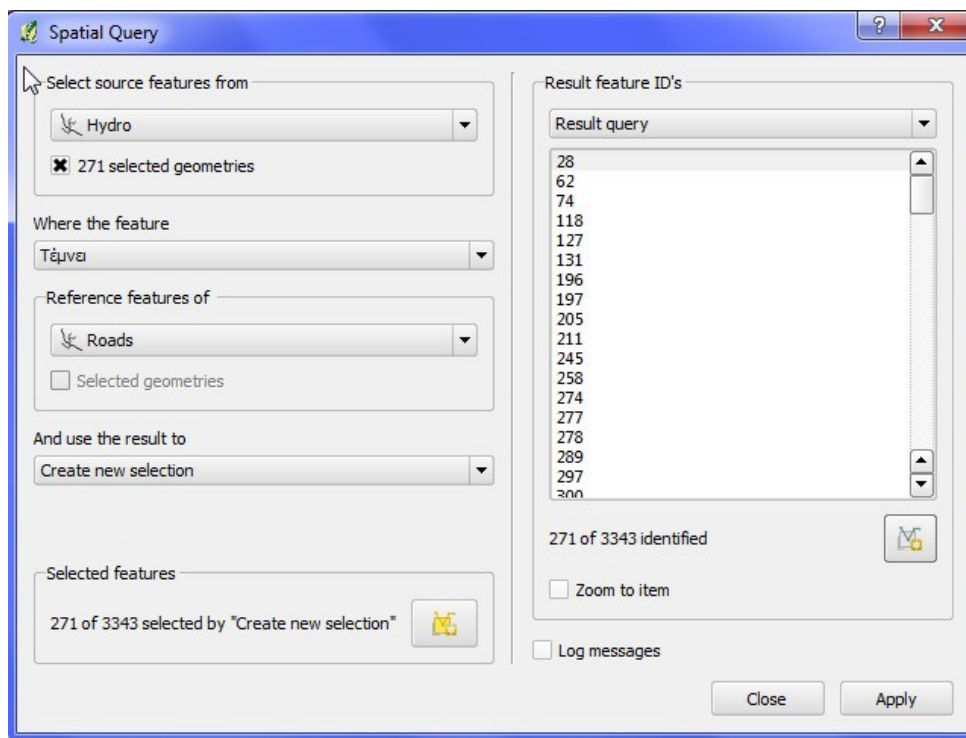
Εικόνα 112 Η μορφή του εργαλείου ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.

- **ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗ SHAPEFILES:** Πρόκειται για ένα είδος συγχώνευσης διανυσματικών αρχείων ιδίου τύπου τα οποία βρίσκονται σε ένα φάκελο. Ο χρήστης επιλέγει το φάκελο στον οποίο είναι αποθηκευμένα τα αρχεία, και το όνομα του νέου αρχείου το οποίο θα δημιουργηθεί. Όλα τα αρχεία πρέπει να είναι της ίδιας μορφής και να βρίσκονται στον ίδιο φάκελο, ενώ το εργαλείο δεν παρέχει επιλογές σχετικά με τη διαχείριση των πεδίων των αρχείων αυτών.



Εικόνα 113 Η μορφή του εργαλείου ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗ SHAPEFILES.

- **SPATIAL QUERY:** Το εργαλείο εκτελεί μια σειρά από εργασίες overlay μεταξύ δύο διανυσματικών αρχείων χρησιμοποιώντας μια σειρά από χωρικούς τελεστές. Οι τελεστές αυτοί είναι οι Is disjoint, touches, equals, contains, intersects, ενώ τα επιλεγμένα features του αρχικού αρχείου μπορεί να εξαχθούν σε ένα νέο διανυσματικό αρχείο, ή να αποτελέσουν αντικείμενα εισαγωγής σε νέο χωρικό ερώτημα.



Εικόνα 114 Η μορφή του εργαλείου SPATIAL QUERY.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφορά στα βασικά εργαλεία ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων του QGIS. Το συγκεκριμένο λογισμικό διαθέτει περισσότερα εργαλεία διανυσματικής ανάλυσης, τα οποία όμως εκτελούν εξειδικευμένες εργασίες, όπως μετατροπή δεδομένων ή δειγματοληψία, οπότε δεν περιλαμβάνονται στην παράγραφο αυτή η οποία αφορά μόνο εργασίες Ανάλυσης Βασικού Επιπέδου. Το αρχικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι ότι το λογισμικό παρέχει αρκετά εργαλεία ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων, τα οποία όμως είναι γενικά πιο απλουστευμένα σε σχέση με τα αντίστοιχα του ARCGIS 9.3. Επίσης, το συγκεκριμένο λογισμικό πάσχει αρκετά σε σχέση με την τεκμηρίωση των συγκεκριμένων εργαλείων η οποία δεν καλύπτεται από το αντίστοιχο USER MANUAL, με αποτέλεσμα ο χρήστης να καταφεύγει σε χρήση εκπαιδευτικών βίντεο σε ιστοσελίδες, τα οποία αν και περιγράφουν τη χρήση των εργαλείων δεν εξηγούν επαρκώς την ύπαρξη και τη χρησιμότητα ορισμένων παραμέτρων.

Τέλος καθίσταται σαφές ότι τόσο το QGIS, όσο και το ARCGIS 9.3 περιλαμβάνουν πολύ περισσότερα εργαλεία ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων τα οποία δεν αναφέρθησαν στις αντίστοιχες παραγράφους. Η μη αναφορά στα εργαλεία αυτά, στο παρόν Κεφάλαιο, οφείλεται αφενός στον εξειδικευμένο χαρακτήρα τους, ο οποίος ξεφεύγει από τα όρια της Βασικής Ανάλυσης, κι αφετέρου στην περιορισμένη δυνατότητα κάλυψης τους στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας.



Ομοίως, το λογισμικό GRASS παρέχει μια σειρά εντολών Βασικής Ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων, οι οποίες είναι διαθέσιμες μέσα από την επιλογή GRASS TOOLS. Οι περισσότερες από τις εντολές αυτές είναι παρόμοιες με αντίστοιχες εντολές των λογισμικών QUANTUM\_GIS και ARCGIS 9.3, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Στο σημείο αυτό ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά συγκεκριμένων των εντολών των GRASS TOOLS, η οποία δεν περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή τους, καθώς ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση του ARCGIS με το συνδυασμό QGIS/GRASS, δίνοντας έμφαση στο QGIS, και όχι η αναλυτική περιγραφή του GRASS.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι όπως όλα τα εργαλεία των GRASS TOOLS, έτσι και τα εργαλεία ανάλυσης διαθέτουν ένα γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης εισάγει τις παραμέτρους χωρίς να χρειάζεται να πληκτρολογήσει την εντολή. Το γεγονός αυτό αφενός απλοποιεί τη χρήση των εργαλείων, αφετέρου περιορίζει τις δυνατότητες τους καθώς πάρα πολλά εργαλεία αποτελούν υποπεριπτώσεις εντολών γενικότερης εμβελείας, όπως διαπιστώνεται στη συνέχεια. Τα κυριότερα εργαλεία ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων μέσα από την επιλογή GRASS TOOLS είναι οι :

- **v.extract.where:** Επιλέγει χαρακτηριστικά (features) από ένα VECTOR MAP, με βάση τις τιμές των πεδίων τους και τα εντάσσει σε ένα άλλο VECTOR MAP. Η επιλογή γίνεται με τη χρήση ερωτήματος SQL. Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί υποπερίπτωση της εντολής v.extract για την εξαγωγή δεδομένων.
- **v.extract.list:** Είναι παρόμοια με την προηγούμενη, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί μια λίστα με τις τιμές του πεδίου CAT (αντίστοιχο του FID) για την επιλογή των features. Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί επίσης υποπερίπτωση της εντολής v.extract για την εξαγωγή δεδομένων.
- **v.select:** Το εργαλείο κάνει χωρική επιλογή (spatial selection) μεταξύ δύο αρχείων (vector maps) χρησιμοποιώντας το ένα ως αρχείο input και το άλλο αρχείο σαν αρχείο με βάση τα χαρακτηριστικά του οποίου γίνεται η επιλογή. Στην προκειμένη περίπτωση τα χαρακτηριστικά του πρώτου vector map, τα οποία έχουν μια συγκεκριμένη χωρική σχέση με αυτά του δευτέρου vector map, επιλέγονται κι εντάσσονται σε ένα τρίτο vector map. Στην ουσία πρόκειται για ένα συνδυασμό των εργαλείων SELECT BY LOCATION και COPY FEATURES του ARCGIS 9.3 σε ένα ενιαίο εργαλείο. Η επιλογή v.select χρησιμοποιεί διαφόρους spatial operators,

απαιτεί όμως τη χρήση της ως μέσα από το GRASS. Αντίθετα, το εργαλείο `v.select.overlay` το οποίο υπάρχει στα GRASS TOOLS κάνει χρήση μόνο ενός spatial operator (χωρικός τελεστής). Οι διαθέσιμοι spatial operators της εντολής είναι οι **overlap, equals, disjoint, intersects, touches, crosses, within, contains, overlaps** και **relate**.

- `v.buffer`: Το εργαλείο δημιουργεί μια ζώνη BUFFER γύρω από γραμμικά, σημειακά ή πολυγωνικά δεδομένα. Όταν χρησιμοποιείται μέσα από το γραφικό περιβάλλον των GRASS TOOLS δεν διαθέτει δυνατότητα καθορισμού παραμέτρων όπως η ακρίβεια του τελικού αρχείου. Αντίθετα, μέσα από το GRASS χρησιμοποιεί μια σειρά παραμέτρων.
- `v.distance`: Υπολογίζει τις αποστάσεις από τα χαρακτηριστικά ενός VECTOR MAP προς τα χαρακτηριστικά ενός άλλου VECTOR MAP. Το σημαντικό είναι ότι δίνει τη δυνατότητα προσθήκης του νέου πίνακα αποστάσεων στον πίνακα του αρχικού VECTOR MAP, ενώ οι αποστάσεις αυτές μπορεί να υπολογισθούν και ως αποστάσεις κατά μήκος γραμμικών στοιχείων (όχι μόνο ευκλείδειες).
- `v.report`: Υπολογίζει τα μήκη, τα εμβαδά και τις συντεταγμένες των χαρακτηριστικών ενός VECTOR MAP.
- `v.voronoi`. (area, line): Δημιουργεί πολύγωνα VORONOI, όπως έχει περιγραφεί σε προηγούμενη παράγραφο, δημιουργώντας ένα νέο αρχείο. Το αρχείο μπορεί να περιέχει τα πολύγωνα με τη πολυγωνική τους μορφή (επιφάνειες) ή με μορφή γραμμικών ορίων (linear boundaries). Στην πραγματικότητα πρόκειται για δύο εργαλεία των GRASS TOOLS, τα `v.voronoi.area` και `v.voronoi.line`, τα οποία είναι υποπεριπτώσεις της ίδιας εντολής.
- `v.hull`: Δημιουργεί ένα κυρτό πολύγωνο γύρω από ένα VECTOR MAP χρησιμοποιώντας όλα τα features του VECTOR MAP.
- `v.overlay` (or, and, not, xor): Πρόκειται για μια εντολή η οποία αποσυντίθεται σε τέσσερα εργαλεία (ανάλογα με τον operator ο οποίος χρησιμοποιείται) η οποία διενεργεί τις λειτουργίες UNION, INTERSECT, SUBTRACTION (CLIP), VECTOR NOT INTERSECTION (SYMMETRICAL DIFFERENCE).

- v.patch : Ενώνει μια σειρά από VECTOR MAPS σε ένα νέο, ενώ αν οι δομές των πινάκων των VECTOR MAPS είναι ταυτόσημες, τότε ο πίνακας του νέου αρχείου περιέχει όλες τις τιμές για τα features όλων των VECTOR MAPS.
- v.dissolve: Ενώνει γειτονικά πολυγωνικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν την ίδια τιμή στο πεδίο CAT ή σε κάποιο άλλο πεδίο το οποίο ορίζει ο χρήστης.

Στην περίπτωση χρήσης των GRASS TOOLS, εξάγεται αρχικά το συμπέρασμα ότι τα βασικά εργαλεία ανάλυσης διανυσματικών δεδομένων, τα οποία περιλαμβάνονται διεξάγουν μια μεγάλη ποικιλία εργασιών, ενώ είναι ικανοποιητικά τεκμηριωμένα. Παράλληλα όμως, παρατηρείται ότι κάποια από τα εργαλεία αποτελούν στην πραγματικότητα υποπεριπτώσεις μιας ευρύτερης εντολής η οποία έχει αποσυντεθεί σε πολλά εργαλεία, γεγονός το οποίο αποτελεί μειονέκτημα, καθώς κάποιες εντολές του GRASS (V.SELECT) δεν έχουν αντικατασταθεί πλήρως, ως προς τις διαθέσιμες παραμέτρους τους, από εργαλεία (GRASS TOOLS). Τέλος πρέπει να αναφερθεί και πάλι, ότι ο στόχος της εργασίας δεν είναι η αναλυτική εξέταση των δυνατοτήτων του GRASS, αλλά η σύγκριση των δυνατοτήτων του συνδυασμού QGIS/GRASS (το GRASS αντιμετωπίζεται ως πρόσθετο του QGIS) με το ARCGIS 9.3. Για το λόγο αυτόν, καθώς κι εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των εργαλείων των GRASS TOOLS και των αντιστοίχων του GRASS, δεν συμπεριλαμβάνεται σχηματική αναπαράσταση του περιβάλλοντος διεπαφής των παραπάνω εργαλείων, όπως έγινε στην περίπτωση των QGIS και ARCGIS 9.3.

Σε γενικές γραμμές, όσον αφορά τη βασική ανάλυση διανυσματικών δεδομένων το ARCGIS 9.3 φαίνεται να υπερτερεί των QUANTUM/GRASS, καθώς προσφέρει μεγάλη ποικιλία εργαλείων, επαρκή τεκμηρίωση και περιλαμβάνει την πλήρη λειτουργικότητα του κάθε εργαλείου. Στη συνέχεια ακολουθεί αντίστοιχη σύγκριση των δυνατοτήτων των λογισμικών μελέτης αναφορικά με τις δυνατότητες Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων.

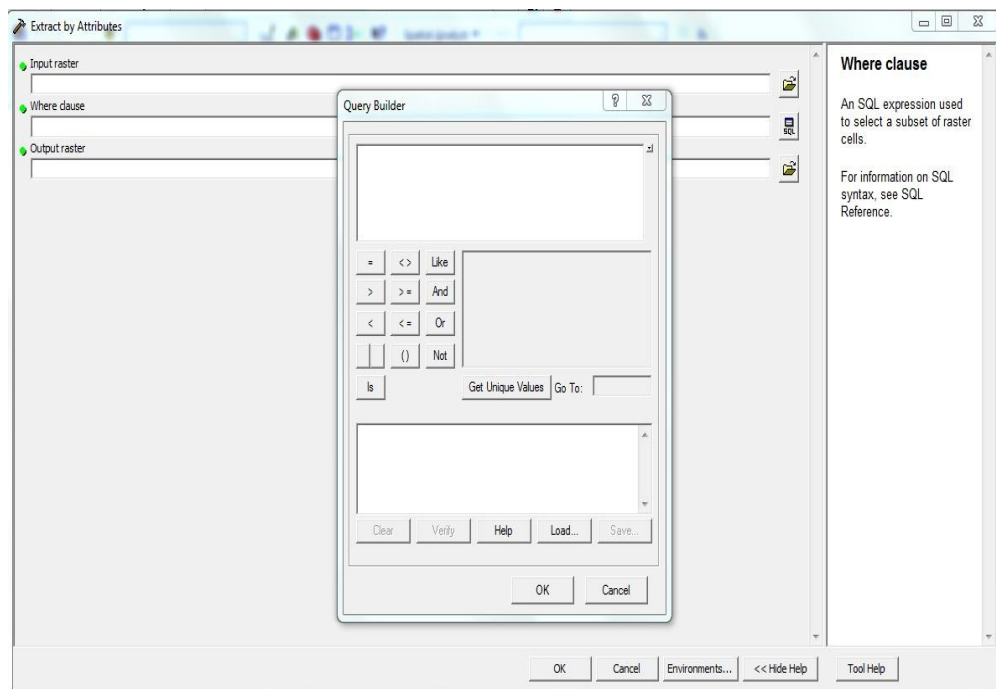
## **6. ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **Ανάλυση Ψηφιδωτών Δεδομένων και ARCGIS 9.3**

Το λογισμικό ARCGIS παρέχει μια πληθώρα εργαλείων ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων, τα οποία αφορούν τόσο λειτουργίες Βασικής Ανάλυσης (όπως περιγράφησαν στην προηγούμενη παράγραφο), όσο κι εξειδικευμένες λειτουργίες χωρικής Ανάλυσης. Η

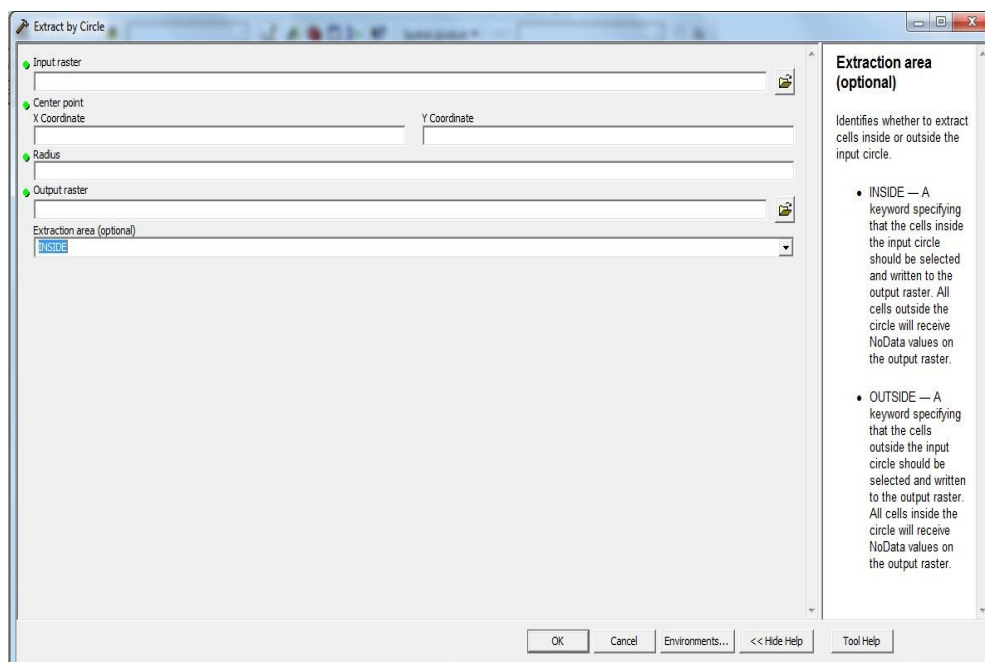
παράγραφος αυτή ασχολείται με τις Βασικές Λειτουργίες Ανάλυσης και με τις δυνατότητες του λογισμικού ARCGIS 9.3 να διεξάγει τις αντίστοιχες εργασίες. Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα, τα κυριότερα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων είναι τα παρακάτω:

- Εργαλεία αποκοπής τμημάτων ψηφιδωτών αρχείων:
  - **EXTRACT BY ATTRIBUTES:** Το συγκεκριμένο εργαλείο αποκόπτει κελιά ψηφιδωτών αρχείων με βάση την τιμή τους στο πεδίο VALUE. Η επιλογή των κελιών γίνεται με τη χρήση ερωτήματος SQL, ενώ τα επιλεγμένα κελιά στη συνέχεια εντάσσονται σε ένα νέο ψηφιδωτό αρχείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



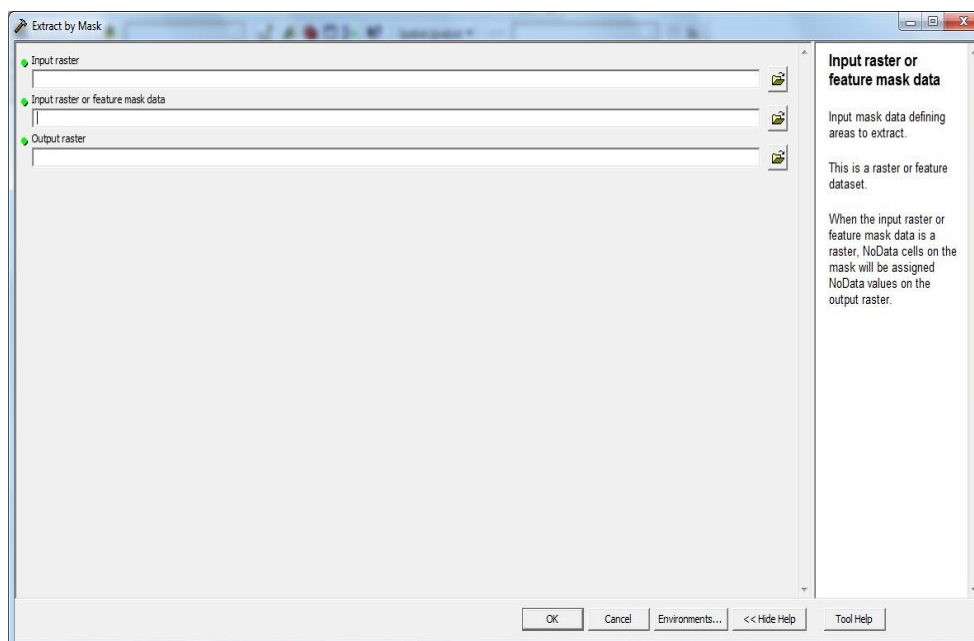
Εικόνα 115 Η μορφή του εργαλείου *EXTRACT BY ATTRIBUTES*

- **EXTRACT BY CIRCLE:** Το συγκεκριμένο εργαλείο αποκόπτει κελιά ψηφιδωτών αρχείων με τη χρήση ενός κύκλου, ως εργαλείου αποκοπής. Ο χρήστης επιλέγει τις συντεταγμένες του κέντρου του κύκλου, την ακτίνα του και το αν θα αποκοπούν τα κελιά τα οποία βρίσκονται εσωτερικά ή εξωτερικά του κύκλου. Τα επιλεγμένα κελιά εντάσσονται σε νέο ψηφιδωτό αρχείο, ενώ τα μη επιλεγμένα αποκτούν τιμή NODATA στο νέο αρχείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



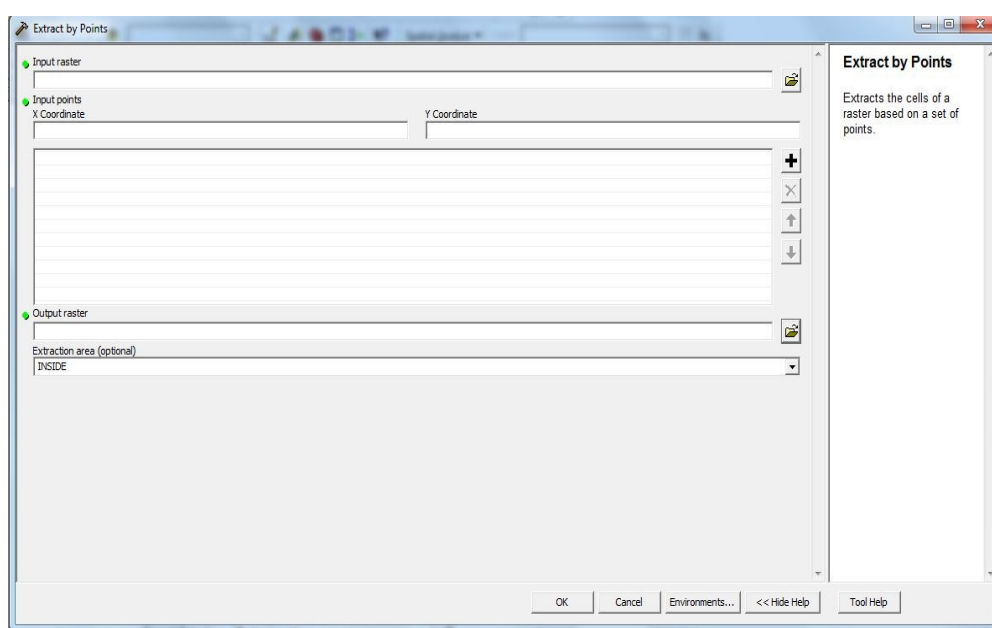
Εικόνα 116 Η μορφή του εργαλείου *EXTRACT BY CIRCLE*.

- **EXTRACT BY MASK:** Το εργαλείο αποκόπτει τα κελιά με τη χρήση ενός άλλου διανυσματικού ή ψηφιδωτού αρχείου (ΜΑΣΚΑ), το οποίο ορίζει την περιοχή αποκοπής. Στην περίπτωση που το αρχείο αυτό είναι ψηφιδωτής μορφής και περιέχει κελιά με τιμές NODATA, τα αντίστοιχα κελιά του τελικού αρχείου θα έχουν και αυτά τιμές NODATA. (ARCGIS 9.3 HELP)



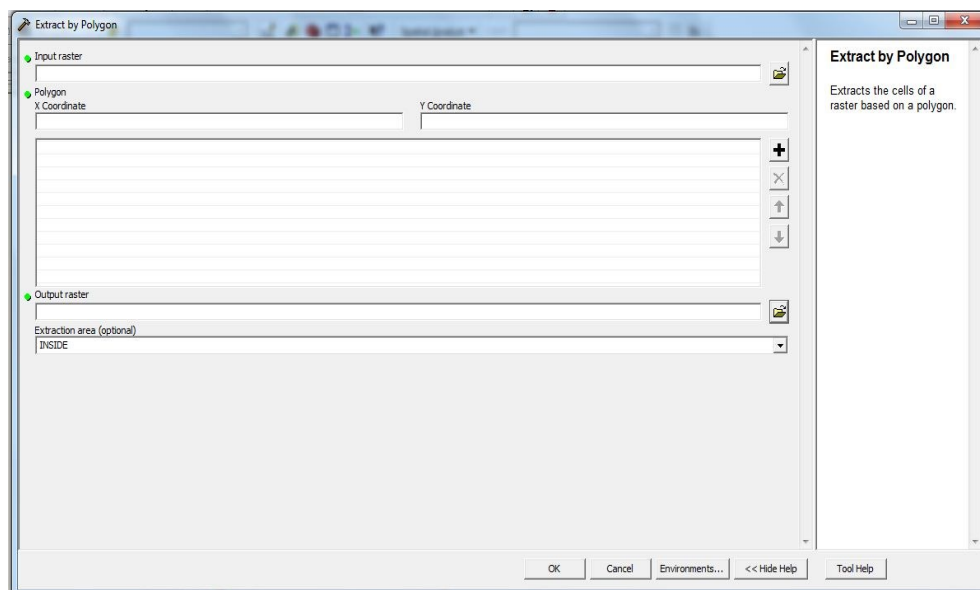
Εικόνα 117 Η μορφή του εργαλείου *EXTRACT BY MASK*.

- **EXTRACT BY POINTS:** Το συγκεκριμένο εργαλείο αποκόπτει κελιά από ένα ψηφιδωτό αρχείο με τη χρήση σημείων. Ο χρήστης καλείται να εισάγει τις συντεταγμένες μιας σειράς σημείων. Στη συνέχεια το λογισμικό αποκόπτει είτε τα κελιά τα οποία αντιστοιχούν στις παραπάνω συντεταγμένες, είτε τα υπόλοιπα κελιά (ανάλογα με την επιλογή του χρήστη). Έτσι δίνεται η δυνατότητα είτε αποκοπής συγκεκριμένων κελιών, είτε αποκοπής όλων των κελιών πλην των κελιών τα οποία αντιστοιχούν στις συντεταγμένες των σημείων εισαγωγής. Τέλος, τα κελιά αυτά εντάσσονται σε ένα νέο ψηφιδωτό αρχείο, το όνομα του οποίου δίνεται από το χρήστη. (ARCGIS 9.3 HELP)



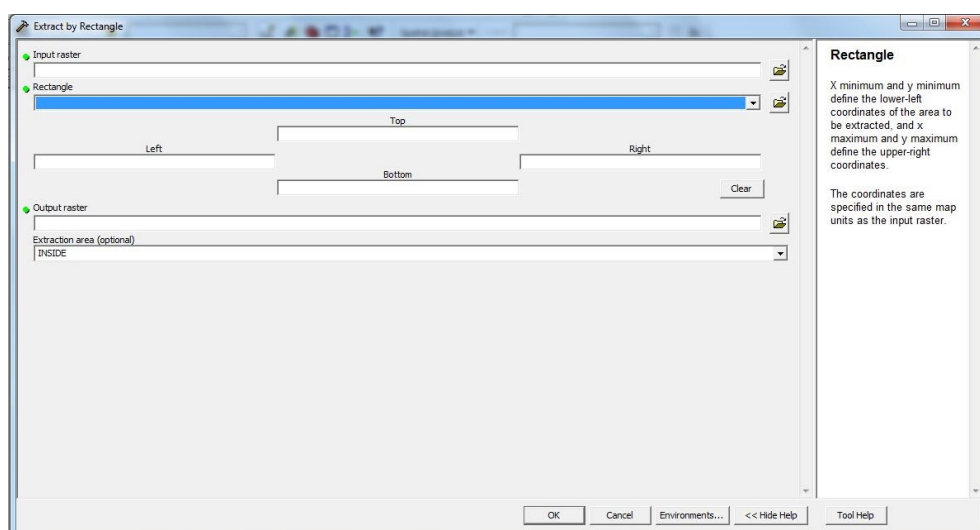
*Εικόνα 118 Η μορφή του εργαλείου EXTRACT BY POINTS.*

- **EXTRACT BY POLYGON:** Λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο εργαλείο, καθώς ο χρήστης εισάγει μια σειρά από συντεταγμένες, οι οποίες αντιστοιχούν στις κορυφές ενός πολυγώνου. Ο χρήστης επιλέγει αν θα αποκοπούν τα σημεία εντός ή εκτός του πολυγώνου, καθώς και το όνομα του αρχείου το οποίο θα δημιουργηθεί. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 119 Η μορφή του εργαλείου EXTRACT BY POLYGON.

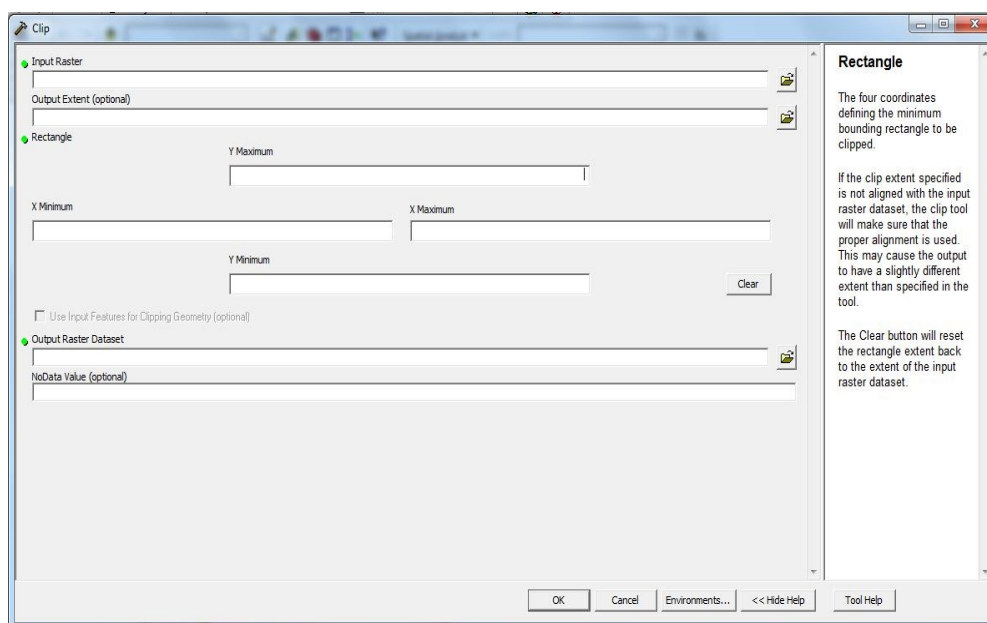
- **EXTRACT BY RECTANGLE:** Λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο εργαλείο, μόνο που αυτή τη φορά ο χρήστης εισάγει ένα ζεύγος συντεταγμένων, οι οποίες αντιστοιχούν στην κάτω αριστερά και στη επάνω δεξιά κορυφή του παραλληλογράμμου αποκοπής. Ο χρήστης επιλέγει αν θα αποκοπούν τα σημεία εντός ή εκτός του πολυγώνου, καθώς και το όνομα του αρχείου το οποίο θα δημιουργηθεί. Τέλος το παραλληλόγραμμο μπορεί να είναι ένα ήδη υπάρχον διανυσματικό αρχείο, το οποίο επιλέγεται από το χρήστη χωρίς εισαγωγή των συντεταγμένων των ακραίων κορυφών του. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 120 Η μορφή του εργαλείου EXTRACT BY RECTANGLE.

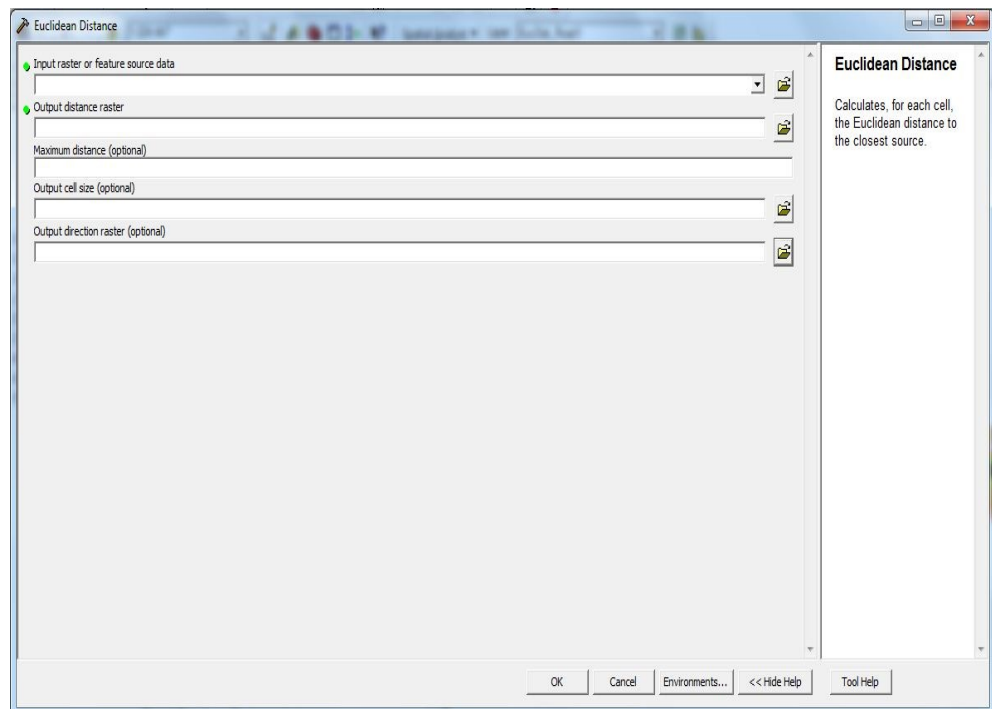


- CLIP: Είναι ακριβώς το ίδιο με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι αντί για παραλληλόγραμμο χρησιμοποιείται η επιλογή EXTENT η οποία ορίζει το BOUNDARY RECTANGLE ενός άλλου διανυσματικού ή ψηφιδωτού αρχείου. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η εκταση της επιφανείας αποκοπής είναι μεγαλύτερη από την εκταση των δεδομένων του αρχείου με βάση το BND POLY του οποίου γίνεται η αποκοπή. Τέλος το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα επιλογής σχετικά με τη διαχείριση των κελιών με τιμές NODATA. (ARCGIS 9.3 HELP)



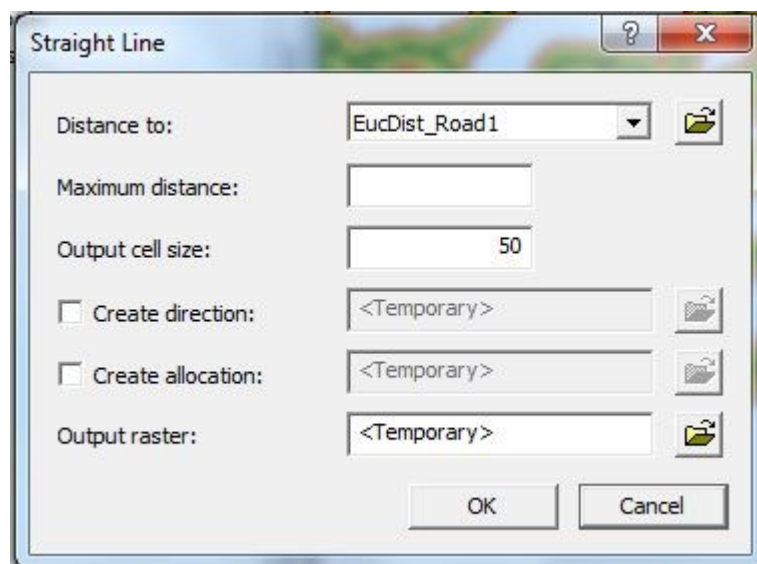
Εικόνα 121 Η μορφή του εργαλείου CLIP.

- Εργαλεία δημιουργίας ζωνών επιρροής:
  - EUCLIDEAN DISTANCE: Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ζώνες επιρροής με βάση την Ευκλείδεια απόσταση. Χρησιμοποιεί σαν αρχείο εισαγωγής ένα αρχικό διανυσματικό ή ψηφιδωτό αρχείο και υπολογίζει ζώνες αποστάσεων από τα κελιά του αρχείου αυτού. Αν το αρχικό αρχείο είναι διανυσματικής μορφής, τότε μετατρέπεται σε ψηφιδωτό πριν υπολογισθούν οι αποστάσεις, ενώ ο χρήστης καλείται να επιλέξει το εύρος των ζωνών buffer, το μέγεθος του κελιού του νέου αρχείου καθώς και τη μέγιστη απόσταση μέχρι την οποία θα διεξαχθεί ο υπολογισμός. Στην περίπτωση που δεν επιλέγει μέγιστη απόσταση η ανάλυση καταλαμβάνει όλη την επιφάνεια του αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



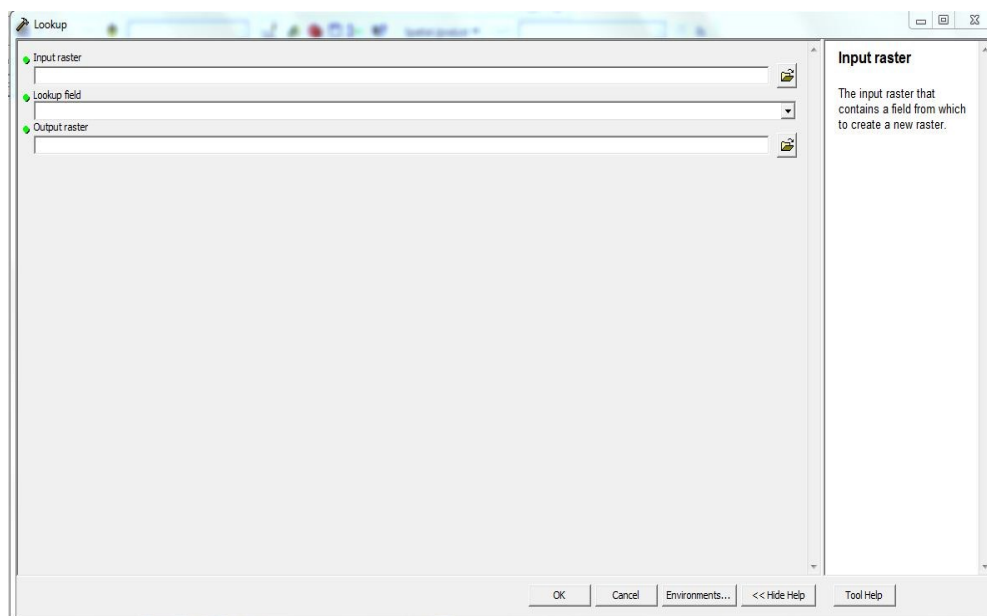
Εικόνα 122 Η μορφή του εργαλείου EUCLIDEAN DISTANCE.

- STRAIGHT LINE: Το εργαλείο λειτουργεί ακριβώς όπως το προηγούμενο με μοναδική διαφορά το περιβάλλον της διεπαφής με το χρήστη. Στην ουσία πρόκειται για το ίδιο ακριβώς εργαλείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



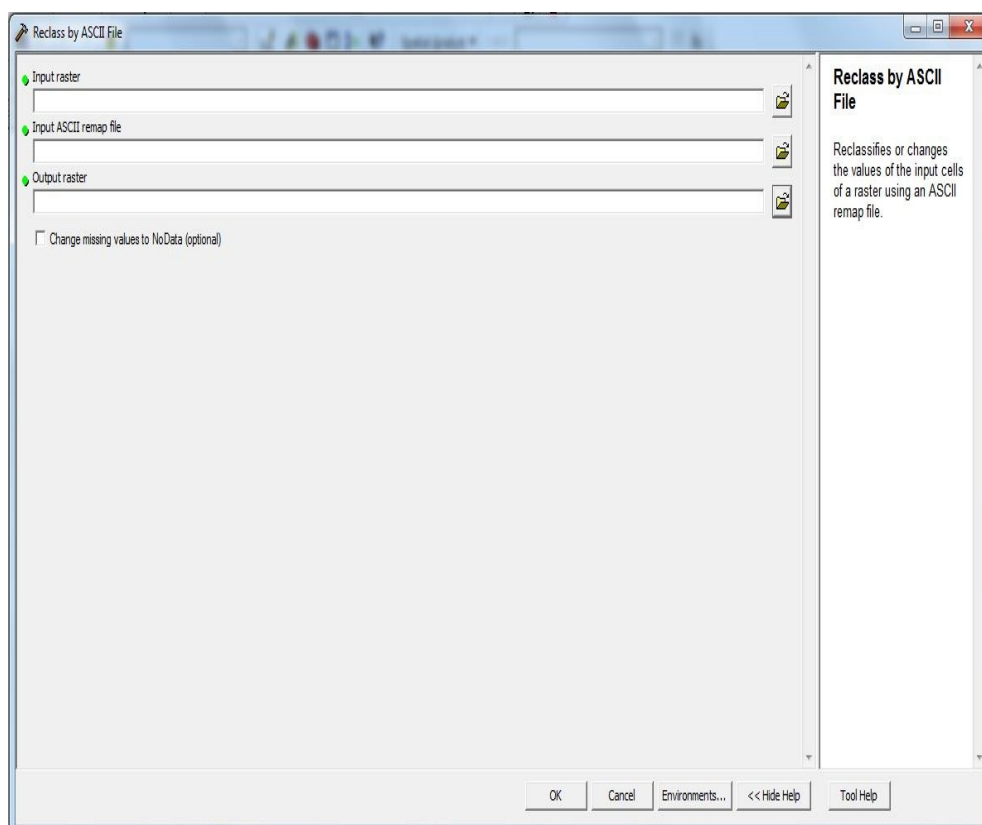
Εικόνα 123 Η μορφή του εργαλείου STRAIGHT LINE.

- Εργαλεία επαναταξινόμησης τιμών των κελιών ψηφιδωτών αρχείων:
  - LOOKUP: Το συγκεκριμένο εργαλείο επαναταξινόμει τις τιμές του πεδίου VALUE των κελιών ενός ψηφιδωτού αρχείου, με βάση τις τιμές ενός άλλου πεδίου. Το πεδίο αυτό περιέχει τις νέες τιμές των κελιών του ψηφιδωτού αρχείου, ενώ το αποτέλεσμα εξάγεται σε μορφή ενός νέου ψηφιδωτού αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



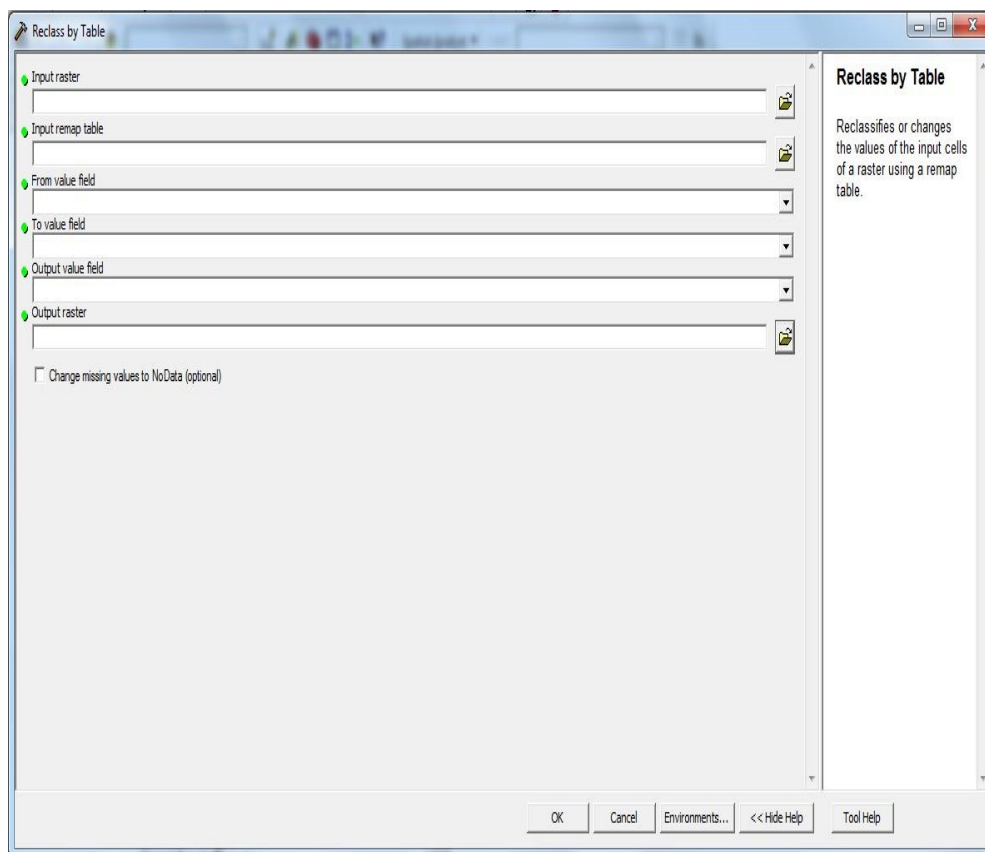
*Εικόνα 124 Η μορφή του εργαλείου LOOKUP.*

- RECLASS BY ASCII FILE: Το συγκεκριμένο εργαλείο επαναταξινόμει τις τιμές του πεδίου VALUE των κελιών ενός ψηφιδωτού αρχείου, χρησιμοποιώντας ένα αρχείο ASCII το οποίο ακολουθεί τη γενική μορφή in\_value: out\_value. Έτσι, στην πρώτη στήλη του αρχείου αναγράφονται οι αρχικές τιμές ενώ στη δεύτερη οι νέες, οι οποίες διαχωρίζονται από τις αρχικές με το σύμβολο (:). Ο χρήστης αρχικά δημιουργεί το συγκεκριμένο αρχείο και στη συνέχεια το εισάγει ως παράμετρο στο εργαλείο, ενώ το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα νέο ψηφιδωτό αρχείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



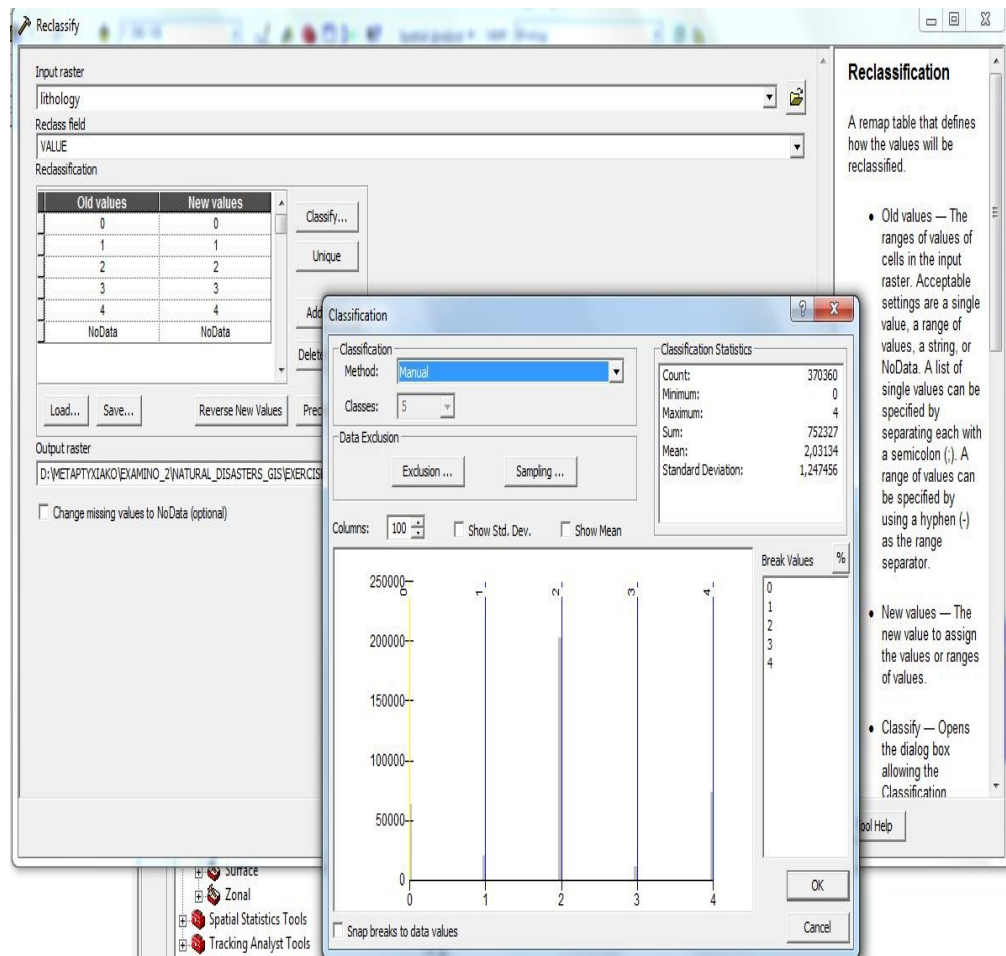
Εικόνα 125 Η μορφή του εργαλείου RECLASS BY ASCII FILE.

- **RECLASS BY TABLE:** Το συγκεκριμένο εργαλείο επαναταξινομεί τις τιμές του πεδίου VALUE των κελιών ενός ψηφιδωτού αρχείου με τη βοήθεια ενός πίνακα επαναταξινόμησης. Ο πίνακας αυτό περιέχει υποχρεωτικά τρία πεδία τα οποία περιέχουν α) τις τιμές έναρξης του αρχικού πεδίου τιμών (του πεδίου VALUE) των κελιών του ψηφιδωτού αρχείου (για κάθε κλάση) β) τις τελικές τιμές του αρχικού πεδίου τιμών (του πεδίου VALUE) των κελιών του ψηφιδωτού αρχείου (για κάθε κλάση) και γ) τις νέες ακέραιες τιμές τις οποίες θα αποκτήσει το πεδίο VALUE μετά την επαναταξινόμηση του ψηφιδωτού αρχείου. Ο χρήστης εισάγει τον παραπάνω πίνακα και τα ονόματα των πεδίων στο εργαλείο, και στη συνέχεια επιλέγει το όνομα του νέου αρχείου καθώς και τη μέθοδο διαχείρισης των κελιών με τιμές NODATA. Το αποτέλεσμα είναι ένα νέο επαναταξινομημένο αρχείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



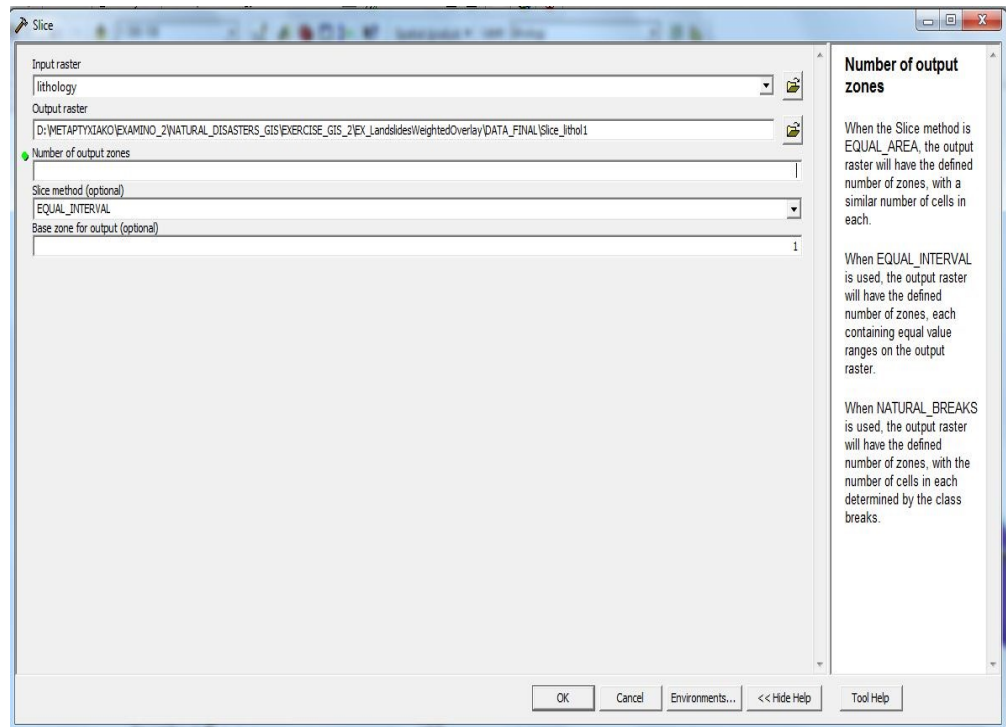
Εικόνα 126 Η μορφή του εργαλείου RECLASS BY TABLE.

- RECLASSIFY: Το παραπάνω εργαλείο προσφέρει τη δυνατότητα επαναταξινόμησης ενός ψηφιδωτού αρχείου, με διαδραστικό τρόπο, καθώς επιτρέπει στο χρήστη τη επιλογή των νέων τιμών των κελιών, καθώς και τον αριθμό των νέων κλάσεων μέσα από ένα φιλικό περιβάλλον διεπαφής. Ο χρήστης επιλέγει, μεταξύ άλλων, το επίπεδο ακριβείας (precision) καθώς και τη δυνατότητα αντιστροφής των τιμών της αρχικής ταξινόμησης, ενώ μπορεί να αποκλείσει ορισμένες κλάσεις από την ταξινόμηση. Η επιλογή των νέων τιμών μπορεί να γίνει με τη χρήση διάφορων μεθόδων όπως, ισων διαστημάτων (equal interval), καθορισμένων διαστημάτων (defined interval), ποσοτικού διαχωρισμού (quantile), φυσικών διαστημάτων (natural breaks), γεωμετρικών διαστημάτων (geometric interval), τυπικής απόκλισης (standard deviation) και χειροκίνητου ελέγχου (manual). Το τελικό προϊόν είναι ένα νέο επαναταξινόμημένο αρχείο, το οποίο αποθηκεύεται στο δίσκο. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 127 Η μορφή του εργαλείου RECLASSIFY.

- SLICE: Το συγκεκριμένο εργαλείο επαναταξινομεί ένα ψηφιδωτό αρχείο «κόβοντας» το σε νέες κλάσεις (ζώνες), οι οποίες έχουν είτε ίσα εμβαδά (equal area), είτε ίσα διαστήματα τιμών (equal interval), είτε δημιουργούνται με τη μέθοδο φυσικών διαστημάτων (natural breaks). Το συγκεκριμένο εργαλείο στην ουσία μοιράζει τις τιμές του πεδίου VALUE σε «ισοδύναμα» διαστήματα τιμών, με τον όρο «ισοδύναμα» να προσδιορίζεται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται κάθε φορά. (ARCGIS 9.3 HELP)

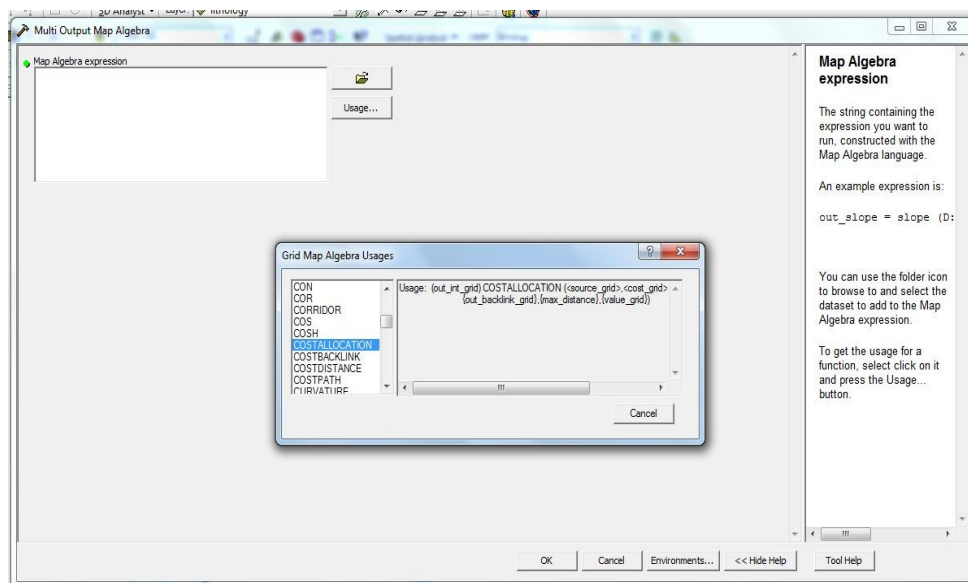


Εικόνα 128 Η μορφή του εργαλείου SLICE.

➤ Εργαλεία διενέργειας μαθηματικών ή άλλων (λογικών) πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων:

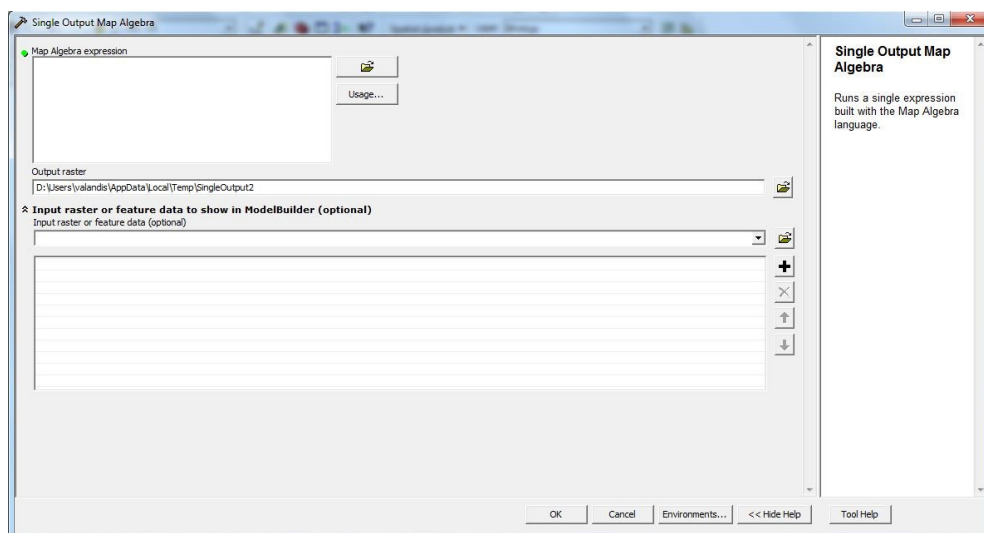
- **MULTI OUTPUT MAP ALGEBRA:** Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιεί το περιβάλλον MAP ALGEBRA, του ARCGIS 9.3, προκειμένου να εκτελέσει μια σειρά μαθηματικών ή λογικών πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων. Παράλληλα επιτρέπει στο χρήστη να χρησιμοποιήσει τις λειτουργίες ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων, με μορφή εντολών εφόσον το επιθυμεί. Το περιβάλλον MAP ALGEBRA είναι ένα αρκετά πολύπλοκο κι εξειδικευμένο περιβάλλον ανάλυσης, το οποίο δεν μπορεί να καλυφθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας. Η σημασία του έγκειται στο γεγονός ότι παρέχει στο χρήστη μέσω διαφόρων εργαλείων, τη δυνατότητα διενέργειας μαθηματικών πράξεων με ψηφιδωτά δεδομένα, γεγονός το οποίο αυξάνει κατακόρυφα τις δυνατότητες χωρικής ανάλυσης του λογισμικού. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει την εξαγωγή πολλαπλών αρχείων εξόδου ψηφιδωτής μορφής. (ARCGIS 9.3 HELP)





Εικόνα 129 Η μορφή του εργαλείου MULTI OUTPUT MAP ALGEBRA.

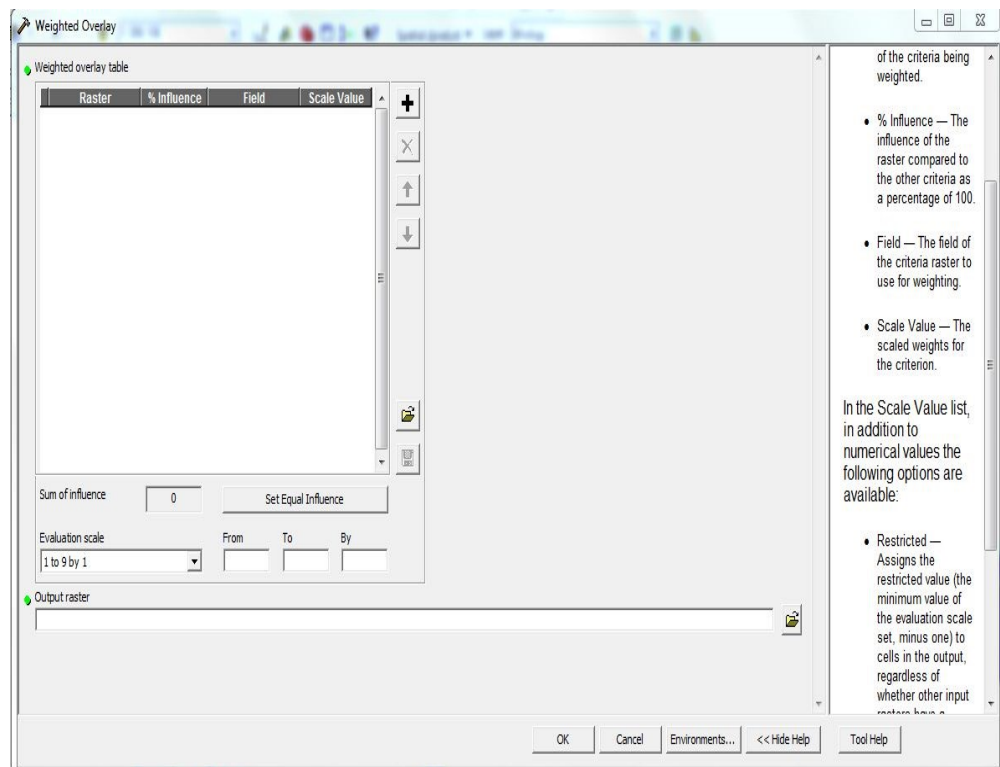
- SINGLE OUTPUT MAP ALGEBRA: Είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το προηγούμενο εργαλείο με τη διαφορά ότι επιτρέπει τη δημιουργία ενός μόνο ψηφιδωτού αρχείου εξόδου. Ταυτόχρονα επιτρέπει την επιλογή αρχείων δεδομένων τα οποία θα είναι εμφανή στο περιβάλλον του MODEL BUILDER, στην περίπτωση που το εργαλείο χρησιμοποιηθεί μέσα από το περιβάλλον του MODEL BUILDER. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 130 Η μορφή του εργαλείου SINGLE OUTPUT MAP ALGEBRA.

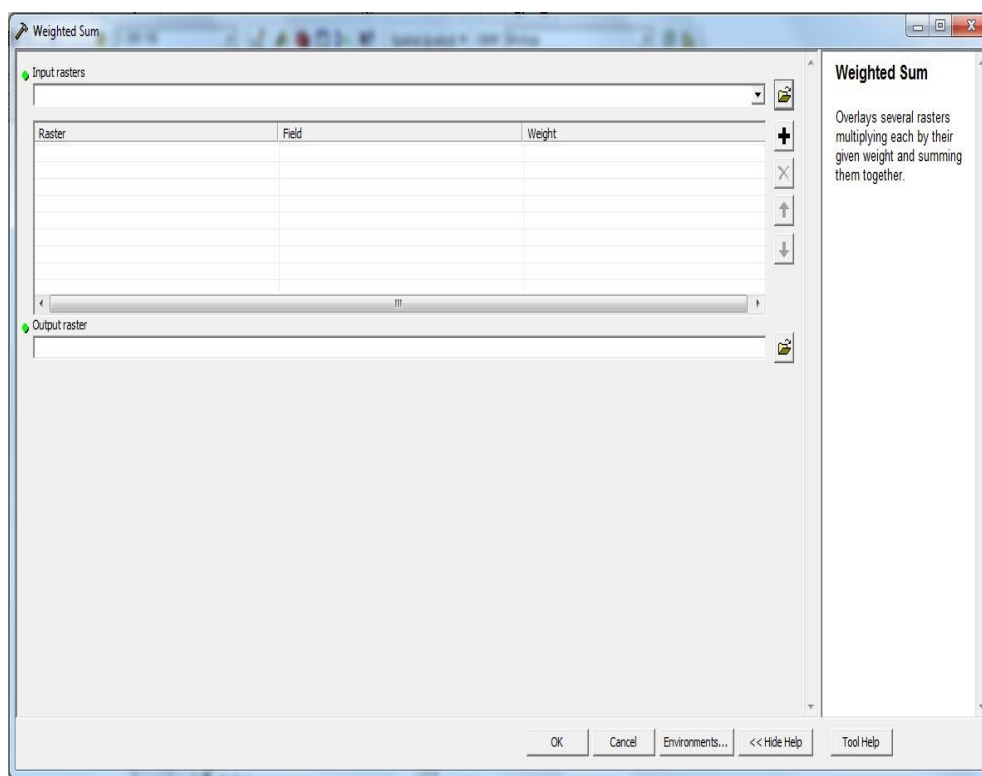
- WEIGHTED OVERLAY: Το συγκεκριμένο εργαλείο διενεργεί υπέρθεση ψηφιδωτών δεδομένων, στη βάση μιας κλίμακας εκτίμησης καταλληλότητας, με τη χρήση τιμών βαρών για τα κελιά του κάθε ψηφιδωτού αρχείου.

Χρησιμοποιείται συνήθως στην περίπτωση ανάλυσης «αξιολόγησης», όπου ένα σύνολο ψηφιδωτών αρχείων πρέπει να συνδυαστεί με στόχο τη δημιουργία ενός τελικού αρχείου το οποίο αποτελεί αρχείο αξιολόγησης μιας περιοχής αναφορικά με κάποια χωρική ιδιότητα ή συμπεριφορά. Οι τιμές των κελιών του κάθε ψηφιδωτού αρχείου πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή βάρους του αντιστοίχου αρχείου και στη συνέχεια προστίθενται. Το αποτέλεσμα επαναταξινομείται στη βάση της κλίμακας καταλληλότητας, την οποία επιλέγει ο χρήστης, και το τελικό προϊόν εξάγεται σε μορφή νέου ψηφιδωτού αρχείου, ενώ το συγκεκριμένο εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε πεδίο των ψηφιδωτών αρχείων (όχι μόνο το πεδίο VALUE). (ARCGIS 9.3 HELP)



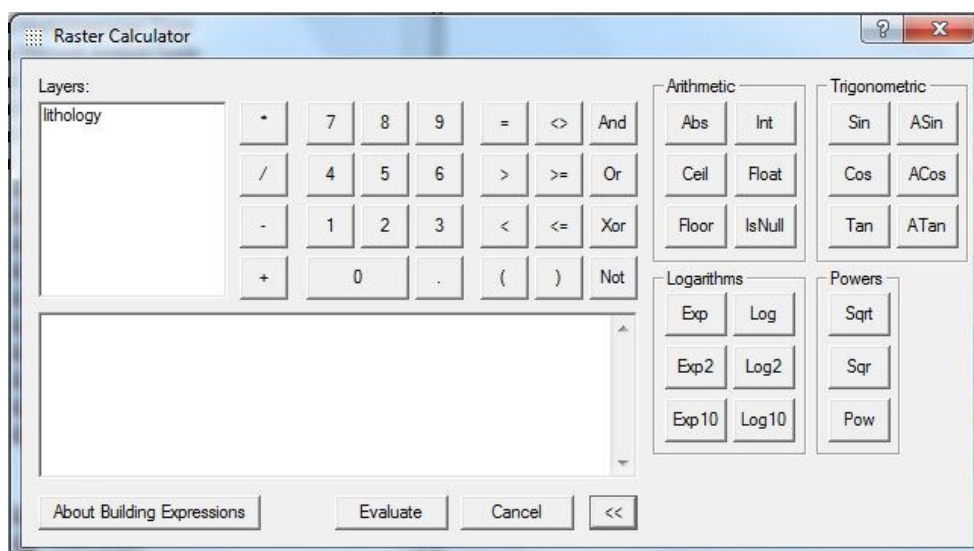
Εικόνα 131 Η μορφή του εργαλείου *WEIGHTED OVERLAY*.

- **WEIGHTED SUM:** Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το προηγούμενο εργαλείο, με τη διαφορά ότι δεν παρέχει δυνατότητα επαναταξινόμησης στη βάση κάποιας κλίμακας αξιολόγησης. Απλά πολλαπλασιάζει τις τιμές των κελιών με τα αντίστοιχα βάρη και προσθέτει τις τελικές τιμές, ενώ κι αυτό χρησιμοποιεί πεδία πέραν του πεδίου VALUE. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 132 Η μορφή του εργαλείου *WEIGHTED SUM*.

- RASTER CALCULATOR:** Αποτελεί το απλούστερο εργαλείο διενεργείας μαθηματικών πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών αρχείων του ARCGIS 9.3. Στην ουσία πρόκειται για έναν υπολογιστή (calculator), ο οποίος διενεργεί απλές ή και ελάχιστα πιο σύνθετες μαθηματικές πράξεις με τις τιμές των κελιών των ψηφιδωτών αρχείων. Η χρήση του είναι παρόμοια με τη χρήση ενός υπολογιστή τσέπης (pocket calculator), ενώ οι μαθηματικές πράξεις αφορούν **ΜΟΝΟ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ VALUE**. Το τελικό προϊόν είναι ένα προσωρινό αρχείο raster, το οποίο πρέπει στη συνέχεια να εξαχθεί σε κάποιο άλλο μόνιμης μορφής αρχείο. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 133 Η μορφή του εργαλείου RASTER CALCULATOR.

Όπως φάνηκε, το λογισμικό ARCGIS 9.3 διαθέτει έναν ικανό αριθμό εργαλείων Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων, τα οποία παρέχουν στο χρήστη τεράστιες δυνατότητες ανάλυσης. Όλα τα παραπάνω εργαλεία περιέχονται στο περιβάλλον του extension SPATIAL ANALYST του λογισμικού και απαιτούν την ύπαρξη του προκείμενου να είναι διαθέσιμα στο χρήστη. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το περιβάλλον του λογισμικού επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει (εφόσον το επιθυμεί) εξ' αρχής ένα όριο της περιοχής εργασίας του (MASK), έτσι ώστε να περιορίσει όλες τις λειτουργίες των παραπάνω εργαλείων εντός της συγκεκριμένης περιοχής. Παράλληλα πρέπει να τονισθεί ότι κατά την επαναταξινόμηση ενός ψηφιδωτού αρχείου, το νέο αρχείο πρέπει να έχει ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ ΑΚΕΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ, καθώς το λογισμικό ARCGIS, στην έκδοση 9.3 τουλάχιστον, δεν επιτρέπει την επαναταξινόμηση ψηφιδωτού αρχείου σε μορφή FLOATING POINT.

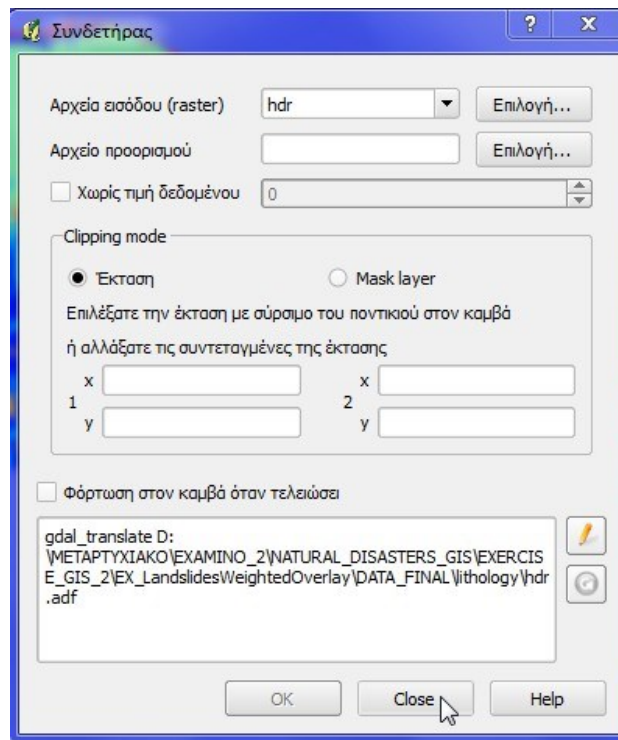
Συνοψίζοντας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων, καθώς ακόμη και οι ικανότητες του στον τομέα της Βασικής Ανάλυσης είναι εντυπωσιακές. Στις επόμενες παραγράφους, ακολουθεί αντίστοιχη συνοπτική περιγραφή των εργαλείων Βασικής Ανάλυσης τις οποίες διαθέτει ο συνδυασμός λογισμικών QGIS/GRASS.

## Ανάλυση Ψηφιδωτών Δεδομένων και QGIS/GRASS.

Ο συνδυασμός λογισμικού QGIS/GRASS, παρέχει με τη σειρά του μια εξίσου εντυπωσιακή συλλογή εργαλείων Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων (κυρίως μέσω του GRASS), η οποία αποτελεί συνδυασμό των εργαλείων ανάλυσης του QGIS με τα αντίστοιχα εργαλεία του λογισμικού GRASS. Όπως και στις προηγούμενες παραγράφους, το λογισμικό GRASS αντιμετωπίζεται ως επέκταση του QGIS και περιγράφεται μέσω της χρήσης τους μέσα από την εργαλειοθήκη GRASS TOOLS. Οι κατηγορίες διάκρισης των λειτουργιών Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ενώ τα βασικότερα εργαλεία τα οποία παρέχει ανά κατηγορία το λογισμικό QGIS, το οποίο εξετάζεται πρώτο, είναι τα παρακάτω:

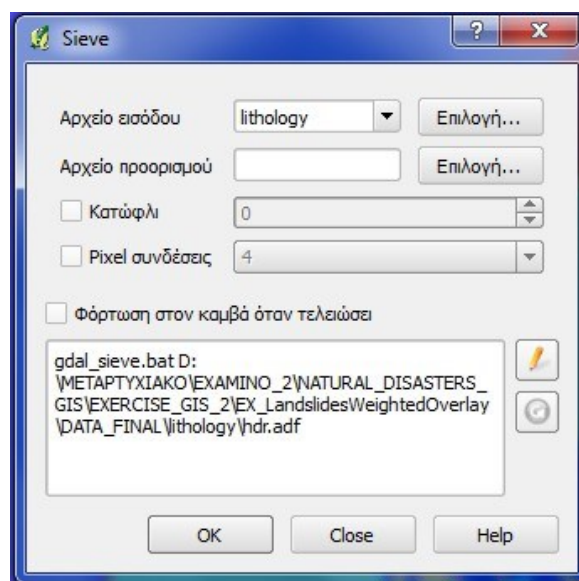
### ➤ Εργαλεία αποκοπής τμημάτων ψηφιδωτών αρχείων:

- CLIP (ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ): Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί στην ουσία το εργαλείο αποκοπής ενός τμήματος ενός ψηφιδωτού αρχείου με τη μέθοδο cookie cutter. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα χρήσης των συντεταγμένων (κάτω αριστερά κι επάνω δεξιά κορυφές) ενός παραλληλογράμμου, ενός υπάρχοντος διανυσματικού αρχείου (MASK) ή την δημιουργία ενός παραλληλογράμμου με τη χρήση του mouse. Η περιοχή αποκοπής η οποία ορίζεται, περιλαμβάνει πάντοτε τα κελιά τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό της, και τα οποία εντάσσονται σε κάποιο νέο ψηφιδωτό αρχείο, το όνομα και τη θέση του οποίου ορίζει ο χρήστης. Τέλος το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα επιλογής κελιών (μέσω της εισαγωγής της τιμής τους) τα οποία στο νέο αρχείο θα πάρουν τιμή NODATA. Τέλος, το όνομα του εργαλείου (ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ), αποτελεί λανθασμένη μετάφραση του όρου CLIP στα Ελληνικά από τους δημιουργούς του λογισμικού και δεν ανταποκρίνεται στη λειτουργία του εργαλείου.



Εικόνα 134 Η μορφή του εργαλείου CLIP.

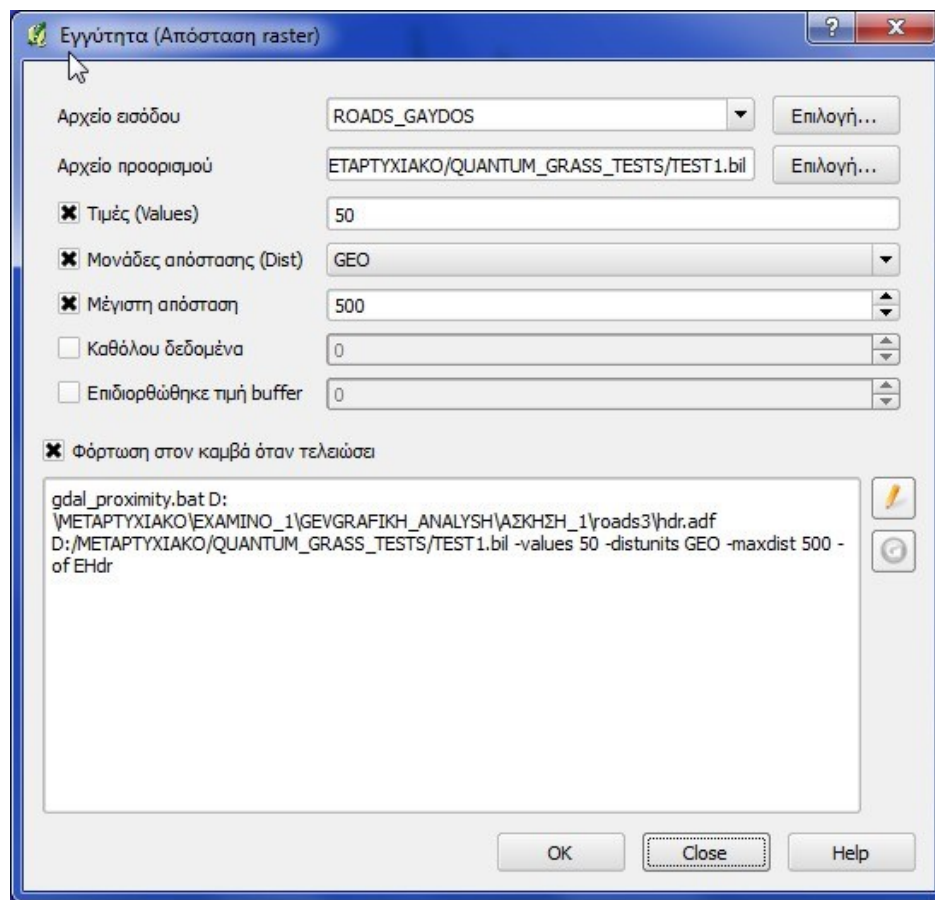
- SIEVE: Το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει την απομάκρυνση περιοχών ενός διανυσματικού αρχείου των οποίων το εμβαδό είναι μικρότερο από έναν αριθμό κελιών τον οποίο ορίζει ο χρήστης. Είναι ιδανικό για την απομάκρυνση μεμονωμένων κελιών, ενώ οι περιοχές των οποίων τα κελιά απομακρύνονται παίρνουν την τιμή των κελιών της μεγαλύτερη σε έκτασης γειτονικής περιοχής.



Εικόνα 135 Η μορφή του εργαλείου SIEVE.

➤ Εργαλεία δημιουργίας ζωνών επιρροής (buffer zones) με τη μορφή ψηφιδωτών αρχείων:

- PROXIMITY: Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι αντίστοιχο με το EUCLIDEAN DISTANCE του ARCGIS 9.3. Αντίθετα με αυτό όμως, επιτρέπει την εισαγωγή μόνο ψηφιδωτών αρχείων ως αρχεία εισαγωγής, ενώ διενεργεί τον υπολογισμό της απόστασης σε γεωδαιτικές μονάδες ή σε αριθμούς κελιών ανάλογα με την επιλογή του χρήστη.



Εικόνα 136 Η μορφή του εργαλείου PROXIMITY.

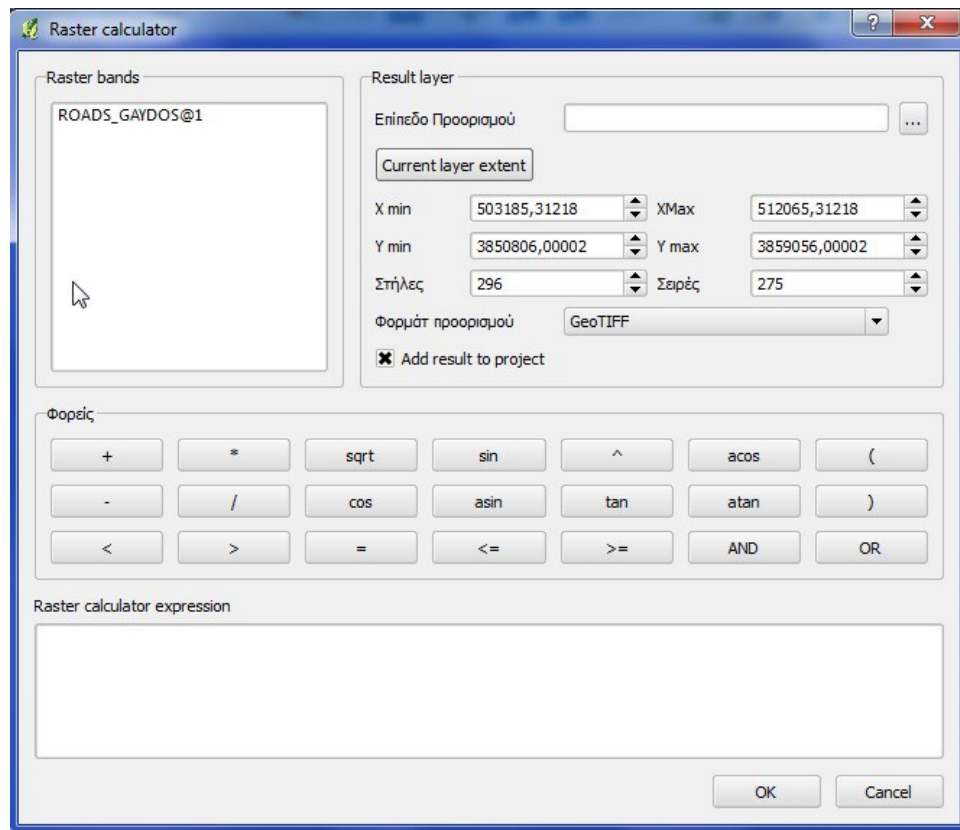
➤ Εργαλεία επαναταξινόμησης τιμών των κελιών ψηφιδωτών αρχείων:

Το λογισμικό QGIS δεν περιέχει εργαλεία επαναταξινόμησης ψηφιδωτών δεδομένων στο κεντρικό μενού επιλογών του. Αντίθετα οι οποίες δυνατότητες υπάρχουν στον τομέα αυτό, προέρχονται μέσα από το περιβάλλον των GRASS TOOLS, τα αντίστοιχα εργαλεία του οποίου θα περιγράψουν στη συνέχεια.



➤ Εργαλεία διενέργειας μαθηματικών ή άλλων (λογικών) πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων:

- **RASTER CALCULATOR:** Αποτελεί εργαλείο αντίστοιχο με αυτό του ARCGIS 9.3, το οποίο επιτρέπει την τέλεση μαθηματικών πράξεων με τις τιμές των κελιών ψηφιδωτών αρχείων. Επιτρέπει τη διενέργεια απλών υπολογισμών με τη χρήση απλών μαθηματικών τελεστών και συναρτήσεων (tan, sin, sqrt κ.α.), ενώ παράλληλα επιτρέπει τη χρήση των BOOLEAN τελεστών AND και OR. Σε καμιά περίπτωση δεν πλησιάζει τις δυνατότητες του περιβάλλοντος MAP ALGEBRA του ARCGIS, όμως αποτελεί απλό κι εύχρηστο εργαλείο για την εκτέλεση απλών μαθηματικών πράξεων με ψηφιδωτά δεδομένα.



Εικόνα 137 Η μορφή του εργαλείου RASTER CALCULATOR.

Οι δυνατότητες του λογισμικού QGIS, σε σχέση με τις προαναφερθείσες λειτουργίες Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων περιορίζονται στα παραπάνω εργαλεία, τα οποία προσφέρουν στο εν λόγω λογισμικό περιορισμένες δυνατότητες. Ταυτόχρονα όμως το λογισμικό QGIS, μέσω της διασύνδεσης του με το GRASS και τη χρήση της εργαλειοθήκης

GRASS TOOLS, αποκτά νέες δυνατότητες στον τομέα της Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων. Οι δυνατότητες αυτές και τα εργαλεία τα οποία τις υλοποιούν περιγράφονται στη συνέχεια, ενώ και πάλι πρέπει να αναφερθεί ότι ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας δεν είναι η περιγραφή των δυνατοτήτων του λογισμικού GRASS, αλλά η σύγκριση μεταξύ των λογισμικών ARCGIS 9.3 και του συνδυασμού QGIS/GRASS. Κατά τη σύγκριση αυτή, το λογισμικό QGIS θεωρείται ως το κύριο λογισμικό (μεταξύ των δύο του συνδυασμού QGIS/GRASS), ενώ το GRASS αντιμετωπίζεται ως επέκταση του QGIS, με αποτέλεσμα το κύριο βάρος της σύγκρισης να «πέφτει» στο QGIS. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η περιγραφή των εργαλείων του περιβάλλοντος GRASS TOOLS δεν είναι τόσο λεπτομερής όσο αυτή των εργαλείων των QGIS, ARCGIS 9.3, ενώ τα εργαλεία συνήθως δεν συνοδεύονται από σχηματικές αναπαραστάσεις. Με βάση τα παραπάνω, τα κυριότερα εργαλεία του περιβάλλοντος GRASS TOOLS, ανά κατηγορία βασικών λειτουργιών, είναι τα παρακάτω:

➤ Εργαλεία αποκοπής τμημάτων ψηφιδωτών αρχείων:

- Το λογισμικό GRASS, μέσω των GRASS TOOLS, δε διαθέτει κάποιο εξειδικευμένο εργαλείο για την αποκοπή συγκεκριμένου τμήματος ψηφιδωτού αρχείου. Αντίθετα όταν απαιτείται μια τέτοια εργασία ο χρήστης μπορεί είτε να χρησιμοποιήσει το QGIS, είτε να χρησιμοποιήσει το συνδυασμό εντολών `g.region` και `r.resample`, προκειμένου αρχικά να ορίσει ένα νέο REGION το οποίο περιλαμβάνει την περιοχή ενδιαφέροντος και στη συνέχεια να αποκόψει την περιοχή αυτή. Η αποκοπή γίνεται με την εντολή `r.resample` (ορίζοντας την ίδια ανάλυση με το αρχικό αρχείο), η οποία αν και δεν είναι εργαλείο αποκοπής, επεξεργάζεται ΜΟΝΟ την περιοχή του νέου REGION, οπότε το τελικό της προϊόν είναι στην ουσία αποκοπόμενο τμήμα του αρχικού αρχείου. Τέλος, καθίσταται σαφές ότι το σχήμα της περιοχής αποκοπής δεν μπορεί παρά να είναι παραλληλόγραμμο, καθώς τέτοιο είναι το σχήμα του κάθε REGION.
- `r.reclass.area. (greater, lesser)`: Το συγκεκριμένο εργαλείο, αν και περιλαμβάνεται στα εργαλεία επαναταξινόμησης της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS, στην πραγματικότητα αποκόπτει περιοχές ενός ψηφιδωτού αρχείου με βάση την εκταση τους και δημιουργεί ένα νέο αρχείο. Η εκταση των περιοχών μετράται σε εκτάρια (hactares) ενώ η οριακή τιμή (break value)

ορίζεται από το χρήστη. Το τελικό αρχείο περιέχει τα κελιά τα οποία σχηματίζουν συνεχείς εκτάσεις (της ίδιας τιμής στο πεδίο category), με τις αρχικές τους τιμές.

➤ Εργαλεία δημιουργίας ζωνών επιρροής (buffer zones) με τη μορφή ψηφιδωτών αρχείων:

- **r.buffer:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ζώνες buffer γύρω από ένα ψηφιδωτό αρχείο σε συγκεκριμένες αποστάσεις τις οποίες θέτει ο χρήστης, και για κελιά τα οποία δεν έχουν τιμές NULL. Οι αποστάσεις αυτές δεν απαιτείται να είναι απαραίτητα Ισαπέχουσες (π.χ. ανά 50 μετρά), ενώ το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ως και 250 τέτοιων ζωνών. Το αρχικό αρχείο εισαγωγής πρέπει να είναι οπωσδήποτε ψηφιδωτό, ενώ το εργαλείο δεν επιτρέπει την επιλογή δημιουργίας ζωνών γύρω μόνο από επιλεγμένα κελιά του αρχικού raster.

➤ Εργαλεία επαναταξινόμησης τιμών των κελιών ψηφιδωτών αρχείων:

- **r.reclass:** Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί το κύριο εργαλείο επαναταξινόμησης της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS. Επαναταξινόμει ένα ψηφιδωτό αρχείο με τη χρήση ενός αρχείου κανόνων επαναταξινόμησης, το οποίο περιέχει τις αρχικές και τις τελικές τιμές των κλάσεων στις οποίες επαναταξινόμει το διανυσματικό αρχείο. Η μορφή των γραμμών του αρχείου είναι της μορφής **input\_categories=output\_category [label]**, ενώ για πεδία τιμών χρησιμοποιείται η παράμετρος **thru** (π.χ. 1 thru 10 = 1 poor quality). Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο εργαλείο λειτουργεί μόνο στην περίπτωση που το αρχικό αρχείο είναι μορφής INTEGER.
- **r.recode:** Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την προηγούμενη εντολή, με τη διαφορά ότι ο χρήστης δεν επεμβαίνει επιλέγοντας νέες τιμές, για όλα τα κελιά του αρχικού αρχείου. Αντίθετα επιλέγει μεταξύ τεσσάρων προκαθορισμένων κανόνων με τη βοήθεια των οποίων ορίζει τις τιμές του αρχικού αρχείου τις οποίες θεωρεί ως ακραίες, και τις νέες ακραίες τιμές του τελικού αρχείου. Οι αρχικές ακραίες τιμές μπορεί να είναι είτε οι πραγματικές ακραίες τιμές του αρχικού αρχείου, είτε τιμές τις οποίες θα ορίσει ο χρήστης,

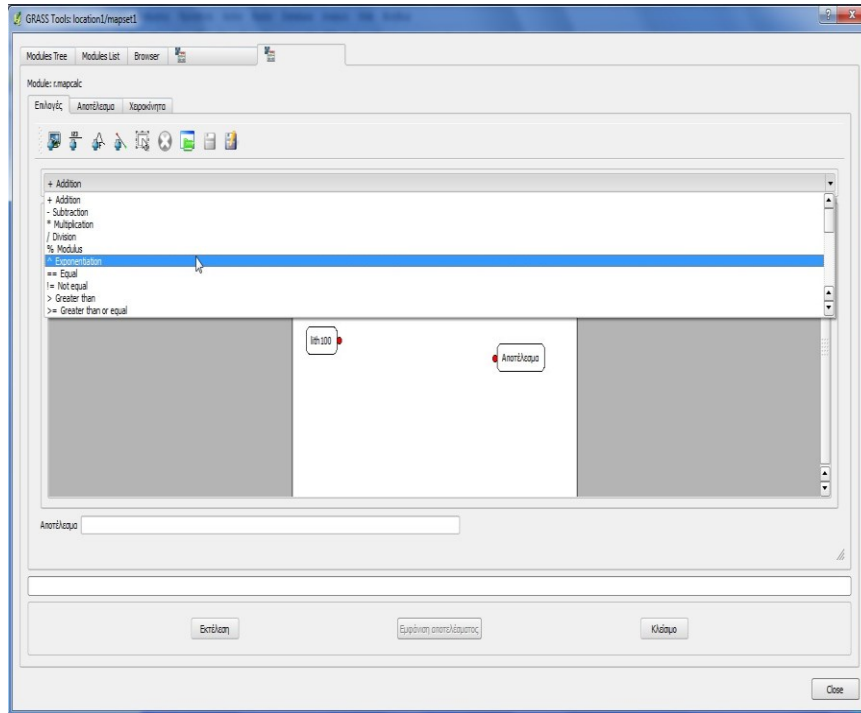
ενώ στη δεύτερη περίπτωση τα κελιά τα οποία έχουν τιμές εκτός αυτού του πεδίου τιμών θα μετασχηματιστούν σε NULL στο νέο αρχείο. Το λογισμικό με τη χρήση παρεμβολής υπολογίζει τις ενδιάμεσες τιμές και δημιουργεί το νέο αρχείο. Τέλος, το συγκεκριμένο εργαλείο είναι κατάλληλο για την μετατροπή ψηφιδωτών αρχείων integer σε FLOATING POINT.

- **r.rescale**: Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το προηγούμενο εργαλείο, λαμβάνοντας υπόψιν του το πλήρες πεδίο τιμών των κελιών του αρχικού αρχείου. Στην πραγματικότητα θέτει νέες ακραίες τιμές για τα κελιά ενός ψηφιδωτού αρχείου και με τη χρήση παρεμβολής υπολογίζει τις νέες ενδιάμεσες τιμές, δημιουργώντας ένα νέο ψηφιδωτό αρχείο.
- **r.clump**: Επαναταξινομεί τις τιμές των κελιών ενός αρχείου ομαδοποιώντας τα κελιά τα οποία συνθέτουν φυσικές διακριτές περιοχές (physically discrete areas) σε νέες ενιαίες κλάσεις. Το εργαλείο εντοπίζει συνεχείς περιοχές (contiguous areas) εντός του αρχικού αρχείου, οι οποίες έχουν διακριτό όριο με τις γύρω περιοχές, και τις ομαδοποιεί σε νέες discrete κλάσεις.

➤ Εργαλεία διενεργείας μαθηματικών ή άλλων (λογικών) πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων:

- **r.map.calculator**: Πρόκειται για ένα εργαλείο διεξαγωγής απλών μαθηματικών πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εισαγωγής μέχρι πέντε (5) ψηφιδωτών αρχείων και τη διεξαγωγή των τεσσάρων απλών πράξεων (πρόσθεση, αφαίρεση, πολ/σμο, διαίρεση) μεταξύ των αρχείων. Τέλος, το εργαλείο υποστηρίζει την χρήση σταθερών κατά τη διεξαγωγή των παραπάνω πράξεων.
- **r.map.calc**: Πρόκειται για την πιο εξελιγμένη και σύνθετη μορφή του παραπάνω εργαλείου, η οποία δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να διεξάγει ένα μεγάλο αριθμό μαθηματικών και λογικών πράξεων με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων. Το εργαλείο παρέχει στο χρήστη μια πληθώρα μαθηματικών και λογικών τελεστών και συναρτήσεων δίνοντας του τεράστιες δυνατότητες διεξαγωγής ανάλυσης με τη χρήση ψηφιδωτών δεδομένων. Το συγκεκριμένο εργαλείο προσφέρεται στο χρήστη μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον

διεπαφής χρήστη το οποίο απεικονίζεται κατ' εξαίρεση στο παρακάτω σχήμα. Το συγκεκριμένο εργαλείο θυμίζει το MODEL BUILDER του ARCGIS 9.3, όμως χρησιμοποιείται για τη διενέργεια μαθηματικών ή λογικών πράξεων και όχι για τη μοντελοποίηση αναλυτικών διαδικασιών.



Εικόνα 138 Η μορφή του εργαλείου R.MAPCALC της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS.

Συνοψίζοντας, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 είναι το πλέον κατάλληλο για τη διενέργεια Βασικού Επιπέδου Ανάλυσης Ψηφιδωτών Δεδομένων, καθώς περιέχει μια πληθώρα εργαλείων για το σκοπο αυτό. Αντίθετα το λογισμικό QGIS, δεν μπορεί να σταθεί σε καμιά περίπτωση με αξιώσεις απέναντι από το ARCGIS 9.3, ως αυτόνομο λογισμικό, καθώς δεν διαθέτει παρά ελάχιστα εργαλεία Βασικής Ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων. Μέσα από την εργαλειοθήκη GRASS TOOLS όμως, ο συνδυασμός λογισμικού QGIS/GRASS μπορεί να εκτελέσει ένα μεγάλο μέρος των λειτουργιών του ARCGIS 9.3. Παράλληλα το εργαλείο `r.map.calc`, προσδίδει στον παραπάνω συνδυασμό λογισμικών δυνατότητες οι οποίες ξεπερνούν τις βασικές ανάγκες ενός μέσου χρήστη και αγγίζουν τα όρια της εξειδικευμένης ανάλυσης.

Σε γενικές γραμμές, με βάση τα εργαλεία τα οποία εξεταστήκαν, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 διατηρεί στον τομέα αυτόν προβάδισμα έναντι του συνδυασμού

λογισμικών QGIS/GRASS, λόγω της πληθώρας των εργαλείων και του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος MAP ALGEBRA το οποίο διαθέτει. Σε κάθε περίπτωση, υπενθυμίζεται ότι δεν εξετάστηκαν οι δυνατότητες των λογισμικών στον τομέα των λειτουργιών εξειδικευμένης ανάλυσης, όπου το GRASS αναμένεται να κυριαρχεί, γεγονός το οποίο περιορίζει την έκταση των συμπερασμάτων, στα πλαίσια της Βασικής Ανάλυσης Ψηφιδωτών δεδομένων.

## **7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑ ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **Υψομετρικά Δεδομένα και ARCGIS 9.3**

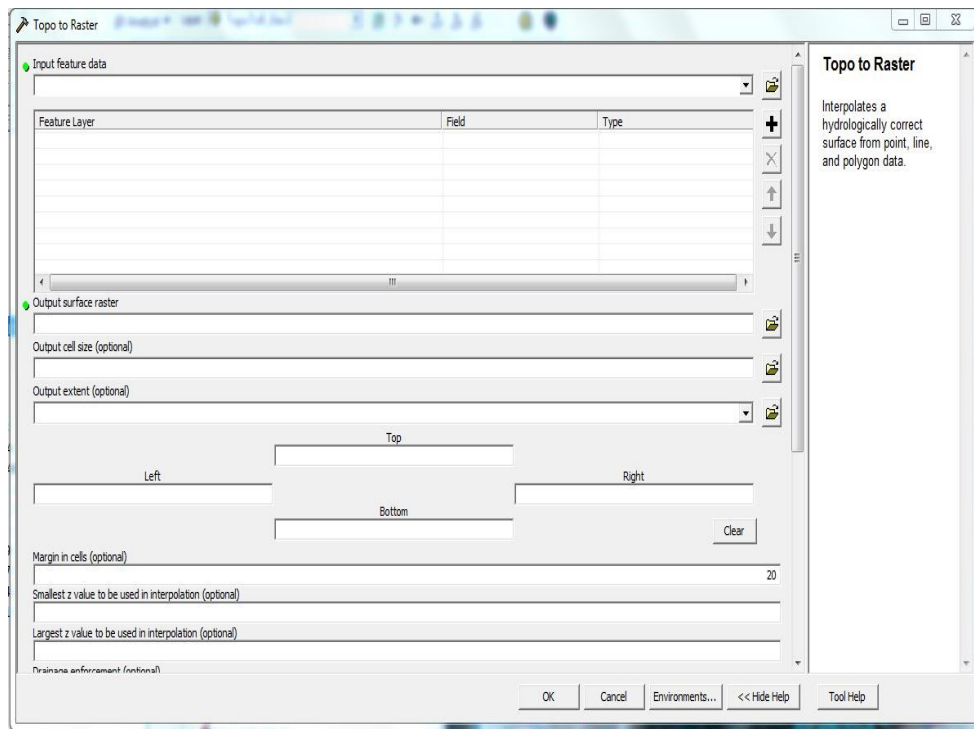
Το λογισμικό ARCGIS 9.3 αποτελεί ένα εξειδικευμένο εργαλείο δημιουργίας, διαχείρισης, επεξεργασίας κι ανάλυσης χωρικών δεδομένων, όπως άλλωστε έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχει στο χρήστη του, πέραν των όσων έχουν ήδη αναφερθεί, τεράστιες δυνατότητες στον τομέα της διαχείρισης κι επεξεργασίας υψομετρικών δεδομένων μέσα από μια πληθώρα εργαλείων τα οποία διαθέτει. Τα εργαλεία αυτά είναι σε θέση να διαχειρισθούν και να επεξεργασθούν δεδομένα τόσο της μορφής DEM όσο και της μορφής TIN, ενώ διατίθενται με τη μορφή εξειδικευμένων εργαλειοθηκών κι επεκτάσεων. Συγκεκριμένα το ARCGIS 9.3 χρησιμοποιεί τις επεκτάσεις SPATIAL ANALYST και 3D ANALYST, για τη διαχείριση των υψομετρικών δεδομένων, με τη δεύτερη να αποτελεί το πλέον εξειδικευμένο εργαλείο διαχείρισης των δεδομένων αυτών, το οποίο διαθέτει το λογισμικό. Αντίθετα ο SPATIAL ANALYST αποτελεί εξειδικευμένο εργαλείο διαχείρισης κι ανάλυσης ψηφιδωτών δεδομένων, και ως τέτοιο διαχειρίζεται τα δεδομένα μορφής DEM. Τέλος, όσον αφορά την οπτικοποίηση των δεδομένων αυτών το λογισμικό διαθέτει, πέρα από τη δυνατότητα απεικόνισης στο περιβάλλον εργασίας του, δύο επιπλέον επεκτάσεις οι οποίες είναι σε θέση να απεικονίσουν υψομετρικά δεδομένα σε τρισδιάστατη μορφή.

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται τα κυριότερα εργαλεία τα οποία διαθέτει το λογισμικό σχετικά με τη δημιουργία, την βασική επεξεργασία και την οπτικοποίηση των υψομετρικών δεδομένων. Είναι σαφές ότι λόγω της πληθώρας των παραπάνω εργαλείων η περιγραφή θα περιοριστεί στα βασικότερα από αυτά, τα οποία είναι τα παρακάτω:

➤ Βασικά εργαλεία δημιουργίας DEM, TIN:

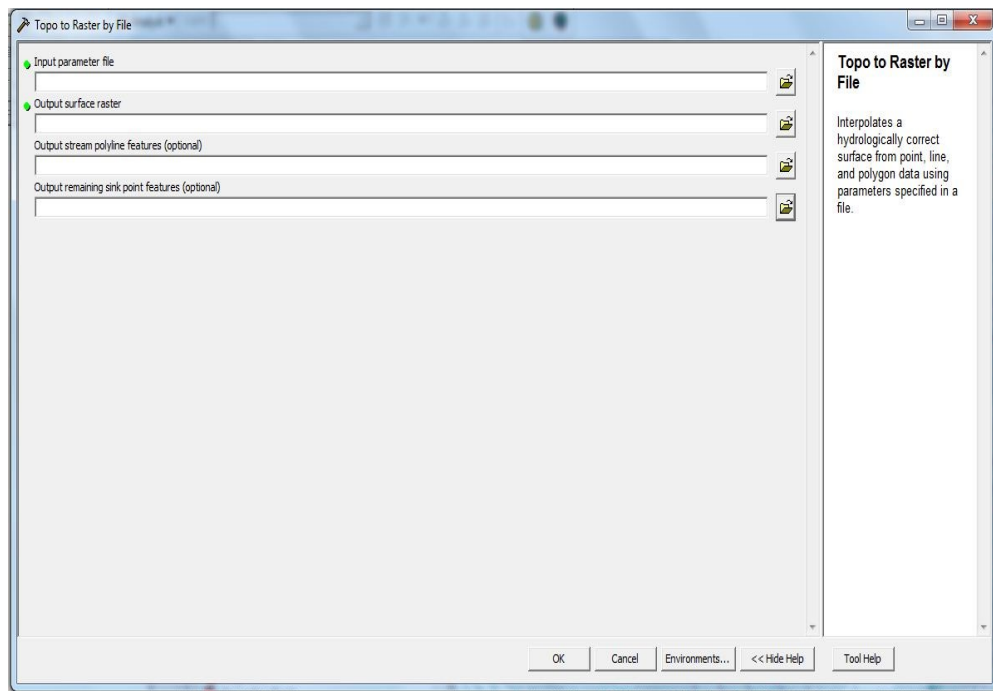
- Τοπο to Raster: Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα υδρολογικά σωστό DEM, με τη χρήση μιας σειράς διανυσματικών αρχείων τα οποία περιέχουν συγκεκριμένη πληροφορία, η οποία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός υδρολογικά σωστού DEM. Έτσι το εργαλείο αυτό δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να συνδυάσει πολλά διανυσματικά αρχεία τα οποία περιέχουν υψομετρική πληροφορία, ενώ παράλληλα ορίζει τον τύπο του κάθε αρχείου, το οποίο χρησιμοποιείται. Το εργαλείο κάνει χρήση έξι διαφορετικών τύπων αρχείων, τα οποία είναι: α) σημειακά αρχεία τα οποία αποθηκεύουν την υψομετρική πληροφορία σε κάποιο πεδίο τους (point elevation), β) υψομετρικές καμπύλες οι οποίες επίσης έχουν αποθηκευμένη την υψομετρική πληροφορία σε κάποιο πεδίο (contours) γ) υδατορέματα τα οποία είναι προσανατολισμένα με φορά κατάντη (streams) δ) σημειακό αρχείο γνωστών τοπογραφικών ταπεινώσεων, οι οποίες δεν αφαιρούνται κατά τη δημιουργία του DEM (sink), ε) το όριο της εκτασης του DEM σε πολυγωνική μορφή (boundary) και στ) το πολυγωνικό αρχείο το οποίο περιλαμβάνει γνωστές λίμνες στην περιοχή μελέτης (lakes). Το εργαλείο παρέχει επίσης τη δυνατότητα επιλογής του μεγέθους εικονοψηφίδας του DEM, καθώς και μια σειρά από άλλες παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν την διαδικασία της δημιουργίας του τελικού αρχείου. Έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο το λογισμικό θα διαχειριστεί τα SINKS τα οποία δημιουργούνται κατά την διαδικασία υπολογισμού του DEM, καθώς και να ορίσει ανοχές οι οποίες επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Τέλος δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας παραπροϊόντων, όπως υδρολογικών δικτύων και σημειακών αρχείων εδαφικών ταπεινώσεων καθώς και αρχείου παραμέτρων το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επόμενες ανάλογες εργασίες. Η πλήρης ανάλυση των παραμέτρων του εργαλείου δεν αποτελεί στόχο της εργασίας, καθώς απαιτεί περισσότερο χώρο ο οποίος δεν διατίθεται. Απλά πρέπει να γίνει σαφές ότι το παραπάνω εργαλείο καθίστα δυνατή τη δημιουργία, υδρολογικά σωστών, υψομετρικών αρχείων με τη χρήση διανυσματικών αρχείων ενώ παρέχει μεγάλη ευελιξία στο χρήστη. (ARCGIS 9.3 HELP)





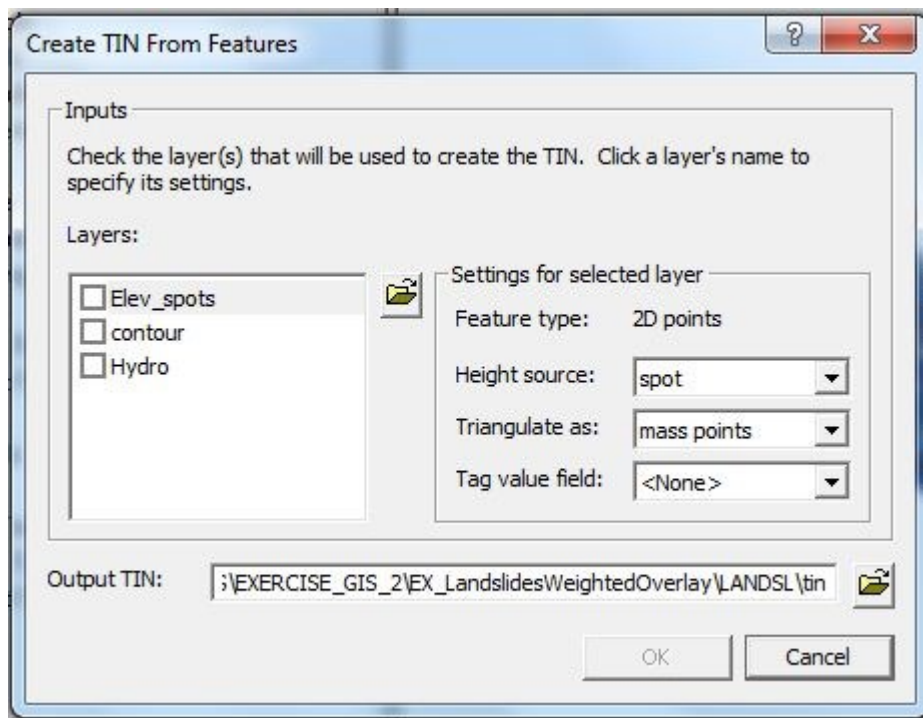
Εικόνα 139 Η μορφή του εργαλείου Topo to Raster .

- Topo to Raster by File: Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί στην ουσία μια απλουστευμένη μορφή του προηγούμενου, καθώς ο χρήστης εισάγει ένα αρχείο παραμέτρων αντί των δεδομένων τα οποία εισάγονται στο προηγούμενο εργαλείο. Στην ουσία ο χρήστης χρησιμοποιεί αρχικά το προηγούμενο εργαλείο με το οποίο δημιουργεί, ως παραπροϊόν, το αρχείο παραμέτρων το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται ως αρχείο κειμένου αλλάζοντας τις παραμέτρους της δημιουργίας του DEM. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί το τροποποιημένο αρχείο παραμέτρων για τη δημιουργία του συγκεκριμένου DEM. Το εργαλείο αυτό στην ουσία διευκολύνει το χρήστη κατά τη δημιουργία ενός DEM, μετά από δοκιμές καθώς αντί να εισάγει κάθε φορά που κάνει μια διόρθωση στις παραμέτρους, τα διανυσματικά αρχεία με το προηγούμενο εργαλείο, απλά διορθώνει το αρχείο παραμέτρων το οποίο χρησιμοποιεί με το εργαλείο Topo to Raster by File. (ARCGIS 9.3 HELP)



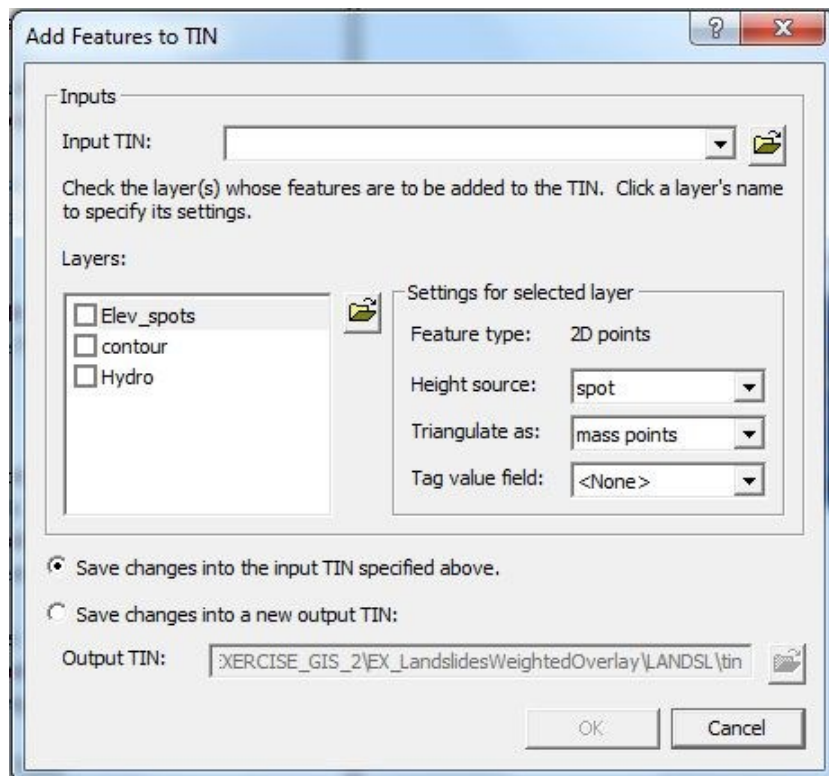
Εικόνα 140 Η μορφή του εργαλείου *Topo to Raster by file*

- **CREATE TIN FROM FEATURES:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα αρχείο υψομετρικών δεδομένων μορφής TIN με τη χρήση διανυσματικών αρχείων. Το εργαλείο επιτρέπει στο χρήστη την επιλογή των διανυσματικών αρχείων τα οποία θα χρησιμοποιήσει για τη δημιουργία του TIN, και τη μορφή με την οποία το κάθε αρχείο θα χρησιμοποιηθεί. Οι μορφές αυτές περιλαμβάνουν τα: breaklines, mass points, clip polygons, erase polygons και replace polygons. Οι breaklines μπορεί να είναι SOFT ή HARD ανάλογα με το αν αντιπροσωπεύουν καμπύλες ή σημεία απότομης μεταβολής υψομέτρων. Το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει την εκταση του TIN, με τη χρήση της επιλογής CLIP POLYGON για το διανυσματικό αρχείο το οποίο περιέχει τα όρια της περιοχής μελέτης. (ARCGIS 9.3 HELP)



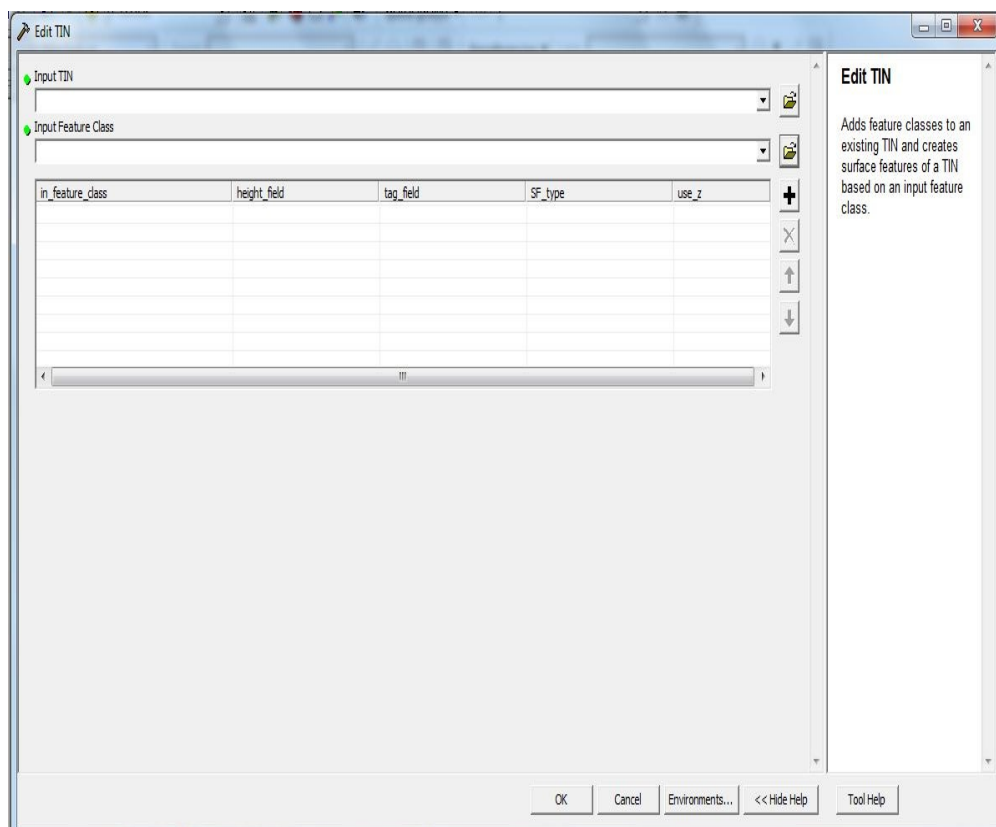
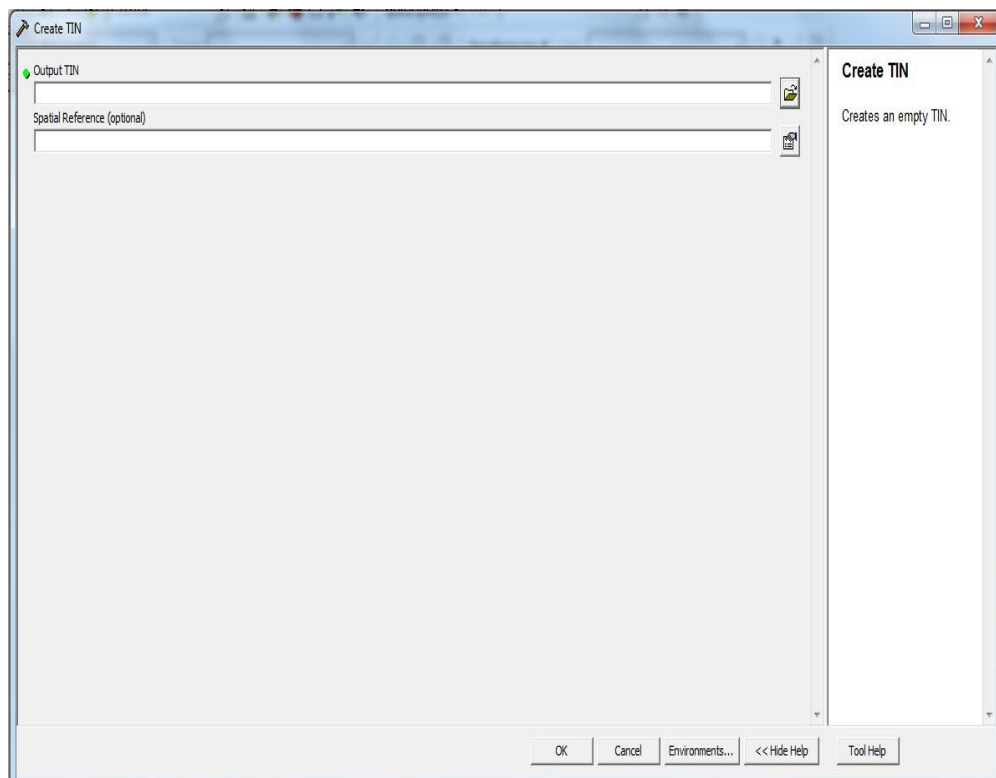
Εικόνα 141 Η μορφή του εργαλείου CREATE TIN FROM FEATURES.

- **ADD FEATURES TO TIN:** Το εργαλείο αυτό «προσθέτει» σε ένα ήδη υπάρχον TIN νέα διανυσματικά δεδομένα και το επαναδημιουργεί, ενώ μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο TIN αν ο χρήστης επιλέξει να μην μεταβάλλει το ήδη υπάρχον. Το εργαλείο λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι μπορεί να μεταβάλλει ένα ήδη υπάρχον TIN ή να δημιουργήσει ένα νέο μεταβάλλοντας το ήδη υπάρχον με τη χρήση διανυσματικών δεδομένων. Η χρήση του απεικονίζεται στο σχήμα της επομένης σελίδας (ARCGIS 9.3 HELP)



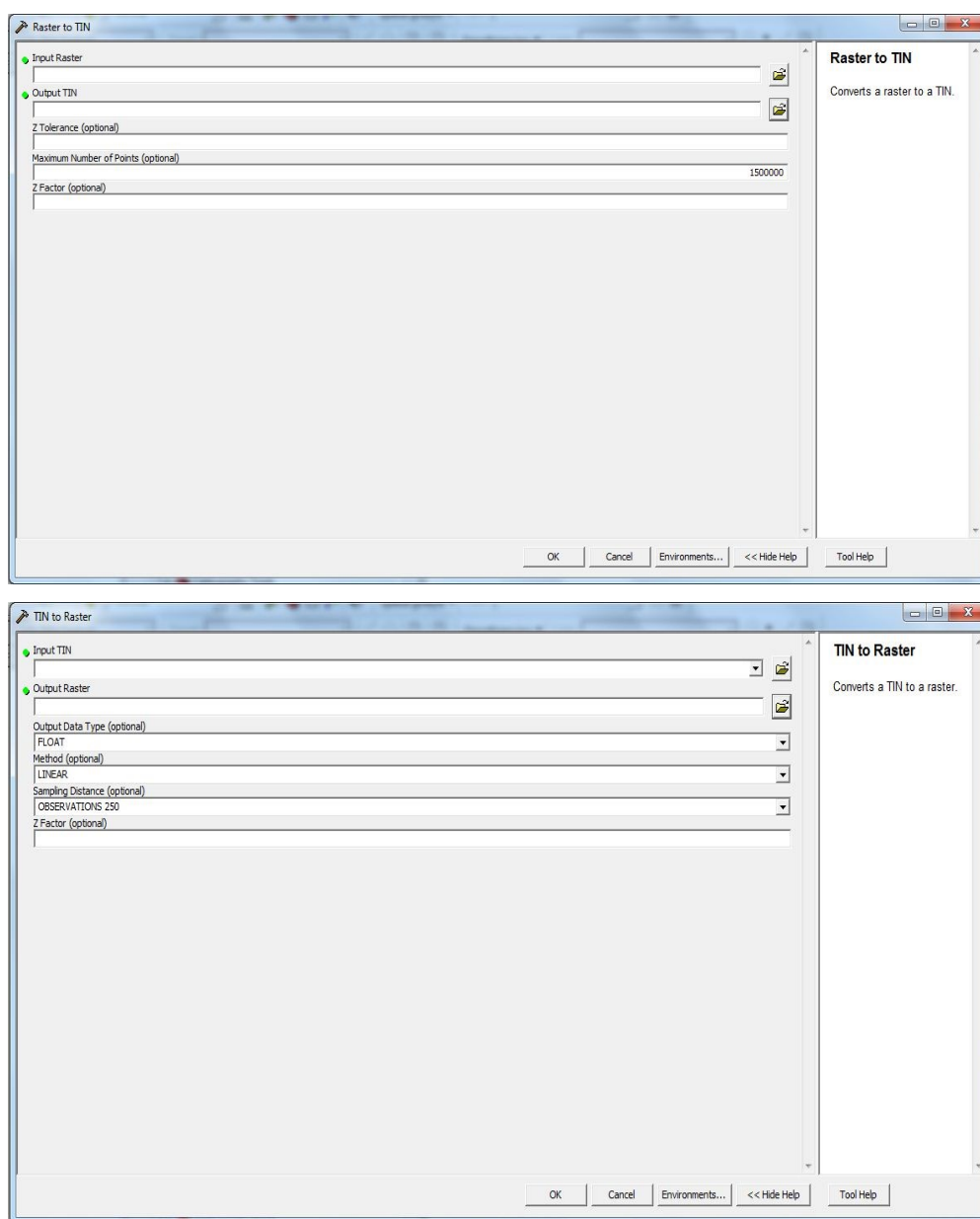
*Εικόνα 142 Η μορφή του εργαλείου ADD FEATURES TO TIN.*

- **CREATE TIN/EDIT TIN:** Πρόκειται για δύο εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται διαδοχικά προκειμένου να δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο TIN. Το πρώτο εργαλείο αρχικά δημιουργεί ένα κενό TIN, απαιτώντας από το χρήστη τον ορισμό του ονόματος του TIN και του συστήματος αναφοράς. Το δεύτερο εργαλείο προσθέτει στο ήδη υπάρχον TIN την απαραίτητη υψομετρική πληροφορία, με τη χρήση διανυσματικών δεδομένων, και στη συνέχεια υπολογίζει το νέο TIN. Στην πραγματικότητα το δεύτερο εργαλείο είναι αυτό το οποίο δημιουργεί το TIN, καθώς το πρώτο απλά ορίζει το όνομα του νέου αρχείου και το σύστημα αναφοράς του δημιουργώντας χώρο στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή. Η χρήση του δεύτερου εργαλείου είναι ανάλογη με τη χρήση των προηγούμενων εργαλείων, επομένως ο χρήστης απλά επιλέγει τα διανυσματικά αρχεία τα οποία θα χρησιμοποιήσει και τη μορφή με την οποία θα ενταχθούν στον υπολογισμό καθώς και το πεδίο με την υψομετρική πληροφορία κάθε αρχείου. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 143 Η μορφή της συνδυασμένης χρήσης των εργαλείων CREATE TIN/EDIT TIN.

- **RASTER TO TIN/TIN TO RASTER:** Πρόκειται για εργαλεία μετατροπής αρχείων DEM και TIN από τη μια μορφή στην άλλη. Ο χρήστης κάνει χρήση μιας σειράς παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με τη μέθοδο και την ακρίβεια της διαδικασίας INTERPOLATION η οποία χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μεταξύ των δύο διαφορετικών μορφών αρχείου. Τέλος στην περίπτωση του TIN TO RASTER, είναι δυνατή η εξαγωγή αρχείου μορφής .tiff ή .img τα οποία όμως δεν έχουν χρήσεις σε εφαρμογές ανάλυσης. Τα εργαλεία αυτά δεν θα περιγραφούν εκτενέστερα καθώς δεν αποτελούν τόσο εργαλεία δημιουργίας υψομετρικών δεδομένων, όσο μετατροπής μεταξύ των δύο παραπάνω μορφών. (ARCGIS 9.3 HELP)

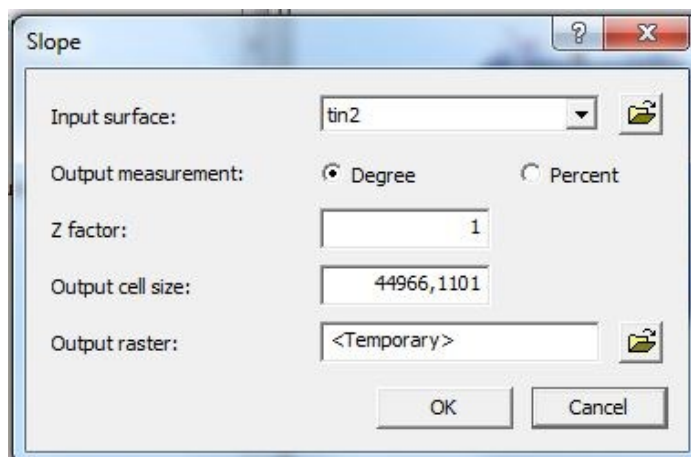


Εικόνα 144 Η μορφή των εργαλείων RASTER TO TIN/TIN TO RASTER

- Βασικά εργαλεία αρχικής ανάλυσης των DEM, TIN (slope, aspect, hillshade, contours)

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα και των τεσσάρων παραπάνω λειτουργιών με τη χρήση εργαλείων μέσα από τις επεκτάσεις 3D ANALYST και SPATIAL ANALYST. Τα εργαλεία είναι περίπου τα ίδια και στις δύο εργαλειοθήκες, ενώ παρέχονται με δύο μορφές, Η πρώτη μορφή παρέχεται μέσα από την αντίστοιχη μπάρα εργαλείων (TOOLBAR) και η δεύτερη μέσα από την εργαλειοθήκη ARCTOOLBOX η οποία περιλαμβάνει τα εργαλεία των παραπάνω επεκτάσεων. Στην προκειμένη περίπτωση θα περιγραφούν τα εργαλεία στη μορφή με την οποία παρέχονται μέσα από την μπάρα εργαλείων. Με βάση τα παραπάνω, τα εργαλεία βασικής ανάλυσης των DEM, TIN είναι τα παρακάτω:

- SLOPE: Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα ψηφιδωτό αρχείο κλίσεων με τη χρήση ενός αρχικού αρχείου TIN ή DEM. Οι κλίσεις υπολογίζονται είτε ως ποσοστά, είτε σε μοίρες ενώ το τελικό προϊόν είναι ψηφιδωτό αρχείο το μέγεθος του κελιού του οποίου προσδιορίζεται από το χρήστη. (ARCGIS 9.3 HELP)

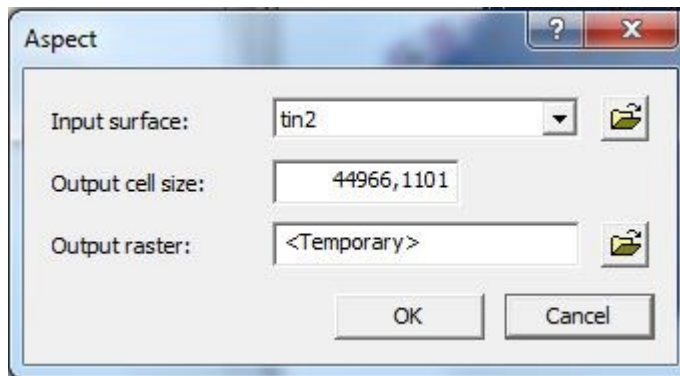


*Εικόνα 145 Η μορφή του εργαλείου SLOPE*

- ASPECT: Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τον προσανατολισμό των κλίσεων με αφετηρία τη διεύθυνση του BOPPA, μετρώντας σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Τα αποτελέσματα ταξινομούνται σε οκτώ κλάσεις - διευθύνσεις οι οποίες είναι οι NORTH, NORTH – EAST, EAST, SOUTH-EAST, SOUTH, SOUTH-WEST, WEST, NORTH-WEST, ενώ το



τελικό προϊόν είναι ένα ψηφιδωτό αρχείο ταξινομημένο στις οκτώ παραπάνω κλάσεις. (ARCGIS 9.3 HELP)

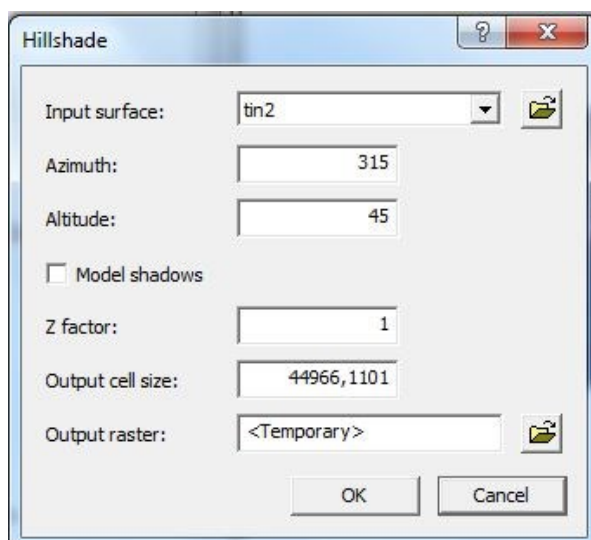


Εικόνα 146 Η μορφή του εργαλείου ASPECT.

- HILLSHADE: Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τη σκίαση των κελιών ενός DEM, λαμβάνοντας υπόψιν τη γωνία και τη διεύθυνση φωτισμού καθώς και τις κλίσεις και τον προσανατολισμό των κλίσεων αυτών. Η μαθηματική σχέση η οποία χρησιμοποιείται είναι η παρακάτω:

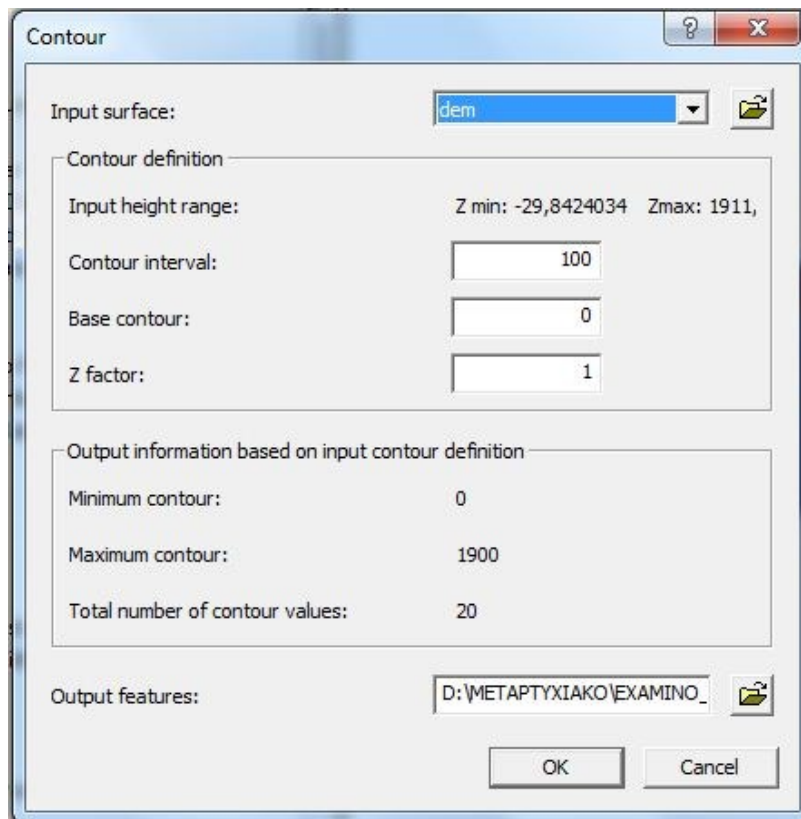
$$\text{Hillshade} = 255.0 * ( ( \cos(\text{Zenith\_rad}) * \cos(\text{Slope\_rad}) ) + ( \sin(\text{Zenith\_rad}) * \sin(\text{Slope\_rad}) * \cos(\text{Azimuth\_rad} - \text{Aspect\_rad}) ) )$$

όπου η τιμή του zenith είναι ίση με (90– γωνία ύψους από τον ορίζοντα) \* π/180, καθώς υπολογίζεται σε ακτίνια (rad). Το εργαλείο παρέχει default τιμές αζιμουθίου και γωνίας ύψους, τις οποίες όμως μπορεί να μεταβάλλει ο χρήστης. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 147 Η μορφή του εργαλείου HILLSHADE.

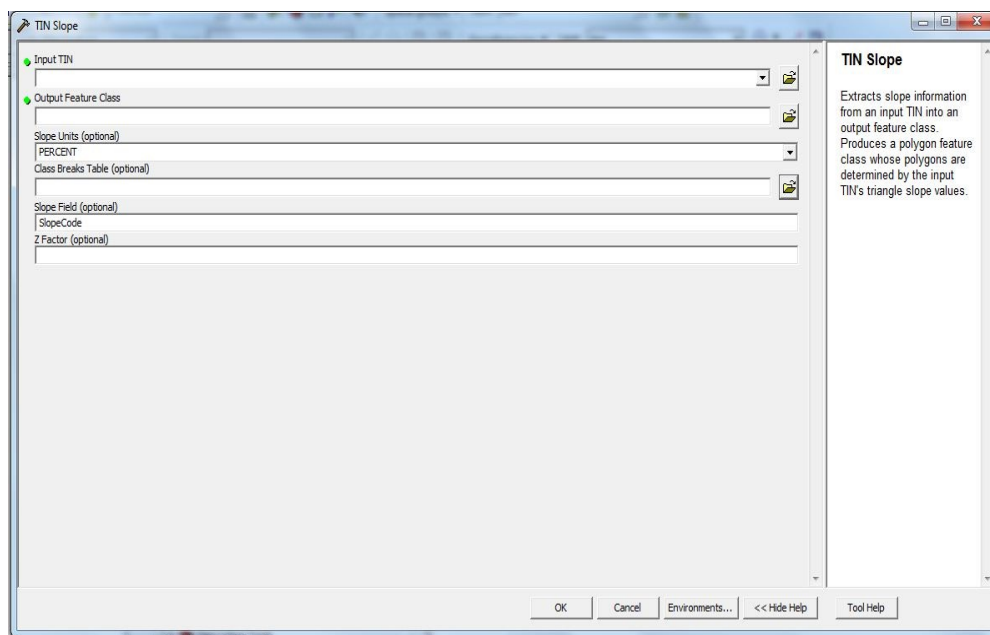
- **CONTOURS:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα διανυσματικό αρχείο υψομετρικών καμπυλών με βάση ένα αρχείο TIN ή DEM. Ο χρήστης επιλέγει την ισοδιάσταση των καμπυλών και την τιμή της βασικής καμπύλης (συνήθως είναι η καμπύλη 0), ενώ το εργαλείο χρησιμοποιεί τη διαδικασία της γραμμικής παρεμβολής για τη δημιουργία των καμπυλών. (ARCGIS 9.3 HELP)



*Εικόνα 148 Η μορφή του εργαλείου CONTOUR.*

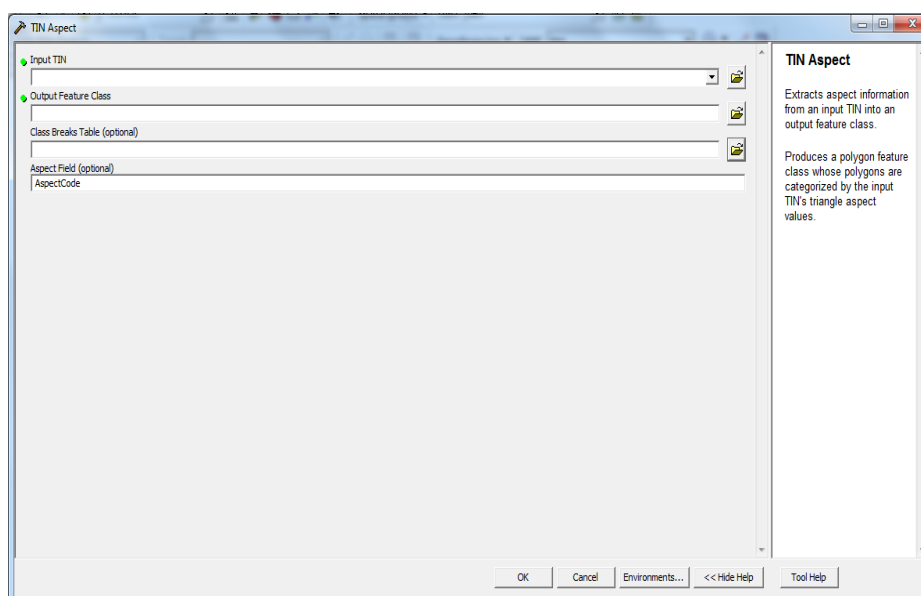
- **TIN SLOPE:** Το εργαλείο λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το SLOPE, με τη διαφορά ότι το τελικό προϊόν αυτή τη φορά είναι διανυσματικής μορφής. Έτσι το εργαλείο αυτό δημιουργεί ένα πολυγωνικό διανυσματικό αρχείο το οποίο σε κάθε πολύγωνο του περιέχει μια συγκεκριμένη τιμή εδαφικής κλίσης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει έναν πίνακα ταξινόμησης του νέου αυτού αρχείου, παράλληλα με τη δημιουργία του πεδίου το οποίο αποθηκεύει την τιμή της κλίσης για το κάθε πολύγωνο. Το εργαλείο αυτό το οποίο επιτρέπει τη χρήση μόνο TIN ως αρχείου εισαγωγής, καθιστά περιττή τη δημιουργία ψηφιδωτού αρχείου κλίσεων (από TIN) και τη μετέπειτα μετατροπή του ψηφιδωτού αυτού αρχείου σε διανυσματικό. Τέλος, το

εργαλείο είναι διαθέσιμο μόνο μέσα από το ARCTOOLBOX→3D ANALYST. (ARCGIS 9.3 HELP)



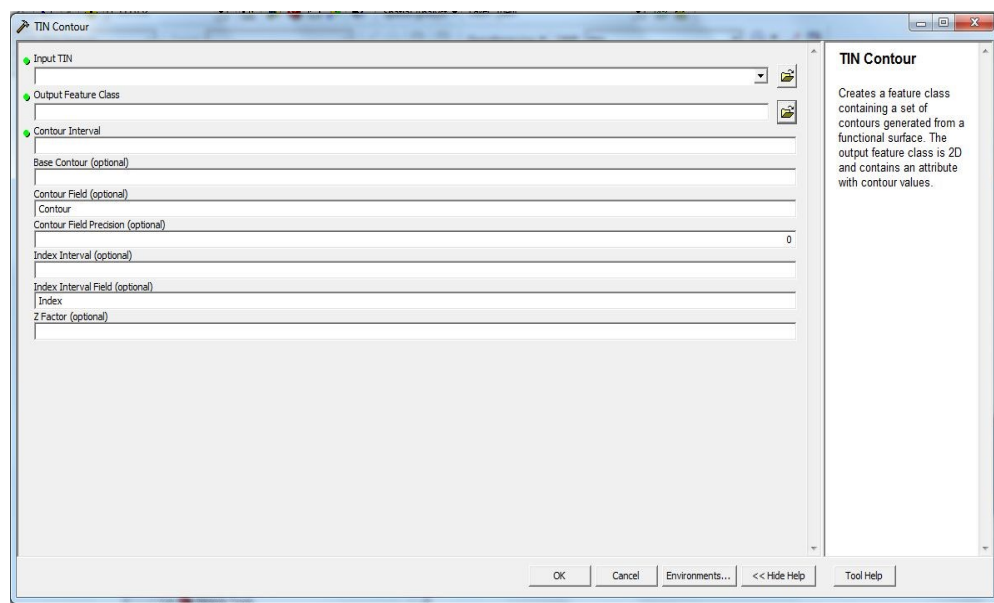
Εικόνα 149 Η μορφή του εργαλείου TIN SLOPE.

- TIN ASPECT: Το εργαλείο λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο, δίνοντας τη δυνατότητα δημιουργίας πολυγωνικού διανυσματικού αρχείου προσανατολισμού. Οι διευθύνσεις προσανατολισμού παραμένουν οι ίδιες με αυτές του εργαλείου ASPECT, ενώ το εργαλείο είναι διαθέσιμο μόνο μέσα από το ARCTOOLBOX→3D ANALYST. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 150 Η μορφή του εργαλείου TIN ASPECT.

- **TIN CONTOUR:** Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιεί μόνο αρχείο TIN ως αρχείο εισαγωγής, με τη βοήθεια του οποίου δημιουργεί ένα διανυσματικό αρχείο υψομετρικών καμπυλών. Η λειτουργία του είναι παρόμοια με του εργαλείου CONTOUR, με τη διαφορά ότι αφενός μεν χρησιμοποιεί μόνο TIN κι αφετέρου παρέχει τη δυνατότητα, μεταξύ άλλων και του καθορισμού της ακριβείας (πλήθος δεκαδικών ψηφίων) υπολογισμού των υψόμετρων των καμπυλών. Τέλος, όπως και το εργαλείο CONTOURS χρησιμοποιεί τη διαδικασία της γραμμικής παρεμβολής για τη δημιουργία των καμπυλών. (ARCGIS 9.3 HELP)



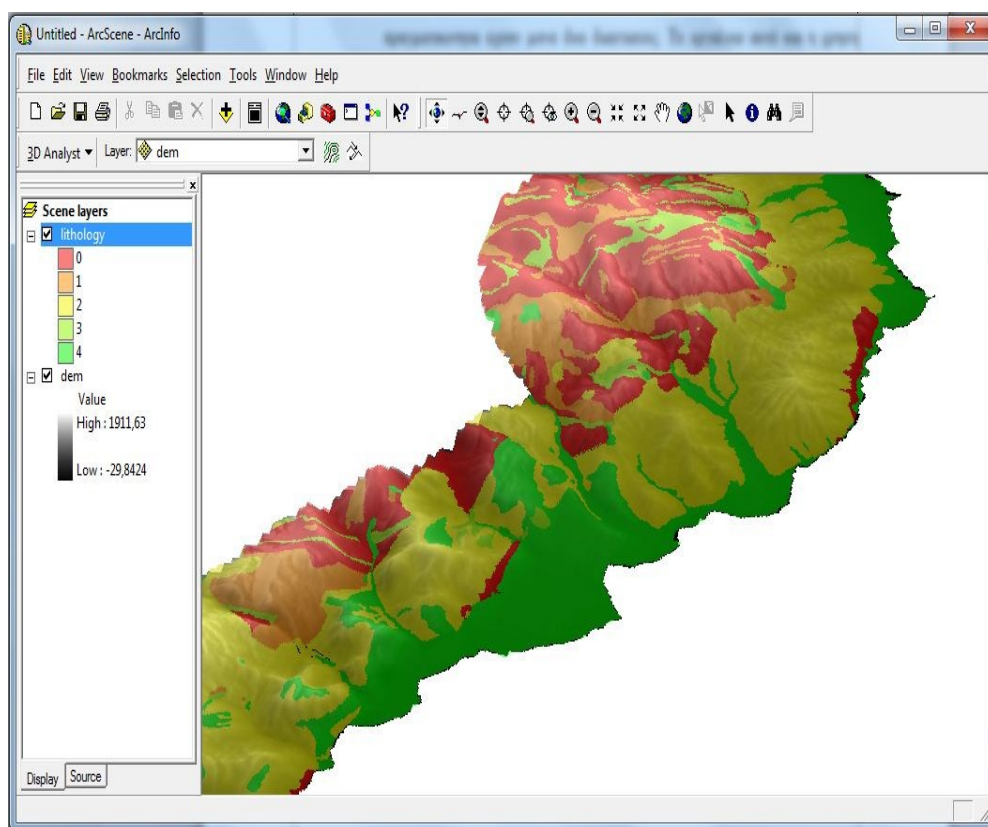
Εικόνα 151 Η μορφή του εργαλείου TIN CONTOUR.

➤ Εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων DEM, TIN σε μορφή 3D.

Το λογισμικό ARCGIS 9.3 παρέχει, εκτός των υπολοίπων εργαλείων διαχείρισης κι ανάλυσης υψομετρικών δεδομένων, δύο επιπλέον εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη θέαση υψομετρικών δεδομένων σε τρισδιάστατη μορφή. Τα εργαλεία αυτά παρέχουν δυνατότητες στερεοσκοπικής όρασης, ενώ έχουν τη δυνατότητα να οπτικοποιούν δεδομένα μορφής TIN ή DEM σε 3D μορφή και να «αναπτύσσουν» επάνω τους ψηφιδωτά και διανυσματικά δεδομένα. Τα εργαλεία αυτά είναι τα παρακάτω:

- **ARCSCENE:** Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να οπτικοποιήσει υψομετρικά δεδομένα σε μορφή 3d, μέσα σε ένα

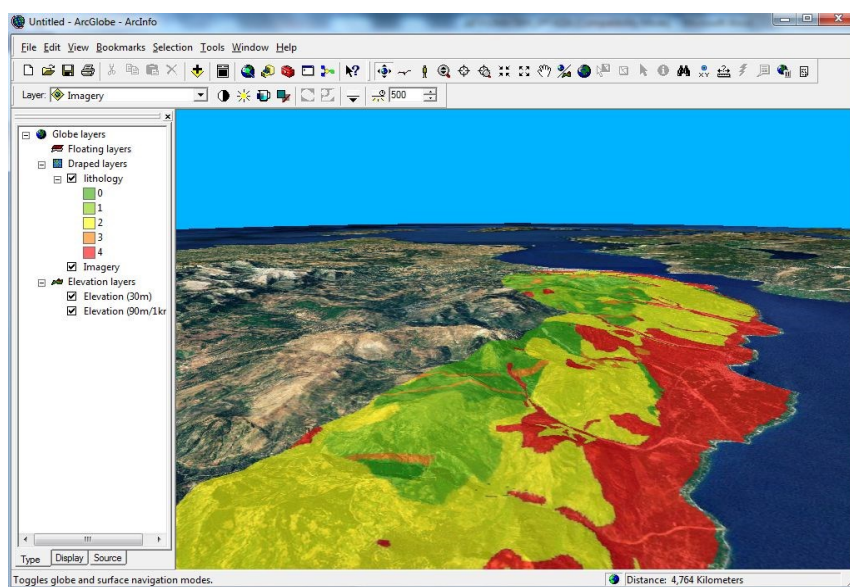
διαφορετικό περιβάλλον από το περιβάλλον εργασίας του ARCMAP. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το σημείο θέασης και να εισάγει τα δεδομένα του, ενώ παρέχεται η δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης αυτών, λαμβάνοντας υπόψιν τα υψόμετρα από τα αντίστοιχα αρχεία TIN ή DEM. Έτσι ο χρήστης μπορεί να προβάλλει ένα δισδιάστατο αρχείο επάνω σε ένα TIN, χρησιμοποιώντας την υψομετρική πληροφορία του δευτέρου. Το αποτέλεσμα είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση αντικειμένων τα οποία στην πραγματικότητα έχουν μόνο δύο διαστάσεις. Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει στο χρήστη περισσότερες δυνατότητες οπτικοποίησης 3d δεδομένων, η λεπτομερής περιγραφή των οποίων δεν αφορά τη συγκεκριμένη εργασία. Σε κάθε περίπτωση το συγκεκριμένο εργαλείο επεκτείνει σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες του λογισμικού ARCGIS 9.3 σε σχέση με την οπτικοποίηση υψομετρικών δεδομένων. Το συγκεκριμένο, το οποίο παρέχει δυνατότητα στερεοσκοπικής όρασης, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. (ARCGIS 9.3 HELP)



Εικόνα 152 Η χρήση του εργαλείου ARCSCENE.

- **ARCGLOBE:** Το εργαλείο ARCGLOBE δίνει τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης των δεδομένων, προβάλλοντας τα σε μια ξεχωριστή επιφάνεια την οποία διαθέτει το εργαλείο. Έτσι τα δεδομένα δεν χρειάζεται να έχουν τα ίδια υψομετρική πληροφορία, καθώς την πληροφορία αυτή την παρέχει η ανάγλυφη επιφάνεια του ARCGLOBE. Το σύστημα αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται είναι το WGS 84, με αποτέλεσμα όλα τα δεδομένα να μετασχηματίζονται στο συγκεκριμένο σύστημα. Στην περίπτωση που τα δεδομένα διαθέτουν υψομετρική πληροφορία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πληροφορία αυτή για την απεικόνιση τους, ενώ το ARCGLOBE δεν υποστηρίζει την απεικόνιση TIN.

Επίσης το εργαλείο δεν υποστηρίζει στερεοσκοπική όραση και δεν παρέχει πρόσβαση στις λειτουργίες του 3D ANALYST, σε αντίθεση με το ARCSCE, ενώ υποστηρίζει τη χρήση ANNOTATIONS αντίθετα με αυτό. Τέλος, παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει μια σειρά από λειτουργίες, οι οποίες δεν είναι δυνατό να καλυφθούν σε αυτή την εργασία, το μεγαλύτερο του πλεονέκτημα έναντι του ARCSCE είναι η ικανότητα του να χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση πολύ μεγάλων σετ δεδομένων, τα όποια το ARCSCE δεν μπορεί να διαχειρισθεί. Το εργαλείο και η χρήση του απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.



*Εικόνα 153 Η χρήση του εργαλείου ARCGLOBE.*



Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η παρουσίαση των δυνατοτήτων του λογισμικού ARCGIS 9.3 σε σχέση με τη διαχείριση, βασική ανάλυση και οπτικοποίηση υψομετρικών δεδομένων, χωρίς να γίνεται αναφορά στις δυνατότητες εξειδικευμένης ανάλυσης δεδομένων 3d, του λογισμικού. Παράλληλα, όμως πρέπει να αναφερθεί ότι το ARCGIS 9.3 παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει και να διαχειριστεί μια επιπλέον δομή υψομετρικών δεδομένων τα TERRAINS, τα οποία αποτελούν τρισδιάστατες επιφάνειες απεικόνισης της γήινης επιφανείας, βασισμένες στο μοντέλο των TIN.

Τα TERRAINS αποθηκεύονται ως features σε μια geodatabase και έχουν τη δική τους τοπολογία καθώς και κανόνες δόμησης. Στην πραγματικότητα δεν αποθηκεύονται σαν TIN, αλλά ως κανόνες και σχέσεις, μεταξύ FEATURE CLASSES, με τη χρήση των οποίων δημιουργείται το αντίστοιχο TIN on the fly. Με τον τρόπο αυτό το TIN μπορεί να δομηθεί με διαφορετικές ακρίβειες για διαφορετικές κλίμακες, δημιουργώντας έτσι «πυραμίδες» αντίστοιχες με αυτές των ψηφιδωτών δεδομένων, ενώ οι κανόνες αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν και τα διανυσματικά FEATURE CLASSES τα οποία οπτικοποιούνται για κάθε επίπεδο της «πυραμίδας».

Η συγκεκριμένη δομή δεν περιγράφεται περαιτέρω καθώς είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, κι επομένως ξεφεύγει από το σκοπο της εργασίας, ο οποίος είναι η σύγκριση των λογισμικών μελέτης με βάση τις δυνατότητες τους σε Βασικές Λειτουργίες διαχείρισης, επεξεργασίας κι ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Συνοψίζοντας τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι το λογισμικό ARCGIS 9.3 παρέχει ένα πλήρες σετ εργαλείων δημιουργίας και Βασικής διαχείρισης υψομετρικών δεδομένων, ενώ παρέχει ταυτόχρονα τη δυνατότητα οπτικοποίησης των δεδομένων αυτών με τη χρήση δύο διαφορετικών 3D VIEWERS. Στη συνέχεια ακολουθεί αντίστοιχη περιγραφή για το συνδυασμό λογισμικών QGIS/GRASS.

### **Υψομετρικά Δεδομένα και QGIS/GRASS.**

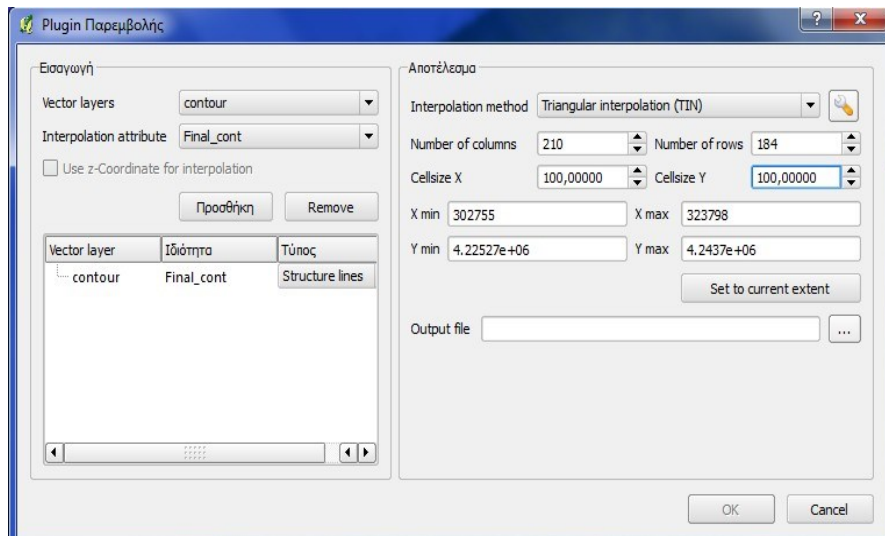
Ο συνδυασμός λογισμικού QGIS/GRASS, παρέχει με τη σειρά του μια αρκετά εντυπωσιακή συλλογή εργαλείων Διαχείρισης Υψομετρικών δεδομένων (κυρίως μέσω των GRASS TOOLS), η οποία αποτελεί συνδυασμό των εργαλείων ανάλυσης του QGIS με τα αντίστοιχα εργαλεία του λογισμικού GRASS. Παρά το γεγονός αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι τα λογισμικά QGIS και GRASS είναι σε θέση να διαχειριστούν υψομετρικά μοντέλα μόνο ψηφιδωτής μορφής DEM, ενώ δεν διαχειρίζονται μοντέλα TIN, γεγονός το οποίο αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα έναντι του ARCGIS 9.3. Στην περίπτωση του GRASS το



εργαλείο v.triangle μπορεί να δημιουργήσει TIN με τη χρήση BREAKLINES, δεν παρέχεται όμως από το λογισμικό GRASS (ο χρήστης πρέπει να το «κατεβάσει»), ενώ δεν υπάρχει στα GRASS TOOLS. Όπως και στις προηγούμενες παραγράφους, το λογισμικό GRASS αντιμετωπίζεται ως επέκταση του QGIS και περιγράφεται μέσω της χρήσης τους μέσα από την εργαλειοθήκη GRASS TOOLS. Οι κατηγορίες διάκρισης των λειτουργιών Διαχείριση Υψομετρικών δεδομένων περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ενώ τα βασικότερα εργαλεία τα οποία παρέχει ανά κατηγορία το λογισμικό QGIS, το οποίο εξετάζεται πρώτο, είναι τα παρακάτω:

➤ Βασικά εργαλεία δημιουργίας Υψομετρικών Αρχείων DEM:

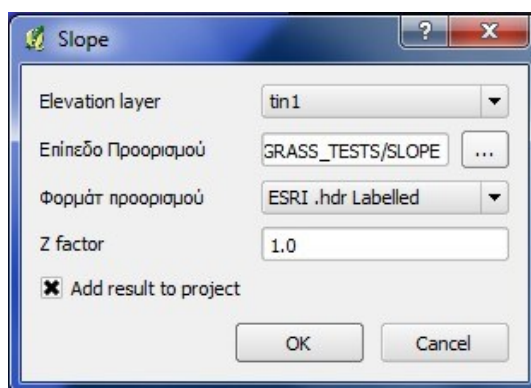
- INTERPOLATION: Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι σε θέση να δημιουργήσει επιφάνειες ψηφιδωτής μορφής με υψομετρική πληροφορία με τη βοήθεια δύο διαφορετικών τεχνικών (TIN, IDW) και τη χρήση διανυσματικών δεδομένων. Το εργαλείο επιτρέπει τη χρήση σημειακών, γραμμικών και πολυγωνικών δεδομένων, καθώς και την επιλογή του τύπου (Points, structure lines, breaklines) των δεδομένων αυτών. Το αποτέλεσμα είναι πάντοτε ΨΗΦΙΔΩΤΟ αρχείο, το μέγεθος κελιού του οποίου ορίζεται από το χρήστη ενώ, όπως αναφέρθηκε ήδη, το εργαλείο κάνει χρήση δύο τεχνικών παρεμβολής, οι οποίες είναι οι TIN και IDW. Στην περίπτωση επιλογής την πρώτης τεχνικής το εργαλείο διενεργεί ένα τριγωνισμό DELAUNAY δημιουργώντας ένα μοντέλο TIN στη μνήμη, και στη συνέχεια μετασχηματίζει το αρχείο αυτό σε αρχείο μορφής .ASC το οποίο διαβάζεται από το QGIS ως ψηφιδωτό αρχείο. Το αρχείο αυτό είναι ένα FLOATING POINT ASCII GRID το οποίο περιλαμβάνει υψομετρική πληροφορία. Η χρήση της επιλογής IDW απαιτεί τη χρήση σημειακών αρχείων, και οδηγεί στη δημιουργία διαφορετικών επιφανειών. Αυτό συμβαίνει, καθώς η συγκεκριμένη τεχνική υπολογίζει τις τιμές των κελιών του τελικού ψηφιδωτού αρχείου με τη χρήση παρεμβολής μεταξύ των τιμών ενός πεδίου του διανυσματικού αρχείου εισαγωγής, επομένως δεν μπορεί να υπολογίσει τιμές εκτός των ορίων του πεδίου τιμών του σημειακού αυτού αρχείου. Συνοψίζοντας, προκύπτει ότι τα εν λόγω εργαλεία είναι κατάλληλα για τη δημιουργία DEM με τη χρήση διανυσματικών αρχείων και κυρίως της τεχνικής TIN, ενώ η μορφή του απεικονίζεται στη συνέχεια.



Εικόνα 154 Η μορφή του εργαλείου INTERPOLATE.

➤ Βασικά εργαλεία αρχικής ανάλυσης των DEM (slope, aspect, hillshade, contours)

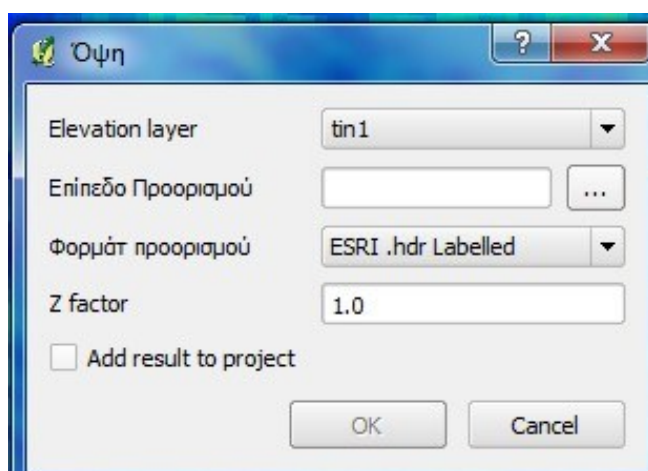
- SLOPE: Το εργαλείο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα ψηφιδωτό αρχείο κλίσεων, το οποίο έχει μέγεθος κελίου ίδιο με του αρχικού αρχείου DEM. Ο υπολογισμός των κλίσεων γίνεται μόνο σε μοίρες ενώ δεν υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού ποσοστών κλίσεων. Τέλος, το αρχείο το οποίο δημιουργείται μπορεί να έχει τη μορφή κάθε υποστηριζόμενης μορφής raster αρχείου από τη βιβλιοθήκη GDAL. ([http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins\\_raster\\_terrain.html?highlight=slope](http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins_raster_terrain.html?highlight=slope))



Εικόνα 155 Η μορφή του εργαλείου SLOPE.

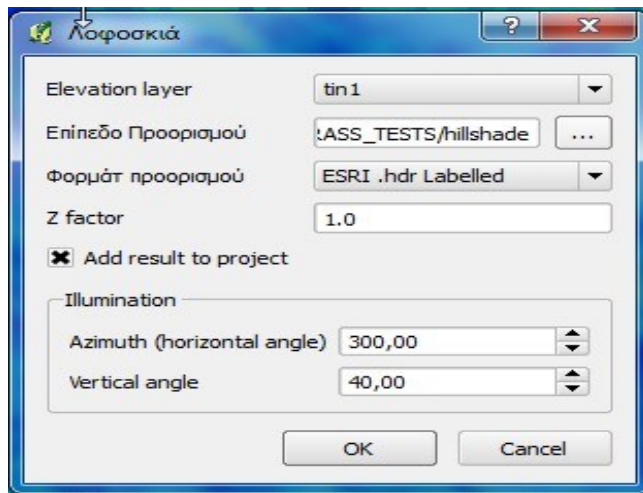
- ASPECT: Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τον προσανατολισμό του κάθε κελίου σε μοίρες με αφετηρία τη διεύθυνση του BOPPA, ενώ ο υπολογισμός γίνεται αριστερόστροφα (αντίθετα με τη φορά του ρολογιού).

([http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins\\_raster\\_terrain.html#plugins-plugins-raster-terrain-rasterterraindialog](http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins_raster_terrain.html#plugins-plugins-raster-terrain-rasterterraindialog)). Ο υπολογισμός του προσανατολισμού γίνεται με την αντίθετη φορά σε σχέση με το ARCGIS 9.3, ενώ τα τελικά αποτελέσματα δεν ταξινομούνται αυτόματα σε οκτώ κλάσεις, αλλά σε τέσσερις τυχαίες κλάσεις οι οποίες στη συνέχεια απαιτούν επαναταξινόμηση. Τέλος, το αρχείο το οποίο δημιουργείται μπορεί να έχει τη μορφή κάθε υποστηριζόμενης μορφής raster αρχείου από τη βιβλιοθήκη GDAL.



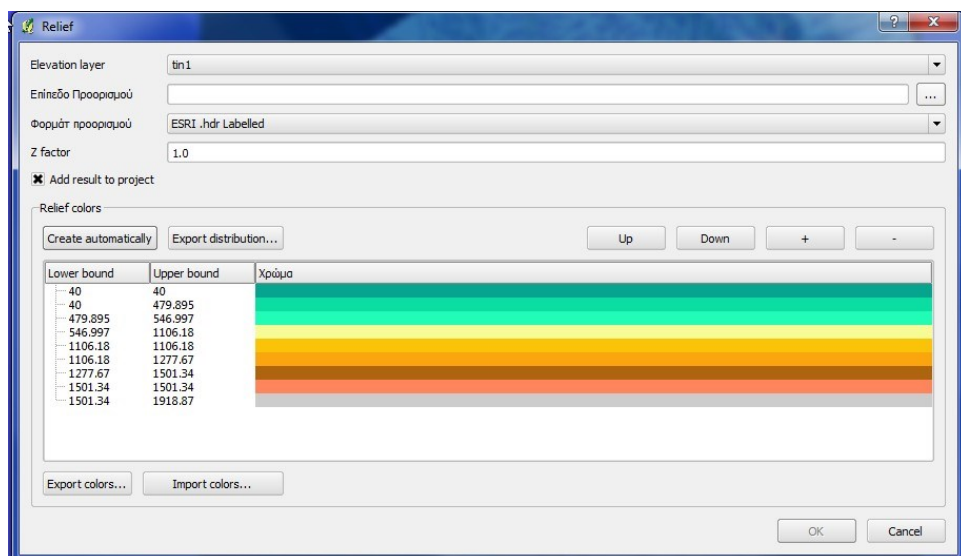
Εικόνα 156 Η μορφή του εργαλείου ASPECT.

- HILLSHADE: Το εν λόγω εργαλείο υπολογίζει τη σκίαση των κελιών ενός DEM, λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία και τη διεύθυνση φωτισμού καθώς και τις κλίσεις και τον προσανατολισμό των κλίσεων αυτών. Σε αντίθεση με το αντίστοιχο εργαλείο του ARCGIS, χρησιμοποιεί διαφορετικές default τιμές για το αζιμούθιο και την κατακόρυφη γωνία (300° και 40° αντί 315° και 45° αντίστοιχα). Τέλος, το αρχείο το οποίο δημιουργείται μπορεί να έχει τη μορφή κάθε υποστηριζόμενης μορφής raster αρχείου από τη βιβλιοθήκη GDAL.



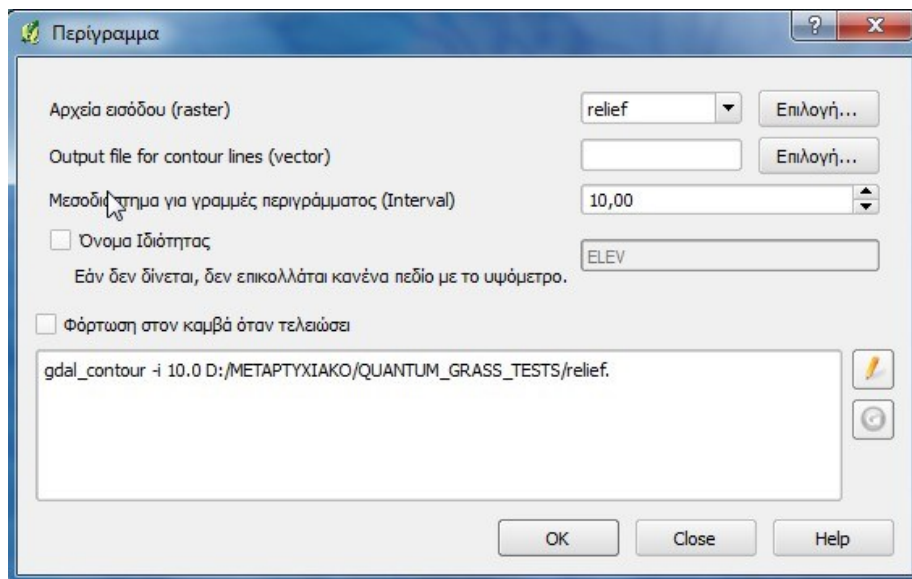
Εικόνα 157 Η μορφή του εργαλείου HILLSHADE.

- RELIEF: Το εργαλείο αυτό δημιουργεί ένα έγχρωμο σκιασμένο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης το οποίο στην ουσία αποτελεί ένα έγχρωμο HILLSHADE. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις αποχρώσεις τις οποίες επιθυμεί και να τις αντιστοιχήσει σε υψομετρικές ζώνες (δεν πρόκειται για πραγματική επαναταξινομήση καθώς το HILLSHADE περιέχει πληροφορία σχετική με την ηλιακή έκθεση και όχι το υψόμετρο) ενώ, όπως σε όλα τα εργαλεία του QGIS σχετικά με τη διαχείριση υψομετρικών δεδομένων, μπορεί να επιλέξει το είδος της μορφής RASTER στην οποία θα εξάγει το αρχείο. Το αντίστοιχο εργαλείο δεν υπάρχει στο ARCGIS 9.3, το οποίο παρέχει απλά τη δυνατότητα συμβολισμού του HILLSHADE με τη χρήση χρωματικών κλιμάκων.



Εικόνα 158 Η μορφή του εργαλείου RELIEF.

- ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ (Το Ελληνικό όνομα του αρχείου πιθανώς να προέρχεται από λανθασμένη μετάφραση του Αγγλικού ονόματος): Το συγκεκριμένο εργαλείο στην ουσία δημιουργεί ένα διανυσματικό αρχείο υψομετρικών καμπυλών, έχοντας ως αρχείο εισόδου ένα ψηφιδωτό DEM. Ο χρήστης ορίζει την ισοδιάσταση των καμπυλών, το όνομα του αρχείου το οποίο θα δημιουργηθεί και το όνομα του πεδίου στο οποίο θα αποθηκευθεί το υψόμετρο της κάθε καμπύλης, στον πίνακα ιδιοτήτων του διανυσματικού αρχείου.

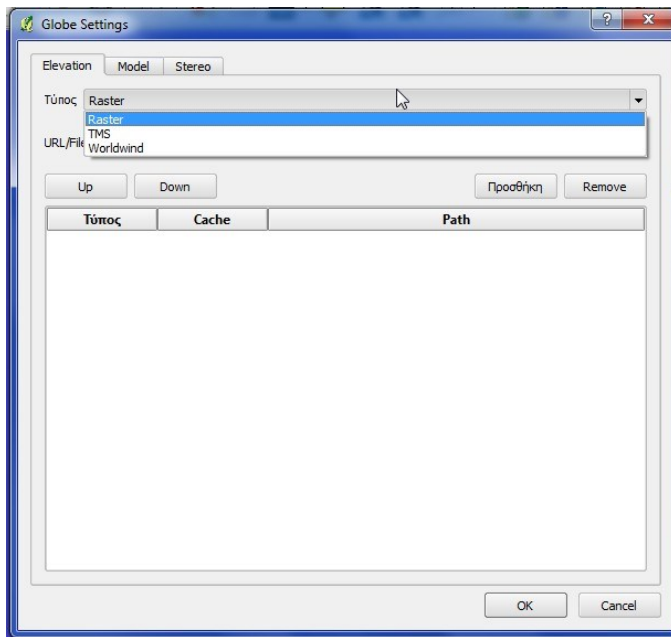


Εικόνα 159 Η μορφή του εργαλείου ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ.

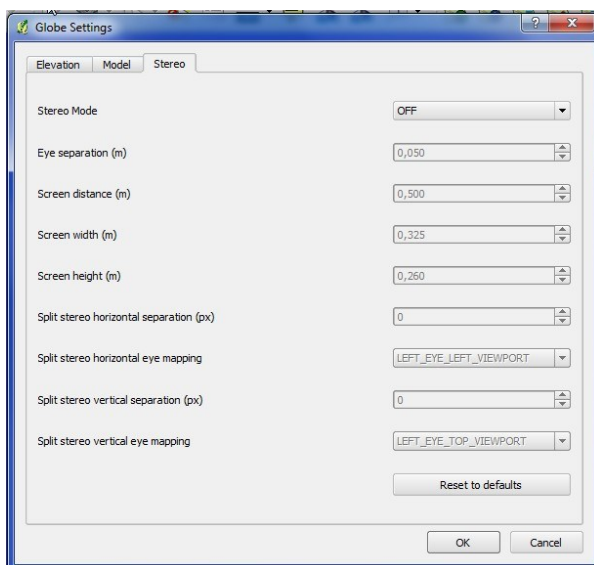
#### ➤ Εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων DEM σε μορφή 3D.

Το λογισμικό QGIS διαθέτει την εφαρμογή GLOBE η οποία επιτρέπει την οπτικοποίηση των 3D δεδομένων, με τη χρήση ενός ήδη υπάρχοντος αναγλύφου. Το εργαλείο αυτό αποτελεί έναν 3D VIEWER, ο οποίος χρησιμοποιεί ως επιφάνεια αναφοράς υψόμετρων, είτε ένα αρχείο raster το οποίο ορίζει ο χρήστης είτε προκαθορισμένα αρχεία τα οποία βρίσκονται σε συγκεκριμένους SERVERS στο διαδίκτυο. Ο χρήστης μετά την ενεργοποίηση του εργαλείου, απλά εισάγει τα δεδομένα του στην επιφάνεια εργασίας και η εφαρμογή GLOBE τα οπτικοποιεί στο περιβάλλον της. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να χρησιμοποιούν το σύστημα αναφοράς WGS 84, ενώ το εργαλείο υποστηρίζει στερεοσκοπική όραση σε συνδυασμό με την ανάλογη κάρτα γραφικών. Τέλος, το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί απλά εργαλείο οπτικοποίησης δεδομένων σε τρεις διαστάσεις, και δεν περιλαμβάνει δυνατότητες ανάλυσης, όπως π.χ. το ARCSCENE. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ιδιαίτερα

απαιτητικό σε σχέση με τον Η/Υ, καθώς απαιτεί αρκετό χρόνο έως ότου οπτικοποιήσει τα δεδομένα, αν και παρέχει δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης σε περίπτωση που μεταβληθεί ο συμβολισμός του αρχείου στο βασικό παράθυρο του QGIS. Γενικά, το συγκεκριμένο εργαλείο κρίνεται αρκετά δύσχρηστο και απαιτητικό για τον υπολογιστή, ειδικά σε σχέση με τα αντίστοιχα ARCSCENE, ARCGLOBE, τα οποία προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες, ενώ δεν απαιτούν τόσο υπολογιστική ισχύ.

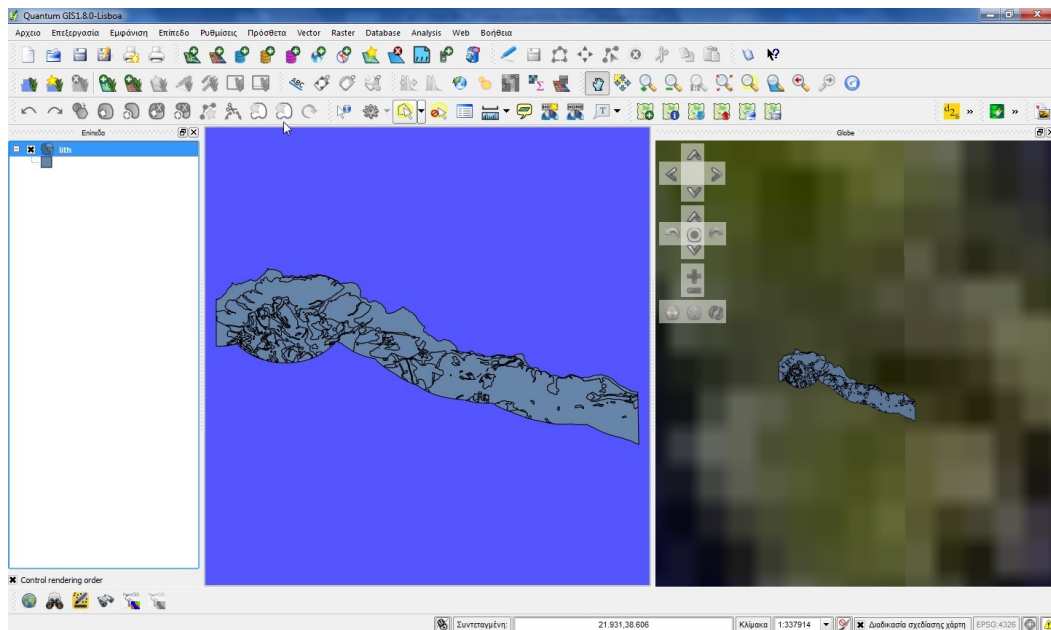


Εικόνα 160 Η καρτέλα επιλογής των settings του εργαλείου GLOBE.



Εικόνα 161 Η καρτέλα επιλογής των settings στερεοσκοπικής όρασης του εργαλείου GLOBE.





Εικόνα 162 Η χρήση του εργαλείου GLOBE.

Με βάση τα όσα έχουν ειπωθεί έως τώρα, οι δυνατότητες του λογισμικού QGIS σχετικά με τη διαχείριση και επεξεργασία των Υψομετρικών δεδομένων εμφανίζονται αρκετά περιορισμένες σε σχέση με το λογισμικό ARCGIS 9.3. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στην αδυναμία διαχείρισης δεδομένων TIN, κι αφετέρου στην μικρή σχετικά συλλογή εργαλείων δημιουργίας, βασικής επεξεργασίας κι ανάλυσης υψομετρικών δεδομένων. Επίσης το εργαλείο οπτικοποίησης των υψομετρικών δεδομένων σε μορφή 3D GLOBE, το οποίο διαθέτει το λογισμικό είναι αρκετά δύσχρηστο και ιδιαίτερα απαιτητικό για τον υπολογιστή (ο οποίος δεν αντιμετώπισε πρόβλημα με τις εφαρμογές ARCSCENE, ARCGLOBE), ενώ δεν παρέχει δυνατότητες ανάλυσης όπως στο ARCSCENE. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το QGIS διαθέτει το εργαλείο VTERRAIN, το οποίο είναι ένας 3D VIEWER ο οποίος λειτουργεί με τη χρήση αρχείων .bit (binary terrain). Το εργαλείο αυτό απαιτεί τη μετατροπή των υψομετρικών αρχείων DEM σε μορφή .bit πριν τη χρήση του, γεγονός το οποίο το καθιστά δύσχρηστο σε σχέση με το GLOBE το οποίο απλά «φορτώνει» τα υπάρχοντα αρχεία στο κύριο περιβάλλον εργασίας. Το εργαλείο αυτό δεν παρουσιάζεται αναλυτικότερα, καθώς παρουσίασε προβλήματα κατά την προσπάθεια επισκόπησης του, και δεν λειτούργησε ποτέ.

Έτσι, το γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει, είναι ότι το εν λόγω λογισμικό δεν είναι γενικά σε θέση να σταθεί απέναντι στο ARCGIS 9.3 από μόνο του στον τομέα της διαχείρισης και επεξεργασίας 3d δεδομένων. Στην περίπτωση του λογισμικού QGIS όμως, η δυνατότητα διασύνδεσης με το GRASS μέσα από τα GRASS TOOLS παρέχει επιπλέον



λειτουργίες στους τομείς της δημιουργίας, βασικής επεξεργασίας κι ανάλυσης υψομετρικών δεδομένων. Οι νέες αυτές δυνατότητες, εξετάζονται στη συνέχεια, μέσα από τα αντίστοιχα εργαλεία της εργαλειοθήκης GRASS TOOLS.

➤ Βασικά εργαλεία δημιουργίας Υψομετρικών Αρχείων DEM:

Το λογισμικό GRASS παρέχει μέσα από τη χρήση των GRASS TOOLS μια σειρά εργαλείων δημιουργίας επιφανειών με τη χρήση διαφόρων μεθόδων παρεμβολής. Τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούν εξειδικευμένα εργαλεία κατασκευής DEM, είναι όμως σε θέση να δημιουργήσουν υψομετρικά δεδομένα αυτής της μορφής αν χρησιμοποιηθούν με κατάλληλα αρχικά δεδομένα εισαγωγής, τα οποία περιέχουν υψομετρική πληροφορία. Τέτοια εργαλεία είναι τα παρακάτω:

- **v.surf.rst:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί μια ψηφιδωτή επιφάνεια αναγλύφου με τη χρήση διανυσματικών δεδομένων σημειακής ή γραμμικής μορφής, τα οποία περιέχουν υψομετρική πληροφορία είτε ως 3D δεδομένα, είτε με τη μορφή τιμών σε κάποιο πεδίο. Το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης δημιουργίας των επιφανειών slope και aspect, καθώς και μιας σειράς ακόμα παραπροϊόντων, ενώ χρησιμοποιεί τη μέθοδο rst (regularized spline with tension) για την διεξαγωγή χωρικής προσέγγισης (spatial approximation) βάσει της όποιας δημιουργεί το τελικό αρχείο.
- **v.surf.idw:** Το εργαλείο δημιουργεί μια επιφάνεια ψηφιδωτής μορφής με τη χρήση ενός σημειακού αρχείου τα οποία περιέχουν υψομετρική πληροφορία. Συγκεκριμένα, εκτελεί παρεμβολή idw προκειμένου να υπολογίσει τις ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των αρχικών σημείων και να δημιουργήσει την τελική επιφάνεια. Όπως και στην περίπτωση του εργαλείου INTERPOLATE του QGIS, η χρήση της επιλογής IDW δεν είναι κατάλληλη για δημιουργία DEM τα οποία περιέχουν εξάρσεις και ταπεινώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο εργαλείο εκτελεί παρεμβολή μεταξύ των τιμών υψόμετρου των αρχικών σημείων και υπολογίζει ενδιάμεσες τιμές υψόμετρων για την υπόλοιπη επιφάνεια. Έτσι, δεν είναι σε θέση να υπολογίσει τιμές υψόμετρων εκτός του πεδίου τιμών των υψόμετρων των αρχικών σημείων, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αποδώσει τυχόν εξάρσεις και ταπεινώσεις οι οποίες υπάρχουν, κι έχουν υψόμετρα εκτός του πεδίου τιμών των υψόμετρων των

αρχικών σημείων. Το ομόλογο του συγκεκριμένου εργαλείου στο ARCGIS 9.3 είναι το εργαλείο IDW, το οποίο δεν αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο (σχετικά με το ARCGIS), καθώς δεν αποτελεί βασικό εργαλείο δημιουργίας DEM για το συγκεκριμένο λογισμικό το οποίο περιέχει πιο κατάλληλα εργαλεία για το σκοπό αυτό.

- **v.surf.bspline:** Το εν λόγω εργαλείο δημιουργεί επιφάνειες χρησιμοποιώντας ένα σημειακό διανυσματικό αρχείο, κάνοντας χρήση γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Least Squares Linear Regression). Έτσι το εργαλείο υπολογίζει μια σειρά από συντελεστές ανεξαρτήτων μεταβλητών, η αναφορά των οποίων δεν απαιτείται καθώς είναι αρκετά περίπλοκες, οι οποίες επηρεάζουν την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής η οποία περιέχεται σε κάποιο πεδίο του διανυσματικού αρχείου. Στη συνέχεια με τη χρήση των τιμών των συντελεστών αυτών και των ανεξαρτήτων μεταβλητών, υπολογίζει την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής για την υπόλοιπη έκταση του αρχείου και δημιουργεί μια επιφάνεια ψηφιδωτής μορφής. Αν η εξαρτημένη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται είναι το υψόμετρο των σημείων, τότε το τελικό αποτέλεσμα θα είναι ένα ψηφιδωτό αρχείο αναγλύφου DEM. Όπως και τα προηγούμενα εργαλεία το συγκεκριμένο δεν είναι εξειδικευμένο εργαλείο δημιουργίας μοντέλων επιφανείας DEM, επομένως οι επιφάνειες DEM που δημιουργούνται δεν είναι απόλυτά σωστές καθώς δεν λαμβάνουν υπόψιν τους χωρικές οντότητες όπως υδατορέματα, εξάρσεις, ταπεινώσεις κ.α.
- **r.surf.rst.idw2:** Το συγκεκριμένο εργαλείο έχει παρόμοια λειτουργία με το v.surf.rst.idw, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί ψηφιδωτά αντί για διανυσματικά δεδομένα εισαγωγής. Τέλος το συγκεκριμένο εργαλείο δεν μπορεί να λειτουργήσει με δεδομένα τα οποία έχουν γεωγραφικά συστήματα αναφοράς (Latitude/Longitude), τα οποία είναι καλύτερο να υφίστανται ανάλογη επεξεργασία με το επόμενο εργαλείο
- **r.surf.rst.idw:** Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το προηγούμενο, έχοντας δύο βασικές διαφορές από αυτό. Καταρχάς χρησιμοποιεί και δεδομένα με γεωγραφικά συστήματα αναφοράς, και κατά δεύτερο λόγο δεν χρησιμοποιεί

όλα τα υπάρχοντα σημεία σε κάθε κύκλο παρεμβολής (interpolation cycle) μειώνοντας έτσι το χρόνο ο οποίος απαιτείται για τη χρήση του.

- **r.surf.contour**: Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί το πλέον εύχρηστο εργαλείο δημιουργίας DEM, καθώς χρησιμοποιεί ένα ψηφιδωτό αρχείο υψομετρικών καμπυλών για τη δημιουργία του τελικού DEM. Το εργαλείο δημιουργεί επιφάνειες DEM, οι οποίες μπορούν να αποδώσουν καλύτερα την γήινη επιφάνεια, καθώς οι υψομετρικές καμπύλες τις οποίες χρησιμοποιεί συνήθως αποδίδουν καλύτερα το ανάγλυφο λαμβάνοντας υπόψιν και τις πιθανές εξάρσεις και ταπεινώσεις. Τέλος μεγάλη σημασία κατά τη χρήση του εργαλείου αυτού παίζει η ανάλυση (resolution) του αρχικού ψηφιδωτού αρχείου καμπυλών, η οποία πρέπει να είναι ίδια με αυτή του εξαγόμενου DEM.

Τα παραπάνω εργαλεία είναι σε θέση να δημιουργήσουν επιφάνειες, έχοντας ως αρχεία εισόδου τόσο διανυσματικά όσο και ψηφιδωτά αρχεία. Αν τα αρχικά αυτά δεδομένα περιέχουν υψομετρική πληροφορία τότε οι επιφάνειες οι οποίες δημιουργούνται είναι μορφής Ψηφιακών Μοντέλων Αναγλύφου (DEM), οι οποίες όμως στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι αρκετά ακριβείς. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι επιφάνειες αυτές δημιουργούνται μέσα από διαδικασίες παρεμβολής ή παλινδρόμησης και όχι τριγωνισμού, ενώ δεν παρέχεται η δυνατότητα ταυτόχρονης εισαγωγής χαρακτηριστικών όπως breaklines, οι οποίες λειτουργούν καταλυτικά στη δημιουργία υψομετρικών μοντέλων ακριβείας. Αντίθετα το εργαλείο **r.surf.contour** φαίνεται να είναι το καταλληλότερο για τη δημιουργία DEM, το οποίο και πάλι υστερεί όμως έναντι των εργαλείων του ARCGIS, δεδομένου ότι δεν επιτρέπει τη χρήση breaklines.

#### ➤ Βασικά εργαλεία αρχικής ανάλυσης των DEM (slope, aspect, hillshade, contours)

- **r.slope**: Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί επιφάνειες κλίσεων με τη χρήση ενός αρχικού αρχείου DEM. Επιτρέπει τον υπολογισμό κλίσεων τόσο σε μοίρες όσο και σε ποσοστά, ενώ το τελικό αρχείο το οποίο δημιουργείται μπορεί να είναι μορφής FLOAT, INTEGER ή DOUBLE. Η επιλογή της μορφής του τελικού αρχείου είναι διαθέσιμη κατά την χρήση του εργαλείου με τη μορφή εντολής, ενώ κατά τη χρήση του από το αντίστοιχο περιβάλλον διεπαφής είναι διαθέσιμη μόνο η default επιλογή FLOAT.

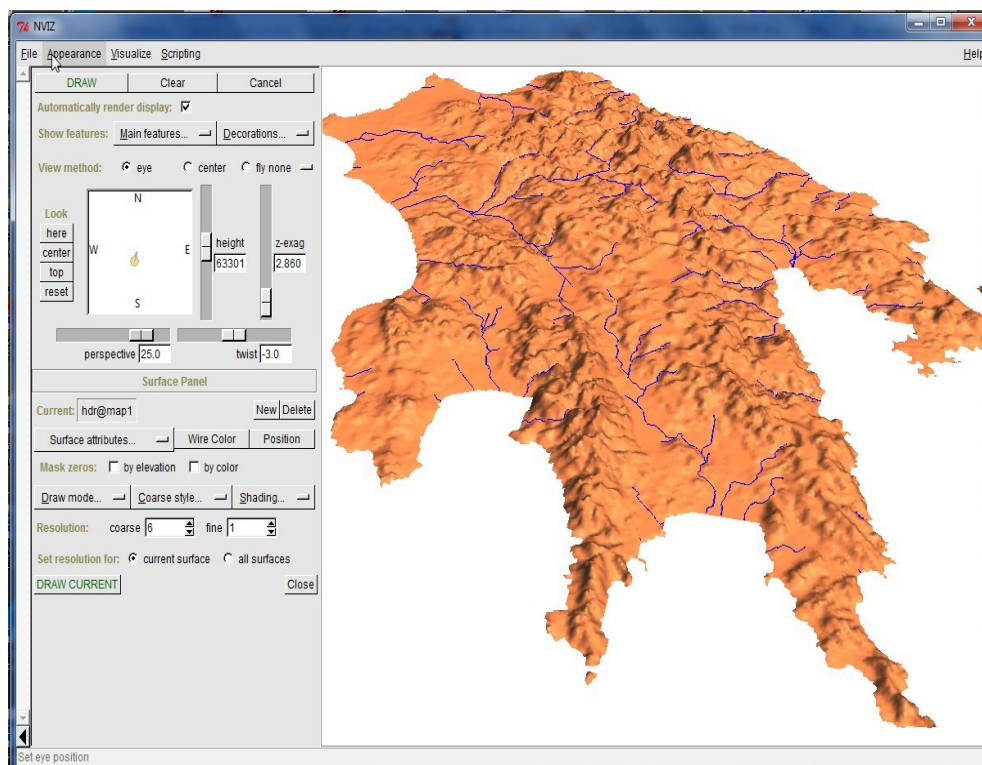
- **r.aspect:** Το εργαλείο αποτελεί μέρος της ευρύτερης εντολής R.SLOPE.ASPECT η οποία δημιουργεί ταυτόχρονα τις επιφάνειες SLOPE και ASPECT με τη χρήση ενός αρχικού DEM. Στην προκειμένη περίπτωση ο προσανατολισμός των κλίσεων μετράται με αρχή την διεύθυνση EAST, η οποία έχει τιμή  $360^{\circ}$ , ενώ οι διευθύνσεις NORTH, WEST, SOUTH έχουν τιμές  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  και  $270^{\circ}$  αντίστοιχα. Με άλλα λόγια το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιεί την Ανατολική διεύθυνση ως αρχική διεύθυνση και μετρά την τιμή του προσανατολισμού με φορά αντίθετη με αυτή του ρολογιού. Η συγκεκριμένη μέθοδος έρχεται σε αντίθεση τόσο με το ARCGIS 9.3 όσο και με το QGIS, τα οποία χρησιμοποιούν το BOPPA ως αρχικής διεύθυνση μέτρησης του προσανατολισμού. Η επιλογή της μορφής του τελικού αρχείου είναι διαθέσιμη κατά την χρήση του εργαλείου με τη μορφή εντολής του GRASS, ενώ κατά τη χρήση του από το αντίστοιχο περιβάλλον διεπαφής GRASS TOOLS είναι διαθέσιμη μόνο η default επιλογή FLOAT, όπως και για την εντολή r.slope.
- **r.shaded.relief:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα σκιασμένο ανάγλυφο του αρχικού DEM, κι αποτελεί την αντίστοιχη λειτουργία HILLSHADE του λογισμικού. Οι default τιμές αζιμουθίου και γωνίας ανύψωσης του ηλίου διαφέρουν κατά πολύ από τις αντίστοιχες των λογισμικών ARCGIS και QGIS, καθώς είναι  $270^{\circ}$  για το αζιμούθιο και  $30^{\circ}$  για την γωνία ανύψωσης. Τέλος το εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να «δραματοποιήσει» οπτικά το αποτέλεσμα της ανάλυσης του με τη χρήση ενός συντελεστή Z, ο οποίος «υπερβάλλει» (exaggeration) το σκιασμένο ανάγλυφο.
- **r.param.scale:** Το εν λόγω εργαλείο υπολογίζει μια σειρά μορφομετρικών παραμέτρων με τη χρήση ενός αρχικού DEM κι εξάγει την πληροφορία σε μορφή ψηφιδωτών αρχείων. Με τον τρόπο αυτό, το συγκεκριμένο εργαλείο είναι σε θέση να δημιουργήσει τα αρχεία SLOPE, ASPECT, SHADED RELIEF, καθώς και μια σειρά άλλων αρχείων μορφομετρικών δεδομένων, όπως αρχεία καμπυλότητας και γενικευμένες τιμές υψόμετρου (elevation).
- **r.contour:** Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα διανυσματικό αρχείο υψομετρικών καμπυλών με τη χρήση ενός αρχικού ψηφιδωτού αρχείου DEM

κι αποτελεί υποπερίπτωση της γενικότερης εντολής `r.contour`. Ο χρήστης παρέχει στο εργαλείο την ισοδιάσταση, καθώς και τις ακρότατες τιμές των καμπυλών οι οποίες θα δημιουργηθούν, και το λογισμικό δημιουργεί το αντίστοιχο διανυσματικό αρχείο.

- `r.contour2`: Το συγκεκριμένο εργαλείο δημιουργεί ένα διανυσματικό αρχείο υψομετρικών καμπυλών με τη χρήση ενός αρχικού ψηφιδωτού αρχείου DEM κι αποτελεί υποπερίπτωση της γενικότερης εντολής `r.contour`. Σε αντίθεση με το προηγούμενο εργαλείο ο χρήστης παρέχει στο λογισμικό τα υψόμετρα των καμπυλών τις οποίες επιθυμεί να δημιουργήσει, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να δημιουργήσει καμπύλες επιλεγμένων υψομέτρων οι οποίες μπορεί να μην έχουν μεταξύ τους την ίδια ισοδιάσταση.

➤ Εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων DEM σε μορφή 3D.

- `NVIZ`: Το συγκεκριμένο εργαλείο παρέχει τη δυνατότητα οπτικοποίησης 3D δεδομένων σε ένα ξεχωριστό περιβάλλον εργασίας. Δεν παρέχει δυνατότητα στερεοσκοπικής όρασης, είναι όμως σε θέση να απεικονίσει δεδομένα σε τρεις διαστάσεις με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν του `ARCSCENE`. Δεν μπορεί φυσικά να διαχειριστεί δεδομένα TIN, όπως άλλωστε συμβαίνει με το `GRASS` γενικότερα, είναι όμως σε θέση να οπτικοποιήσει δεδομένα διανυσματικής μορφής (της native μορφής του `GRASS`) και να τα προβάλλει επάνω σε μοντέλα εδάφους. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι αν και το συγκεκριμένο εργαλείο περιλαμβάνεται στα `GRASS TOOLS`, δεν κατέστη δυνατή η χρήση του μέσα από το συγκεκριμένο περιβάλλον κατά την διεξαγωγή της συγκεκριμένης μελέτης, ενώ αντίθετα ενεργοποιήθηκε χωρίς πρόβλημα μέσα από το περιβάλλον του `GRASS`. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι αρκετά περίπλοκο με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εξάντληση όλων των δυνατοτήτων του σε αυτήν την παράγραφο. Αρκεί απλά να ειπωθεί ότι πρόκειται για ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο με πολλές δυνατότητες, το οποίο δεν απαιτεί την υπολογιστική ισχύ του εργαλείου `GLOBE` του `QGIS`, και το οποίο παρέχει δυνατότητες ανάλογες του `ARCSCENE`. Η μορφή και η χρήση του απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 163 Η χρήση του εργαλείου NVIZ.

Συνοψίζοντας τα όσα ειπωθήκαν μέχρι τώρα στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το ARCGIS 9.3 υπερέχει του συνδυασμού λογισμικών QGIS/GRASS όσον αφορά τις λειτουργίες οι οποίες περιγράφησαν. Το συγκεκριμένο λογισμικό περιλαμβάνει περισσότερα εργαλεία δημιουργίας, βασικής επεξεργασίας και οπτικοποίησης υψομετρικών δεδομένων από το συνδυασμό των QGIS/GRASS. Ταυτόχρονα παρατηρούνται διαφορές μεταξύ του τρόπου με τον οποίο τα λογισμικά μελέτης προσεγγίζουν το ίδιο πρόβλημα, με πλέον χαρακτηριστική την περίπτωση του υπολογισμού του προσανατολισμού των κλίσεων. Στην περίπτωση αυτή τα μεν ARCGIS 9.3 και QGIS θεωρούν τον Βορρά ως αφετηρία μέτρησης του προσανατολισμού, ενώ αντίθετα το GRASS χρησιμοποιεί τη διεύθυνση της Ανατολής. Ακόμη και μεταξύ των δύο πρώτων όμως υπάρχει διαφοροποίηση, καθώς το μεν ARCGIS 9.3 μετρά τον προσανατολισμό δεξιόστροφα ενώ το QGIS αριστερόστροφα.

Όσον αφορά την οπτικοποίηση ο συνδυασμός QGIS/GRASS παρέχει δύο πολύ ισχυρά εργαλεία τα GLOBE και NVIZ, τα οποία συνδυαστικά παρέχουν αντίστοιχες δυνατότητες με τα ARCSCENE και ARCGLOBE. Το GLOBE όμως απαιτεί αρκετή υπολογιστική ισχύ, γεγονός το οποίο το καθιστά δύσχρηστο, ενώ το NVIZ δεν λειτουργεί πάντα μέσα από το QGIS. Επίσης, η δημιουργία και η χρήση TERRAINS διαχωρίζει οριστικά το ARCGIS 9.3 σε σχέση με το συνδυασμό QGIS/GRASS, καθώς του δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης

υψομετρικών δεδομένων σε διανυσματική μορφή ή οποία υποστηρίζει μεταξύ άλλων και τη δημιουργία τοπολογίας. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο εξετάστηκαν οι δυνατότητες των λογισμικών μελέτης σε σχέση με τα υψομετρικά δεδομένα τριών διαστάσεων, και όχι αναφορικά με τα διανυσματικά δεδομένα 3D (3D FEATURES). Τα δεδομένα αυτά αποτελούν μέρος εξειδικευμένης ανάλυσης και η περιγραφή τους δεν αφορά το συγκεκριμένο Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας το οποίο ασχολείται με τις Βασικές Λειτουργίες των λογισμικών μελέτης.

Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η αναφορά σχετικά με τις δυνατότητες των λογισμικών ARCGIS 9.3 και QGIS/GRASS γύρω από τη δημιουργία, βασική επεξεργασία και οπτικοποίηση υψομετρικών δεδομένων τριών διαστάσεων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μανιάτης Γ., 1996, *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη.
- Software, Εύρεση στις 12 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο <http://en.wikipedia.org>
- Software, Εύρεση στις 12 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο <http://dictionary.reference.com/>
- Halley, Mike *Electronic brains/Stories from the dawn of the computer age.*, 2005, London: British Broadcasting Corporation and Granta Books. p. 79. [ISBN 1-86207-663-4](#).
- Τσουροπλής Α. , Κλημόπουλος Σ., *Εισαγωγή στην Πληροφορική*, Αθηνά 1991, Εκδόσεις Πελεκάνος.
- Cortada J. W. , *Researching the history of software from the 1960s*, Annals of the History of Computing, March 2002.
- Campell-Kelly M., *Development and Structure of the International Software Industry, 1950-1990*, Business and Economic History, 1995
- Bretthauer, David, "Open Source Software: A History" (2001). *UConn Libraries Published Works*. Paper 7. [http://digitalcommons.uconn.edu/libr\\_pubs/7](http://digitalcommons.uconn.edu/libr_pubs/7)
- Wu Ming-Wei., Lin Ying-Dar, *Open Source Software Development: An Overview*, Computer, Jun 2001
- Dalle J., Jullien N. (2001b), *Open-source vs. Proprietary Software*, [http://opensource.mit.edu/online\\_papers.php](http://opensource.mit.edu/online_papers.php).
- Lee, Sang-Yong Tom and Meng, Zhaoli, *Open Source vs. Proprietary Software: Competition and Compatibility* (August 2005). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=780804> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.780804>
- Camara G., Osrud H. *Open Source GIS Software: Myths and Realities* (2004) Open Access and the Public Domain in Digital Data and Information for Science: Proceedings of an International Symposium. Washington, The National Academies Press, 2004 (ISBN 0-309-09145-4)

- Goodchild, M. F., 1985. *Geographic Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma*, The Operational Geographer
- Carter J. R. (1989) *On defining the geographic information system*. In : Ripple W. J. (ed.) *Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium* ASPRS/ACSM. Falls Church Virginia.
- [Cowen, D.](#) 1988. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences..* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: pp. 1551–1555. [[Web of Science ®](#)]
- DJ Maguire, M Goodchild, D Rhind (1991) *An Overview and Definition of GIS* Geographical information systems: Principles and applications
- Steiniger S., Weibel R. (2009) *GIS Software – A description in 1000 words* Encyclopaedia of Geography, B. Warf (ed), Sage Pub.
- Clarke, K. C., 1986. *Advances in Geographic Information Systems*, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 10, pp. 175-184.
- Tomlinson, R. F. (ed), 1972. *Geographical Data Handling*. IGU Commission on Geographical Data Sensing and Processing, Ottawa
- Keenan P. (2003) *Geographic Information Systems* Encyclopedia of Information Systems, Volume 2
- Coppock, J.T., and D.W. Rhind (1991) *The history of GIS*. In Maguire, D.W., M.F. Goodchild, and D.W. Rhind (editors) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London: Longman Scientific and Technical
- Pucher, A. (2003): *Open Source Cartography. Status quo, recent trends and limitations of free cartographic software*. In: Proceedings of the 21th International Cartographic Conference, Durban, South-Africa.
- Ranga R. Vatsavai, Thomas E. Burk, Steve Lime, Marco Hugentobler, Andreas Neumann, Christian Strobl *Open Source GIS [Springer Handbook of Geographic Information](#)* 2012, Part C, 579-595, DOI: 10.1007/978-3-540-72680-7\_30

- Markus Neteler, M. Hamish Bowman, Martin Landa , Markus Metz. *GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS/ Environmental Modelling & Software* 31 (2012)
- Migliaccio F., Carrion D., and Zambrano C., 2010. *A comparison between free/open-source and commercial geospatial software tools, based on a case study*. Barcelona, Spain: 2010.
- S. Steiniger, G.J. Hay *Free and open source geographic information tools for landscape ecology/ Ecological Informatics* 4 (2009) 183–195
- SILLERO, N., TARROSO, (2010) P.. *Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free/open source software*. Acta Herpetologica, North America, 5, Jul. 2010. Available at: <<http://fupress.net/index.php/ah/article/view/8535>>
- Bektas K., Coltekin A. (2009) “*A survey of Stereoscopic Visualization Support in Mainstream Geographic Information Systems*” Proceedings, true 3D in Cartography, 1<sup>st</sup> International Conference on 3D Maps, Aug. 24-28, 2009, Dresden, Germany.
- Ahmed Abu el Nasr, Jos Van Orshoven *CSS or OSS for education in GIS ?* 11th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2008, University of Girona, Spain
- Dustin T. Duncan, Marcia C. Castro, Jeffrey C. Blossom, Gary G. Bennett, Steven L.Gortmaker, *Evaluation of the positional difference between two common geocoding methods*, Geospatial Health 5(2), 2011, pp. 265-273
- Arjun Akkala, Vijay Devabhaktuni, and Ashok Kumar, *Interpolation Techniques and Associated Software for Environmental Data*, Published online 17 May 2010 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI 10.1002/ep.10455
- Zdena Dobešová, Dagmar Kusendová, *Goal-Question-Metric method for evaluation of cartographic functionality in GIS software*, Proceedings GIS Ostrava 2009, VŠB – TU, Ostrava, ISSN 1213-2454

- Barik, R.K., Samaddar, Arun B. and Gupta, R.D., 2009. *Investigations into the Efficacy of Open Source GIS Software*, International conference, Map World Forum, on Geospatial Technology for Sustainable Planet Earth, Feb 10-13, 2009, Hyderabad, India.
- Stefan Steiniger & Erwan Bocher (2009): *An overview on current free and open source desktop GIS developments*, International Journal of Geographical Information Science, 23:10, 1345-1370
- Mitchell S, Csillag F, Tague C (2002). *Advantages of open-source GIS to improve spatial environmental modelling* - Proceedings of the Open Source GIS-GRASS user conference 2002. Trento, Italy, 11-13 september 2002.
- Tudor, G. (2009) *DATABASES FOR GEOLOGICAL MAPS WITH THE USE OF GIS OPEN SOURCE SOLUTIONS*, ANALELE ȘTIINȚIFICE ALE UNIVERSITĂȚII „AL. I. CUZA” IAȘI Geologie. Tomul LV, nr. 2
- MARTINEZ J. C., COLL E., IRIGOYEN J. (2005) *Exploring PostGIS with a Full Analysis Example*
- Yokoi T., Subedi J., Rajbhandari R., Prajapati M. B., Mori T., Takubo A., Niwa M. (2008) *FREE GIS PLUS DATABASE SYSTEM FOR DISSEMINATION ACTIVITY OF EARTHQUAKE DISASTER MITIGATION*, The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China
- Bhatt G., Kumar M., Duffy C.J. , (2008) *Bridging the gap between geohydrological data and Integrated Hydrologic Model:PIHMgis* In Sanchez-Marre, M., Bejar, J., Comas, J., Rizzoli, A., Guariso G.(eds). International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs), Barcelona, Catalonia, July 7-10, 2008, pp.743-750
- Wolf-Pigott B. (2010) “*SUPPORTING WATER MANAGEMENT AND ENGINEERING WITH OPEN SOURCE GEOINFORMATION TECHNOLOGY*”, WISA Paper, Integrated GeoData Solutions, <http://www.ewisa.co.za/literature>
- Matty S. K., (2012) “*COMPARATIVE STUDY OF ORACLE SPATIAL AND POSTGRES SPATIAL*” A Thesis Presented to the Faculty of San Diego State

University In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Computer Science.

- Muzafar A.B., Razeef M. S., Bashir A., (2011) " *Cloud Computing: A solution to Geographical Information Systems (GIS)* " International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), Vol. 3 No. 2 Feb 2011
- QUANTUM\_GIS DEVELOPMENT TEAM "*qgis1.7.0 user guide\_en.pdf*"
- Sherman G., 2009 "*Pragmatic Desktop GIS*", ISBN-13: 978-1-934356-06-7
- Kennedy Michael, "*Introducing Geographic Information Systems with ARCGIS*", 2006
- Lyon John Grimson, "*GIS for Water Resources and Watershed management*", 2003
- M. Metz, H. Mitasova, and R. S. Harmon, "*Efficient extraction of drainage networks from massive, radar-based elevation models with least cost path search*", Hydrology and Earth System Sciences, February 2011
- William W. Doe III, Bahram Saghaian and Pierre Y. Julien " *Land use impact on watershed response: The integration of two-dimensional Hydrological Modelling and Geographic Information Systems*", HYDROLOGICAL PROCESSES, VOL 10, 1503-1511 (1996)
- Raghunath Jha, "*Potential Erosion Map For Bagmati Basin Using GRASS GIS*"  
Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 - Trento, Italy, 11-13 September 2002
- ARCGIS 9.3 HELP
- GRASS HELP

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Shapefile, Εύρεση στις MOSS, Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο <http://www.scribd.com/doc/4606038/2004-Article-by-Carl-Reed-MOSS-A-Historical-perspective>.
- GIS HISTORY, Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο [http://wiki.osgeo.org/wiki/Open\\_Source\\_GIS\\_History](http://wiki.osgeo.org/wiki/Open_Source_GIS_History)
- Open Geospatial Consortium, Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο [http://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Geospatial\\_Consortium](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium)
- ARC/INFO Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>
- ARCGIS 9.3 Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο [http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS\\_9.3](http://en.wikipedia.org/wiki/ARCGIS_9.3)
- ARCVIEW 3.X Εύρεση στις 16 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο <http://en.wikipedia.org/wiki/Arcview3.x>.
- 25 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_shapefile/005600000002000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_shapefile/005600000002000000/))
- Geodatabase, Εύρεση στις 25 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο [http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_a\\_geodatabase/003n00000001000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/What_is_a_geodatabase/003n00000001000000/)
- Geodatabase, Εύρεση στις 25 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο [http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/The\\_architecture\\_of\\_a\\_geodatabase/003n0000000r4000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/The_architecture_of_a_geodatabase/003n0000000r4000000/)
- Topology, Εύρεση στις 26 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο ([http://help.ARCGIS\\_9.3.com/en/ARCGIS\\_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An\\_overview\\_of\\_topology\\_in\\_ARCGIS\\_9.3/006200000001000000/](http://help.ARCGIS_9.3.com/en/ARCGIS_9.3desktop/10.0/help/index.html#/An_overview_of_topology_in_ARCGIS_9.3/006200000001000000/))

- Topology basics, Εύρεση στις 26 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο ([http://help.ARCGIS9.3.com/en/ARCGIS9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology\\_basics/006200000002000000/](http://help.ARCGIS9.3.com/en/ARCGIS9.3desktop/10.0/help/index.html#/Topology_basics/006200000002000000/))
- Topology in geodatabases, Εύρεση στις 26 Ιουλίου 2012 στον δικτυακό τόπο (<http://www.esri.com/news/arcnews/summer02articles/ARCGIS9.3-brings-topology.html>)
- TIN, Εύρεση στις 07 Αυγούστου στο διαδικτυακό τόπο , <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=About%20TIN%20surfaces>
- ASPECT, Εύρεση στις 08 Αυγούστου στο διαδικτυακό τόπο [http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins\\_raster\\_terrain.html#plugins-plugins-raster-terrain-rasterterrainindialog](http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins_raster_terrain.html#plugins-plugins-raster-terrain-rasterterrainindialog))
- SLOPE, Εύρεση στις 08 Αυγούστου στο διαδικτυακό τόπο [http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins\\_raster\\_terrain.html?highlight=slope](http://qgis.readthedocs.org/en/latest/plugins/plugins_raster_terrain.html?highlight=slope)
- CLOUD GIS, Εύρεση στις 13 Αυγούστου στο διαδικτυακό τόπο <http://www.esri.com/technology-topics/cloud-gis/index.html>
- CLOUD ARCGIS, Εύρεση στις 13 Αυγούστου στο διαδικτυακό τόπο (<http://www.esri.com/technology-topics/cloud-gis/arcgis-and-the-cloud.html>)
- R.stream, Εύρεση στις 30 Σεπτεμβρίου στο διαδικτυακό τόπο ([http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.\\*](http://grass.osgeo.org/wiki/R.stream.*))
- MMQGIS, Εύρεση στις 4 Οκτωβρίου στο διαδικτυακό τόπο <http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>
- GOOGLE GEOCODING, Εύρεση στις 5 Οκτωβρίου στο διαδικτυακό τόπο <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/?hl=el-GR>