

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών

Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε

**Εργαστήριο Ευρυζωνικών Επικοινωνιών &
Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών.**



Μητροπολιτικά Δίκτυα Οπτικών Ινών : Αποτύπωση μέσω GIS και χωρική ανάλυση.

Εισηγητής : Λιοδάκης Γεώργιος , Καθηγητής Εφαρμογών.

Φοιτητής : Μαντέλος Ιωάννης.

A.M.:3346.

Χανιά, Κρήτης.

Ιούνιος 2014.

Περίληψη

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας αποτελεί μια γενικότερη περιγραφή του Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών του Δήμου Χανίων, περιλαμβάνοντας ταυτόχρονα τις απαραίτητες αναφορές στην αρχιτεκτονική δομή την οποία υποστηρίζει το συγκεκριμένο δίκτυο, καθώς επίσης και λεπτομερείς αναφορές στον ενεργό δικτυακό εξοπλισμό που το απαρτίζει.

Στην συνέχεια, παρατίθενται αναφορές στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών όπως επίσης και μια απαραίτητα διεξοδική περιγραφή της λειτουργίας του προγράμματος ArcGIS 9.3, προκειμένου να εξοικειωθεί ο οποιοσδήποτε πιθανός χρήστης με τις δυνατότητές του.

Επιπρόσθετα, ακολουθεί μια λεπτομερής παρουσίαση ορισμένων μαθηματικών εργαλείων της εργαλειοθήκης SANET 4.1, από την οποία επιλέξαμε συγκεκριμένα εργαλεία, τα οποία είναι απαραίτητα για την χωρική ανάλυση των δικτύων. Όπως επίσης αναλύσαμε και τον τρόπο λειτουργίας ορισμένων αντιπροσωπευτικών από τα εργαλεία αυτά.

Τέλος, μέσω της εφαρμογής του προγράμματος ArcGIS, το οποίο και αποτελεί το κύριο θέμα μελέτης της παραπάνω εργασίας, προχωρήσαμε στην διαδικασία δημιουργίας ενός ψηφιακού χάρτη, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση αφορά το δίκτυο οπτικών ινών με το οποίο και ασχολούμαστε και θέλουμε να επιδέχεται αναβαθμίσεις και βελτιώσεις ανάλογα με την ζήτηση που θα ακολουθήσει τα επόμενα χρόνια.

Abstract

The motivation for carrying out this thesis was the benefits provided by the use of Geographical Information Systems (GIS) technology in various telecommunications infrastructure projects. More specifically, the implementation of municipal optical metropolitan networks (OMNs) in the last few years in Greece was in line with analogous initiatives in other countries.

Such an implementation, however, requires a network planning process that may benefit from GIS technology. Furthermore, the use of spatial analysis in a GIS environment should facilitate not only the network planning process but also future extensions of the underlying broadband infrastructure. In such a framework, this thesis presents the overall network architecture of the optical metropolitan area network of the city of Chania by the use of the ArcGIS software. Then, by exploiting the network Voronoi diagram concept through the use of a spatial analysis toolbox (SANET 4.1), spatial analysis of the Chania OMN is carried out.

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής κλείνει και τον κύκλο σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Τ.Ε.Ι Κρήτης.

Θα ήθελα κατά αρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή εφαρμογών και επιβλέποντα της εργασίας αυτής κ.Λιοδάκη Γεώργιο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ,τον χρόνο που αφιέρωσε και την προθυμία που επέδειξε ως προς το να επιλύσει και να διευκρινίσει τις όποιες απορίες και δυσκολίες παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της συγγραφής της.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην Δρ Κούλη Μαρία υπεύθυνη καθηγήτρια του εργαστηριακού μαθήματος GIS, ως προς το ότι μου επέτρεψε να παρακολουθήσω το εργαστηριακό μάθημά της. Μέσω του οποίου εξοικειώθηκα με την χρήση του προγράμματος ArcGIS.Καθώς και τον καθηγητή εφαρμογών κ. Παπαδόπουλο Ηλία για την πολύτιμη βοήθεια του στην εγκατάσταση του λογισμικού ArcGIS.

Εν κατακλείδι θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου αλλά και σε όσους με βοήθησαν να φέρω εις πέρας όχι μόνο την παρούσα εργασία αλλά και το σύνολο των σπουδών μου.

Γιάννης

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Ευχαριστίες.....	5
Κεφάλαιο 1:.....	8
ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.	8
1.1 Γενικά Περί Μητροπολιτικών Δικτύων.....	8
1.1.1 Κατηγοριοποίηση ως προς την διεύθυνση της οπτικής ίνας στο δίκτυο.....	10
1.2. Γενική περιγραφή Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών Δήμου Χανίων.	11
1.2.1 Κύριος Κόμβος.....	12
1.2.2 Κύριο Δίκτυο.....	13
1.2.3 Κόμβος Διανομής.	13
1.2.4 Δίκτυο Διανομής.....	13
1.2.5 Κόμβος Πρόσβασης.....	14
1.2.6 Δίκτυο Πρόσβασης.....	15
1.2.7 Δίκτυο Συγκέντρωσης (Τελικών χρηστών).	15
1.3 Δικτυακή Υποδομή.	16
1.3.1.Οπτικές Ίνες.....	16
1.3.1.1 Τύποι Οπτικών Ινών.....	18
1.3.2 Ενεργός Δικτυακός Εξοπλισμός.....	21
1.3.3 Λοιπά Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	29
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	29
2.1 Γενικά περί Geographic Information Systems (GIS).....	30
2.2 Παρουσίαση του ArcGIS.....	31
2.2.1 ArcGIS Desktop.....	31
2.2.2 Η εφαρμογή ArcMap.....	33
2.2.3 Δυνατότητες της εφαρμογής ArcMap.....	35
2.3 Gis και Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα.	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	40
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	40
3.1 Εργαλειοθήκη SANET , περιγραφή και βήματα εγκατάστασης.....	40
3.2 Network Voronoi Diagrams.....	46

3.3	Network Kernel Density Estimation (KDE).....	49
3.4	Network Nearest Neighbor Distance Method.....	50
3.5	Network K Function.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:		56
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ArcGIS ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ.....		56
4.1	Βήματα Για Την Ψηφιακή Δημιουργία Χάρτη.....	56
4.1.1	Επιλογή Εικόνας	56
4.1.2	Γεωαναφορά.	59
4.1.3	Ψηφιοποίηση της με γεωαναφορά .tiff εικόνας.....	64
4.2	Προβολή Της Ψηφιοποιημένης Μορφής Του Χάρτη Δήμου Χανίων.	69
4.3	Αποτελέσματα-Συμπεράσματα	75
ΑΝΑΦΟΡΕΣ		78

Κεφάλαιο 1:

ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.

1.1 Γενικά Περί Μητροπολιτικών Δικτύων.

Μητροπολιτικά Δίκτυα Οπτικών Ινών ονομάζονται τα ευρυζωνικά δίκτυα τα όποια συνδέουν χρήστες (δημοσίους φορείς , επιχειρήσεις , πολίτες , κτλ) με την χρήση Η/Υ ή άλλων ηλεκτρονικών μέσων σε πολύ υψηλές ταχύτητες , με την βοήθεια τεχνολογιών οπτικών ινών που φέρει την ονομασία **FTTL (Fiber To The Loop)**. Ενώνουν αποστάσεις μερικών δεκάδων έως μερικών εκατοντάδων χιλιομέτρων για δίκτυα τα όποια αναπτύσσονται κυρίως σε αστικά κέντρα συνήθως στηριζόμενα σε **SDH/SONET, Ethernet** και **ATM** τεχνολογίες.

Το πρότυπο **IEEE 802-2002** περιγράφει ένα **MAN (Metropolitan Area Network)** ως έξης :

*<< Ένα **MAN** προορίζεται για μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές σε σχέση με ένα **LAN (Local Area Network)** από πολλά τετράγωνα με κτίρια , μέχρι ολόκληρες πόλεις. Τα **MAN** επίσης εξαρτώνται από κανάλια επικοινωνίας με μεσαίο προς υψηλό ρυθμό διαμεταγωγής . Ένα **MAN** μπορεί να ανήκει και να ελέγχεται από ένα μονό οργανισμό, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται από πολλά άτομα και οργανισμούς. Τα **MAN** μπορούν επίσης να έχουν καθεστώς ιδιοκτησίας και λειτουργίας δημόσιου πόρου. Συχνά προσφέρουν τον τρόπο διασύνδεσης τοπικών δικτύων. >>*
[5]

MAN (Metropolitan Area Network): Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνουν τα δίκτυα αυτά. Για την Ελλάδα, ένα τυπικό (από άποψη μεγέθους για ευρωπαϊκή χώρα) μητροπολιτικό δίκτυο (100 -300 χιλιόμετρα) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε εφ' εξής υπάρχοντα ή μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός αφορούν μέρος ή όλο ενός μητροπολιτικού δικτύου στο επίπεδο ενός δήμου, με έμφαση στην πρόσβαση στους κύριους κόμβους του δικτύου αυτού.

Με τα Μητροπολιτικά Δίκτυα θα προκύψουν νέες πολυάριθμες εφαρμογές ικανές να αλλάξουν την ποιότητα υπηρεσιών, το χρόνο εξυπηρέτησης και την απόδοση των επιχειρήσεων.

Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε μερικές από τις εφαρμογές και τα οφέλη τους. Στον τομέα της εκπαίδευσης με εφαρμογές e-learning θα μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε on-line βιβλιοθήκες και on-line μαθήματα. Σημαντικά οφέλη θα υπάρξουν και στον τομέα της υγείας έχοντας τη δυνατότητα εξέτασης ασθενών από απόσταση, άμεση μεταφορά ιατρικών δεδομένων και καθοδήγηση του προσωπικού άμεσης βοήθειας κατά τη μεταφορά του ασθενή.

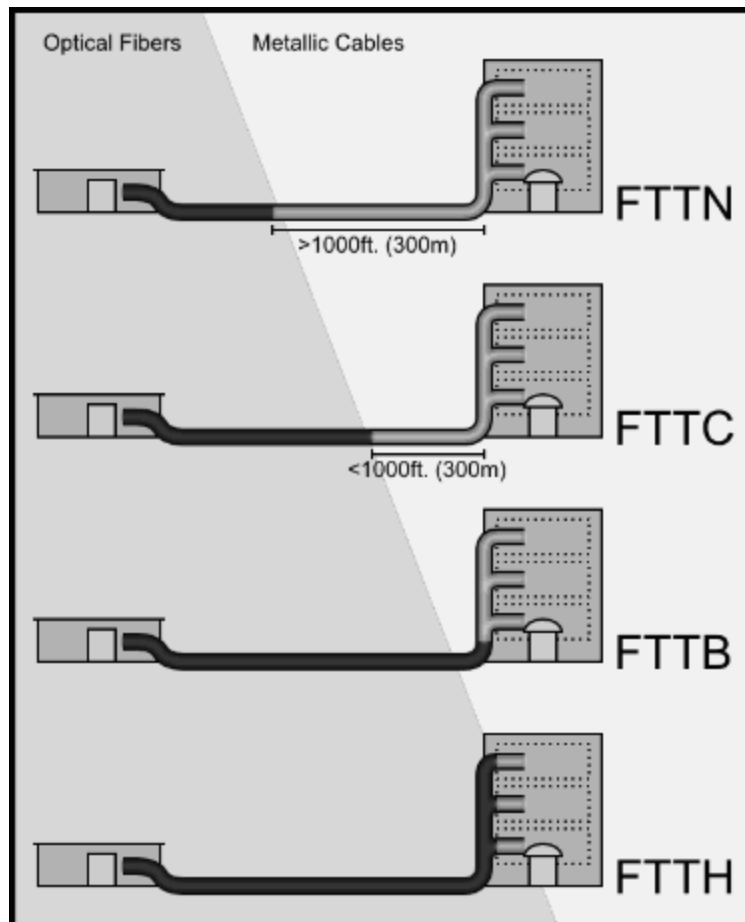
Οι εφαρμογές e - government θα εξαφανίσουν φαινόμενα μεγάλων αναμονών, άσκοπων μετακινήσεων από τη μία υπηρεσία στην άλλη και θα περιορίσουν φαινόμενα διαφθοράς εξασφαλίζοντας έτσι άμεση εξυπηρέτηση των πολιτών και των επιχειρήσεων. Θα αλλάξουν τα δεδομένα στις επικοινωνίες με τα τηλεφωνικά κανάλια σε πολύ χαμηλότερο κόστος, τη δυνατότητα μετάδοσης φωνής μέσω διαδικτύου (**Voice over IP**) και τηλεδιασκέψεων (**videoconference**). Ανάπτυξη των τοπικών επιχειρήσεων παρέχοντας τη δυνατότητα για γρήγορη αναζήτηση προϊόντων, ανταλλαγή πληροφοριών και πρόσβαση σε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων για αναζήτηση νόμων, δικαστικές αποφάσεις, και στατιστικά στοιχεία.

Αλλαγές θα επέλθουν και στην βιομηχανία ψυχαγωγία έχοντας τη δυνατότητα πλέον για on-line παιχνίδια, αμφίδρομη διαδραστική τηλεόραση και μεταφορά ή πώληση αρχείων μουσικής και video. Αυτές είναι μερικές από τις εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν γύρω από τα Μητροπολιτικά Δίκτυα.

Η δράση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την Περιφέρεια, καθώς συμβάλλει στη συγκράτηση του ενεργού πληθυσμού σε απομακρυσμένες περιοχές, αφού δίνεται η δυνατότητα στους πολίτες να συναλλάσσονται ηλεκτρονικά με το κέντρο για την διεκπεραίωση των υποθέσεών τους. Η συγκεκριμένη δράση που υλοποιήθηκε σε 75 ελληνικούς δήμους, θα συνδέει μέσω οπτικών ινών περισσότερα από 3000 σημεία δημόσιου ενδιαφέροντος ή και ιδιωτικού, ενώ το συνολικό μήκος των δικτύων θα ξεπερνά τα 700 χιλιόμετρα. Μητροπολιτικά δίκτυα οπτικών ινών έχουν δημιουργηθεί σε αρκετές Ευρωπαϊκές πόλεις (όπως το Άμστερνταμ, το Λονδίνο, το Παρίσι, η Βιέννη, η Ζυρίχη) αλλά είναι από τις λίγες φορές που μια χώρα της Ευρώπης προχωρά σε μία δράση **MAN** τόσο μεγάλης κλίμακας..[8]

1.1.1 Κατηγοριοποίηση ως προς την διείσδυσης της οπτικής ίνας στο δίκτυο.

Με το γενικό όρο «**Fiber to the x (FTTX)**», αναφερόμαστε σε οποιαδήποτε αρχιτεκτονική χρησιμοποιεί οπτική ίνα για την αντικατάσταση μέρους ή όλου του χαλκού ή άλλων τεχνολογιών στον τοπικό βρόχο. Ανάλογα με το βαθμό συμμετοχής της οπτικής ίνας στη διαμόρφωση του τοπικού βρόχου, διακρίνουμε τέσσερις υποπεριπτώσεις όπως αυτές απεικονίζονται στο [Σχήμα 1.1] :



Σχήμα 1.1

FTTH (Fiber To The Home): Ορίζεται η τηλεπικοινωνιακή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία μία επικοινωνιακή οδός εκτείνεται με χρήση αποκλειστικά οπτικού μέσου από τον εξοπλισμό μεταγωγής ενός δικτυακού παρόχου έως το χώρο διαμονής ή εργασίας κάθε χρήστη. Η οπτική ίνα τερματίζεται εντός του καθαυτού χώρου διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους παραπάνω χρήστες. Η προαναφερθείσα επικοινωνιακή οδός παρέχεται με σκοπό την εξυπηρέτηση τηλεπικοινωνιακής κίνησης από και προς ένα ή περισσότερους χρήστες, για μία ή περισσότερες υπηρεσίες και από ή προς έναν ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών. Ο παραπάνω ορισμός δεν συμπεριλαμβάνει αρχιτεκτονικές σύμφωνα με τις οποίες το οπτικό μέσο τερματίζεται εκτός του χώρου διαμονής ή εργασίας του χρήστη.

FTTB (Fiber To The Building): Ορίζεται η τηλεπικοινωνιακή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία επικοινωνιακή οδός εκτείνεται με χρήση αποκλειστικά οπτικού καλωδίου από τον εξοπλισμό μεταγωγής ενός δικτυακού παρόχου έως

τουλάχιστον το όριο της ιδιοκτησίας που περιβάλλει το χώρο διαμονής ή εργασίας ενός ή περισσότερων χρηστών και τερματίζεται πριν από τον καθαυτό χώρο διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους παραπάνω χρήστες.

Το επικοινωνιακό μονοπάτι προς τον ή τους χρήστες ολοκληρώνεται με χρήση άλλου μέσου, όπως ομοαξονικό καλώδιο, συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού ή ασύρματη ζεύξη. Η προαναφερθείσα επικοινωνιακή οδός παρέχεται με σκοπό την εξυπηρέτηση τηλεπικοινωνιακής κίνησης από και προς ένα ή περισσότερους χρήστες, για μία ή περισσότερες υπηρεσίες και από ή προς έναν ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών.

Ο παραπάνω ορισμός δεν συμπεριλαμβάνει αρχιτεκτονικές σύμφωνα με τις οποίες το οπτικό μέσο τερματίζεται σε δημόσιο χώρο όπως καμπίνα εξωτερικού χώρου. Είναι προφανές ότι η **FFTB** αποτελεί μια μεταβατική αρχιτεκτονική για την παροχή υπηρεσιών σε υπάρχοντα κτίρια και μπορεί να είναι συμπληρωματική ως προς την **FFTH** η οποία αναπτύσσεται κυρίως σε νέα κτίρια. Βέβαια, με εισαγωγή, σε δεύτερη φάση, οπτικών καλωδίων εντός του κτιρίου, η αρχιτεκτονική **FFTB** μπορεί να μετεξελιχθεί σε πλήρη αρχιτεκτονική **FFTH**.

FTTN – FTTC (Fiber To The Neighborhood – Fiber To The Cabinet):

Ορίζεται η τηλεπικοινωνιακή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία η επικοινωνιακή οδός εκτείνεται με χρήση αποκλειστικά οπτικού καλωδίου από τον κεντρικό εξοπλισμό του δικτυακού παρόχου μέχρι τουλάχιστον μία καμπίνα εξωτερικού χώρου η οποία υποστηρίζει ολόκληρη περιοχή (γειτονιά). Η ολοκλήρωση της επικοινωνιακής οδού έως τους χρήστες υλοποιείται με άλλα μέσα πλην του οπτικού καλωδίου, με πιο συνηθισμένη τεχνολογία, κάποια μορφή της τεχνολογίας **DSL**.

Η προαναφερθείσα επικοινωνιακή οδός παρέχεται με σκοπό την εξυπηρέτηση τηλεπικοινωνιακής κίνησης από και προς πολλούς χρήστες, συνήθως για μία έως δύο υπηρεσίες (**fast internet ή/και voice/VoIP**), συνήθως από ένα πάροχο υπηρεσιών (αυτόν που κατέχει το οπτικό τμήμα της επικοινωνιακής οδού) . Η τυπική ακτίνα της εξυπηρετούμενης περιοχής είναι μικρότερη από 1500m και καλύπτει αρκετές εκατοντάδες χρήστες. Εάν η καμπίνα εξυπηρετεί περιοχή μικρότερη από 300m τότε η αρχιτεκτονική αυτή αποκαλείται στην Αμερικάνικη ορολογία «**Fiber to the Curb (FFTC)** [1].

1.2. Γενική περιγραφή Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών Δήμου Χανίων.

Η παρουσίαση που γίνεται αφορά την κατασκευή μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών σε Δήμους της χώρας, με πρόβλεψη την ενσωμάτωση , τη συμπληρωματικότητα και τη διαλειτουργικότητα του με ευρύτερες οπτικές δικτυακές υποδομές στο τοπικό, περιφερειακό, και εθνικό επίπεδο.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό από τα έργα αυτά να προκύψουν ουδέτερες φυσικές υποδομές επί των οποίων θα μπορεί να στηριχθεί η ανάπτυξη λειτουργικών δικτύων των οποίων η χωρητικότητα θα μπορεί να αυξάνει για ιδιαίτερα μεγάλο χρονικό διάστημα με την εισαγωγή των κατάλληλων οπτικών καλωδίων στους κενούς σωλήνες, με αναβάθμιση των ενεργών δικτυακών συσκευών επικοινωνίας στα άκρα του δικτύου, χωρίς αλλαγή της φυσικής υποδομής αυτής, και με το ελάχιστο δυνατό λειτουργικό κόστος. Οι υποδομές δεν θα πρέπει να δομηθούν στη βάση κάποιας συγκεκριμένης σημερινής εφαρμογής ή υπηρεσίας, αλλά θα πρέπει

να επιτρέπουν πληθώρα εναλλακτικών εφαρμογών και υπηρεσιών στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Επειδή το αρχικό κόστος του έργου για κάθε Δήμο είναι αρκετά υπολογίσιμο, είναι ιδιαίτερα σημαντική η πρόβλεψη της βαθμιαίας επέκτασης των υποδομών αυτών για την υποστήριξη περισσότερων χρηστών με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Το δίκτυο του Δήμου Χανίων απαρτίζεται από εκσκαφές, σωληνώσεις, συστήματα μικροσωληνώσεων, φρεάτια, κόμβους, κατανεμητές, οπτικά καλώδια, ενεργό εξοπλισμό και εξοπλισμό ασύρματης πρόσβασης, καθώς και τον απαραίτητο παθητικό εξοπλισμό για συγκολλήσεις, δρομολογήσεις καλωδίων και μικροσωληνώσεων, μικτονομήσεις ινών και σύνδεση με ενεργά στοιχεία. Από την άποψη των αναγκών του δικτύου έχει τη μορφή ενός δακτυλίου και αρτηριών που ξεκινούν από σημεία του δακτυλίου, έτσι ώστε να μπορούν να επιτευχθούν φυσικές και λειτουργικές συνδέσεις από κόμβους του δακτυλίου προς χρήστες κατανεμημένους σ' ολόκληρο τον ιστό της πόλης.

Το δίκτυο απαρτίζεται από 2 κύριους κόμβους (**ΚΚ**), 2 κόμβους διανομής (**ΚΔ**), 15 κόμβους πρόσβασης (**ΚΠ**) και 81 τελικούς χρήστες (**ΤΧ**), 66 ενσύρματους και 15 ασύρματους.

Οι δύο κύριοι κόμβοι του δακτυλίου, **ΚΚ1** και **ΚΚ2**, προτίθεται να αναπτυχθούν σε δύο ακραία χαρακτηριστικά σημεία της πόλης και συγκεκριμένα ο **ΚΚ1** στο Πολυτεχνείο Κρήτης στην περιοχή Κουνουπιδιανά και ο **ΚΚ2** στο μέγαρο «Παπαδόπετρου» στις οδούς στρατηγού Τζανακάκη και Βολουδάκηδων στο κέντρο της πόλης. Οι κύριοι αυτοί κόμβοι θα συσχετίζονται με τους κόμβους πρόσβασης **ΚΠ1** και **ΚΠ6**. Λειτουργικά οι Κύριοι Κόμβοι θα εξυπηρετούν το δίκτυο και ως κόμβοι διανομής χωρίς όμως να υπάρχει φυσική διάκριση αυτών και χωρίς να προσμετρούνται ως διακριτοί κόμβοι διανομής.

Οι δύο κόμβοι διανομής του δικτύου, **ΚΔ1** και **ΚΔ2**, θα εγκατασταθούν σε δύο άλλα χαρακτηριστικά σημεία της πόλης. Συγκεκριμένα ο **ΚΔ1** θα εγκατασταθεί στο οίκημα της Δεξαμενής της Υπηρεσίας Ύδρευσης και Αποχέτευσης του Δήμου Χανίων στην Πλατεία 1912 και ο **ΚΔ2** στο κτίριο της πρώην Γαλλικής Σχολής στην οδό Ελευθερίου Βενιζέλου. Στα σημεία αυτά θα συσχετίζονται και δύο κόμβοι πρόσβασης, οι **ΚΠ10** και **ΚΠ3** αντίστοιχα. [2]

1.2.1 Κύριος Κόμβος.

Κύριο κόμβο ενός δικτύου εννοούμε παρόντες κόμβους ενός ευρύτερου δικτύου τύπου (**WAN**) στους οποίους θα πρέπει να εξασφαλίσουμε πρόσβαση έτσι ώστε στην συνέχεια να αναφέρονται ως κύριοι κόμβοι. Είναι κύρια σημεία διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του περιφερειακού ιστού για κάλυψη επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου. Συνήθως εγκαθίσταται ενεργός εξοπλισμός πέραν των παθητικών διατάξεων μικτονομής οπτικών ινών και για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής επιδιώκεται κάθε κύριος κόμβος να είναι άμεσα συνδεδεμένος με παραπάνω του ενός ομότιμους κύριους κόμβους.

Το μέγεθος του χώρου για τον κύριο κόμβο θα πρέπει να είναι ικανό να φιλοξενήσει όλες τις διατάξεις για συγκόλληση ινών, διασύνδεση ινών (**interconnection**), μικτονομής ινών (**crossconnection**) και σύνδεση ενεργού εξοπλισμού μετάδοσης από διαφορετικούς παρόχους. Επίσης θα πρέπει να υπάρχουν στο χώρο διατάξεις κλιματισμού, μηχανική προστασία από κλοπή, κοινή

διάταξη συνεχόμενης ηλεκτρικής παροχής με χρόνο αυτόνομης κάλυψης τουλάχιστον 30 λεπτών .

1.2.2 Κύριο Δίκτυο

Ονομάζεται το δίκτυο υποδομών και οπτικών καλωδίων για τη διασύνδεση μεταξύ των κύριων κόμβων. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές ταυτίζονται μεταξύ κύριων κόμβων και εθνικών ή περιφερειακών δικτύων υποδομών άλλου τύπου (δίκτυα οδικά ,σιδηροδρομικά, ηλεκτρικής ενέργειας ,φυσικού αερίου, ύδρευσης ή άρδευσης).Οι συνδέσεις μεταξύ των κύριων κόμβων του δικτύου θα πρέπει να είναι διακριτές και ενιαίες χωρίς ενδιάμεσες μικτονομήσεις. Σε διαφορετική περίπτωση το κύριο δίκτυο θα μοιραστεί καλώδιο από το δίκτυο διανομής .

Ο αριθμός των συγκολλήσεων θα πρέπει να είναι ελάχιστος ώστε σε περίπτωση όπως η προηγούμενη οι συγκολλήσεις να γίνουν εντός των κόμβων διανομής ,χωρίς την δυνατότητα τερματισμού και μικτονόμησης .Τα ενιαία τμήματα δεν πρέπει να είναι μικρότερα των 2 χιλιομέτρων, συνήθως ένα μονό οπτικό καλώδιο εντός ιδιαίτερης υποσωλήνωσης απαιτείται για την σύνδεση δυο κύριων κόμβων προς την μια κατεύθυνση εντός κεντρικού δακτυλίου με την προϋπόθεση ότι αυτό είναι επαρκώς διαστασιολογημένο. Στους κύριους κόμβους προβλέπεται να τοποθετηθούν ενεργά και παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας και αποπολυπλεξίας .Για το κύριο δίκτυο η απόλυτη ελάχιστη ποσότητα είναι (3) τρεις εγκατεστημένες υποσωληνώσεις κατά μήκος της διαδρομής του κύριου δικτύου ασχέτως αν θα χρησιμοποιηθούν σε πρώτη φάση.

1.2.3 Κόμβος Διανομής.

Είναι το σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του υπάρχοντος μητροπολιτικού δικτύου για συγκέντρωση των επικοινωνιακών αναγκών μίας γεωγραφικής περιοχής που δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί κύριος κόμβος ή για την εξυπηρέτηση τμήματος μεγάλου αστικού κέντρου για την διευκόλυνση της σύνδεσης κόμβων χαμηλότερου επιπέδου προς το κύριο δίκτυο.

Ανάλογα με το μοντέλο ανάπτυξης της λειτουργικότητας των δικτύων μπορεί να μην εγκατασταθεί ενεργός εξοπλισμός, αλλά μόνο διατάξεις μικτονόμησης οπτικών ινών . Για διάφορους λόγους όμως, όπως η μεγάλη απόσταση από τον πλησιέστερο κύριο κόμβο ή η επιθυμία πολλαπλασιασμού του εύρους ζώνης , στον κόμβο διανομής μπορεί να τοποθετηθεί παθητικός ή και ενεργός εξοπλισμός για πολυπλεξία.

Έτσι ο κόμβος διανομής μπορεί να υλοποιηθεί με ένα κιβώτιο εξωτερικού ή εσωτερικού χώρου εφοδιασμένου με ερμάρια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά. Για την περίπτωση μελλοντικής επέκτασης και εγκατάστασης και υποστήριξης παθητικών ή ενεργών στοιχείων πολυπλεξίας (π.χ. **CWDM, OADM, PON Splitters και Couplers** κλπ) απαιτείται επαρκής επιπλέον χώρος.

1.2.4 Δίκτυο Διανομής.

Είναι το πυκνότερο δίκτυο διασύνδεσης μεταξύ κόμβων διανομής ή και μεταξύ κόμβων διανομής και κύριων κόμβων .Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές (χάνδακες) μεταξύ κόμβων ταυτίζονται με διαδρομές του δικτύου κορμού , του δικτύου πρόσβασης και οδεύουν παράλληλα με δίκτυα άλλων υποδομών (οδικό

δίκτυο ,δίκτυο άρδευσης).Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής επιδιώκεται έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου διανομής με περισσότερους του ενός κύριων κόμβων ,με μια (1) υποσωλήνωση προς κάθε κατεύθυνση ή με δύο (2) υποσωληνώσεις προς τη μια κατεύθυνση για την επίτευξη της σύνδεσης για κάθε κόμβο διανομής .

Η ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα για το δίκτυο διανομής είναι πέντε (5) υποσωληνώσεις , συνήθως συνυπάρχουν με σωληνώσεις του δικτύου πρόσβασης στην ίδια διόδευση. Συνεπώς πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για περισσότερες υποσωληνώσεις. Το καλώδιο από κύριο κόμβο προς κάθε κόμβο διανομής στη βέλτιστη περίπτωση πρέπει είναι διακριτό και ενιαίο. Η πρόβλεψη ενεργών ή παθητικών στοιχείων πολυπλεξίας και αποπολυπλεξίας στους κόμβους διανομής, καθώς και της σύνδεσης εν σειρά κόμβων για υλοποίηση τοπικών δακτυλίων ή αρτηριών με ένα ή περισσότερα σημεία εξόδου, μπορεί να μειώσει κατά πολύ τις παραπάνω απαιτήσεις σε αριθμό εγκατεστημένων ινών.

1.2.5 Κόμβος Πρόσβασης.

Το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης. Αποτελεί και σημείο τοποθέτησης ενεργού εξοπλισμού για παροχή δικτυακών υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες. Οι διαστάσεις του απαιτούμενου χώρου εξαρτώνται από των αριθμό των υποστηριζόμενων χρηστών.

Για μικρό αριθμό χρηστών, ο κόμβος πρόσβασης μπορεί να περιορίζεται σε ένα κλειστό κιβώτιο εντός στεγασμένου χώρου, το οποίο θα συμπεριλαμβάνει παθητικά και ενεργά στοιχεία, με πιθανά απομακρυσμένο το κιβώτιο εισόδου του καλωδίου και συγκόλλησης των εισερχόμενων προς τις ενδοκτιριακές ίνες ή θα περιορίζεται σε ένα κιβώτιο εξωτερικού χώρου εφοδιασμένου με ράφια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά, μπαταρίες, **UPS**, και ικρίωμα ανάρτησης ενεργών στοιχείων κατάλληλων για χρήση σε εξωτερικό περιβάλλον.

Για μεγάλο αριθμό χρηστών, το μέγεθος και ο τύπος του κόμβου πρόσβασης μπορεί να είναι συγκρίσιμος με αυτά του κεντρικού κόμβου.

1.2.6 Δίκτυο Πρόσβασης.

Είναι το δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής. Για λόγους διαθεσιμότητας και ασφάλειας της υποδομής αποτελεί λογική επιδίωξη η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου πρόσβασης με περισσότερους του ενός κόμβου διανομής.

Η δομή του δικτύου γίνεται μέσω καλωδίου πρόσβασης το οποίο με τη μορφή βρόγχου διατρέχει φρεάτια διακλαδώσεις και συγκολλήσεις. Στους κόμβους πρόσβασης υπάρχουν ενεργά στοιχεία μεταγωγής ή ενεργά και παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας, για την υποστήριξη των χρηστών , οπότε ο αριθμός των ινών που αντιστοιχούν σε συνδέσεις με χρηστές μπορεί τελικά να ικανοποιηθεί από πολύ μικρότερο αριθμό ινών μεταξύ κόμβου πρόσβασης και κύριου κόμβου.

Διαφοροποιείται όμως ως προς την πυκνότητα και την τοπολογία ανάλογα με την περίπτωση της εξυπηρετούμενης περιοχής (αστική, βιομηχανική, αγροτική).

1.2.7 Δίκτυο Συγκέντρωσης (Τελικών χρηστών).

Τυπικά κάθε χρήστης εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης μέσω φρεατίων και διαδρομών οι οποίες σε φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μεικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηριακή ή και δακτύλιο. Κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει την δυνατότητα περισσότερων συνδέσεων προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν .Για το παρών έργο υπάρχει πρόβλεψη για απευθείας φυσική εν σειρά ζεύξη των κόμβων πρόσβασης που ανήκουν στον ίδιο βρόγχο με την δυνατότητα δια σύνδεσης ομοειδών χρηστών. Η σύνδεση των τελικών χρηστών με το δίκτυο γίνεται μέσω επιτοίχιου οπτικού κιβωτίου συγκόλλησης όπου καταλήγει το καλώδιο εξωτερικού χώρου ή η υποσωλήνωση.

Αξιόπιστες λύσεις είναι αυτές οι οποίες σε ένα επιτοίχιο κιβώτιο εξωτερικού χώρου συνδυάζουν την φιλοξενία ενός μεταγωγέα διάταξης εισόδου και στεγανοποίησης των καλωδίων οπτικών ινών και χαλκού για τον πάροχο και το χρήστη αντίστοιχα , περιλαμβάνουν επίσης **UPS**, μπαταρία και μηχανισμό ασφαλείας για περιορισμό της πρόσβασης.

1.3 Δικτυακή Υποδομή.

1.3.1.Οπτικές Ύνες.

Οι οπτικές ίνες αφορούν το πρώτο επίπεδο του δικτυακού μοντέλου OSI. Με βάση την εξέλιξη των τεχνολογιών του φυσικού επιπέδου είναι δυνατή η κατηγοριοποίηση των δικτύων σε τρεις γενιές:

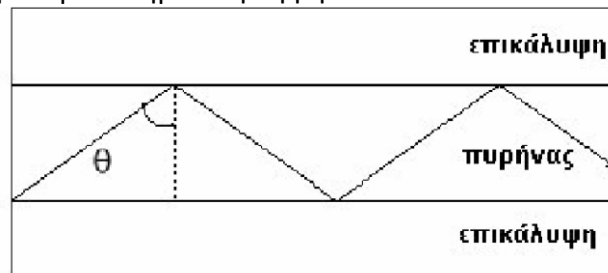
α. Δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν καλώδια χαλκού ή τεχνολογίες μικροκυμάτων (π.χ. **Ethernet**, Δορυφόροι κ.α.).

β. Δίκτυα που χρησιμοποιούν συνδυασμό καλωδίων χαλκού και οπτικών ινών. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι οι λειτουργίες δρομολόγησης γίνονται σε ηλεκτρονική μορφή και η μεταφορά των δεδομένων με τη χρήση οπτικών σημάτων.

γ. Τέλος έχουμε τα δίκτυα τρίτης γενιάς όπου χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες, ενώ οι λειτουργίες δρομολόγησης και μεταφοράς δεδομένων γίνονται με βάση την οπτική τεχνολογία, χωρίς καμία ενδιάμεση μετατροπή των σημάτων σε ηλεκτρονική μορφή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση του παραχωμένου bandwidth.

Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία στοιχεία: την πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και τον ανιχνευτή. Συμβατικά, ένας παλμός φωτός αντιστοιχεί στο **bit 1**, ενώ η απουσία φωτός στο **bit 0**. Το μέσο μετάδοσης είναι μία εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού. Ο ανιχνευτής δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει πάνω του φως.

Συνδέοντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, έχουμε ένα μονοκατευθυντικό σύστημα μετάδοσης, που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει σε παλμούς φωτός και το μεταδίδει, ενώ στο τέλος το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα στη λήψη.



Σχήμα 1.2

Τα οπτικά σήματα, και ειδικότερα οι ακτίνες φωτός υφίστανται ολική εσωτερική ανάκλαση [Σχήμα 1.2]. Δηλαδή για να καταστεί εφικτή η οπτική μετάδοση στη διεπαφή πυρήνας – επικάλυψη η γωνία πρόσπτωσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή για να συνεχίζει το φως την διαδρομή του εντός της οπτικής ίνας

Συνεπώς μια ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία ίση ή μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας. Με αυτό τον τρόπο η ακτίνα μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, με σχεδόν μηδενική απώλεια. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να διαδίδονται πολλές διαφορετικές ακτίνες αρκεί να στέλνονται με διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης και η γωνία αυτή να είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης.

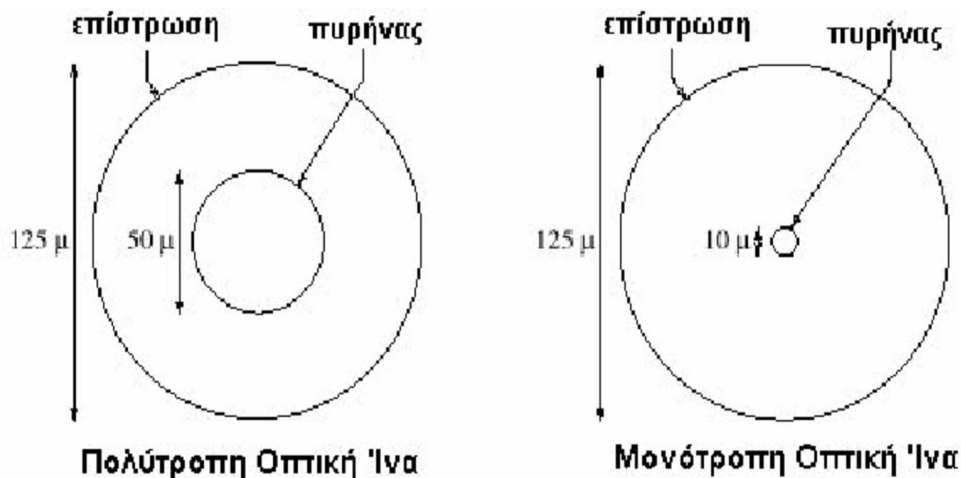
. Οι οπτικές ίνες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά τηλεπικοινωνιακά μέσα, όπως είναι το μεγαλύτερο εύρος ζώνης (**bandwidth**) και κατά συνέπεια να μπορούν να μεταφέρουν περισσότερες πληροφορίες, επηρεάζονται λιγότερο από παρεμβολές από ότι τα μεταλλικά καλώδια, είναι πιο

λεπτές και πιο ελαφρές και μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα σε ψηφιακή αντί για αναλογική μορφή.

Οι οπτικές ίνες έχουν στο κέντρο τους τον πυρήνα μέσου του οποίου μεταδίδεται το οπτικό σήμα. Ο πυρήνας εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο τέρμα. Τα κύματα μεταφέρονται από τον πυρήνα της οπτικής ίνας. Όσο πιο στενός είναι ο πυρήνας, τόσο πιο γρήγορα μεταφέρεται το κύμα φωτός. Ο οπτικός πυρήνας περιβάλλεται από στρώμα γυάλινης επικάλυψης. Η επικάλυψη (**cladding**), η οποία περιβάλλει την οπτική ίνα κρατάει το φως στον πυρήνα, εμποδίζοντας το σήμα να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του. Η επικάλυψη με τη σειρά της περιβάλλεται από το εξωτερικό προστατευτικό υλικό, η οποία προστατεύει την ίνα από τους περιβαλλοντολογικούς κινδύνους. Η δέσμη φωτός εκπέμπεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας και προσπίπτει με τέτοια γωνία στην επικάλυψη ώστε να υπάρχει ολική εσωτερική ανάκλαση και να μεταδίδεται σε όλο το μήκος της οπτικής ίνας [2].

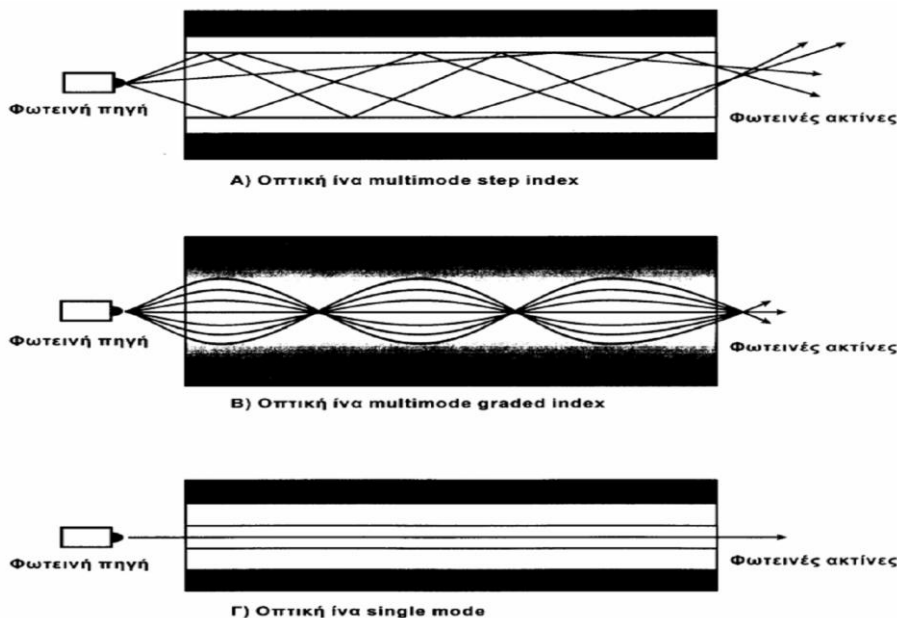
1.3.1.1 Τύποι Οπτικών Ίνων.

Υπάρχουν πολλές γωνίες με τις οποίες το φως μπορεί να εισέλθει σε μία οπτική ίνα και να δημιουργήσει διαφορετικές γωνίες προσβολής της επικάλυψης οι οποίες αναφέρονται και ως τρόποι (**modes**).



Σχήμα 1.3

Ο αριθμός των τρόπων (**modes**) αυξάνει καθώς αυξάνει η διάμετρος του πυρήνα. Οι μονότροπες (**single - mode**) οπτικές ίνες έχουν συνήθως διάμετρο πυρήνα περίπου 10μm ενώ οι πολύτροπες 50-100μm [Σχήμα 1.3]. Οι μονότροπες οπτικές ίνες, σε αντίθεση με τις πολύτροπες δεν διαχέουν τη δέσμη φωτός αλλά απαιτούν συγκέντρωση φωτός μεγάλης έντασης σε πυρήνα μικρής διαμέτρου, γεγονός που απαιτεί τη χρήση **Laser**. Η διάμετρος δηλαδή του πυρήνα να είναι στο επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου οπτικού σήματος. Αναφέρεται και σαν ομοαξονική μετάδοση. Επιπλέον, για τις πολύτροπες ίνες υπάρχει ένας επιπλέον διαχωρισμός ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους και πιο συγκεκριμένα με το αν η μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως μεταξύ του πυρήνα και της επικάλυψης είναι απότομη (**step index**) ή είναι βαθμιαία όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο του πυρήνα της ίνας (**graded index**). Οι τρόποι διάδοσης του οπτικού σήματος σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις φαίνονται στην [Σχήμα 1.4].[2]



Σχήμα 1.4

1.3.1.2 Χρήση οπτικού καλωδίου στο κύριο δίκτυο και στα δίκτυα διανομής και πρόσβασης .

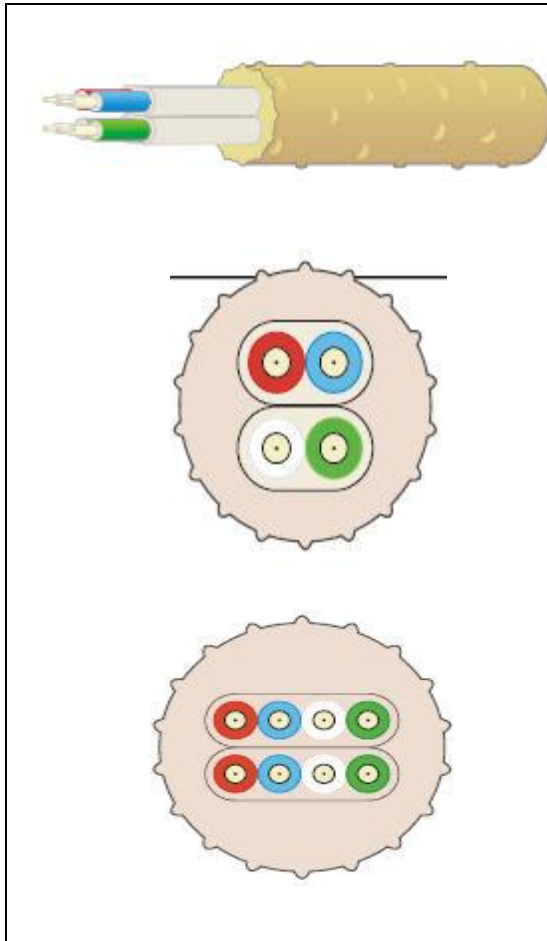
Στο κυρίως δίκτυο πρέπει να υπάρχει απευθείας πλεονασματικότητα μεταξύ των κύριων κόμβων που διασυνδέονται μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι οι κύριοι κόμβοι του δικτύου θα συνδέονται απ' ευθείας μεταξύ τους χωρίς την παρεμβολή ενεργού ή παθητικού εξοπλισμού. Τα οπτικά καλώδια τα οποία θα διασυνδέουν τους κύριους κόμβους θα πρέπει να είναι ενιαία χωρίς ενδιάμεσες συγκολλήσεις. Τα οπτικά καλώδια μεταξύ των διαφόρων κόμβων του κυρίως δικτύου θα πρέπει να είναι ανεξάρτητα και εντός ξεχωριστού σωληνίσκου συστοιχίας μικροσωληνώσεων. Στο δίκτυο διανομής πρέπει να υπάρχει απευθείας πλεονασματικότητα από ένα κόμβο διανομής προς τους δύο κύριους κόμβους με τους οποίους αυτός διασυνδέεται.

Αυτό σημαίνει ότι οι κόμβοι διανομής του δικτύου θα συνδέονται απ' ευθείας με τους κύριους κόμβους χωρίς την παρεμβολή ενεργού ή παθητικού εξοπλισμού. Τα οπτικά καλώδια τα οποία θα διασυνδέουν τους κόμβους διανομής θα πρέπει να είναι ενιαία χωρίς ενδιάμεσες συγκολλήσεις. Τα οπτικά καλώδια μεταξύ των διαφόρων κόμβων του δικτύου διανομής θα πρέπει να είναι ανεξάρτητα και εντός ξεχωριστού σωληνίσκου συστοιχίας μικροσωληνώσεων.

Θα χρησιμοποιηθούν 2 τύποι καλωδίων (**K1 και K2**) ανάλογα:

Με το είδος του σωληνίσκου της συστοιχίας μικροσωληνώσεων εντός του οποίου θα περαστεί το καλώδιο. Και με τον αριθμό των ινών που περιέχονται στο καλώδιο. Τα καλώδια και οι εργασίες τοποθέτησης, πέραν των ειδικών περιπτώσεων θα πρέπει να είναι συμβατά με τα πρότυπα **ITU-T L.35, L.43, L.10, L.14 και L.1**. Σε όλες τις περιπτώσεις, θα πρέπει να δοθούν οι εργοστασιακές προδιαγραφές και να ακολουθηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή για τις εργασίες τοποθέτησης. Διακρίνουμε στα[**Σχήματα 1.5 και 1.6**] τις επόμενες δύο ενδεικτικές κατηγορίες καλωδίου:

Σχήμα 1.5



Μικρό-καλώδιο για απ' ευθείας διασύνδεση τελικών χρηστών με κόμβους πρόσβασης με δυνατότητα εμφύσησης σε μικρό-σωλήνα και με τυπικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται παρακάτω:

Αριθμός ινών(n): 4 και 8 fibers.

Μηχανικές, Περιβαλλοντικές προδιαγραφές και προδιαγραφές Εγκατάστασης σύμφωνα με το IEC 60794-5 Τυπικό Βάρος και διάμετρος:

Για 4 fibers: Βάρος < 1 g/m , Διάμετρος <= 1.1 mm

Για 8 fibers: Βάρος < 1.8 g/m, Διάμετρος <= 1.5 mm Θερμοκρασίες λειτουργίας:

λειτουργία -30 έως +60°C αποθήκευση -

30 έως +60°C Εγκατάσταση -20 έως +50°C Ταχύτητα εγκατάστασης: ~100

m/min για συνήθεις περιπτώσεις.

Τυπικό μήκος εγκατάστασης σε ένα βήμα με μία μόνο διάταξη εμφύσησης έως και 1km

Σήμανση ή χρωματισμός για εύκολο διαχωρισμό διακριτών ινών.

	<p>Μικρό-καλώδιο για απ' ευθείας διασύνδεση κεντρικών κόμβων ή απ' ευθείας διασύνδεση κεντρικού με ενδιάμεσους κόμβους διανομής ή απ' ευθείας σύνδεση κόμβου διανομής με κόμβο πρόσβασης με δυνατότητα εμφύσησης σε μικρό- σωλήνα και με τυπικά χαρακτηριστικά όπως περιγράφονται παρακάτω:</p> <p>Αριθμός ινών(ηη): 24 και 72 fibers. Προδιαγραφές για εξωτερική χρήση και αντίσταση στην απορρόφηση νερού κατά IEC 60794-1-2-F5. Τυπικό Βάρος και διάμετρος: Για 24 fibers: Βάρος < 15 kg/km, Διάμετρος <= 5mm Για 72 fibers: Βάρος < 28 kg/km, Διάμετρος <= 6mm</p> <p>Εσωτερική οργάνωση σε δέσμες των 4 ή 12 fibers γύρω από κεντρικό διηλεκτρικό ενισχυτικό στοιχείο. Ελάχιστη αντοχή σε θλίψη σύμφωνα με το IEC Draft 60794-5: 1,0 kN/100mm Ελάχιστη αντοχή σε εφελκυσμό κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης: 300N Θερμοκρασίες λειτουργίας: λειτουργία -40 έως +70°C αποθήκευση -40 έως +70°C εγκατάσταση -15 έως +50°C Μέγιστη θερμοκρασιακή διακύμανση απόσβεσης ως προς τους 20 °C για μεταβολές από -40 έως +70 °C σύμφωνα με το IEC 60793-2 and IEC 60793-1: 0,05 dB. Ταχύτητα εγκατάστασης: ~40 m/min για συνήθεις περιπτώσεις. Τυπικό μήκος εγκατάστασης σε ένα βήμα με μία μόνο διάταξη εμφύσησης έως και 2km Σήμανση για εύκολο διαχωρισμό δεσμών και διακριτών ινών.</p>
--	--

Σχήμα 1.6

1.3.2 Ενεργός Δικτυακός Εξοπλισμός.

1.3.2.1 Οπτικοί Δέκτες.

Το άκρο λήψης μιας οπτικής ίνας αποτελείται από μία φωτοδίοδο η οποία με κατάλληλους καθρέπτες δέχεται τη δέσμη φωτός από την οπτική ίνα και συντονίζονται σε συγκεκριμένο μήκος κύματος ανάλογα με την απόσταση των καθρεπτών μεταξύ τους. Οι οπτικοί δέκτες μπορεί να είναι παθητικοί (**passive**), ενεργοί (**active**) και διόδου **Laser (Laser-diode-amplifier-based)**. Το πλεονέκτημα των παθητικών δεκτών είναι ότι μπορούν να πετύχουν υψηλή ανάλυση. Το

μειονέκτημα τους είναι οι σημαντικές απώλειες και ο μεγάλος χρόνος συντονισμού (της τάξεως msec) καθώς στην κατασκευή τους περιλαμβάνουν μηχανικά στοιχεία.

Οι ενεργοί και οι διόδου **Laser** δέκτες, μπορούν να συντονιστούν με μεγαλύτερες ταχύτητες (της τάξεως nsec) έχοντας όμως μικρότερη ανάλυση με αποτέλεσμα να μπορούν να συντονιστούν σε λιγότερα κανάλια.

1.3.2.2 Οπτικοί Ενισχυτές.

Με τους εκπομπούς (**Lasers**) και τους δέκτες (**filters**), οι οπτικοί ενισχυτές (**optical amplifiers**) είναι από τα βασικά στοιχεία στη σχεδίαση οπτικών δικτύων. Μπορούν να λειτουργήσουν ως (**post amplifiers**) για να αυξήσει την εκπεμπόμενη από μια πηγή φωτός οπτική ισχύ, ή ως (**inline amplifier**) για να αντισταθμίσει τις απώλειες μετάδοσης. Οι οπτικοί ενισχυτές παρέχουν το μέσο στα οπτικά σήματα ώστε να αναγεννιούνται χωρίς την ανάγκη χρήσης οπτικό-ηλεκτρονικών μεταλλακτών. Οι οπτικοί ενισχυτές τύπου **Erbium-doped fiber amplifiers (EDFA)** που λειτουργούν ως εξής : Το αντλούμενο φως καθώς διαδίδεται κατά μήκος της ντοπαρισμένης με έρβιο οπτικής ίνας εξασθενεί, καθώς τα ιόντα ερβίου το απορροφούν και μεταβαίνουν σε μια υψηλότερη ενεργειακή στάθμη. Το σήμα μεταδίδεται κατά μήκος της οπτικής ίνας προκαλώντας με εξαναγκασμένη αυτοδιέγερση την εκπομπή φωτός από τα διεγερμένα ιόντα, ενισχύοντας έτσι την ισχύ του σήματος.

Στο πεδίο των επικοινωνιών χρησιμοποιούνται τύπους ενισχυτών **EDFA** για μεγάλες αποστάσεις και πλέον είναι οι πιο αξιόπιστες λύσεις.

1.3.3 Λοιπά Κατασκευαστικά Στοιχεία.

Θα γίνουν εκσκαφές με χάνδακες 2 βασικών τύπων: **X1** και **X2** σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Ο τύπος **X1** υλοποιεί τμήμα της κύριας και γενικής όδευσης του δικτύου όπου συνυπάρχουν σωληνώσεις για το κυρίως δίκτυο, το δίκτυο διανομής, το δίκτυο πρόσβασης και το δίκτυο συγκέντρωσης.

Ο τύπος **X2** υλοποιεί αποκλειστικά τμήματα του δικτύου συγκέντρωσης. Εξαιρεση αποτελεί το τμήμα του δικτύου πρόσβασης που εξυπηρετεί τον κόμβο πρόσβασης **ΚΠ15** όπου σε χαντάκι τύπου **X2** (δίκτυο συγκέντρωσης) συνυπάρχουν σωληνώσεις για δίκτυο πρόσβασης. Σε κάθε περίπτωση μετά το πέρας των εργασιών, η επιφάνεια του εδάφους θα πρέπει να αποκαθίσταται στην αρχική της μορφή (ασφαλοτάπητας, τσιμέντο, πλάκες πεζοδρομίου κλπ) και πάντως σύμφωνα με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης ακόμα και αν σε κάποια σημεία η πρότερα κατάσταση δεν ήταν ανάλογη με αυτούς. Η όδευση των χανδάκων δε θα πρέπει να υφίσταται απότομες αλλαγές διεύθυνσης παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις όπου και είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση φρεατίου.

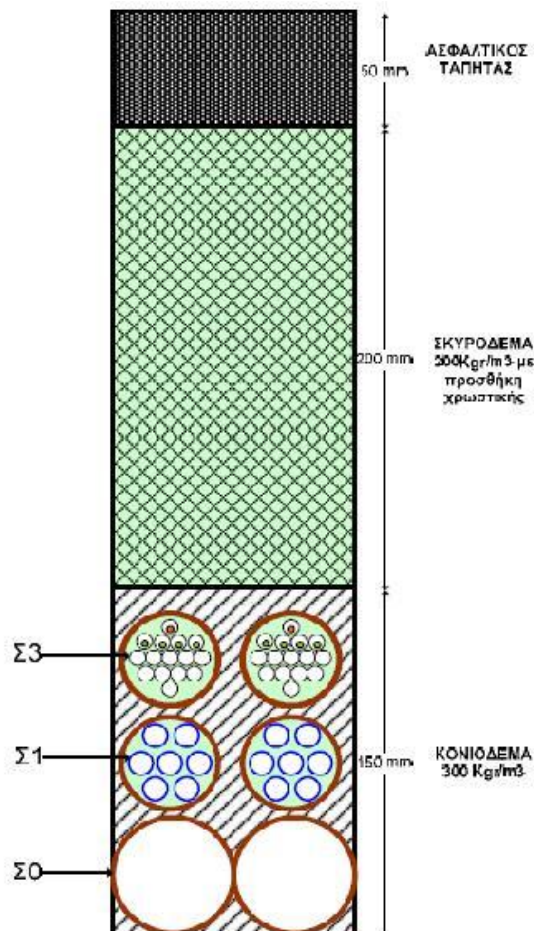
Χάνδακας Τύπου X1

Για το δίκτυο μας απαιτείται να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ένας χάνδακα ανοικτού τύπου στην άκρη του δρόμου (ασφαλικό οδόστρωμα) διατομής βάθους 400 mm και πλάτους 100 mm σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία και με τις προδιαγραφές **ITU-T L.48** και **L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks)**. Για την ολοκλήρωση του δικτύου μας υποχρεούται να γίνει χρήση των αντιστοιχών κοπτικών εργαλείων που περιγράφονται στις ανωτέρω προδιαγραφές **ITU-T**. Στο **[Σχήμα 1.7]** εμφανίζεται μία τυπική τομή του χάνδακα **X1**. Μετά τη διάνοιξη και τον καθαρισμό του χάνδακα θα πρέπει να τοποθετηθούν οι κατάλληλες σωληνώσεις με τη σειρά που εμφανίζονται στο **[Σχήμα 1.7]** εξασφαλίζοντας τη συγκεκριμένη χωροθέτηση τους καθ' όλο το μήκος του χάνδακα.

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αποφυγή μετακινήσεων και παραμορφώσεων των σωληνώσεων ώστε να διατηρείται πάντοτε η καθ' ύψος και πλάτος χωροθέτηση των καθ' όλο το μήκος του χάνδακα.

Υποχρέωση για την ολοκλήρωση του δικτύου είναι να προβεί σε κατά τόπους απλές στερεώσεις των σωληνώσεων για την εξασφάλιση του αμετάθετού τους, όπου είναι αναγκαίο.

Η πρώτη στρώση μέχρι υπερκαλύψεως των σωλήνων με μέγιστο ύψος περίπου 150 mm, θα γίνει με αραιό κονιόδεμα 300Kg/m³ Η δεύτερη στρώση θα είναι από σκυρόδεμα των 200Kg/m³ σε ύψος περίπου 200 mm. Στο σκυρόδεμα θα προστεθεί χρωστική ουσία ,για λόγους σήμανσης. Η τελευταία στρώση θα περιλαμβάνει την αποκατάσταση της επιφάνειας στην αρχική της μορφή, λαμβάνοντας ιδιαίτερη μέριμνα για την αποφυγή ασυνεχειών της επιφάνειας.



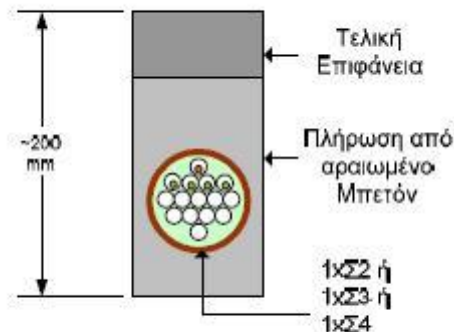
Σχήμα 1.7

Χάνδακας Τύπου X2 (μικροχάνδακας)

Απαιτείται να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ένας μικροχάνδακας σε δρόμους, πεζοδρόμια και προαύλιους χώρους για την εξυπηρέτηση των χρηστών του δικτύου. Οι διαστάσεις του οποίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 200 mm και πλάτους 50 mm σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία και με τις προδιαγραφές **ITU-T L.48 και L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks)**. Στο **[Σχήμα 1.8]** εμφανίζεται μία τυπική τομή του μικροχάνδακα **X2**. Μετά τη διάνοιξη και τον καθαρισμό του χάνδακα θα πρέπει να τοποθετηθεί η κατάλληλη σωλήνωση. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αποφυγή μετακινήσεων και παραμορφώσεων της σωλήνωσης.

Κατόπιν της τοποθέτησης της σωλήνωσης, θα πρέπει να προβούμε στην τμηματική πλήρωση του χάνδακα:

- Η πρώτη στρώση θα είναι από σκυρόδεμα των 200Kg/m³ σε ύψος περίπου 150 mm. Στο σκυρόδεμα θα προστεθεί χρωστική ουσία, για λόγους σήμανσης.
- Η τελευταία στρώση θα περιλαμβάνει την αποκατάσταση της επιφάνειας στην αρχική της μορφή, λαμβάνοντας ιδιαίτερη μέριμνα για την αποφυγή ασυνεχειών της επιφάνειας. [2]

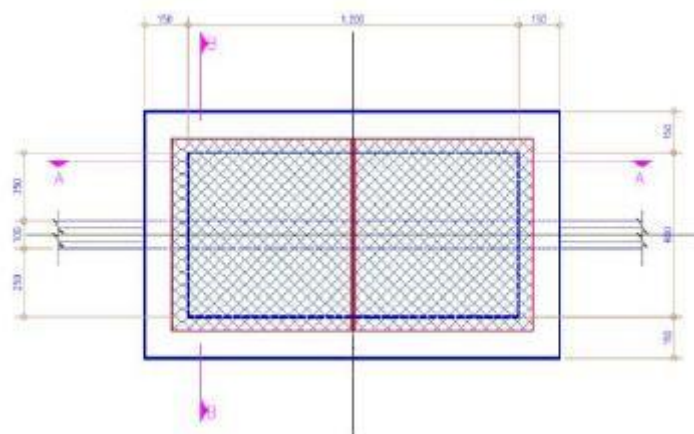


Σχήμα 1.8

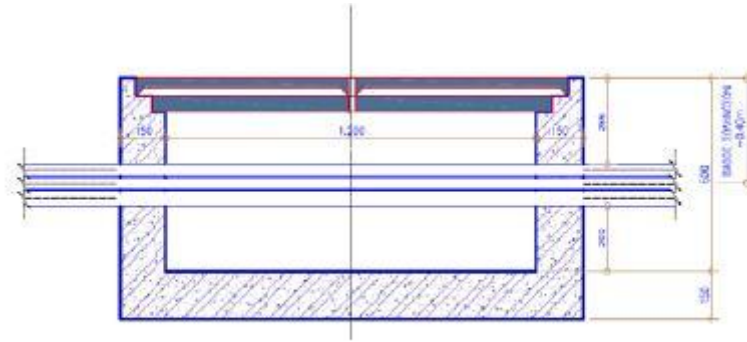
1.3.3.1 Φρεάτια.

Τα φρεάτια χρησιμοποιούνται για τρεις κυρίως σκοπούς: α) για τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου (**looping cable**), β) για συγκόλληση/διακλάδωση καλωδίων και φιλοξενία των διατάξεων συγκόλλησης (**cable splicing**) ή διακλαδωτήρων μικροσωληνώσεων (**microtube branching**) και γ) ως σημεία για την υποβοήθηση της έλξης ή της εμφύσησης καλωδίου. Για ομοιομορφία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας τύπος φρεατίου όπως στα [Σχήματα 1.9 και 1.10] (με μεταβλητές διαστάσεις ανάλογα με τη λειτουργία του και τους εκάστοτε περιορισμούς). Ενδεικτικά χαρακτηριστικά παρατίθενται στη συνέχεια:

- Μήκος φρεατίου (εσωτερικά): 1200mm
- Πλάτος φρεατίου (εσωτερικά): 600mm
- Βάθος φρεατίου (καθαρό): 600 mm
- Περιμετρική κάλυψη με σκυρόδεμα κατηγορίας C20-25, πάχους τουλάχιστον 150mm με σπλισμό 2#T377



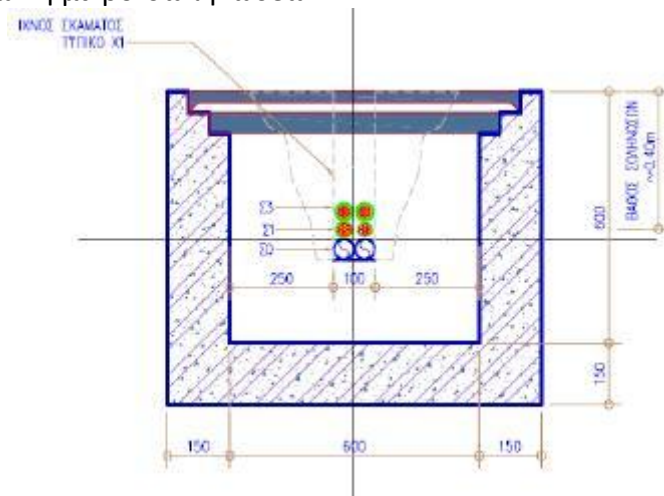
Σχήμα 1.9



Σχήμα 1.10

Τα καλύμματα των φρεατίων όπως βλέπουμε στο [Σχήμα1.10] πρέπει να υπερκαλύπτουν τις προδιαγραφές **D 400** για αντοχή πάνω από 10 τόνους και πρέπει να έχουν τις αναγκαίες βεβαιώσεις του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης.

Στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές, τα φρεάτια συγκόλλησης ή διακλάδωσης συστήνεται να τοποθετούνται σε αποστάσεις από 200 έως 300m ενώ για διαδρομές καλωδίων σε αραιοκατοικημένες περιοχές οι αντίστοιχες αποστάσεις μπορούν να φτάνουν τα 500 μέτρα. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι αποστάσεις μεταξύ των φρεατίων που θα χρησιμοποιηθούν για την υποβοήθηση του περάσματος ίνας με έλξη ή εμφύσηση, πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να υποστηρίζονται απρόσκοπτα όλες οι προβλεπόμενες τεχνικές περάσματος του καλωδίου για τον προβλεπόμενο τύπο και αριθμό καλωδίων και τον υπάρχοντα ή προβλεπόμενο τύπο σωληνώσεων, υπο-σωληνώσεων ή μικρο-σωληνώσεων.



Σχήμα 1.11

1.3.3.2 Σωληνώσεις.

Αναφερόμαστε στο σύστημα σωλήνων και υπο -σωλήνων **HDPE (High density polyethylene)** ή και συστοιχιών μικρο -σωληνώσεων που θα εγκατασταθούν για την υποδοχή των οπτικών καλωδίων. Ένα σημαντικό κόστος της υποδομής αποτελούν οι εκκαφές και η τοποθέτηση των σωληνώσεων αυτών. Αυτό αυξάνει τις απαιτήσεις για καλό σχεδιασμό και πρόβλεψη. Σχετικά με τον προσδιορισμό των μελλοντικών αναγκών, η εμπειρία δείχνει, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου ανάλογες υποδομές αναπτύχθηκαν από τηλεπικοινωνιακούς φορείς με σκοπούς την κάλυψη άμεσων αναγκών και την ελαχιστοποίηση του κόστους, ότι αυτά ήταν υπο -διαστασιολογημένα όσον αφορά σωληνώσεις, καλώδια, μέγεθος και πυκνότητα φρεατίων. Στην επιλογή της διόδευσης, πρέπει να δοθεί προσοχή στη μελλοντική δομή του πλήρως ανεπτυγμένου δικτύου.

Οι σωληνώσεις για το κύριο δίκτυο, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης διαστασιολογούνται χωριστά, αλλά είναι επιθυμητό να εμπερικλείονται στην ίδια διόδευση (χάνδακα και φρεάτια) όπου αυτό είναι εφικτό. Ο αριθμός των σωλήνων (ή υπο -σωλήνων ή συστοιχιών μικροσωλήνων εντός ενός κοινού σωλήνα) εξαρτάται από τον αριθμό των απαιτούμενων οπτικών καλωδίων.

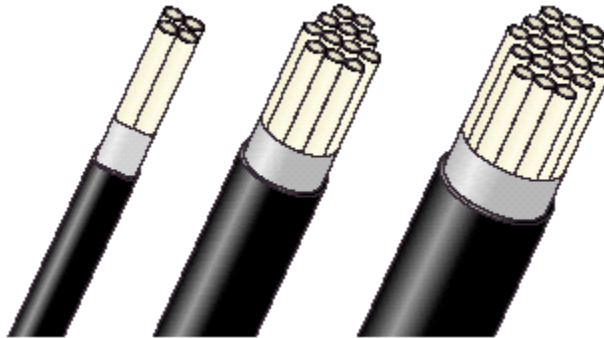
Η τοποθέτηση ενός (και μόνο) καλωδίου ανά υπο -σωλήνωση ή μικροσωλήνα πρέπει να θεωρείται γενικός κανόνας και να αποφεύγονται οι παρεκκλίσεις. Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός κύριου δικτύου, δικτύου διανομής, και δικτύου πρόσβασης, πρέπει να προβλέπει την άμεση τοποθέτηση κενών σωλήνων ή συστοιχιών μικροσωληνώσεων και τη μελλοντική εισαγωγή υπο -σωλήνων και οπτικών καλωδίων για την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης. Η θεώρηση των αναπτυξιακών και ρυμοτομικών σχεδίων της περιοχής είναι απαραίτητη ώστε η πιθανότητα να προκύψει ανάγκη αχρήστευσης ή μετακίνησης μεγάλου μέρους της υποδομής να ελαχιστοποιηθεί.

Γενικά διακρίνουμε 2 προσεγγίσεις όσον αφορά τις σωληνώσεις:

- Χρήση συμβατικών σωληνώσεων για τις κύριες αρτηρίες ή/και τις αρτηρίες διανομής εάν μεσολαβούν μεγάλες αποστάσεις και υπάρχει η ανάγκη για μεγάλο αριθμό ινών ανά καλώδιο και συγκολλήσεις σε φρεάτια συγκόλλησης.
- Χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων οι οποίες και προτείνονται να χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον για τις συνδέσεις των χρηστών, το δίκτυο πρόσβασης ή/και τις αρτηρίες διανομής (ακόμη και του κυρίου δικτύου εάν αυτό είναι εφικτό).

1.3.3.3 Συστοιχίες μικροσωληνώσεων (Micro duct bundles).

Συστοιχίες μικροσωληνώσεων όπως στο [Σχήμα 1.12] θα χρησιμοποιηθούν συστηματικά, ιδιαίτερα στο μέρος του δικτύου που προσδιορίζεται να ικανοποιήσει άμεσα ή μελλοντικά αυξημένη πυκνότητα συνδέσεων μεταξύ κόμβων διανομής και πρόσβασης αλλά και στις τελικές συνδέσεις προς μεμονωμένους χρήστες. Οι συστοιχίες μικροσωληνώσεων θα έχουν απαραίτητα προδιαγραφές για εξωτερική χρήση και άμεσο ενταφιασμό όμοια με αυτές των παραπάνω κενών σωλήνων.



Σχήμα 1.12

Οι συστοιχίες μικροσωληνώσεων θα είναι ενιαίου χρώματος (κατά προτίμηση πορτοκαλί) και θα διαφέρουν από τους σωλήνες ύδρευσης, φυσικού αερίου, και ηλεκτροδότησης (τυπικά μπλε, κόκκινου και κίτρινου χρώματος αντίστοιχα). Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχει χρωματικός κώδικας ή άλλος εμφανής τρόπος αναγνώρισης της κάθε συστοιχίας μικροσωληνώσεων. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην δυνατότητα άμεσης και εύκολης αναγνώρισης της αριστερής από την δεξιά συστοιχίας μικροσωληνώσεων ίδιου τύπου.

Θα πρέπει να διατίθενται τέσσερις τύποι συστημάτων:

1. (Σ1) Συστοιχία μικροσωληνώσεων (micro duct bundles) με 7 ή περισσότερους σωληνίσκους (micro tubes) για την υλοποίηση του Κυρίως Δικτύου και των Δικτύων Διανομής και Πρόσβασης. Σε κάθε σωληνίσκο θα μπορεί να εμφυσηθεί, με την κατάλληλη διάταξη εμφύσησης, μικροκαλώδιο (micro-cable) διαμέτρου μικρότερης των 6mm με αριθμό ινών έως και 72 (ή παραπάνω) το καθένα. Η συστοιχία θα έχει απαραίτητα προδιαγραφές για άμεσο ενταφιασμό, για να αποφευχθεί η διπλή διαδικασία της τοποθέτησης του προστατευτικού σωλήνα και της εισαγωγής της συστοιχίας εντός αυτού. Η τυπική εξωτερική διάσταση της έτοιμης προς ενταφιασμό δέσμης θα είναι μικρότερη ή ίση των 40mm για 7 μικροσωλήνες. Σε καμία περίπτωση η εξωτερική διάσταση της δέσμης δε θα ξεπερνά τα 40mm. Οι σωληνίσκοι θα πρέπει να έχουν χρωματικό ή άλλο κώδικα για τον εύκολο εντοπισμό τους. Τυπικές διαστάσεις των σωληνίσκων είναι:

- Εξωτερική διάμετρος $D \leq 10\text{mm}$.
- Εσωτερική διάμετρος $d \leq 8\text{mm}$.

2. (Σ2) Συστοιχία μικροσωληνώσεων (micro duct bundles) με 19 ή περισσότερους σωληνίσκους (micro tubes) για την υλοποίηση του Δικτύου Συγκέντρωσης και 1 κεντρικό σωληνίσκο για υλοποίηση του Δικτύου Πρόσβασης. Στο κεντρικό σωληνίσκο θα μπορεί να εμφυσηθεί, με την κατάλληλη διάταξη εμφύσησης, μικροκαλώδιο (microcable)

διαμέτρου μικρότερης των 6mm με αριθμό ινών έως και 72 (ή παραπάνω). Σε κάθε σωληνίσκο εκτός του κεντρικού θα μπορεί να εμφυσηθεί, με την κατάλληλη διάταξη εμφύσησης, μικροκαλώδιο (micro-cable) διαμέτρου μικρότερης των 1.4mm με αριθμό ινών τουλάχιστον 8 το καθένα.

Η συστοιχία θα έχει απαραίτητα προδιαγραφές για άμεσο ενταφιασμό. Η τυπική εξωτερική διάσταση της έτοιμης προς ενταφιασμό δέσμης θα είναι μικρότερη ή ίση των 40mm για 19+1 μικροσωλήνες. Σε καμία περίπτωση η εξωτερική διάσταση της δέσμης δε θα ξεπερνά τα 40mm. Οι σωληνίσκοι θα πρέπει να έχουν χρωματικό ή άλλο κώδικα για τον εύκολο εντοπισμό τους.

3. (Σ3) Συστοιχία μικροσωληνώσεων (**micro duct bundles**) με 24 ή περισσότερους σωληνίσκους (**micro tubes**) για την υλοποίηση του Δικτύου Συγκέντρωσης. Σε κάθε σωληνίσκο θα μπορεί να εμφυσηθεί, με την κατάλληλη διάταξη εμφύσησης, μικροκαλώδιο (**micro-cable**) διαμέτρου μικρότερης των 1.4mm με αριθμό ιών τουλάχιστον 8 το καθένα. Η συστοιχία θα έχει απαραίτητα προδιαγραφές για άμεσο ενταφιασμό, για να αποφευχθεί η διπλή διαδικασία της τοποθέτησης του προστατευτικού σωλήνα και της εισαγωγής της συστοιχίας εντός αυτού.

Η τυπική εξωτερική διάσταση της έτοιμης προς ενταφιασμό δέσμης θα είναι μικρότερη ή ίση των 40mm για 24 μικροσωλήνες. Σε καμία περίπτωση η εξωτερική διάσταση της δέσμης δε θα ξεπερνά τα 40mm. Οι σωληνίσκοι θα πρέπει να έχουν χρωματικό ή άλλο κώδικα για τον εύκολο εντοπισμό τους.

4. (Σ4) Συστοιχία μικροσωληνώσεων (**micro duct**) άμεσου ενταφιασμού, για τις τελικές συνδέσεις με χρήστες, από ένα κόμβο ή φρεάτιο πρόσβασης, με 2 ή παραπάνω σωληνίσκους (**micro tubes**), στον καθένα εκ των οποίων θα μπορεί να εμφυσηθεί, με την κατάλληλη διάταξη εμφύσησης, μικροκαλώδιο (**micro-cable**) διαμέτρου μικρότερης των 1.4mm με αριθμό ιών τουλάχιστον 8 το καθένα. Οι σωληνίσκοι θα πρέπει να έχουν χρωματικό ή άλλο κώδικα για τον εύκολο εντοπισμό τους. Οι διαστάσεις των σωληνίσκων και ο τύπος τους είναι απαραίτητα ίδιες με αυτές της κατηγορίας **Σ2** (πλην του κεντρικού) και **Σ3**, χρησιμοποιούν τους ίδιους συνδέσμους και διαφέρει μόνο ο αριθμός τους.[2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.

Για να ορίσουμε τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μπορούμε είτε να εξηγήσουμε την λειτουργία τους είτε να εστιάσουμε στις συνιστώσες τους. Μια απευθείας ανάλυση των αρχικών **ΓΣΠ** δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα:

- **Γ Γεωγραφικά:** Δηλώνει ενδιαφέρον για την χωρική ταυτότητα ή την τοποθεσία συγκεκριμένων διακριτών οντοτήτων (αντικειμένων) , κάτω ή πάνω από την επιφάνεια της γης.
- **Σ Συστήματα:** Δηλώνει την ανάγκη για επιστημονικό προσωπικό, μονάδες υπολογιστών και λογισμικά τα οποία μπορούν να παράγουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την λήψη αποφάσεων δηλαδή, συλλογή δεδομένων, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αυτών.
- **Π Πληροφοριών:** Δηλώνει την ανάγκη πληροφόρησης προκειμένου να παρθούν αποφάσεις. Τα δεδομένα ερμηνεύονται προκειμένου να δημιουργηθούν πληροφορίες χρήσιμες για την λήψη αποφάσεων.

Ως Σύστημα Πληροφοριών (**Information System**) μπορεί να οριστεί μια «αλυσίδα λειτουργιών συλλογής, αποθήκευσης, και ανάλυσης δεδομένων» [4].

Οι γεωγραφικές πληροφορίες αυξάνουν την γνώση και μειώνουν την αβεβαιότητα και είναι συνεπώς απαραίτητες για την διαχείριση του περιβάλλοντος, το σχεδιασμό νέων στόχων και της ανάπτυξης της συνεργασίας. Σήμερα υπάρχει η μοντέρνα τεχνολογία η οποία ονομάζεται Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - **ΓΣΠ (Geographic Information Systems (GIS))** και η οποία έχει δραστικά μεταβάλλει τον τρόπο που μπορούμε να δουλέψουμε με τις γεωγραφικές πληροφορίες. Τα **ΓΣΠ**, χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα τεχνολογικά πεδία υπάρχει ένα μεγάλο ποσό χωρικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, το οποίο είναι αποθηκευμένο από διάφορους οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Η αναζήτηση χωρικών δεδομένων, ο εντοπισμός τους, η απόκτησή τους και ο συγκερασμός τους έχει γίνει μια πρόκληση.

Τα **ΓΣΠ** έχουν σχεδιαστεί για να διαχειρίζονται αυτές τις πληροφορίες σε απλά θέματα ή σε πολύπλοκους συνδυασμούς για ακριβή ανάλυση. Αποτελούν ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο τόσο για την έρευνα όσο καθώς και για την λήψη αποφάσεων. Η δύναμη αυτών των εργαλείων εξαρτάται όχι μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά, αλλά και από την ποιότητα των εισαγόμενων δεδομένων.

Φυσικά, επιπλέον όλων αυτών, ένα σύστημα **GIS** έχει όλα τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των υπολογιστών, όπως διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα κ.λπ. Σήμερα, πλέον, με τις τεράστιες δυνατότητες που παρέχουν οι σύγχρονοι, εξελιγμένοι υπολογιστές, η χαρτογράφηση περνά σε νέα εποχή[3].

2.1 Γενικά περί Geographic Information Systems (GIS).

Όλα τα δεδομένα σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι «γεωκαταχωρισμένα», βρίσκονται δηλαδή άμεσα συνδεδεμένα με μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία της επιφάνειας της Γης μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων. Ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους.

Σ' αυτό το σύστημα συντεταγμένων, κάθε τοποθεσία προσδιορίζεται σχετικά με τον Ισημερινό και τη γραμμή μηδενικού γεωγραφικού μήκους που περνά από το φημισμένο αστεροσκοπείο Γκρίνουιτς, στο Λονδίνο.

Υπάρχουν, όμως, και πολλά άλλα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων, συνεπώς κάθε GIS σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να μετατρέπει τις συντεταγμένες από το ένα σύστημα στο άλλο. Η χωρική πληροφορία αναπαρίσταται με δυο τρόπους: ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων, ή ως δικτυωτά (**raster**) δεδομένα, οργανωμένα συστηματικά σε κελιά (όπως π.χ. μια ψηφιακή εικόνα). Από όλα όσα αναφέραμε μέχρι τώρα, είναι προφανές ότι βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός Γ.Σ.Π είναι ότι χρησιμοποιεί τη γεωγραφία (το χώρο) ως κοινό στοιχείο μεταξύ των διαφόρων ομάδων δεδομένων, συνδυάζοντας ισότιμα τη γεωγραφική (χαρτογραφική) και την αναλυτική (στατιστική) πληροφορία.

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως τα διάφορα συστήματα σχεδίασης (Αυτόματη Χαρτογράφηση (**Automated Mapping**), Χαρτογράφηση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (**Computer Assisted Mapping**), Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (**Computer Aided Design**)) μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη σχεδίαση ενός χάρτη είτε ως υπόβαθρο ενός πληροφοριακού συστήματος, αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν τα ίδια ένα GIS.

Οι 5 βασικές συνιστώσες ενός Γ.Σ.Π είναι:

- Αναγνώριση και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή (**Data Acquisition**)
- Προεπεξεργασία, δηλ. προετοιμασία των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολογιστή, και εισαγωγή τους σ'αυτόν (**Preprocessing**)
- Διαχείριση Δεδομένων με τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων (**Data Management**)
- Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων (**Manipulation and Analysis**) με διάφορες μεθόδους
- Παραγωγή Αποτελεσμάτων σε έντυπη (**hard copy**) ή μη έντυπη (**soft copy**) μορφή (**Product Generation**).

2.2 Παρουσίαση του ArcGIS.

Κατά την διάρκεια των πρώτων δεκαετιών ανάπτυξης των **Γ.Σ.Π.**, οι επαγγελματίες είχαν κυρίως επικεντρωθεί στην συλλογή των δεδομένων αφιερώνοντας τον περισσότερο χρόνο στην δημιουργία βάσεων δεδομένων. Σταδιακά, άρχισαν να χρησιμοποιούν αυτές τις γνώσεις σε πολυάριθμες εφαρμογές των **Γ.Σ.Π.** Επιπλέον, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανάπτυξη των προσωπικών υπολογιστών, η ανάπτυξη του διαδικτύου και η παγκόσμια υιοθέτηση των **Γ.Σ.Π** επέδρασαν καταλυτικά στην ανάπτυξη και συνεχή βελτίωση των λογισμικών.

Το λογισμικό **ArcGIS** αποτελεί το πιο εμπορικό και το πιο διαδεδομένο λογισμικό **Γ.Σ.Π** στον κόσμο. Το **ArcGIS**, παρέχει ένα πλαίσιο για την ενασχόληση με τα **Γ.Σ.Π.**, από έναν απλό χρήστη, από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα σε μεμονωμένους προσωπικούς υπολογιστές, σε τοπικά δίκτυα, στο διαδίκτυο αλλά και στο υπαίθριο πεδίο.

Ειδικότερα, η έκδοση, το **ArcGIS 9.3** , είναι ένας συγκερασμός πολλών λογισμικών για μικρότερες εφαρμογές, προκειμένου να οικοδομηθεί ένα πλήρες λογισμικό πακέτο **Γ.Σ.Π.**

Αποτελείται από πολλά πλαίσια εφαρμογής:

- **ArcGIS Desktop**
- **ArcGIS Engine**
- **Server GIS-ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server**
- **Mobile GIS – ArcPad**

2.2.1 ArcGIS Desktop.

Το **ArcGIS Desktop** είναι διαθέσιμο σε τρεις εκδόσεις όπως βλέπουμε στο **[Σχήμα 2.1]** και κάθε μια από αυτές προορίζεται για να καλύψει τις ανάγκες πολλών διαφορετικών χρηστών. Οι εκδόσεις αυτές είναι:

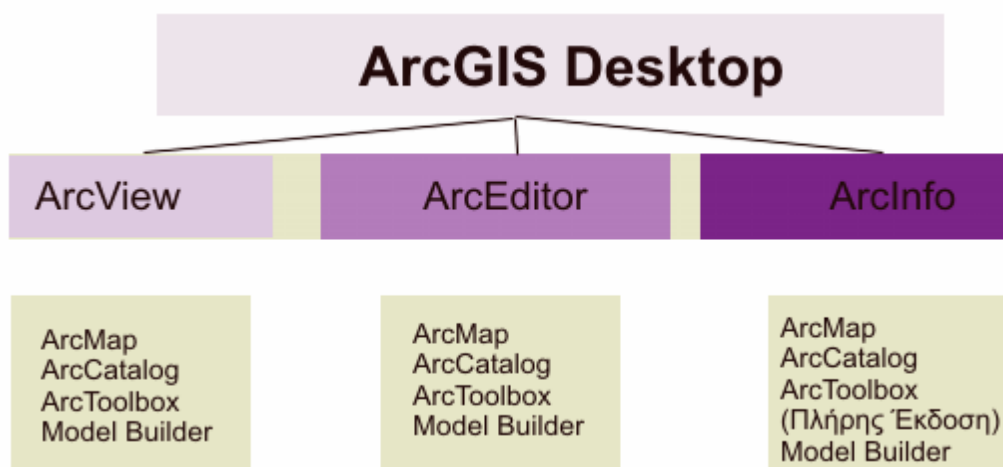
1. **ArcView:** επικεντρώνει στην αναλυτική χρήση των δεδομένων, στην χαρτογράφηση και στην ανάλυση αυτών
2. **ArcEditor:** προσφέρει όλες τις δυνατότητες του **ArcView** και επιπλέον χωρικές επεξεργασίες ενώ επιτρέπει και την δημιουργία δεδομένων.
3. **ArcInfo:** αποτελεί ένα ολοκληρωμένο, επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει την λειτουργικότητα με πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας. Περιέχει τα περισσότερα εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων.



Σχήμα 2.1

Κάθε μια από τις εκδόσεις του **ArcGIS Desktop** περιλαμβάνει ένα σύνολο εφαρμογών όπως φαίνεται και στο [Σχήμα 2.2]:

1. **ArcMap**
2. **ArcCatalog**
3. **ArcToolbox**
4. **ModelBuilder**



Σχήμα 2.2

Επιπλέον, κάθε έκδοση περιλαμβάνει προαιρετικά συστατικά (προεκτάσεις – **extensions**) τα οποία αν προστεθούν εμπλουτίζουν τις δυνατότητες του λογισμικού, όπως: **Spatial Analyst**, **3D Analyst**, **Geostatistical Analysis**, **Survey Analyst**, **ArcPress** κλπ.

Χρησιμοποιώντας όλες τις παραπάνω εφαρμογές μπορεί να εκτελεστεί οποιαδήποτε λειτουργία των **Γ.Σ.Π**, από απλή έως ιδιαίτερα περίπλοκη.[3]

2.2.2 Η εφαρμογή ArcMap.

Το **ArcMap** αποτελεί την κεντρική διεπαφή του **ArcGIS Desktop** οι επιμέρους δύο διεπαφές του είναι : το **ArcCatalog** και το **ArcToolbox** βλέπεται [Σχήμα2.3]. Στο **ArcMap** εκτελούνται όλες οι λειτουργίες οι οποίες βασίζονται σε χάρτες και περιλαμβάνουν χαρτογραφία, ανάλυση του χάρτη, επεξεργασία.

Το **ArcGIS**. Αναπτύχθηκε από την εταιρία **ESRI (Environmental Systems Research Institute)**, και η έκδοση του λογισμικού που περιγράφεται στην παρούσα εργασία είναι η 9.3.

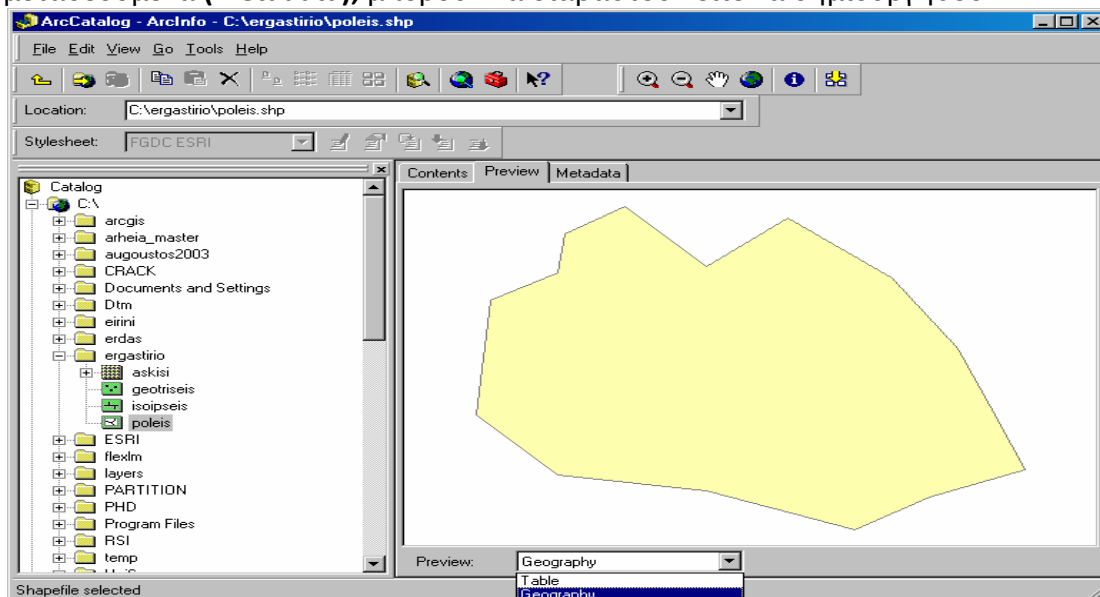


Σχήμα 2.3

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή του λογισμικού πακέτου του **ArcMap**, θα περιγράψουμε συνοπτικά τις επιμέρους εφαρμογές **ArcCatalog** και **ArcToolbox**:

ArcCatalog: Το **ArcCatalog** βλέπεται [Σχήμα 2.4] είναι ένα εργαλείο παρόμοιο με τον **Windows Explorer**, με την βοήθεια του οποίου, ο χρήστης πλοηγείται στα δεδομένα. Επιτρέπει δηλαδή σε αυτόν την εύκολη μετάβαση και διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας, που είναι αποθηκευμένη σε φακέλους στους τοπικούς δίσκους, ή και σχεσιακών βάσεων δεδομένων που είναι διαθέσιμες στο χρήστη.

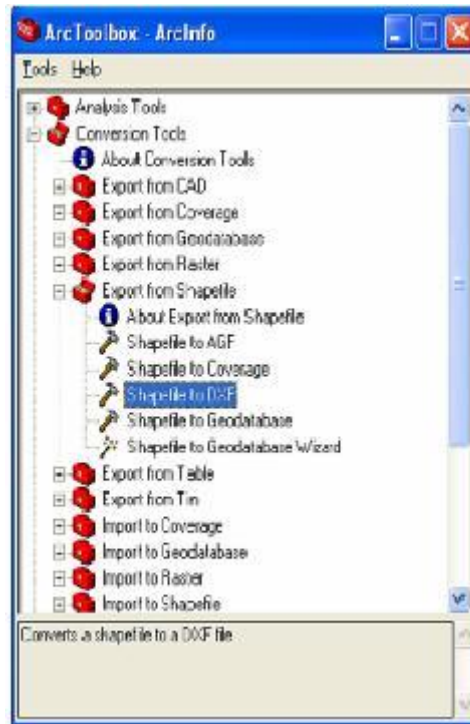
Τα δεδομένα μπορούν να αντιγραφούν, να μετακινηθούν, να διαγραφούν και να οπτικοποιηθούν, πριν «προστεθούν» σε ένα χάρτη. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για τα χωρικά δεδομένα και τις συσχετίσεις μεταξύ τους. Επιπλέον με το **ArcCatalog** τα μεταδεδομένα (**metadata**), μπορούν να διαβαστούν είτε να δημιουργηθούν.



Σχήμα 2.4

ArcToolbox: Το **ArcToolbox** βλέπεται [Σχήμα2.5] είναι η τρίτη εφαρμογή του **ArcGIS**. Περιέχει διάφορα εργαλεία γεωπεξεργασίας. Με τη ν εφαρμογή αυτή, ο χρήστης έχει την δυνατότητα, μέσω κάποιων εργαλείων, να μετατρέψει χωρικά δεδομένα από μια μορφή (**data format**), σε άλλη και να αλλάξει το προβολικό σύστημα των δεδομένων του.

Το **ArcToolbox** διανέμεται σε δύο εκδόσεις. Η πρώτη έκδοση είναι η πλήρης και περιλαμβάνει περίπου 150 εργαλεία για γεωπεξεργασία, μετατροπή δεδομένων, διαχείριση χαρτογραφικών φύλλων, χαρτογραφικών προβολών κτλ και γενικά εργαλεία για χωρική ανάλυση. Η δεύτερη έκδοση, περιέχει πολύ λιγότερα εργαλεία και είναι αυτά που φαίνονται στην [Σχήμα 2.5].



Σχήμα 2.5

2.2.3 Δυνατότητες της εφαρμογής ArcMap.

- Δημιουργία χαρτών
- Επεξεργασία χαρτών
- Εμφάνιση, επεξεργασία και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων
- Αναζήτηση των χωρικών δεδομένων
- Συμβολισμός των δεδομένων με πολυάριθμους τρόπους
- Δημιουργία γραφημάτων
- Διαμόρφωση των αρχείων σε εκτυπώσιμους χάρτες

2.3 Gis και Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα.

Το **GIS** είναι εργαλείο για χωρική ανάλυση που επιτρέπει το σχεδιασμό ,την αξιολόγηση και την διαχείριση των τηλεπικοινωνιακών υποδομών, καθώς όπως αναφέρεται στην [4].

“Η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών υποδομών είναι μια διαδικασία χωρικής αλληλεπίδρασης και αμοιβαίας ανάπτυξης μεταξύ των υποδομών και των απαιτήσεων”.

Με την δυνατότητα του ισχυρού χειρισμού των δεδομένων και με ικανότητες στην χωρική ανάλυση είναι ιδανικά συστήματα για την κάλυψη των αναγκών πληροφόρησης και ανάπτυξης των υποδομών του τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Από την άλλη πλευρά το τηλεπικοινωνιακό κομμάτι είναι ένα νέο σύνορο για τις εφαρμογές των **GIS** θέτοντας νέες προκλήσεις για την γεωγραφική επιστήμη των πληροφοριών (**Giscience**). Τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών είναι μια θεμελιώδη μεταμόρφωση ενός δικτύου με μικρό εύρος ζώνης, σχεδιασμένο για φωνητική επικοινωνία με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, σ' ένα ευρυζωνικό ψηφιακό δίκτυο που υποστηρίζει παντού υψηλό εύρος ζώνης και την ψηφιακή συνδεσιμότητα προς όλους τους χρήστες.

Σε απάντηση προς την αυξανόμενη ζήτηση για ευρυζωνικές υπηρεσίες οι αρμόδιοι φορείς έχουν αναβαθμιστεί σε ενδό-γραφικά δίκτυα με ψηφιακούς διακόπτες οι οποίοι συνδέονται με οπτικές ίνες , αλλά τα δίκτυα τους δεν είναι επαρκείς για την εξυπηρέτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών προς όλους τους τομείς αφήνοντας κενά που πρέπει να καθοριστούν προκειμένου να επιτευχθούν καθολικές υπηρεσίες ευρυζωνικότητας . Η άνιση ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών υποδομών συμβάλλει στην διεύρυνση του «ψηφιακού χάσματος » και αποτελεί σημαντικό εμπόδιο προς την κατεύθυνση μιας δημοκρατικής κοινωνίας στην εποχή της πληροφορίας. Υπάρχει επείγουσα ανάγκη για την παρακολούθηση και αξιολόγηση της χωρικής ανάπτυξης για τις τηλεπικοινωνιακές υποδομές.

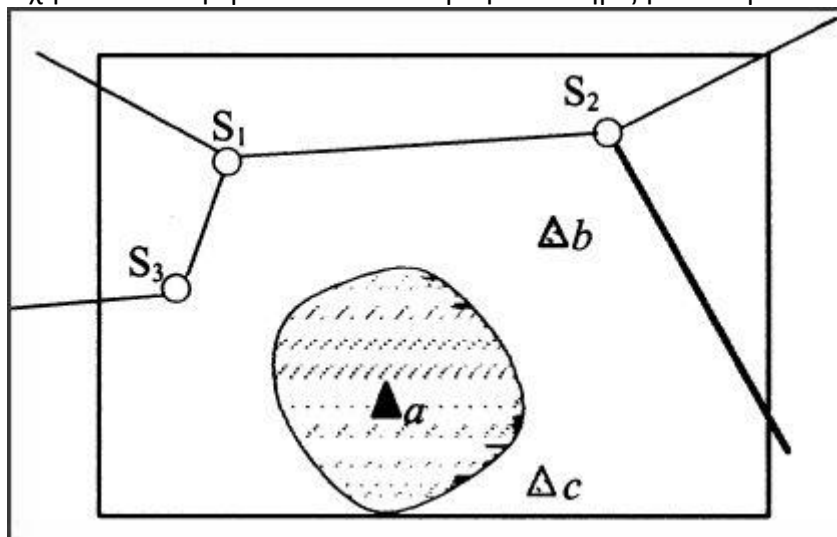
Προκειμένου να ανταποκριθούμε στις ανάγκες ανάπτυξης ενός ευρυζωνικού δικτύου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τόσο τις υπάρχουσες υποδομές του δικτύου από το κράτος και πως έχουν διανεμηθεί γεωγραφικά όσο και ποια είναι η φύση και η θέση των χρηστών στο δίκτυο.

Οι δύο διαστάσεις θα πρέπει να είναι σχετικές και χωρικά συγκρίσιμες έτσι ώστε να αποκαλυφθούν τα «κενά» όπου οι υποδομές δεν μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση. Η ανάλυση αυτή μπορεί να υλοποιηθεί με την χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (**GIS**) στα οποία οι πληροφορίες σχετικά με την υποδομή του δικτύου και την ζήτηση είναι οργανωμένες ως στρώματα (**layer**) ενός χάρτη κάτω από μια κοινή γεωγραφική βάση.

Αναμένεται ότι τα «κενά» του δικτύου θα μπορέσουν να προσδιοριστούν ποσοτικά και να οριοθετηθούν, με αποτέλεσμα να μπορέσουμε να καθοδηγήσουμε την τοποθέτηση των νέων υποδομών όπως οπτικές ίνες ή ψηφιακά συστήματα μεταγωγής. Στο **[Σχήμα 2.6]** θα μελετήσουμε μια υποθετική περιοχή όπου η διαθέσιμη τηλεπικοινωνιακή υποδομή περιλαμβάνει τρία κέντρα εξυπηρέτησης **S1,S2,S3** τα οποία συνδέονται με οπτική ίνα. Υπάρχουν τρία σημεία ζήτησης (τριγωνικό σχήμα).

Οι χρήστες A και B παρακολουθούν μαθήματα στο διαδίκτυο εκτελώντας διαδραστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές, ενώ ο χρήστης C χρησιμοποιεί μόνο το ηλεκτρονικό του ταχυδρομείο (**e-mail**). Η αξιολόγηση της προσφοράς της υποδομής συγκρίνοντας την ζήτηση αποδεικνύει ότι η υποδομή δεν είναι ικανή να ανταποκριθεί στον χρήστη A, ενώ μπορούμε να εξυπηρετήσουμε τους χρήστες B,C.

Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι ανακαλύψαμε το «κενό» της υποδομής, εναλλακτικά το «κενό» μπορεί να είναι μια περιοχή όπως η A στο [Σχήμα 2.6] μας η οποία αντιπροσωπεύει την κατάσταση ενός μεγάλου συνόλου χρηστών σε μια στενή περιοχή όπου υποφέρουν από ανεπαρκή υποστήριξη υποδομών.



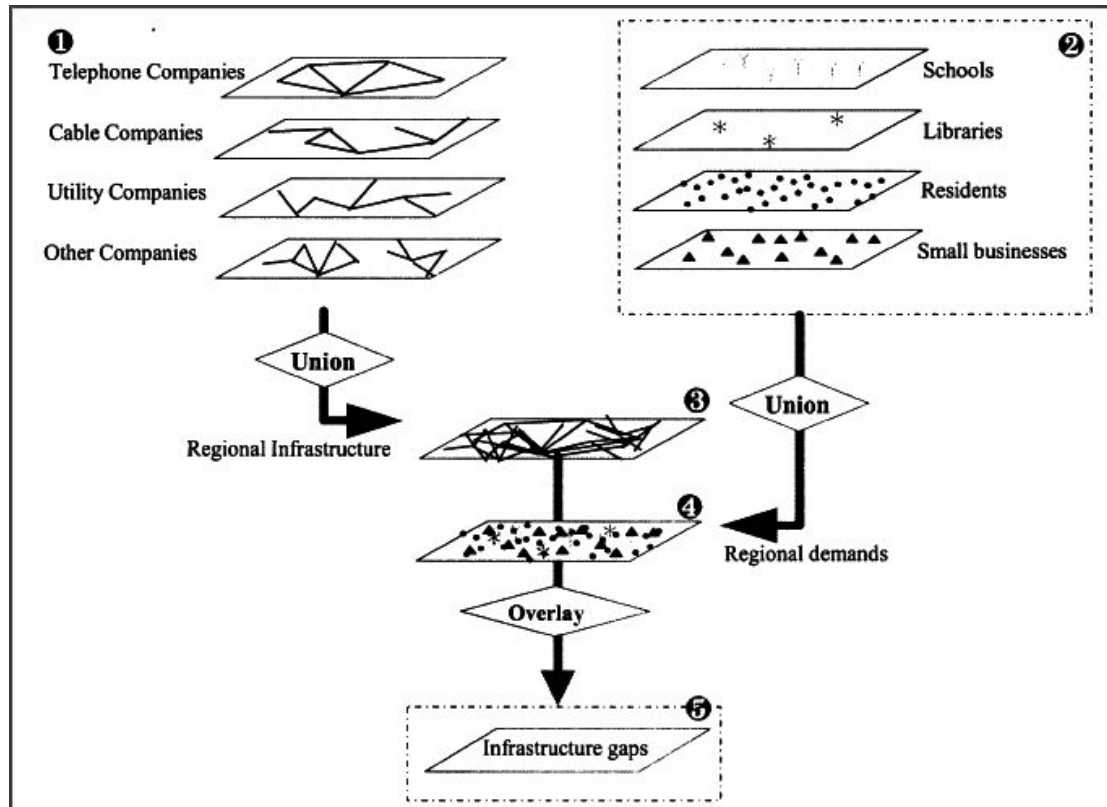
Σχήμα 2.6

Η αξιολόγηση μιας περιφερικής υποδομής ορίζεται ως η διαδικασία σύνδεσης χωρικών πληροφοριών της υποδομής, με την δυνατότητα να αποκαλυφθεί το σημείο που δεν ανταποκρίνεται στην προσφορά του δικτύου. Στο [Σχήμα 2.7] φαίνεται η γενική ροή των πληροφοριών αυτής της διαδικασίας, στη ένδειξη 1 ερευνούνται οι παρούσες υποδομές και οι κατηγορίες χρηστών ένδειξη 2 που εξυπηρετούνται από τις υποδομές (όπως βλέπουμε ένδειξη 2 {σχολεία, βιβλιοθήκες}).

Στην ένδειξη 1 του [Σχήματος 2.7]. κάθε στρώμα χάρτη είναι και ένα διαφορετικό δίκτυο (καλώδια χαλκού, οπτικές ίνες, πύργοι μικροκυμάτων ή δορυφορικοί δέκτες) από διάφορες εταιρίες. Χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα γεωαναφοράς σε όλα τα δίκτυα η «ένωση» (**union**) όλων των στρωμάτων υποδομής φαίνονται στο τέλος της 1 ένδειξης [του σχήματος 2.7] και ποιο καθαρά στην 3 ένδειξη.

Ομοίως και στη 2 ένδειξη [του σχήματος 2.7] φαίνεται η ζήτηση που παράγεται από τους χρήστες που υπάρχουν στο δίκτυο και τις δικτυακές ανάγκες που έχει η κάθε ένδειξη χρηστών. Η «ένωση» (**union**) των στρωμάτων ζήτησης της 2 ένδειξης αποτελεί την «περιφερική ζήτηση» και την βλέπουμε στην 4. Σύμφωνα με ένα κοινό γεωγραφικό πλαίσιο η επικάλυψη τις 3 και 4 ένδειξης δημιουργούν ένα καινούργιο

χάρτη στην ένδειξη 5 όπου η αξία που αποδόθηκε στις θέσεις του δικτύου είναι συνάρτηση των ανεξάρτητων αξιών που συνδέονται με αυτή την θέση.



Σχήμα 2.7

Συνοπτικά η χρησιμότητα της εφαρμογής των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών στον κλάδο των τηλεπικοινωνιακών υποδομών.

Έχει ως εξής:

A) Με την χρήση των **GIS** μπορούμε να ελέγξουμε:

- Στις ζωτικής σημασίας περιοχές του δικτύου τον χάρτη κάλυψης των υποδομών του.
- Τις συνδέσεις του δικτύου για μελλοντική επέκταση βελτίωση και συντήρηση.

B) Γίνεται αποτελεσματική διαχείριση των δικτύων με σαφείς οπτικούς χάρτες και γραφήματα με τα οποία εντοπίζουμε όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου μας :

- Προσδιορίζουμε βασικούς τομείς (περιοχές) όπου υπάρχει υψηλή ισχύς του σήματος μας.

- Μπορούμε να προσομοιώνουμε τις ταχύτητες των πελατών μας κατά τις ώρες αιχμής.
- Αξιολογούμε και παρακολουθούμε της ικανότητες σύνδεσης από το ένα σημείο στ άλλο.

Γ) Έχουμε σωστή επίβλεψη και άρση βλαβών των δικτύων μας τοποθετώντας σημαντικά δεδομένα πάνω στους χάρτες όπως :

- Προγραμματισμένες συντηρήσεις ρουτίνας.
- Παρακολούθηση για το που και πότε συμβαίνουν οι περισσότερες διακοπές.
- Βελτίωση και κοινοποίηση πληροφοριών για επισκευές βλαβών.
- Πληροφόρηση για εκτροπή ομάδων συντήρησης όταν προκύπτουν κρίσιμες καταστάσεις.
- Σχεδίαση και απεικόνιση περιοχών όπου υπάρχει αυξημένη ζήτηση.
- Περιοχές που μπορεί να ζητηθούν συνδυασμένες υπηρεσίες [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικά εργαλεία για την χωρική ανάλυση του οπτικού δικτύου μας. Εργαλεία τα οποία μάς δόθηκαν μέσα από την εργαλειοθήκη του **SANET 4.1** η οποία συνεργάζεται με το πρόγραμμα **ArcGIS 9.3** που χειριζόμαστε. Συλλέξαμε αποτελέσματα από την ανάλυση γεγονότων του δικτύου μας, όπως ανάδειξη του κοντινότερου σταθμού πρόσβασης της περιοχής μας ή συσσώρευση χρηστών σε κάποιο σημείο του δικτύου ή ακόμα και απομακρυσμένους χρήστες, καθώς και να μάς επιδείξει και τις συντομότερες διαδρομές σύνδεσης χρηστών σε τυχαία σημεία στο χώρο του δικτύου.

3.1 Εργαλειοθήκη SANET , περιγραφή και βήματα εγκατάστασης.

Η εργαλειοθήκη **SANET** περιέχει μια συλλογή εργαλείων του **ArcGIS** για την ανάλυση των γεγονότων που συμβαίνουν πάνω ή κατά μήκος ενός δικτύου (π.χ. τροχαία ατυχήματα, περιστατικά κλοπής, καταστήματα και υπηρεσίες που εκτείνονται σε ένα δίκτυο μιας αστικοποιημένης περιοχής κλπ). Με τον όρο “δίκτυο” εννοούμε οδούς, δρόμους ,ποτάμια ,καλώδια ή στην προκειμένη περίπτωση το δίκτυο οπτικών ινών που επεξεργαζόμαστε.

Για το κατέβασμα της εργαλειοθήκης και την εγκατάστασή της στο πρόγραμμα **ArcGIS 9.3** χρειάζονται να ολοκληρωθούν κάποια συγκεκριμένα βήματα, τα οποία περιγράφονται στην ιστοσελίδα [6].

Βήματα για το κατέβασμα και την εγκατάσταση της εργαλειοθήκης:

Βήμα 1^ο: Κατεβάστε τον οδηγό εγκατάστασης και εγχειρίδιο της εργαλειοθήκης **SANET 4.1** για το **ArcGIS 9.3** από την ιστοσελίδα που υποδείξαμε πιο πάνω.

Βήμα 2^ο: Κατεβάστε την φόρμα εγγραφής και συμπληρώστε την αν συμφωνείται με την προτεινόμενη πολιτική. Στην φόρμα εγγραφής που θα συμπληρώσετε θα σας ζητηθούν κάποια στοιχεία για την ταυτότητα του υπολογιστή σας (**PC ID**).

Βήμα 3^ο: Στείλτε σε ηλεκτρονική μορφή (**e-mail**) την φόρμα εγγραφής στον κύριο **Atsu Okabe** στην διεύθυνση :

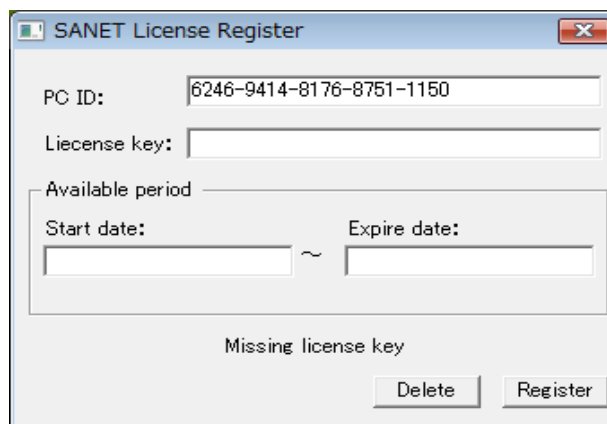
atsu@csis.u-tokyo.ac.jp

Βήμα 4^ο: Μετά την απάντηση της αίτησης μπορείτε να απολαύσετε την εργαλειοθήκη **SANET** έως ότου λήξει η άδεια ενεργοποίησης.

Βήμα 5^ο: Το κλειδί για την άδεια χρήσης(**license key**) της εργαλειοθήκης θα σας σταλθεί μέσω ηλεκτρονικής μορφής (**e-mail**).

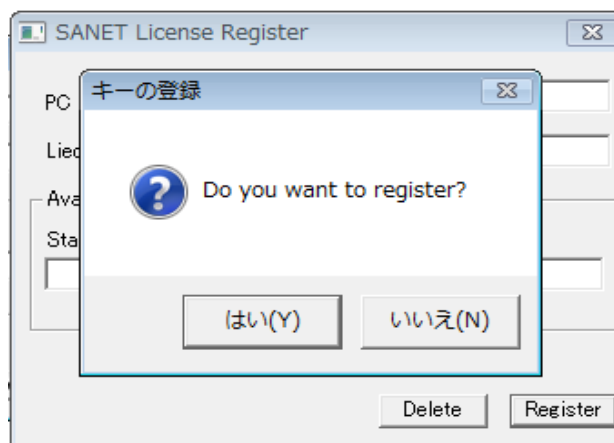
Οδηγός εγκατάστασης :

Πρώτον ξεκινήστε το πρόγραμμα εγγραφής αδειάς και θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο του [Σχήματος 3.1]



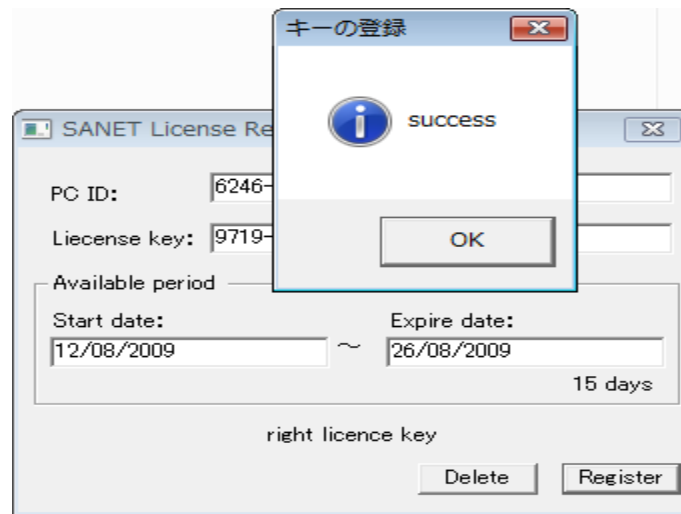
Σχήμα 3.1

Τοποθετήστε στο πεδίο άδεια εγγραφής (**license key**) τον κωδικό που σας δόθηκε μέσω ηλεκτρονικού έγγραφου (**e-mail**). Στην συνέχεια πατήστε το κουμπί καταγραφής(**Register**). Σας εμφανίζει παράθυρο βλέπεται [Σχήμα 3.2] εάν συμφωνείτε στην καταγραφή.



Σχήμα 3.2

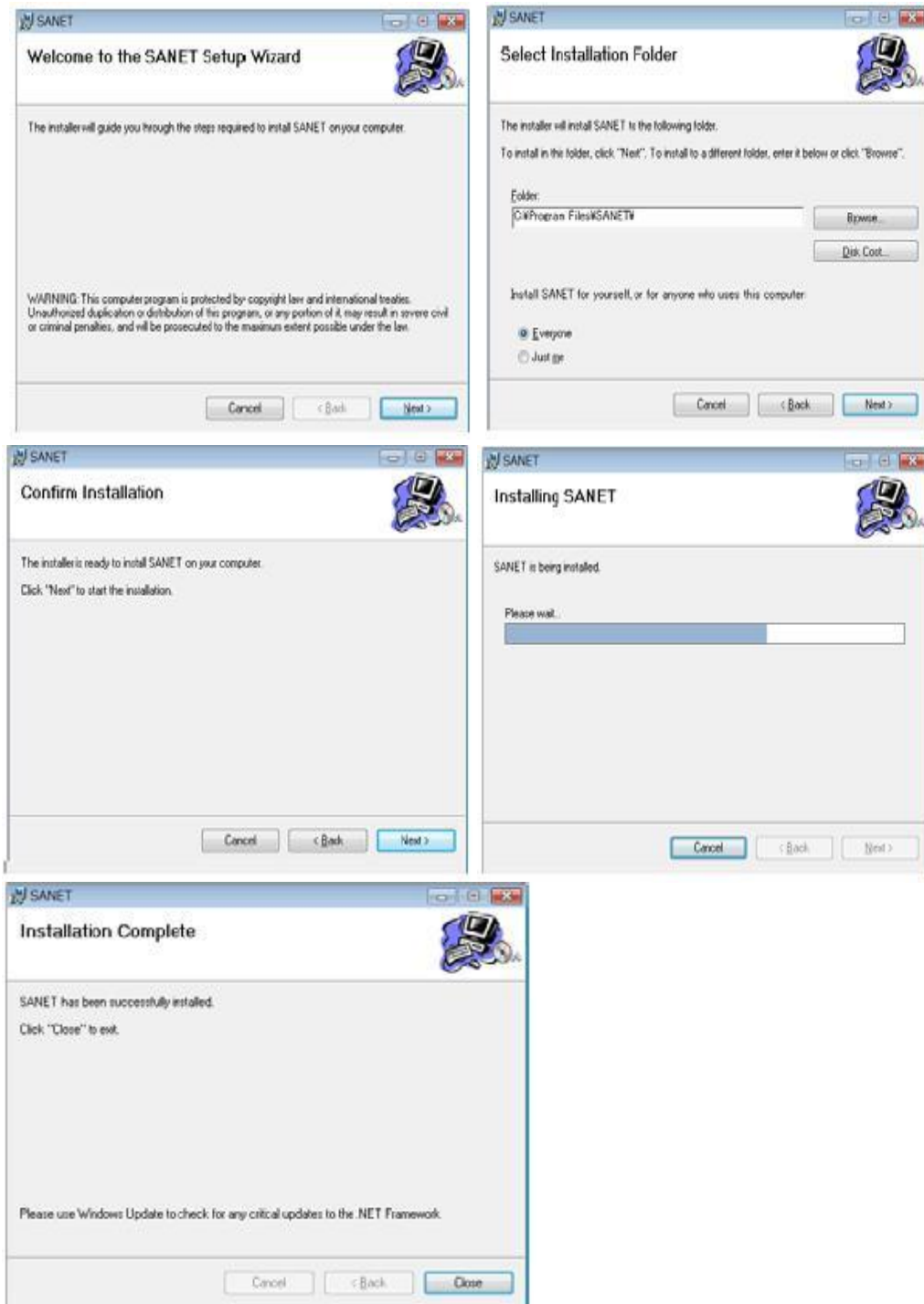
Πατήστε Ναι(Yes), και σας εμφανίζεται το εξής [Σχήμα 3.3]



Σχήμα 3.3

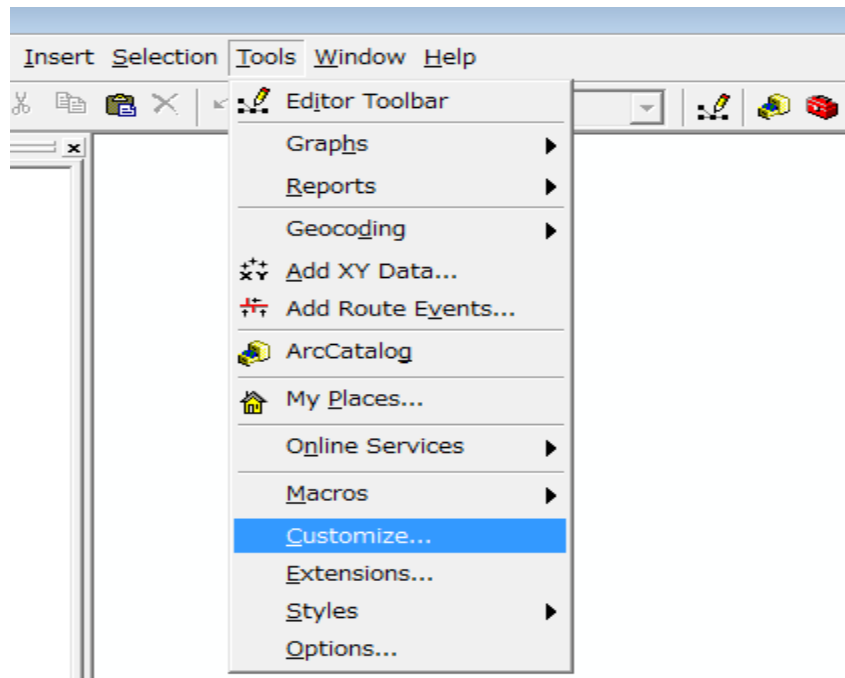
Σας ενημερώνει για την ορθότητα της άδειας χρήσης καθώς και για την ημερομηνία έναρξης και ημερομηνία λήξης.

Δεύτερον ανοίξτε το αρχείο **SANET Setup.msi** και ακολουθήστε τα έξι βήματα όπως φαίνονται στο [Σχήμα 3.4]:



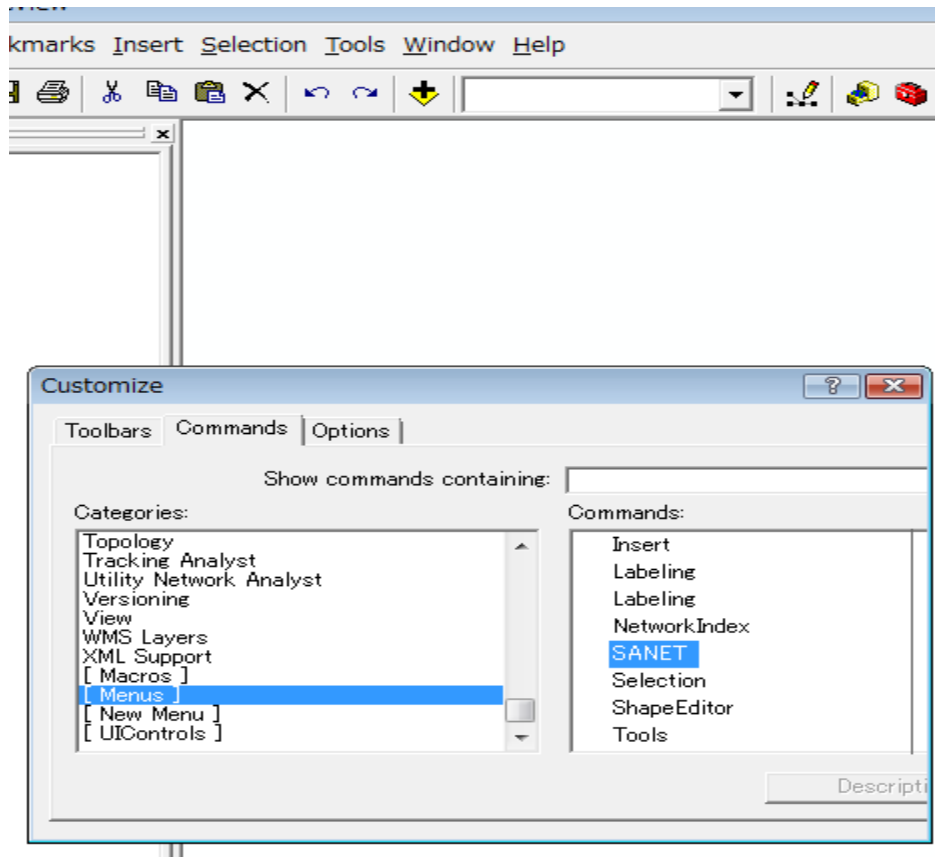
Σχήμα 3.4

Τρίτον πρέπει να ξεκινήσετε την διεπαφή **ArcMap** του προγράμματος **ArcGIS** και να εγκαταστήσετε την εργαλειοθήκη όπως φαίνεται παρακάτω [Σχήμα 3.5] : επιλέγουμε εργαλεία (**Tools**) από την γραμμή του μενού (**Menu Bar**) και πατάμε προσαρμογή (**Customize**).



Σχήμα 3.5

Στο περιβάλλον της προσαρμογής (**Customize**) [Σχήμα 3.5] επιλέγουμε εντολές (**commands**), όπου το παράθυρο χωρίζεται στα δύο βλέπεται [Σχήμα 3.6] : κατηγορίες και εντολές. Από την στήλη των κατηγοριών επιλέγουμε Μενού (**Menu**) και από την δεξιά στήλη των εντολών επιλέγουμε την εντολή **SANET**, την οποία σύρουμε στην γραμμή εργαλείων μέσα στην εργαλειοθήκη(**Toolbox**).[7]



Σχήμα 3.6

Μετά από αυτό, η εργαλειοθήκη **SANET** βρίσκεται εγκατεστημένη στην γραμμή εργαλείων του **ArcMap** [Σχήμα 3.7] .



Σχήμα 3.7

Η εργαλειοθήκη **SANET 4.1** περιλαμβάνει 14 εργαλεία που αφορούν τη χωρική ανάλυση.

Αναφέρουμε ονομαστικά τους τίτλους των εργαλείων:

Εργαλείο 1 : Network Voronoi Diagrams.

Εργαλείο 2 : Network Kernel Density Estimation.

Εργαλείο 3 : Network Nearest Neighbor Distance Method.

Εργαλείο 4 : Network Conditional Nearest Neighbor Distance Method.

Εργαλείο 5 : Network K Function.

Εργαλείο 6 : Network Cross K Function.

Εργαλείο 7 : Network Voronoi Cross K Function.

Εργαλείο 8 : Network Spatial Interpolation.

Εργαλείο 9 : Network Delaunay Diagram.

Εργαλείο 10 : Network Clumping Method.

Εργαλείο 11 : Network Random Points.

Εργαλείο 12 : Shortest path distance between points.

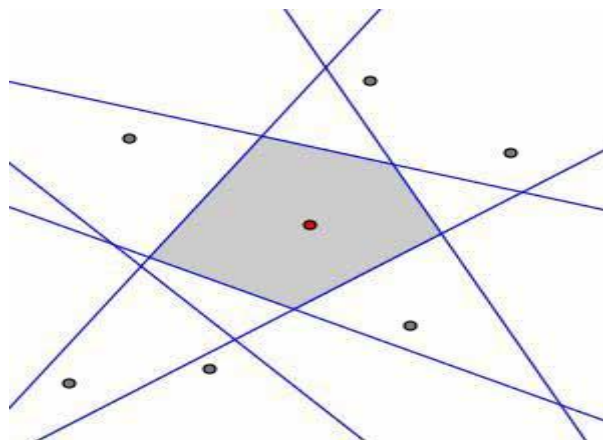
Εργαλείο 13 : Shortest path distance between a base point to a non-base point.

Εργαλείο 14 : Networks.

Στις ενότητες του κεφαλαίου 3 που ακολουθούν θα δοθούν παραδείγματα εφαρμογής των εργαλείων 1,2,3,5. Στο κεφάλαιο 4 θα γίνει μελέτη-εφαρμογή της χρήσης των εργαλείων για το Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών Χανίων [2].

3.2 Network Voronoi Diagrams.

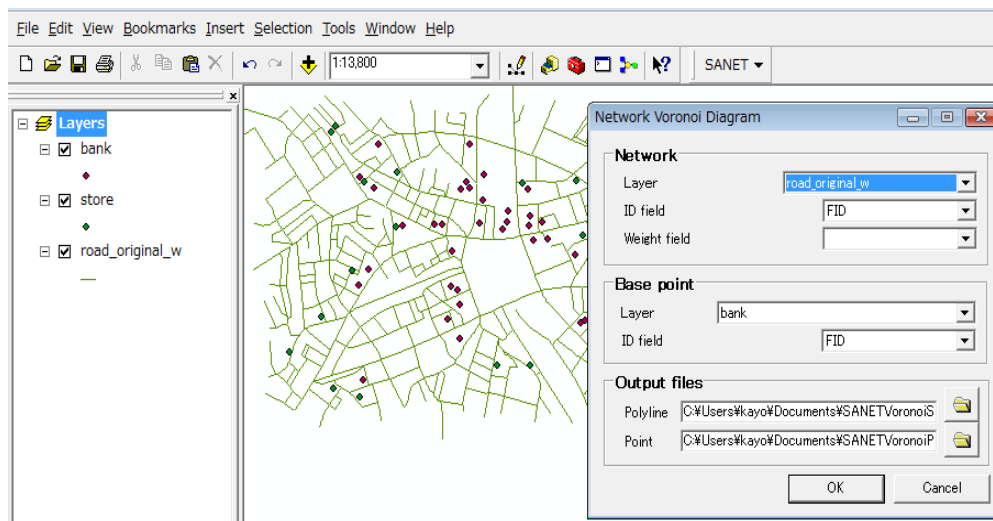
Στα μαθηματικά τα κλασσικά Voronoi διαγράμματα ορίζονται ως η διαμέριση ενός δεδομένου χώρου, με βάση την ευκλείδεια απόσταση κάθε σημείου του χώρου από ένα δεδομένο σύνολο σημείων (generator points ή sites ή εστίες). Ως κελί (ή περιοχή) **Voronoi** μίας εστίας ορίζουμε τα σημεία του επιπέδου που βρίσκονται κοντινότερα στην εστία αυτή παρά σε οποιαδήποτε άλλη. Το σύνολο των κελιών **Voronoi** των εστιών αποτελεί το διάγραμμα **Voronoi** των εστιών που βλέπουμε στο [Σχήμα 3.8].



Σχήμα 3.8

Το εργαλείο **Network Voronoi Diagram (NVD)** κατασκευάζει Voronoi διαγράμματα στα οποία ο πραγματικός κόσμος παρουσιάζεται ως ένα δίκτυο όπου τα γεγονότα τα οποία συμβαίνουν πάνω σε αυτόν ορίζονται ως σημεία πάνω στο δίκτυο και η απόσταση μεταξύ δύο σημείων καθορίζεται από την μέθοδο του κοντινότερου μονοπατιού.

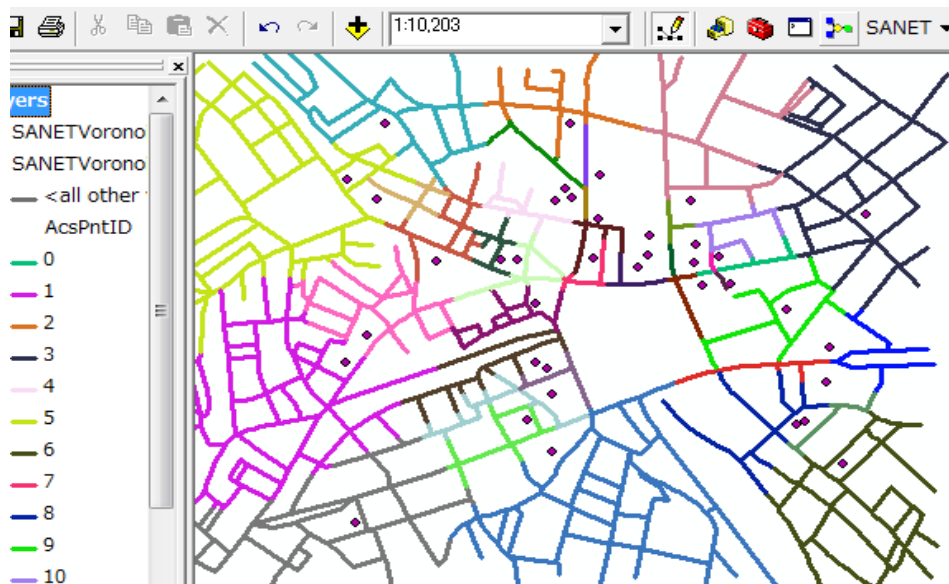
Τα δεδομένα που πρέπει να εισάγουμε στο **[Σχήμα 3.9]** που αναδύεται πατώντας το εργαλείο **Network Voronoi Diagram** είναι τα εξής:



Σχήμα 3.9

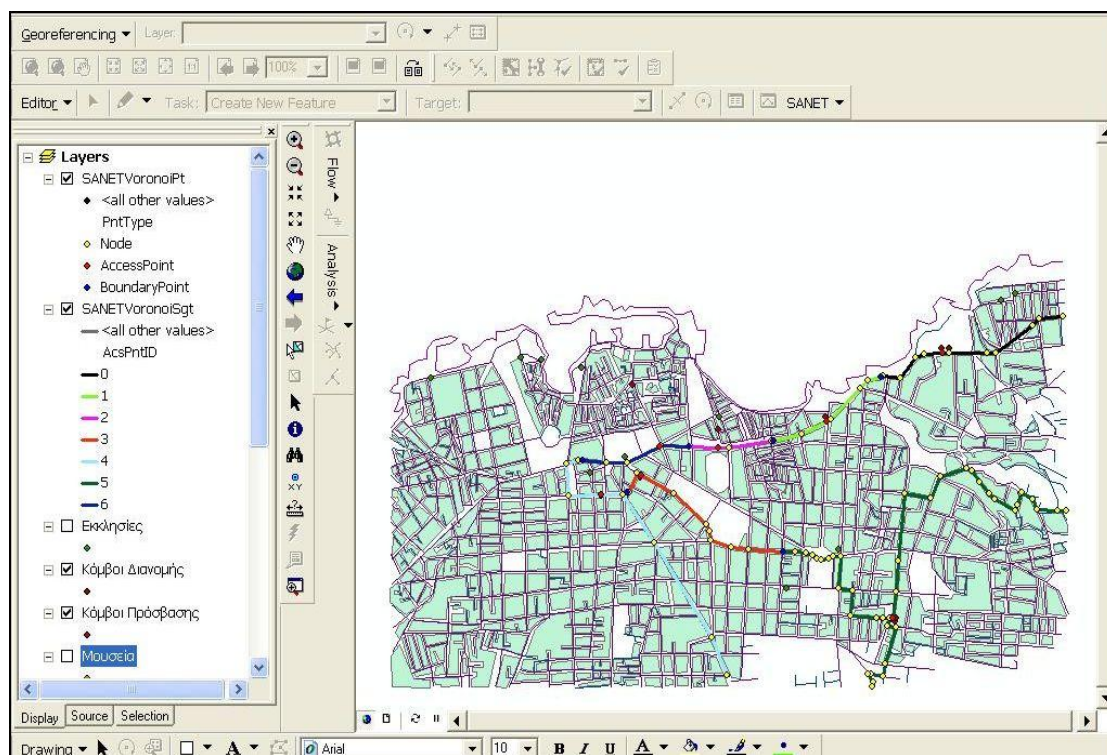
Στις επιλογές **Network** θα πρέπει να εισάγουμε ένα γραμμικό **shape file** που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε ως δίκτυο, στην επιλογή **weight field** θα εισάγουμε την τιμή που θέλουμε να αναλύσουμε π.χ απόσταση. Στο δεύτερο πεδίο **Base Point**. θα πρέπει να εισάγουμε ένα σημειακό **shapefile** που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε ως σημεία βάσης ή εστίες του δικτύου μας.

Στην έξοδο τα αποτελέσματα που περιμένουμε να μάς εμφανίσει θα πρέπει να είναι ένα γραμμικό **shapefile** και ένα σημειακό **shapefile**. Το γραμμικό απεικονίζει τα Voronoi υποδίκτυα στο **[Σχήμα 3.10]** με χρωματιστές γραμμές για την κοντινότερη απόσταση τους από τις εστίες του δικτύου.



Σχήμα 3.10

Στο σημειακό **shape file** [Σχήμα 3.11], ως σημείο πρόσβασης (**Access Point**), ορίζονται οι προσαρμοσμένες εστίες οι οποίες προκύπτουν προσαρμόζοντας την κεντρική εστία πάνω στο κοντινότερο σημείο προς αυτών μέσα στο δίκτυο.



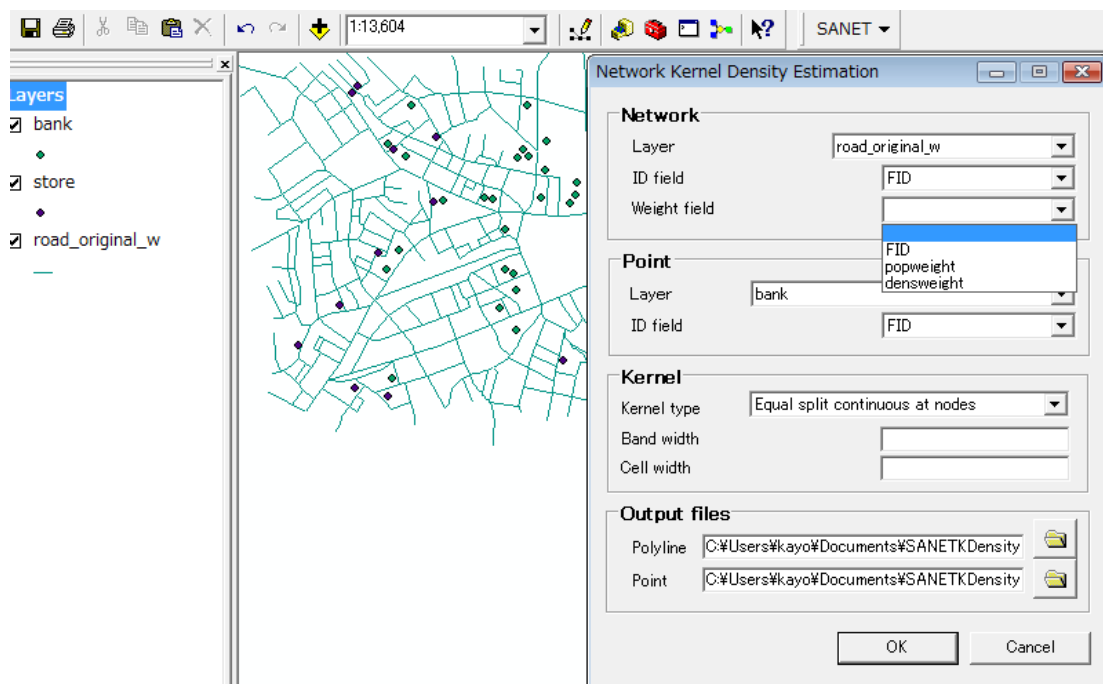
Σχήμα 3.11

3.3 Network Kernel Density Estimation (KDE).

Η μέθοδος **Kernel Density Estimation (KDE)** ή χωρική παρεμβολή υπολογίζει τη πυκνότητα των χαρακτηριστικών σε μια περιοχή γύρω από αυτά τα χαρακτηριστικά. Υπολογίζει μια τιμή ανά μονάδα επιφάνειας από κάθε σημείο ή γραμμή χρησιμοποιώντας την τεχνική της χωρικής παρεμβολής (**Kernel Density Estimation**). Η τιμή της επιφάνειας είναι υψηλότερη στη θέση του σημείου και μειώνεται με την αύξηση της απόστασης από το σημείο ,φτάνοντας στο μηδέν.

Στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (**GIS**) το αποτέλεσμα μιας **KDE** είναι συνήθως ένα σύνολο δεδομένων ράστερ (κελιών) , όπου κάθε κελί έχει μια τιμή πυκνότητας που είναι σταθμισμένη ανάλογα με την απόσταση από τα αρχικά χαρακτηριστικά. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το μέγεθος του ράστερ, το πεδίο του χαρακτηριστικού που πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό, τις μονάδες του μέτρου και της ακτίνας ή το εύρος ζώνης. Το εργαλείο (**KDE**) της εργαλειοθήκης **SANET 4.1** για ένα σύνολο σημείων ενός δικτύου , εκτιμά την χωρική λειτουργία των σημείων πάνω στο δίκτυο. Το εργαλείο αυτό είναι χρήσιμο στο να υποδεικνύει κύρια σημεία (**hot spots**) ή ακόμα και επικίνδυνα σημεία (**black spots**) σε δίκτυα κοινής ωφέλειας.

Τα δεδομένα που πρέπει να εισάγουμε στο [Σχήμα 3.12] που αναδύεται πατώντας το εργαλείο **Kernel Density Estimation** είναι τα εξής:



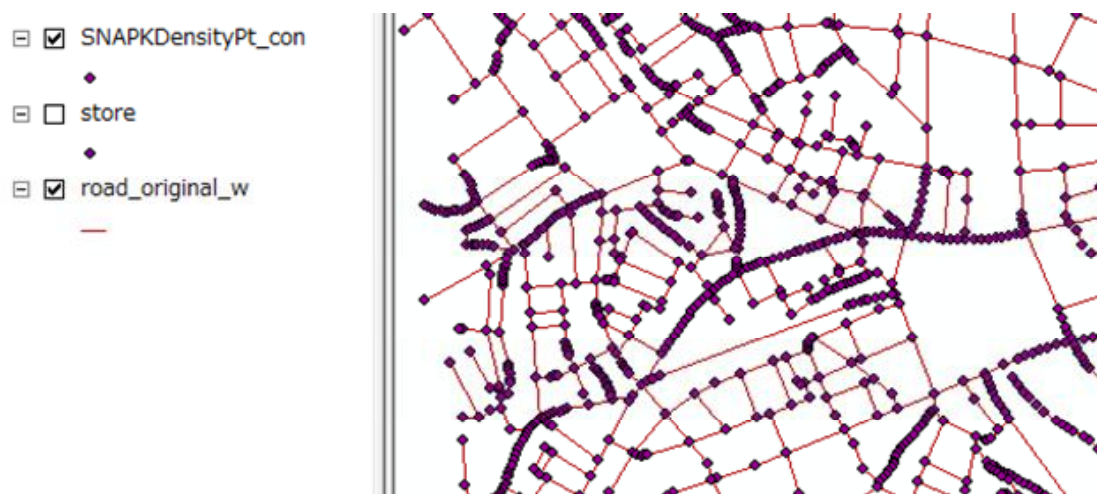
Σχήμα 3.12

Στο πρώτο πεδίο **network** εισάγουμε ένα γραμμικό **shapefile** που θα ορίσουμε ως δίκτυο μας (δρόμοι, οπτική ίνα).

Στο δεύτερο πεδίο **base point** θα πρέπει να εισάγουμε ένα σημειακό **shapefile** που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε ως σημεία βάσης ή εστίες του δικτύου μας (υπηρεσίες ,κόμβοι διανομής ή πρόσβασης, τελικοί χρήστες).

Στο τρίτο πεδίο **Kernel** υπάρχουν 2 τύποι για χωρική παρεμβολή : ο 1^{ος} τύπος για συνεχή και ισομερή κατανομή λειτουργίας του δικτύου και ο 2^{ος} για ασυνεχή και ισομερή κατανομή λειτουργίας.

Στην έξοδο τα αποτελέσματα που περιμένουμε να μάς εμφανίσει θα πρέπει να είναι ένα γραμμικό **shapefile** και ένα σημειακό **shapefile**. Στο γραμμικό **shapefile** μας εμφανίζεται το δίκτυο το οποίο χρησιμοποιήσαμε και στο σημειακό **shapefile** [Σχήμα 3.13] μας εμφανίζεται την συνεχή ή ασυνεχή ισομερή κατανομή λειτουργιών του δικτύου.



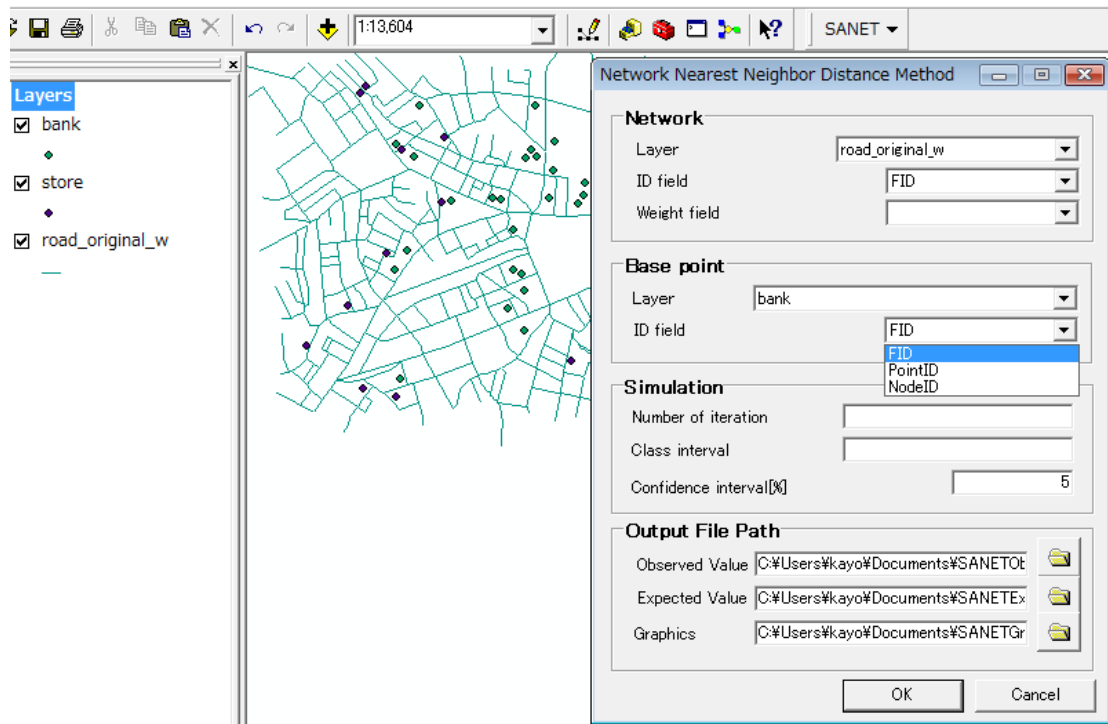
Σχήμα 3.13

3.4 Network Nearest Neighbor Distance Method.

Με το εργαλείο αυτό εξετάζουμε τα κατά πόσον ή όχι είναι συγκεντρωμένα ή διάσπαρτα τα σημεία (χρήστες) στο δίκτυο από την πλευρά της συντομότερης διαδρομής μονοπατιού από κάθε σημείο που βρίσκεται ο χρήστης μέχρι το κοντινότερο γειτονικό του σημείο πρόσβασης. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται ελέγχοντας την μηδενική υπόθεση ότι τα σημεία είναι τυχαία και ανεξάρτητα κατανεμημένα σύμφωνα με την ομοιόμορφη κατανομή σε ένα δεδομένο δίκτυο.

Το εργαλείο αυτό έχει 5% αύξουσα ή φθίνουσα απόκλιση από την μηδενική υπόθεση.

Τα δεδομένα που πρέπει να εισάγουμε στο [Σχήμα 3.14] που αναδύεται πατώντας το εργαλείο **Network Nearest Neighbor Distance Method** είναι τα εξής:



Σχήμα 3.14.

Στο πρώτο πεδίο **network** εισάγουμε ένα γραμμικό **shapefile** που θα ορίσουμε ως δίκτυο μας (δρόμοι, οπτική ίνα).

Στο δεύτερο πεδίο **base point** θα πρέπει να εισάγουμε ένα σημειακό **shapefile** που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε ως σημεία βάσης ή εστίες του δικτύου μας (υπηρεσίες, κόμβοι διανομής ή πρόσβασης, τελικοί χρήστες)

Στο τρίτο πεδίο **Simulation** πληκτρολογούμε τον αριθμό των επαναλήψεων για την προσημείωση, όπως και τον αριθμό της ενδιάμεσης απόστασης για την δημιουργία του πίνακα αποτελεσμάτων.

Στην έξοδο τα αποτελέσματα που περιμένουμε είναι δυο φάκελοι με κατάληξη **.csv** και ένας φάκελος με κατάληξη **.R** [Σχήματα 3.15, 3.16 και 3.17].

Στους φακέλους με κατάληξη **.csv** θα βρούμε δύο πίνακες αποτελεσμάτων βλέπεται [Σχήματα 3.15 και 3.16]. Ο πρώτος πίνακας [Σχήμα 3.15] μάς εμφανίζει τις τιμές που έχουν ήδη παρατηρηθεί και αναλυθεί. Ενώ ο δεύτερος [Σχήμα 3.16] μάς παρουσιάζει τις αναμενόμενες τιμές.

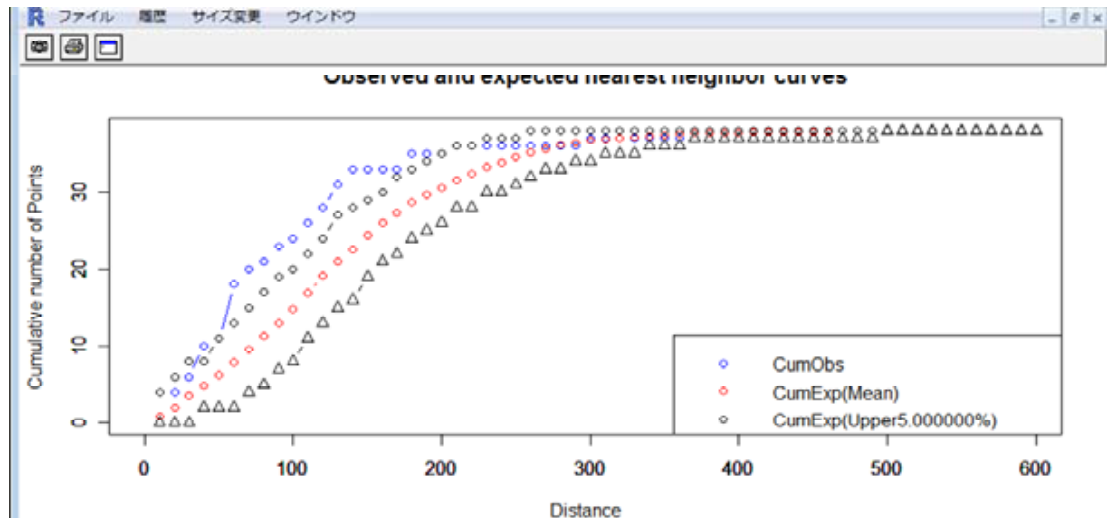
	1	2	3	4
1	FromPointID	ToPointID	Distance	
2	0	35	5.425113	
3	1	36	58.639219	
4	2	18	117.390762	
5	3	9	295.081013	
6	4	11	76.608987	
7	5	20	59.949948	
8	6	33	136.413552	
9	7	11	67.123208	
10	8	33	125.657741	
11	9	17	179.323888	
12	10	30	21.634171	
13	11	24	66.882711	
14	12	5	178.984384	
15	13	16	87.158148	
16	14	17	8.7203	
17	15	1	366.418431	
18	16	13	87.158148	
19	17	14	8.7203	
20	18	24	40.932577	
21	19	22	104.02548	

Σχήμα 3.15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	1
2	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	8	11	12	
3	0	0	0	0	2	2	2	4	6	6	10	11	12	
4	0	0	0	0	2	2	2	4	6	8	11	11	14	
5	0	0	0	0	2	2	4	5	6	8	11	12	15	
6	0	0	0	2	2	2	4	5	7	8	11	13	15	
7	0	0	0	2	2	2	4	6	7	9	11	13	15	
8	0	0	0	2	2	4	4	6	7	9	11	14	16	
9	0	0	0	2	2	4	5	6	8	10	12	14	16	
10	0	0	0	2	2	4	6	6	8	10	12	14	16	
11	0	0	0	2	2	4	6	6	8	10	12	14	16	
12	0	0	0	2	2	4	6	6	8	11	12	14	17	
13	0	0	0	2	2	4	6	7	8	11	12	14	17	
14	0	0	0	2	2	4	6	7	9	11	13	15	17	
15	0	0	0	2	2	4	6	7	9	11	13	15	17	
16	0	0	0	2	4	4	6	8	9	11	13	15	17	

Σχήμα 3.16

Όσο αναφορά τον φάκελο με κατάληξη .R, σας συνιστούμε να εγκαταστήσετε το πρόγραμμα **GNU R** για να μπορείτε να δείτε τα αποτελέσματα όπως εμφανίζονται στο παρακάτω [Σχήμα 3.17].



Σχήμα 3.17

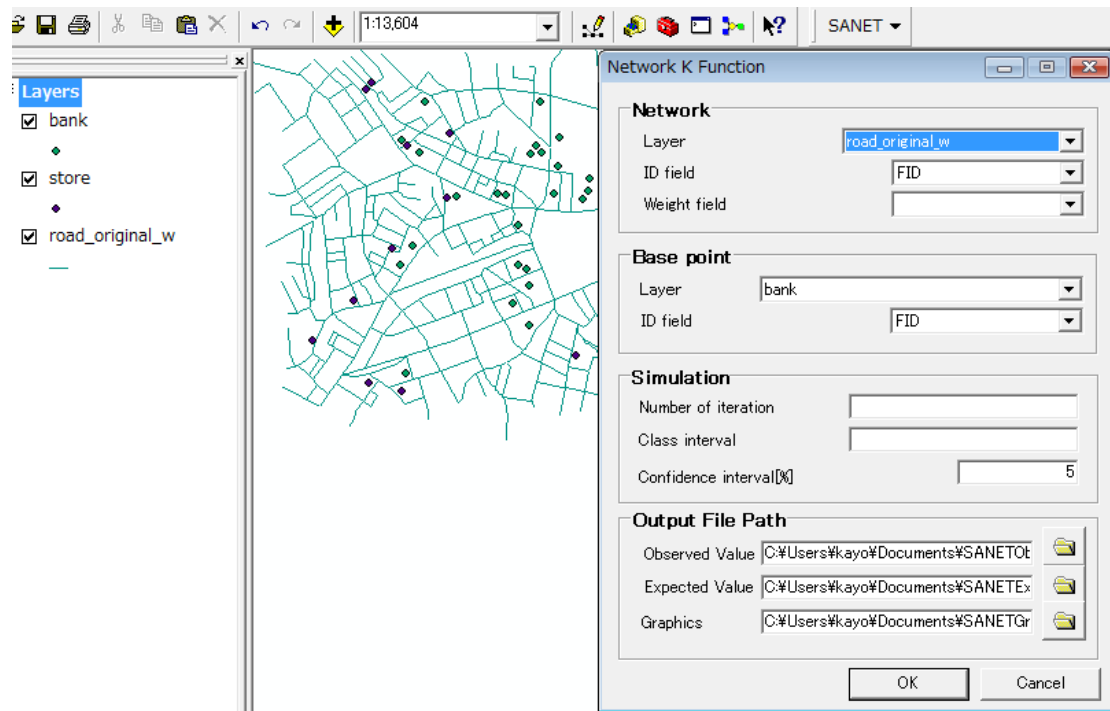
Αν η αναλυόμενη καμπύλη βρίσκεται αριστερά από την καμπύλη άνω του 5% , τότε τα αναλυόμενα σημεία είναι ιδιαίτερα κοντά το ένα με το άλλο. Εάν βρίσκονται δεξιά από την καμπύλη του κάτω των 5% , τότε τα σημεία αυτά απέχουν σημαντικά το ένα από το άλλο.

3.5 Network K Function.

Με το εργαλείο αυτό εξετάζουμε εάν και πώς τα σημεία συγκεντρώνονται ή απλώνονται, σε σχέση με τον μέσο όρο των αριθμών των σημείων του δικτύου που βρίσκονται ,στην κοντινότερη απόσταση από κάθε σημείο, όπου το t ορίζεται ως μια παράμετρος της απόστασης που κυμαίνεται από το μηδέν έως ένα πολύ μεγάλο αριθμό.

Αυτή η εξέταση επιτυγχάνεται επαληθεύοντας την μηδενική υπόθεση ότι τα σημεία είναι τυχαία και ανεξάρτητα διανεμημένα σύμφωνα με την ομοιόμορφη κατανομή τους σ' ένα δεδομένο δίκτυο.

Τα δεδομένα που πρέπει να εισάγουμε στο **[Σχήμα 3.18]** που αναδύεται πατώντας το εργαλείο **Network K Function** είναι τα εξής:



Σχήμα 3.18

Στο πρώτο πεδίο **network** εισάγουμε ένα γραμμικό **shapefile** που θα ορίσουμε ως δίκτυό μας (δρόμοι, οπτική ίνα).

Στο δεύτερο πεδίο **base point** θα πρέπει να εισάγουμε ένα σημειακό **shapefile** που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε ως σημείο βάσης ή εστία του δικτύου μας. (υπηρεσίες ,κόμβοι διανομής ή πρόσβασης, τελικοί χρήστες).

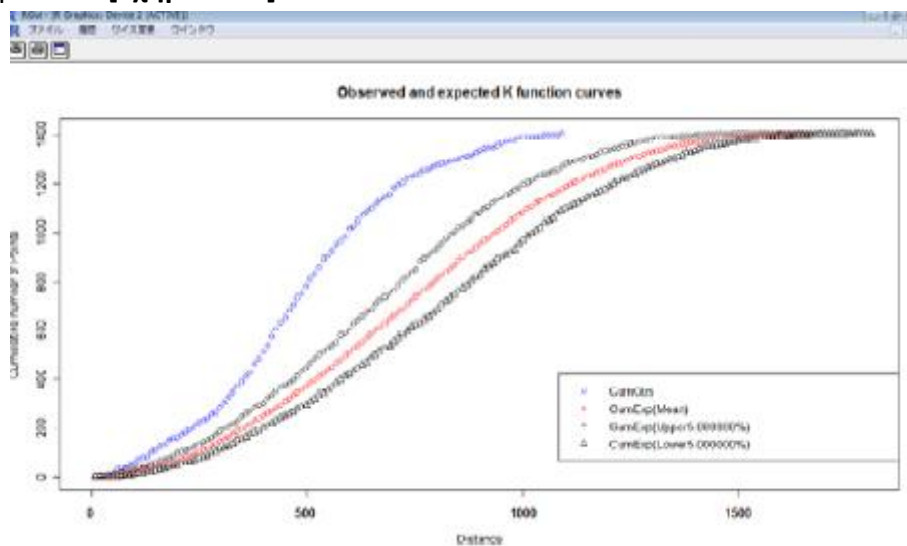
Στο τρίτο πεδίο **Simulation** πληκτρολογούμε τον αριθμό των επαναλήψεων για την προσομοίωση, όπως και τον αριθμό της ενδιάμεσης απόστασης για την δημιουργία του πίνακα αποτελεσμάτων.

Στην έξοδο τα αποτελέσματα που περιμένουμε είναι δυο φάκελοι με κατάληξη **.csv** και ένας φάκελος με κατάληξη **.R** [Σχήματα 3.19 και 3.20].

1	2	3	
FromPointID	ToPointID	Distance	
30	0	29	431.870435
31	0	30	53.502006
32	0	31	596.161612
33	0	32	385.122049
34	0	33	456.077389
35	0	34	58.861927
36	0	35	5.425113
37	0	36	560.730952
38	0	37	423.739854
39	1	0	619.370072
40	1	2	711.697769
41	1	3	949.84146
42	1	4	462.952155
43	1	5	434.546482
44	1	6	1098.383679
45	1	7	498.497456
46	1	8	936.262108
47	1	9	836.302733
48	1	10	684.506249
49	1	11	528.04075
50	1	12	536.609564
51	1	13	363.152984

Σχήμα 3.19

Όσο αναφορά τον φάκελο με κατάληξη **.R**, σας συνιστούμε να εγκαταστήσετε το πρόγραμμα **GNU R** για να μπορέσετε να δείτε τα αποτελέσματα όπως εμφανίζονται στο παρακάτω [Σχήμα 3.20].

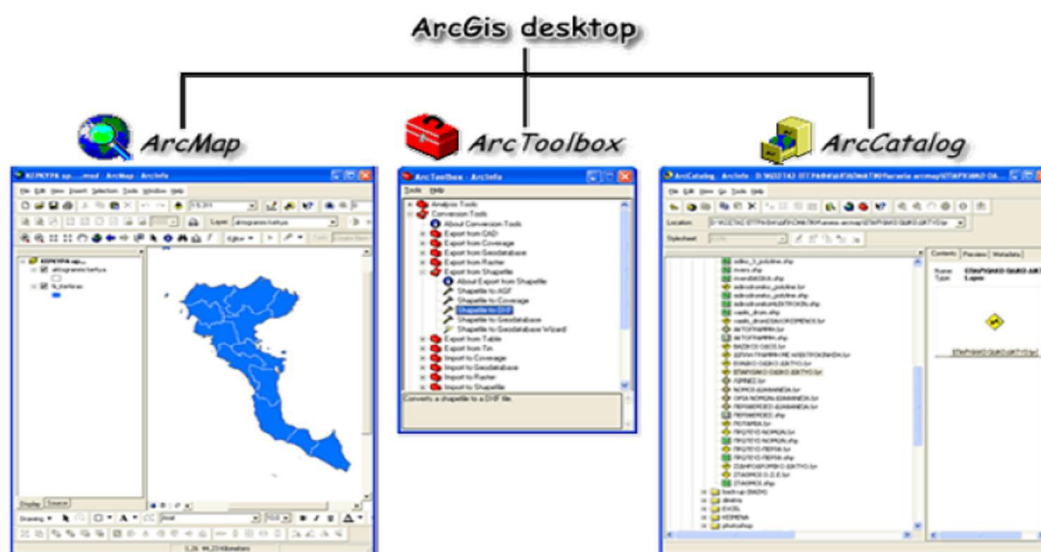


Σχήμα 3.20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ArcGIS ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ.

Στο 4^ο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας μας θα αναλύσουμε διεξοδικά τα στάδια της δημιουργίας του χάρτη πάνω στον οποίο χαρτογραφήθηκε το δίκτυο οπτικών ινών του Δήμου Χανίων μέσω της εφαρμογής του εξειδικευμένου προγράμματος **ArcGIS Desktop** και των διεπαφών **ArcMap**, **ArcView**, **ArcCatalog** [Σχήμα4.1].



Σχήμα 4.1

Το **ArcGIS** είναι ευρέως διαδεδομένο και αποτελείται από πολλά πλαίσια εφαρμογών όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας μας, κάποια εκ των οποίων χρησιμοποιήσαμε για την χαρτογράφηση του δικτύου μας [3].

4.1 Βήματα Για Την Ψηφιακή Δημιουργία Χάρτη.

4.1.1 Επιλογή Εικόνας

Το πρώτο βήμα προς την δημιουργία του χάρτη είναι η επιλογή της εικόνας της περιοχής που πρόκειται να χαρτογραφηθεί. Δεδομένου ότι συνήθως η εικόνα είναι προϊόν του διαδικτύου, η εικόνα που επιλέξαμε μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε τύπο αρχείου (**Jpg**, **png**, **pict**, κτλ.). Το αρχείο αυτό (αν δεν είναι τύπου **.tiff** καθώς οι διεπαφές του **ArcGIS** μπορούν να επεξεργαστούν τις εικόνες μόνο όσες βρίσκονται σε αυτό το **format**), μπορούμε να τις μετατρέψουμε με δωρεάν

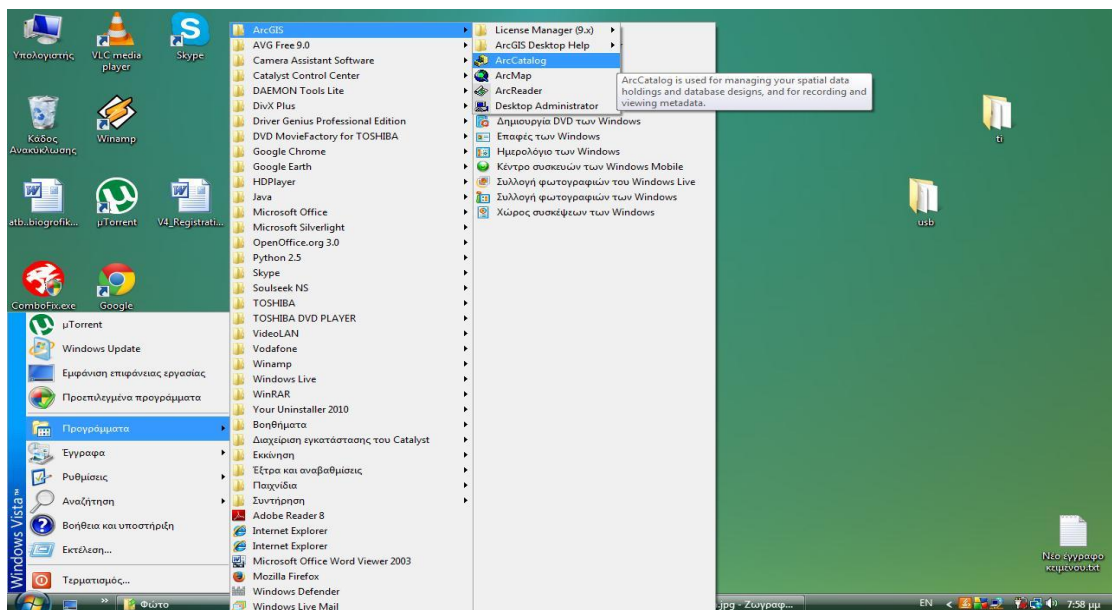
εργαλεία μετατροπής αρχείων μέσω του διαδικτύου, όπως βλέπουμε και στην ιστοσελίδα <http://image.online-convert.com/>.



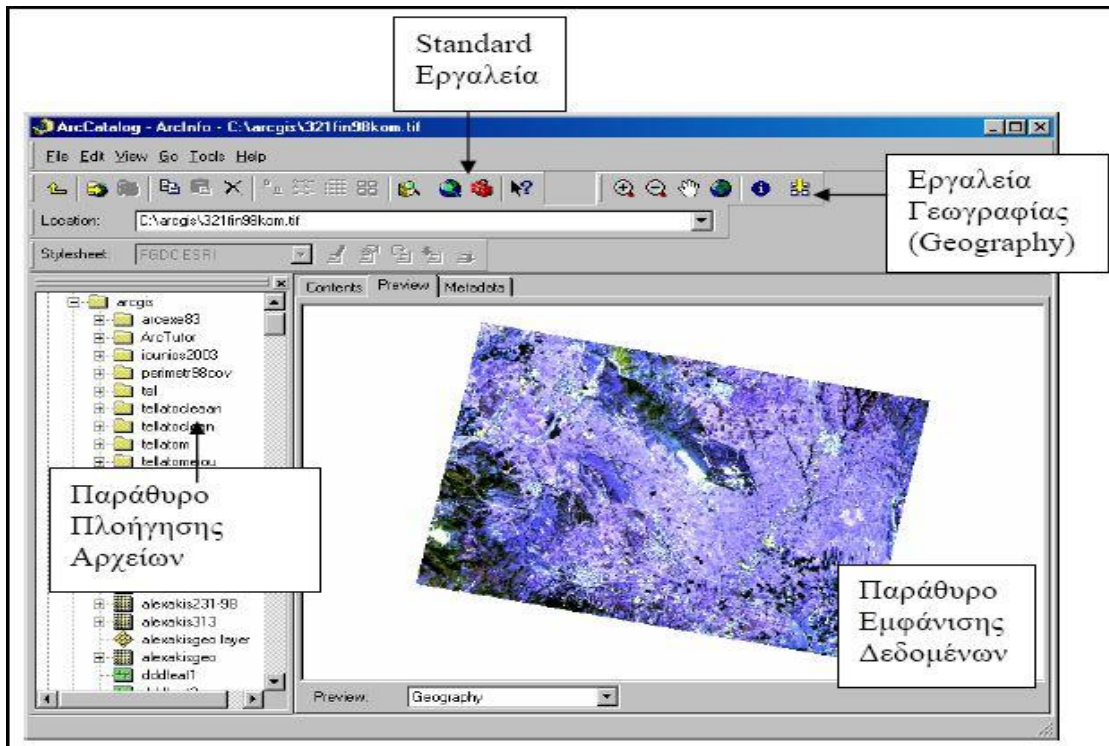
Σχήμα 4.2

Εφ' όσον λοιπόν η εικόνα τροποποιήθηκε την αποθηκεύουμε και μπορούμε πλέον να την επεξεργαστούμε μέσω του **ArcGIS**, όπως η εικόνα της αστικής περιοχής Χανίων του [Σχήματος 4.2]. Συνίσταται η δημιουργία ενός νέου φακέλου για την αποθήκευση δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε καθώς συνεχώς θα προκύπτουν καινούργια δεδομένα και συνεπώς θα ήταν χρήσιμο να βρίσκονται όλα τα στοιχεία προς επεξεργασία στον ίδιο φάκελο για την διευκόλυνσή μας .

Η επόμενη κίνηση που θα πραγματοποιήσουμε είναι να ανοίξουμε την διεπαφή **ArcCatalog** [Σχήμα 4.3]

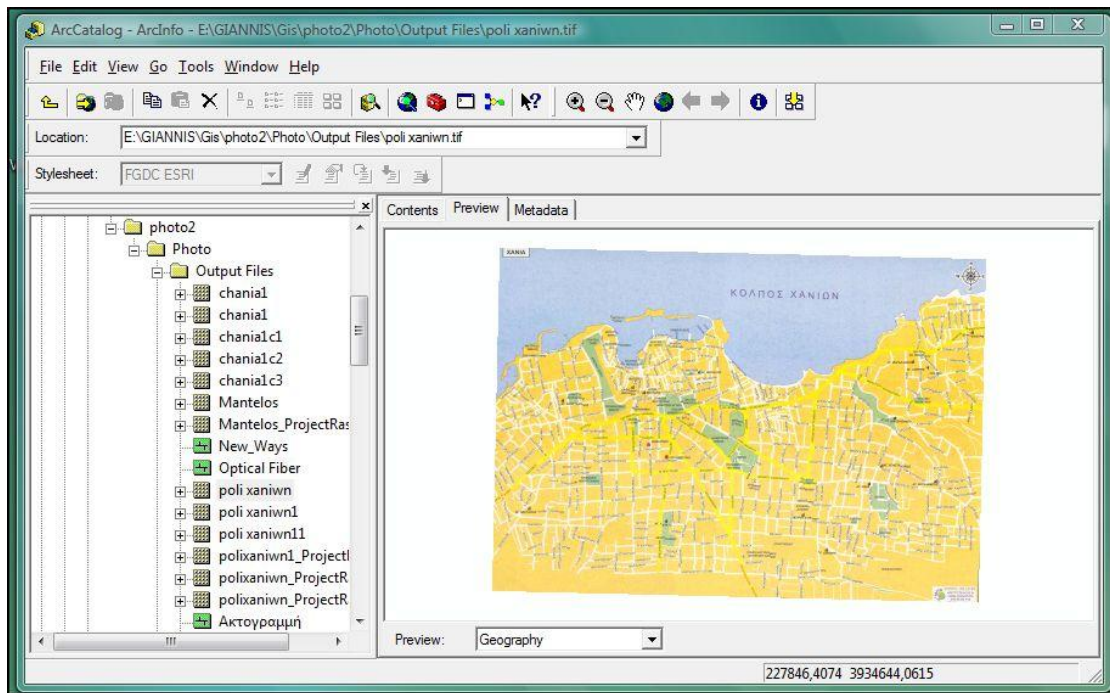


Σχήμα 4.3



Σχήμα 4.4

Στο περιβάλλον της διεπαφής **ArcCatalog [Σχήμα 4.4]** διακρίνουμε τον φάκελο που έχουμε αποθηκεύσει τα αρχεία μας και όπου στο παράθυρο πλοήγησης αρχείων εμπεριέχεται και η πρώτη εικόνα που είχαμε επιλέξει αλλά και η τροποποιημένη σε **Format (.tiff)**. Επιλέγουμε την εικόνα με μορφή αρχείου **(.tiff)** και στο παράθυρο εμφάνισης δεδομένων μάς παρουσιάζεται η εικόνα του χάρτη που επιλέξαμε. **[Σχήμα 4.5]**



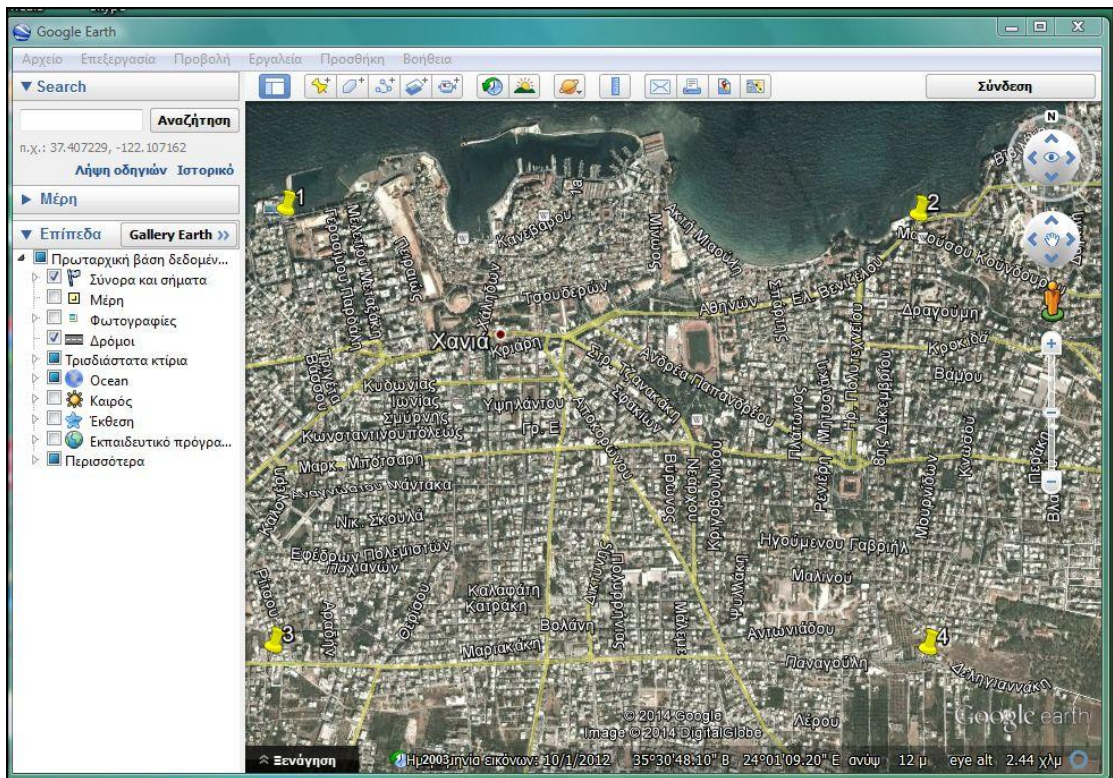
Σχήμα 4.5

Αν κοιτάξουμε προσεκτικά θα παρατηρήσουμε ότι η εικόνα προς επεξεργασία παρεκκλίνει από την θέση που έπρεπε να έχει μέσα στο παράθυρο επεξεργασίας δεδομένων. Αυτό συμβαίνει διότι δεν έχουν οριστεί ακόμα οι γεωγραφικές συντεταγμένες που αφορούν την εικόνα μας .Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στο επόμενο βήμα της εργασίας μας , το στάδιο της γεωαναφοράς.

4.1.2 Γεωαναφορά.

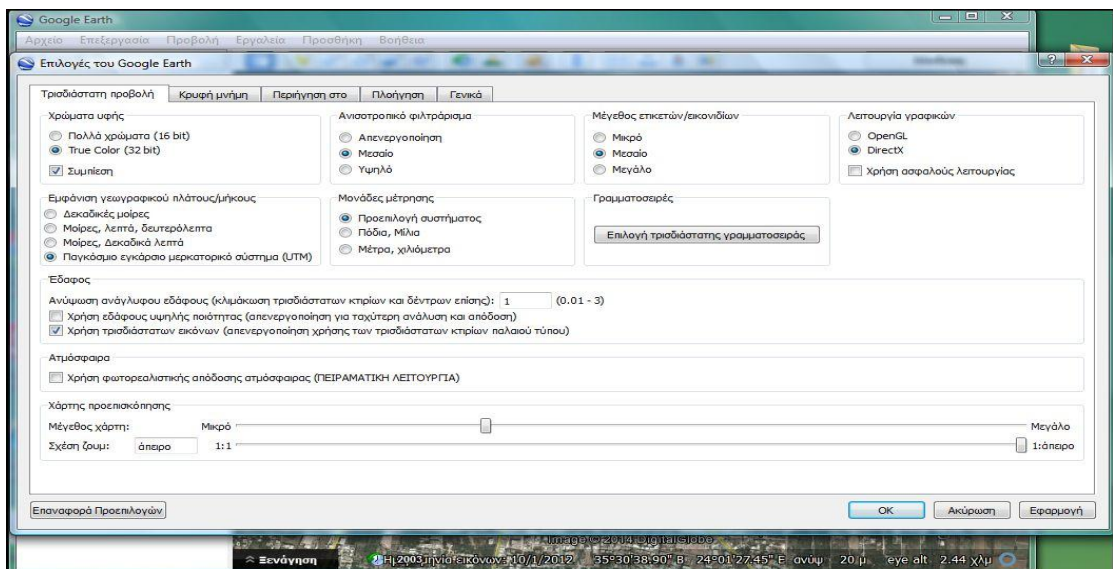
Προκειμένου να προχωρήσουμε στην διαδικασία της γεωαναφοράς πρέπει καταρχήν να γνωρίζουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες 4 σημείων του χάρτη που πρόκειται να επεξεργαστούμε.

Οι εν λόγω γεωγραφικές συντεταγμένες μπορούν να οριστούν είτε μέσω **GPS** ή μέσω του **Google Earth**.Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε το **GPS** η διαδικασία είναι κοπιαστική και χρονοβόρα καθώς απαιτείται μετάβαση στο χώρο προς επεξεργασία .Στην περίπτωση του **Google Earth**, η διαδικασία απλουστεύεται, καθώς το μόνο που απαιτείται είναι η τοποθέτηση 4 πινακίδων σε 4 συγκεκριμένα σημεία του χάρτη έτσι ώστε να περικλείεται σε αυτά η περιοχή η οποία μελετάμε όπως φαίνεται και στο [Σχήμα 4.6]



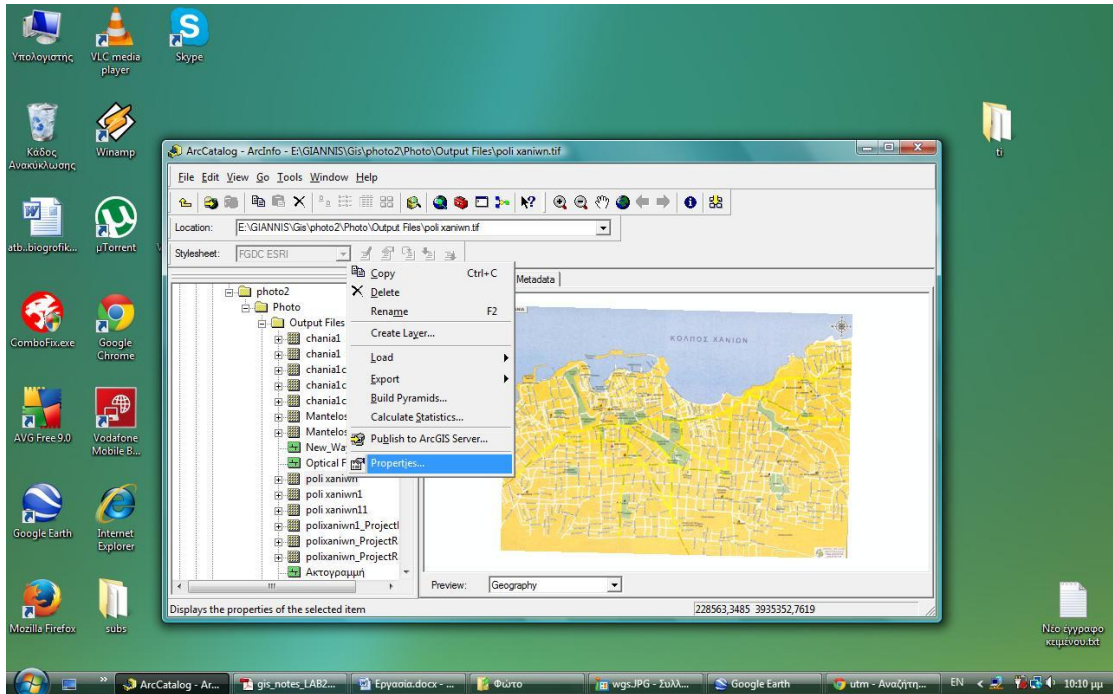
Σχήμα 4.6

Από το κάθε σημείο, λαμβάνουμε και ένα ζεύγος συντεταγμένων, του οποίου η μορφή δύναται να ποικίλει και συνεπώς να μην συμβαδίζει με το προβολικό σύστημα συντεταγμένων του προγράμματος **ArcGIS**. Μέσω των εργαλείων του **Google Earth** όπως βλέπουμε και στο [Σχήμα 4.7] έχουμε την δυνατότητα να τροποποιήσουμε τις συντεταγμένες σε προβολικό σύστημα **UTM** (**U**niversal.**T**ransverse.**M**ercator), το οποίο και συμβαδίζει με το **ArcGIS**.



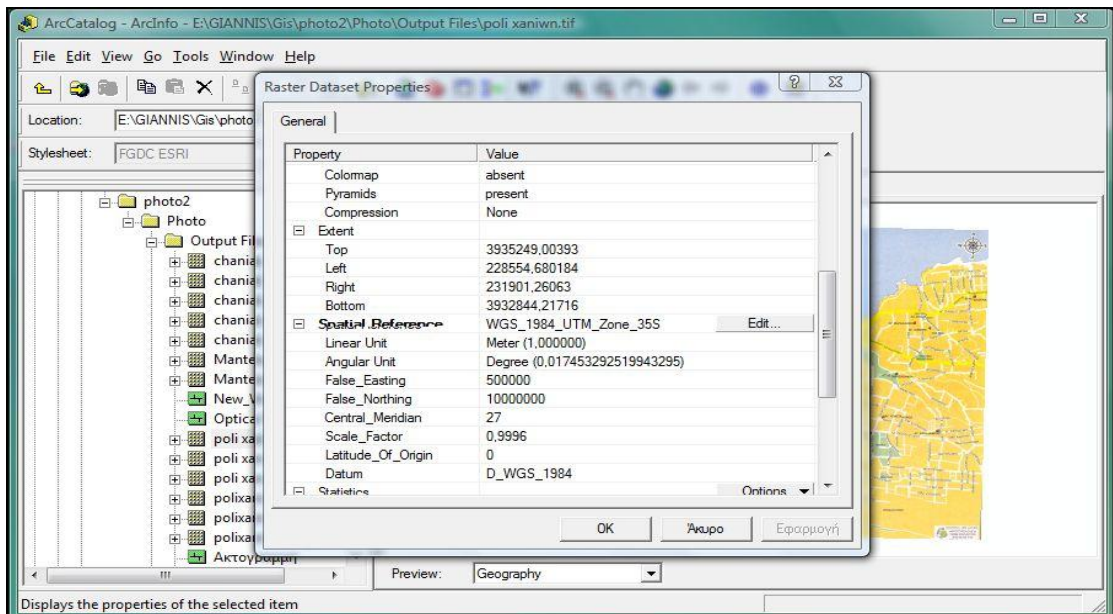
Σχήμα 4.7

Προκειμένου να δηλώσουμε το σύστημα συντεταγμένων της εικόνας μας, επιστρέφουμε στο περιβάλλον του **ArcCatalog** και στο παράθυρο εμφάνισης δεδομένων επιλέγω την εικόνα μου και πατάω **properties** [Σχήμα 4.8]



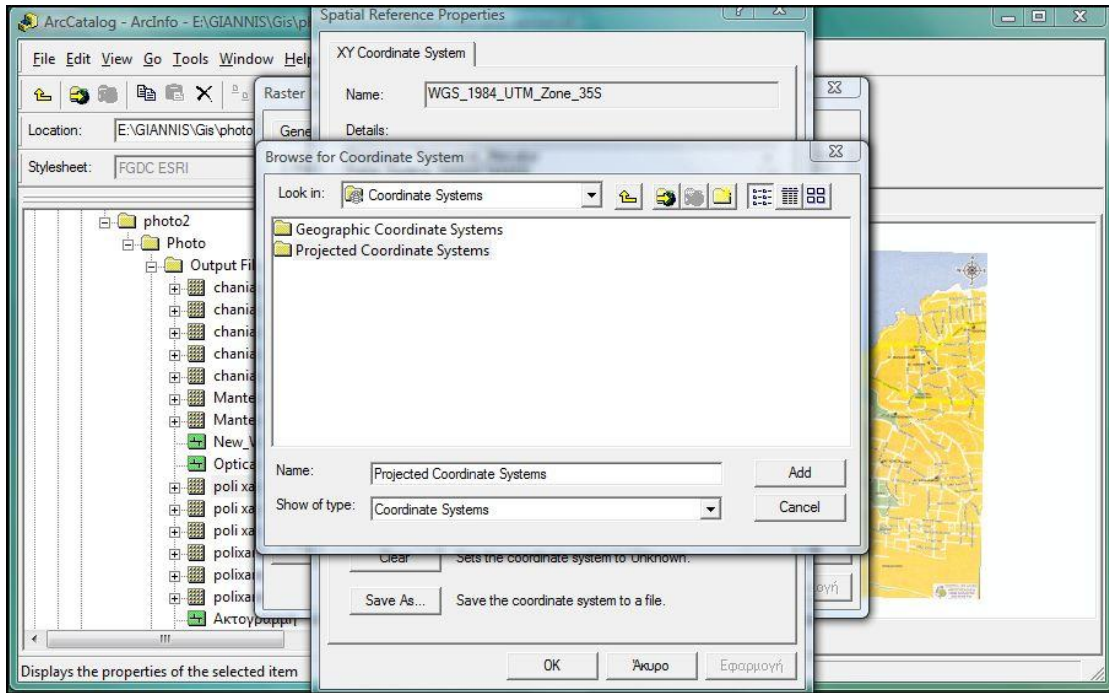
Σχήμα 4.8

Όπως αναφέραμε πατάω **Properties** → **Spatial Reference** → **Edit** → [Σχήμα 4.9].



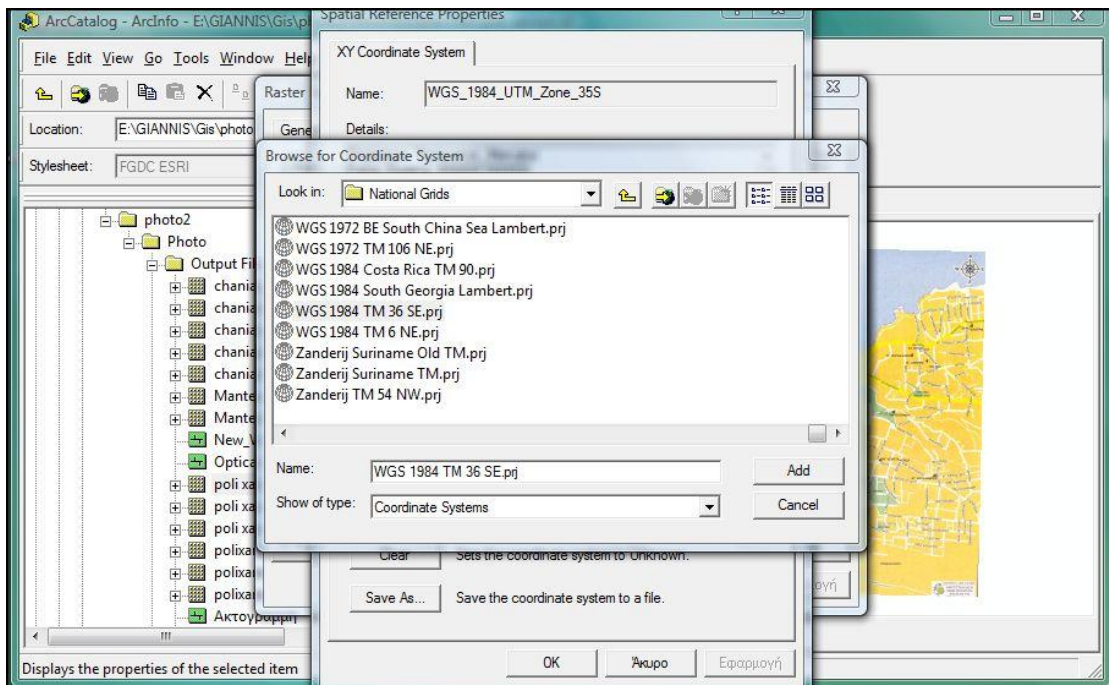
Σχήμα 4.9

Στο αναδυόμενο παράθυρο πατάω→Select→Projected Coordinate System→[Σχήμα 4.10] και στην συνέχεια.



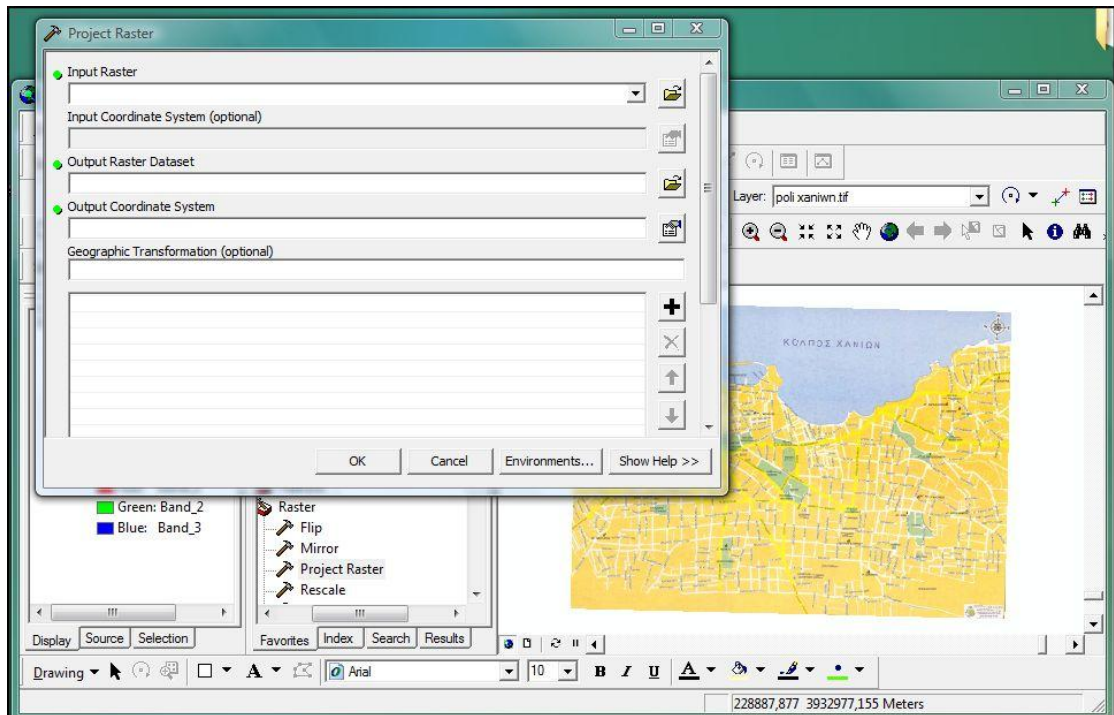
Σχήμα 4.10

→National Grid →WGS 84 35S. [Σχήμα 4.11].



Σχήμα 4.11

Το τελευταίο στάδιο της προετοιμασίας για τη διαδικασία της γεωαναφοράς ,είναι η μετατροπή των συντεταγμένων από μορφή **U.T.M** σε **Ε.Γ.Σ.Α 87(Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87)**.Για την πραγματοποίηση της μετατροπής αυτής θα πρέπει να μεταβούμε στην διεπαφή **ArcMap** ,να φορτώσουμε την εικόνα με κατάληξη **(.tiff)** και μέσω της εργαλειοθήκης **Toolbox** της διεπαφής **ArcMap**, θα ακολουθήσουμε την εξής διαδικασία **→Toolbox→Data Manager Tools→Projections and Transformations →Raster→Project Raster**.



Σχήμα 4.12

Στο αναδυόμενο παράθυρο όπως βλέπω από το **[Σχήμα 4.12]**, στην επιλογή **Input Raster** επιλέξαμε να δουλέψουμε την εικόνα του χάρτη μας με την κατάληξη **(.tiff)**, επιλέγουμε το **Output Coordinate System** και από αυτό προκύπτει άλλο ένα αναδυόμενο παράθυρο. Στο αναδυόμενο αυτό παράθυρο επιλέγουμε την εντολή **Select** ,η οποία μάς δίνει ένα ακόμα αναδυόμενο παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε **Projected Coordinate System→National Grids →Greek Grid →Add→** και μάς εμφανίζει την τελική μορφή της εικόνας κατά το **Ε.Γ.Σ.Α87**.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διαδικασιών μπορούμε να περάσουμε στην γεωαναφορά με την βοήθεια των τεσσάρων ακόλουθων σημείων που οριοθετούν την εικόνα μας .

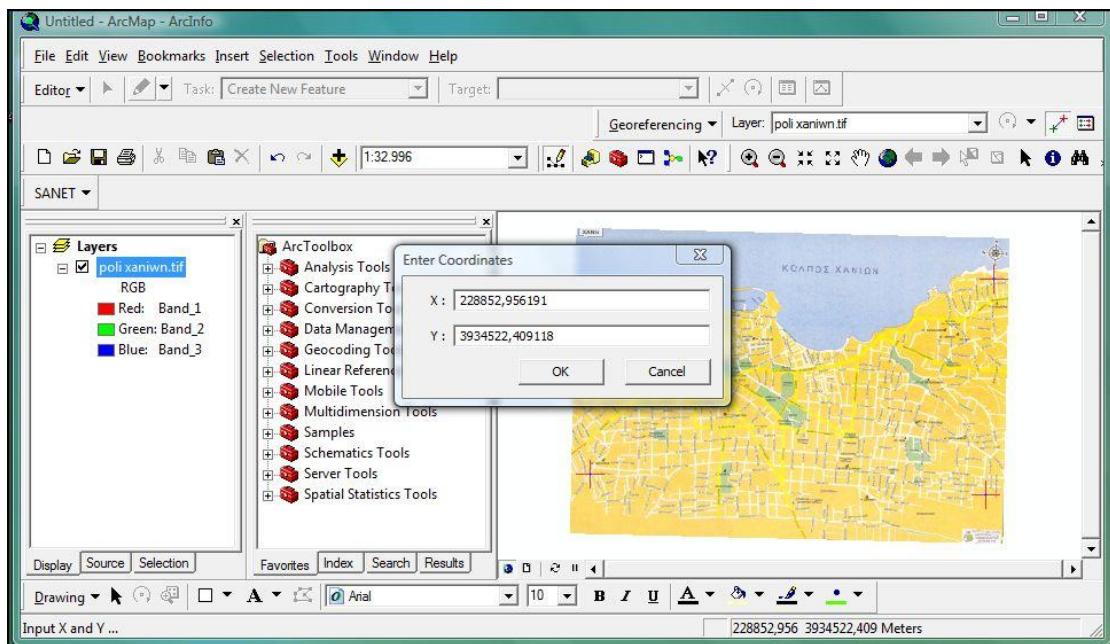
1: X (35S 229000,36μΑ) Υ(3934717,53λΒ),

2: X (35S 231203,84μΑ).Υ(3935009,09λΒ),

3: X (35S 228517,75μΑ).Υ(3928174,71λΒ),

4:X(230470,68μΑ).Y(3936523,57λΒ).

Έχοντας ήδη την εικόνα φορτωμένη στο περιβάλλον του **ArcMap** επιλέγω από το μενού **→View→Toolbars→**και στο πτυσσόμενο μενού **Georeferencing** θα εμφανιστεί η εργαλειοθήκη **Georeferencing** επιλέγω την πάνω αριστερά γωνία του χάρτη όπως θα δούμε και στο **[Σχήμα 4.13]** κάνουμε αριστερό και δεξί κλικ με το ποντίκι μας και επιλέγουμε **Input X and Y** και εισάγουμε τα 4 σημεία .Απο το μενού **Georeferencing** επιλέγω **Update Georeferencing** και έτσι έχουμε ολοκληρώσει την διαδικασία της γεωαναφοράς της εικόνας μας.



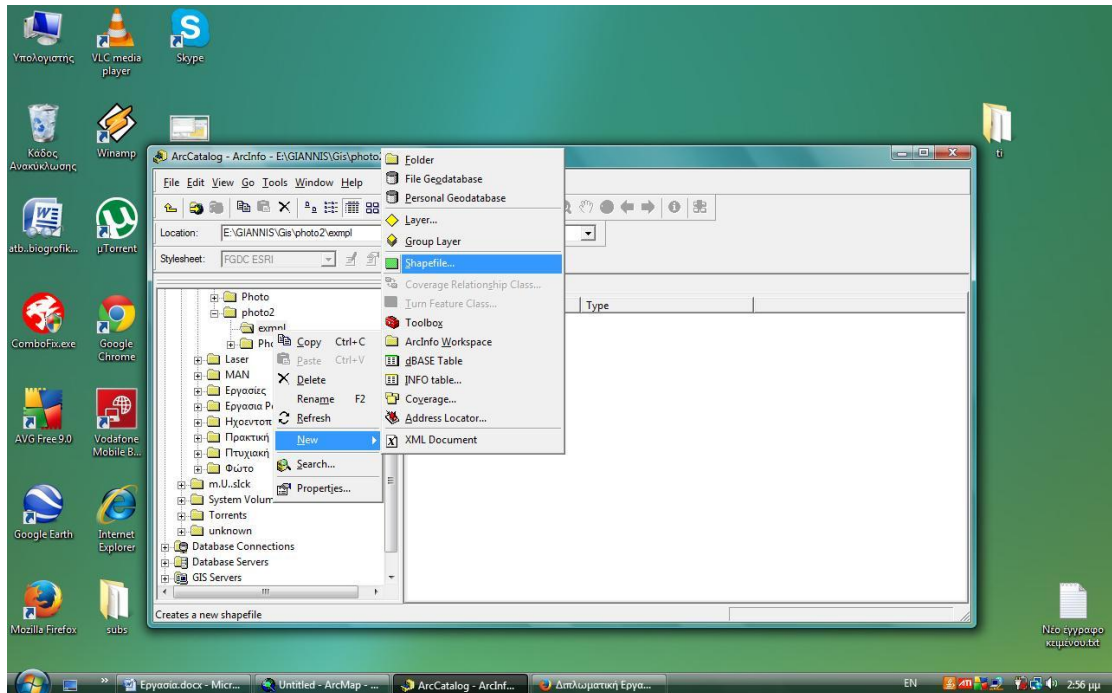
Σχήμα 4.13

4.1.3 Ψηφιοποίηση της με γεωαναφορά .tiff εικόνας.

Το τελευταίο στάδιο για την δημιουργία του χάρτη μας είναι η ψηφιοποίηση της εικόνας, για την οποία θα χρειαστεί να δημιουργήσουμε σχηματικά αρχεία (**Shapefile**) που θα εμπεριέχουν τις (θέσεις κόμβων οπτικού δικτύου), τύπου γραμμών (δίκτυο δρόμων, δίκτυο οπτικών ινών).

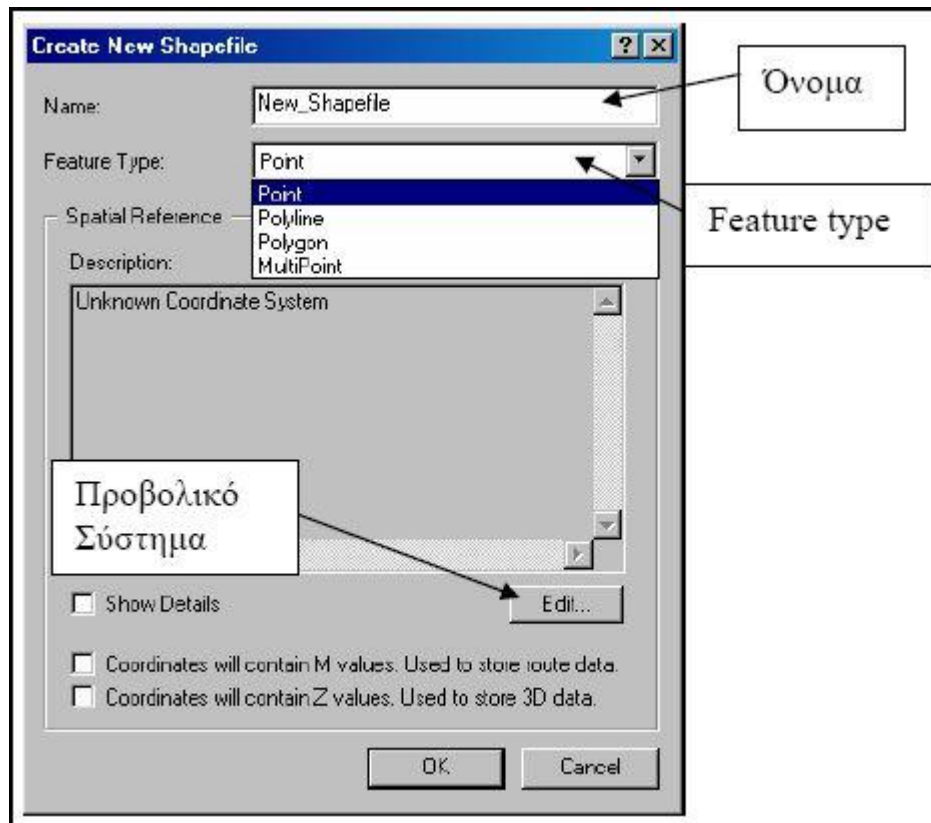
Τα εν λόγω (**Shapefile**) περιέχουν γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα τα οποία μπορούν να διορθωθούν μέσα από το περιβάλλον του **ArcView** και μπορούν να υποστηρίξουν ένα τύπο (**Feature type**) την φορά,(σημειακό, γραμμικό, πολυγωνικό). Τα σχηματικά αρχεία (**Shapefile**) θα τα δημιουργήσουμε στον φάκελο που έχουμε χρησιμοποιήσει και για την γεωαναφορά, στο περιβάλλον του

ArcCatalog μέσω της εξής διαδικασίας : εκτελούμε δεξί κλικ στα περιεχόμενα του φακέλου που έχουμε επιλέξει [Σχήμα 4.14] και



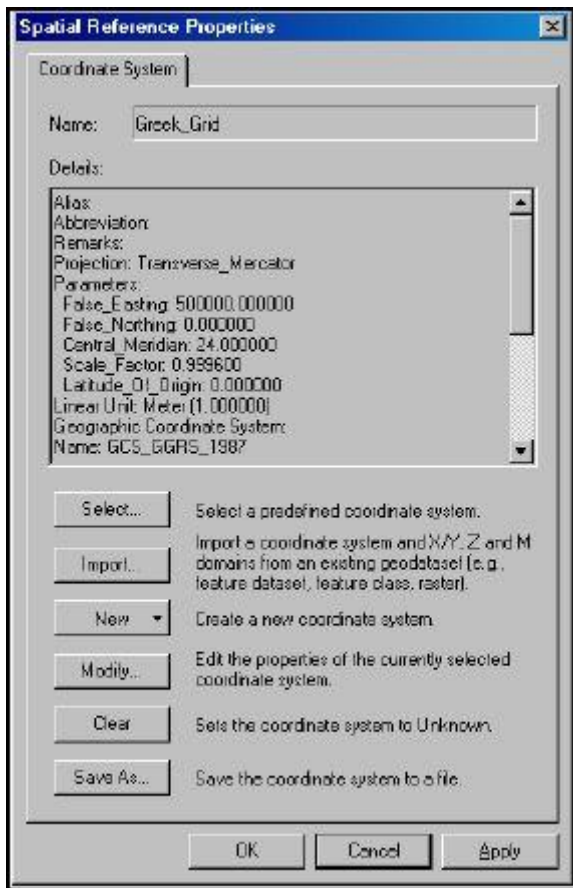
Σχήμα 4.14

από τις εντολές που μάς εμφανίζει επιλέγουμε → **new** → **shapefile**. Στο παράθυρο που αναδύεται ορίζουμε το όνομα (**name**), τύπο (**feature type**), και αν θα είναι σημειακό, γραμμικό, ή πολυγωνικό όπως βλέπουμε και στο [Σχήμα 4.15]

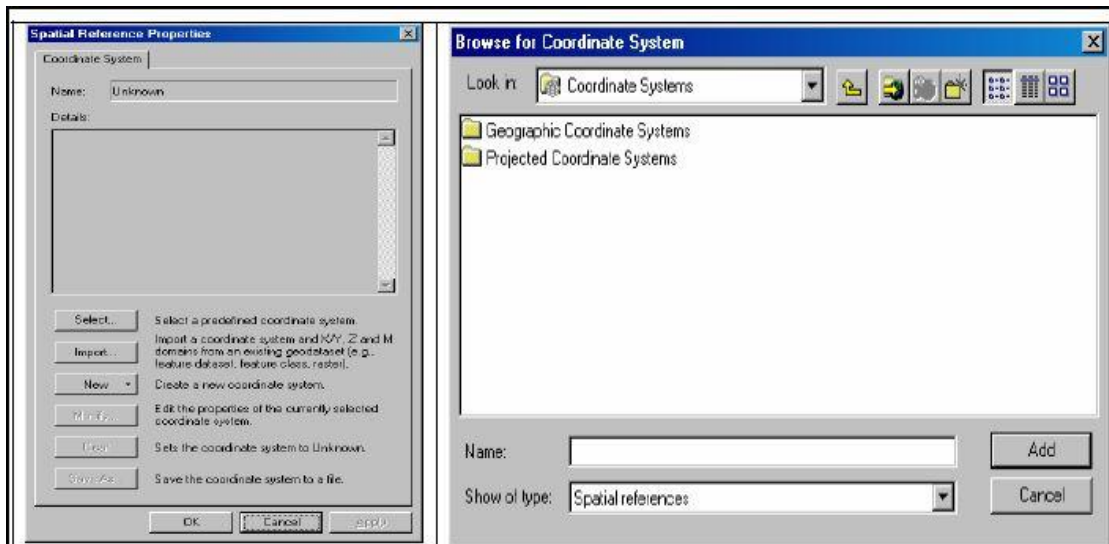


Σχήμα 4.15

Επίσης θα πρέπει να καθορίσουμε και το προβολικό σύστημα του **Shapefile** όπως είδαμε και από το **[Σχήμα4.15]**. Στη φόρμα που ήδη έχουμε ανοίξει επιλέγουμε **Edit**. Στη συνέχεια στο αναδυόμενο παράθυρο **Spatial Reference Properties** όπως βλέπουμε και από το **[Σχήμα 4.16]** επιλέγουμε **Select** για να εισάγουμε το προβολικό σύστημα. Στο παράθυρο **Browse For Coordinate System** που ανοίγει όπως βλέπουμε και στο **[Σχήμα 4.17]** επιλέγουμε **Projected Coordinate System** και για την Ελλάδα όπου χρησιμοποιείται το προβολικό σύστημα **ΕΓΣΑ '87** με τοπικό ελλειψοειδές το **GRS 80**, επιλέγουμε **Projected Grids** και **Greek Grid.prj**.



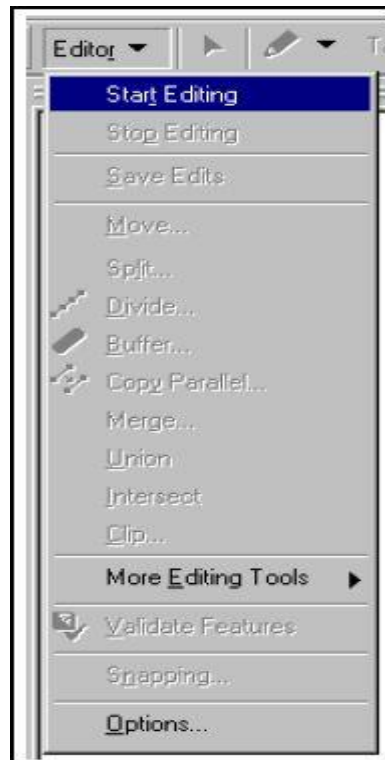
Σχήμα 4.16



Σχήμα 4.17

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει την διαδικασία επανερχόμεστε στο περιβάλλον του **ArcMap** και μέσω του εικονιδίου **Add Data** εισάγουμε το/τα νέα **Shapefile** και την εικόνα που έχουμε γεωαναφέρει. Προκειμένου να ξεκινήσουμε την ψηφιοποίηση, επιλέγουμε από το μενού **View**, την επιλογή **Toolbars** και στο πτυσσόμενο μενού **Editor** θα εμφανιστεί η εργαλειοθήκη **Editor** .

Για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση από το μενού **Editor** όπως φαίνεται και από το **[Σχήμα4.18]**.



Σχήμα 4.18

Επιλέγουμε **Start Editing** και στην συνέχεια ενεργοποιούμε το εικονίδιο **Sketch Tool** **[Σχήμα4.19]**.



Σχήμα 4.19

Θα πρέπει να προσέχουμε πάντα το **Editing** να γίνεται πάντα στο σωστό επίπεδο (**Target**) προς αποφυγή λαθών και διευκόλυνσής μας .Εφόσον λοιπόν βεβαιωθούμε γι' αυτό, κάνουμε δεξί κλικ μέσα στο χώρο σχεδίασης και συγκεκριμένα πάνω στην κορυφή που σχεδιάζουμε, εμφανίζεται μια λίστα επιλογών Από εκεί επιλέγουμε **Finish Sketch** ή απλά κάνουμε διπλό κλικ πάνω στο γράφημα μας. Είτε με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο , ολοκληρώνουμε την διαδικασία σχεδιασμού της συγκεκριμένης γεωγραφικής οντότητας και μπορούμε να περάσουμε πλέον στον πληροφοριακό εμπλουτισμό το εκάστοτε χάρτη που επεξεργαζόμαστε .

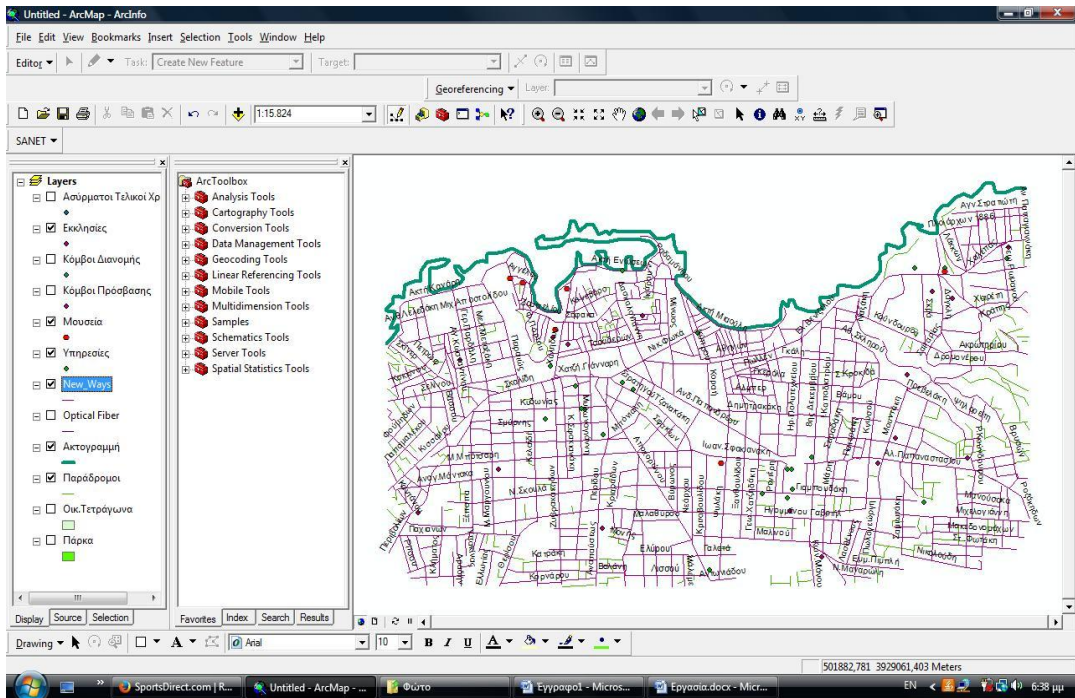
4.2 Προβολή Της Ψηφιοποιημένης Μορφής Του Χάρτη Δήμου Χανίων.

Στην τελευταία ενότητα της εργασίας μας και εφόσον πλέον έχουμε ολοκληρώσει τις διαδικασίες για την δημιουργία της ψηφιοποιημένης μορφής του χάρτη , μπορούμε πλέον να προβάλουμε την ολοκληρωμένη μορφή του χάρτη που επεξεργαζόμαστε ο οποίος περιλαμβάνει τόσο το δίκτυο οπτικών ινών του Δήμου Χανίων όσο και τις υπηρεσίες χρήστες του (**MAN**) που επωφελούνται από αυτό, όπως φαίνεται και από το **[Σχήμα4.26]**.

Πλησιάζοντας στο τέλος της εργασίας μας διαφαίνεται πλέον ο σκοπός της ύπαρξης ενός ψηφιακού χάρτη όπως βλέπουμε και από τα **[Σχήματα 4.23 , 4.24 , 4.25 και το Σχήμα 4.26]**, του Δήμου Χανίων που να περιέχει και το δίκτυο οπτικών ινών κάτι το οποίο μέχρι στιγμής δεν υπήρχε .Εν έτει 2014 όμως είναι απαραίτητη η ύπαρξή του, είτε λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης παροχών , είτε για επεκτάσεις ή για πιθανές διορθώσεις μέσω μαθηματικών εργαλείων όπως αυτά που χειριστήκαμε και στην εν λόγω εργασία.

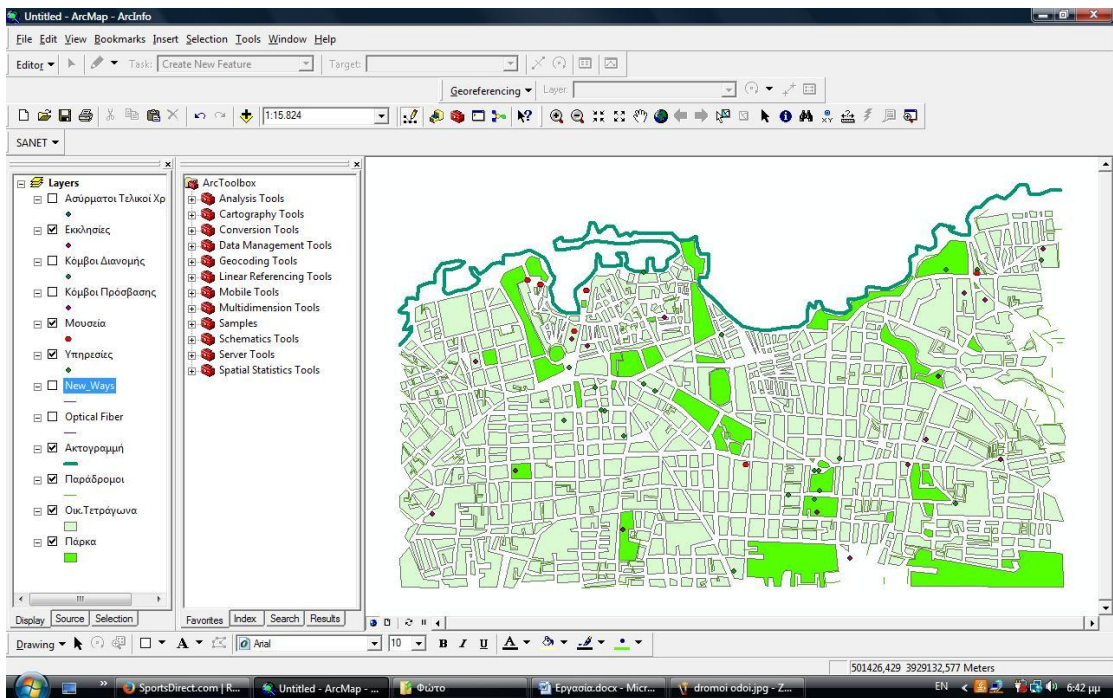
Παρατίθενται παρακάτω εικόνες της ολοκληρωμένης ψηφιακής μορφής του χάρτη καθώς και του δικτύου οπτικών ινών που μελετάμε. Τα σχήματα που ακολουθούν αφορούν σ' ένα ψηφιοποιημένο χάρτη ο οποίος εκτός από τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του απλού κλασσικού χάρτη όπως π.χ ακτογραμμή , πάρκα, υπηρεσίες, μουσεία, δρόμους.[Όπως παρουσιάζονται στα **Σχήματα 4.20, 4.21,και 4.22]**,περιλαμβάνει ακόμα πιο συγκεκριμένες τεχνικές πληροφορίες , όπως το δίκτυο οπτικών ινών, τους κόμβους διανομής και πρόσβασης, τους ασύρματους τελικούς χρήστες, καθώς και τις δημόσιες υπηρεσίες που το χρησιμοποιούν όπως βλέπουμε και στα **[Σχήματα 4.23, 4.24, 4.25και 4.26]**.

Ακτογραμμή (γαλάζιο χρώμα), δρόμοι(βιολετί χρώμα), οδοί.



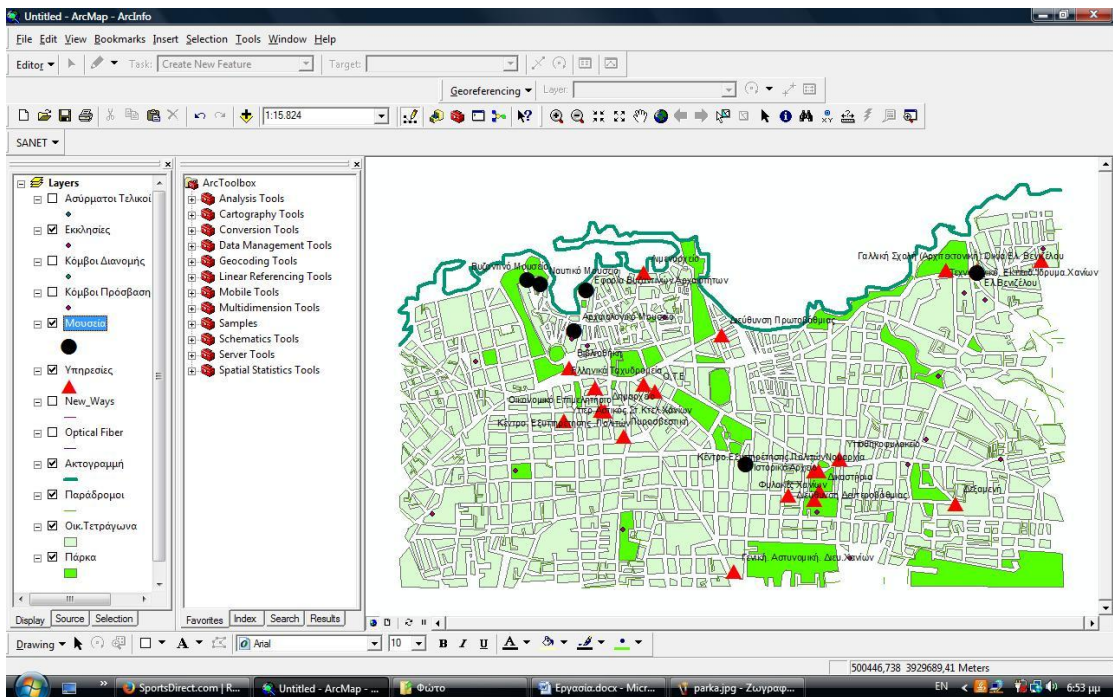
Σχήμα 4.20

Οικοδομικά τετράγωνα (γαλάζιο χρώμα) και πάρκα (πράσινο χρώμα).



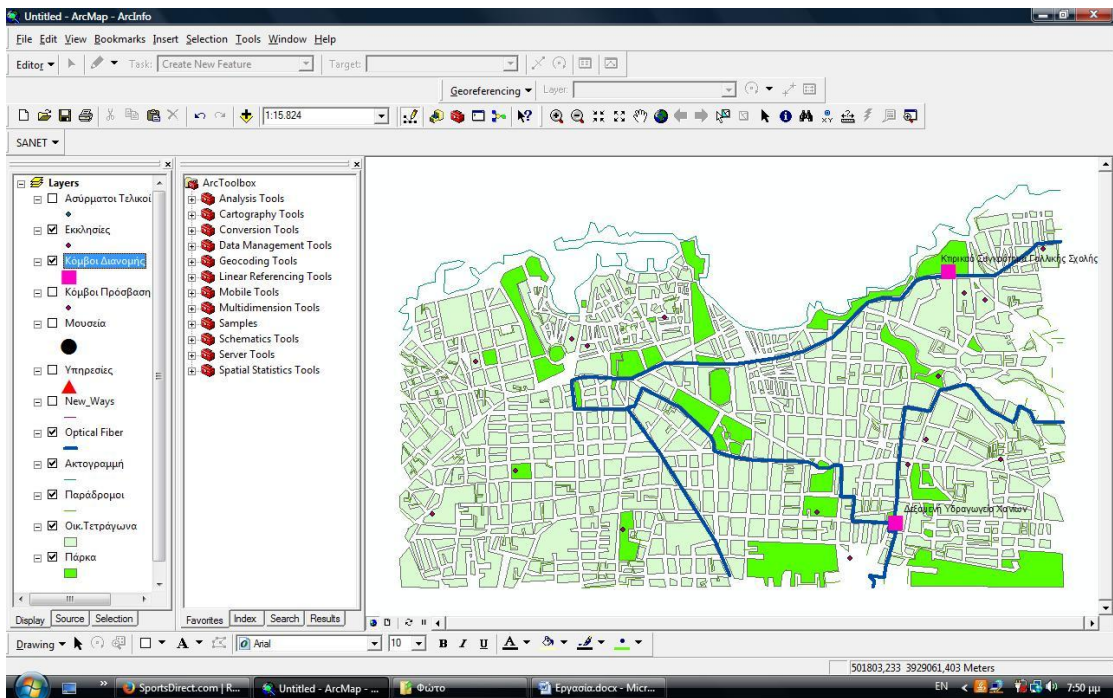
Σχήμα 4.21

Υπηρεσίες (τρίγωνο κόκκινο χρώμα) και μουσεία (κύκλος μαύρο χρώμα).



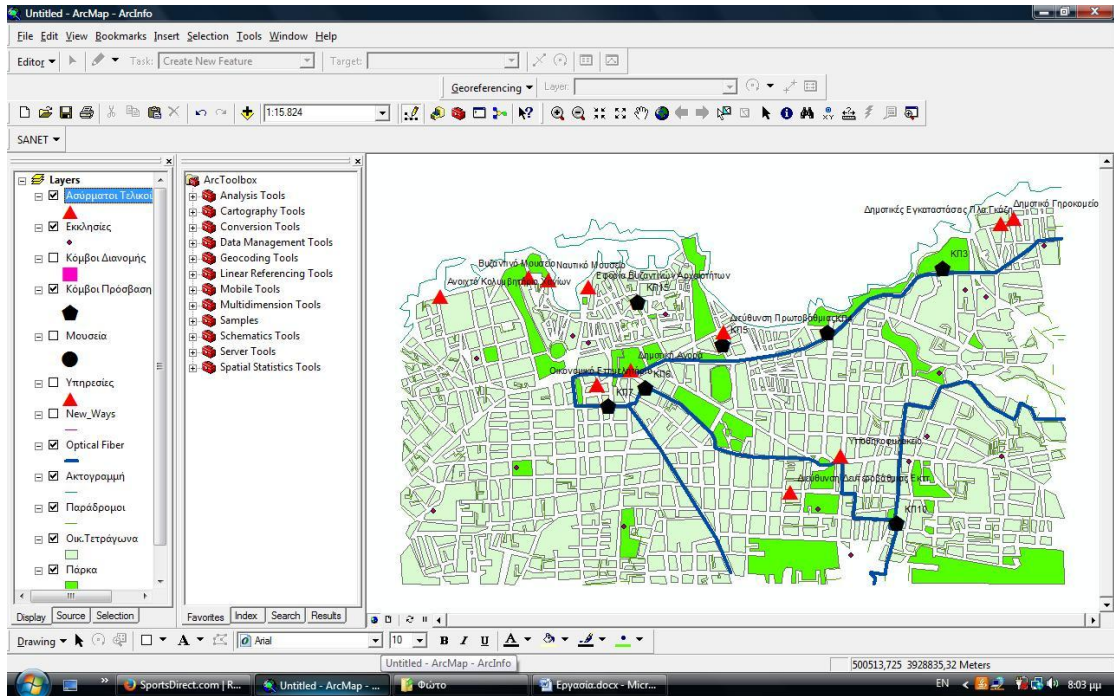
Σχήμα 4.22

Οπτική ίνα (μπλε χρώμα), κόμβοι διανομής(τετράγωνο ροζ χρώμα).



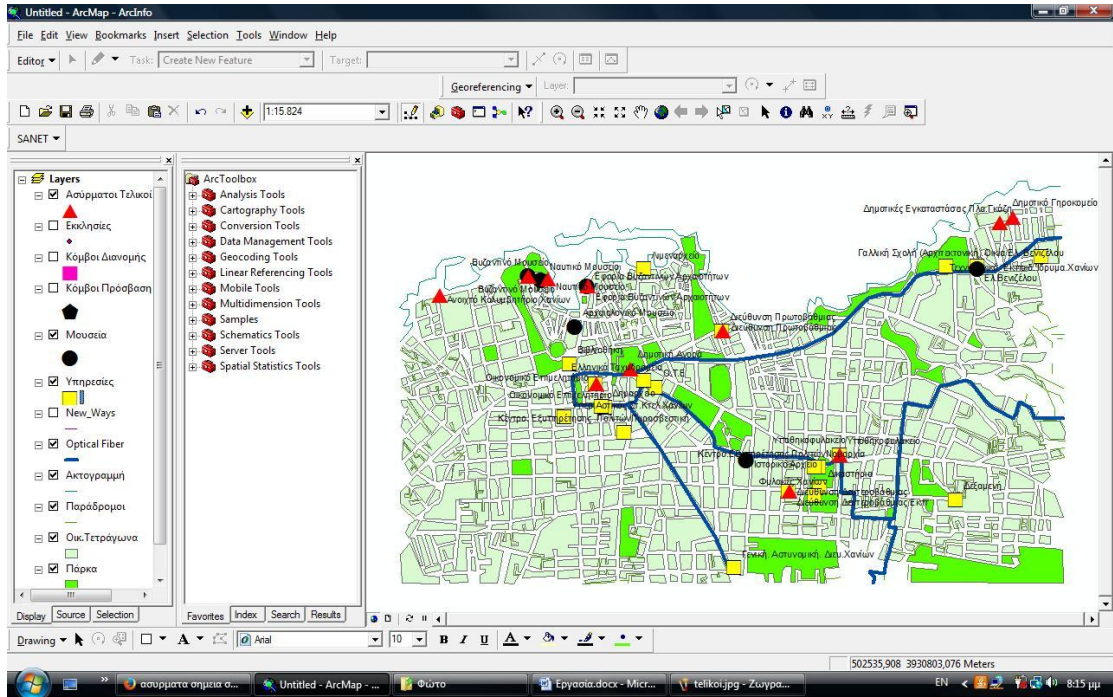
Σχήμα 4.23

Κόμβοι πρόσβασης (πεντάγωνο μαύρο χρώμα) σημεία ασύρματης σύνδεσης (τρίγωνο κόκκινο χρώμα).



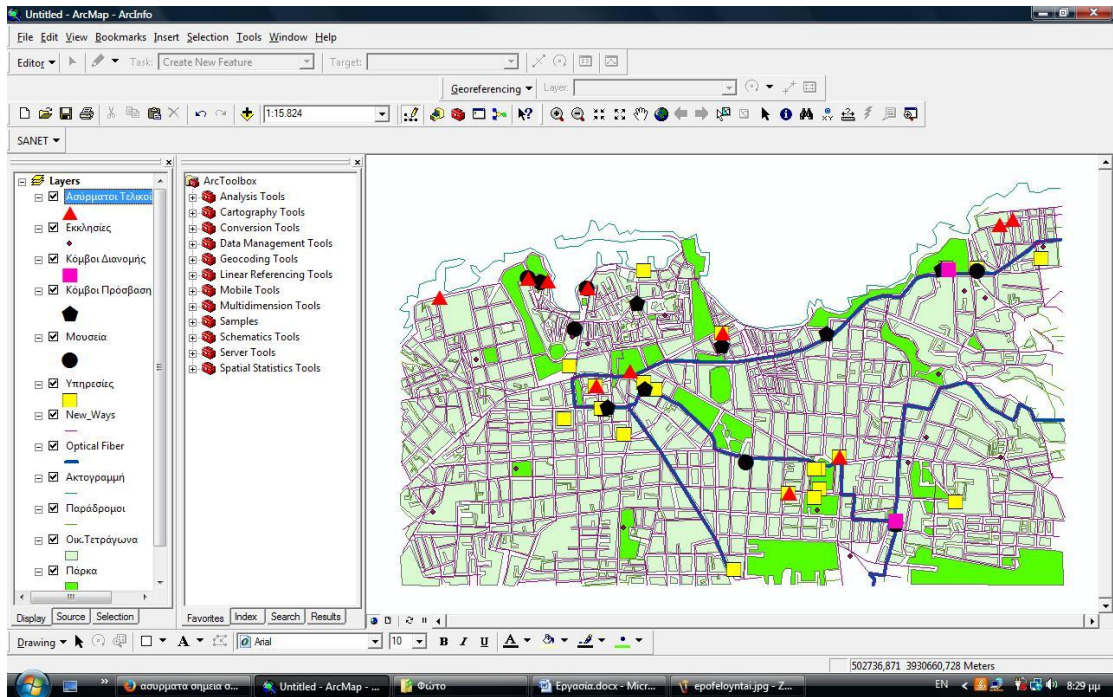
Σχήμα 4.24

Υπηρεσίες (τετράγωνο κίτρινο χρώμα) και μουσεία (κύκλος μαύρο χρώμα) που επωφελούνται του δικτύου οπτικών ινών (μπλε χρώμα) και των σημείων ασύρματης σύνδεσης (τρίγωνο κόκκινο χρώμα).



Σχήμα 4.25

Μια επισκόπηση για την τελική μορφή του με όποιο τεχνικό χαρακτηριστικό έχουμε προσθέσει στον χάρτη μας ,οπτική ίνα (μπλε γραμμή),κόμβοι διανομής (τετράγωνο ροζ χρώμα),κόμβοι πρόσβασης(πεντάγωνο μαύρο χρώμα),σημεία ασύρματης σύνδεσης (τρίγωνο κόκκινο χρώμα),υπηρεσίες (τετράγωνο κίτρινο χρώμα), μουσεία (κύκλος μαύρο χρώμα)



Σχήμα 4.26

4.3 Αποτελέσματα-Συμπεράσματα .

Καταλήγοντας, πρωταρχικός σκοπός της εργασίας μας ήταν να εξοικειωθούμε με την έννοια των Μητροπολιτικών Δικτύων Οπτικών Ινών που στην ουσία απαρτίζονται τόσο από προϋπάρχοντα δίκτυα , τα οποία με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας, βελτιώνονται, αναβαθμίζονται και επεκτείνονται, όσον αφορά τουλάχιστον στα μεγάλα αστικά κέντρα, όσο και από ομάδες μικρότερων δήμων τα οποία με την σειρά τους εντέλει θα δημιουργήσουν ένα καινούργιο μητροπολιτικό δίκτυο. Στοχεύσαμε επίσης στην ανάδειξη των δυνατοτήτων της εφαρμογής αυτής σε τομείς όπως η δημόσια υγεία, η εκπαίδευση, η εξυπηρέτηση πολιτών, οι δημόσιες υπηρεσίες αλλά και σε πιο εξειδικευμένες υπηρεσίες που αφορούν στην επικοινωνία ή και στην διασκέδαση. Επιπρόσθετα παρέχεται η δυνατότητα μελέτης , της αρχιτεκτονικής δομής του δικτύου όπως επίσης και της σύνθεσης του ενεργού δικτυακού εξοπλισμού πάνω στον οποίο θα στηριχθεί και η ανάπτυξη του παραπάνω δικτύου στο μέλλον.

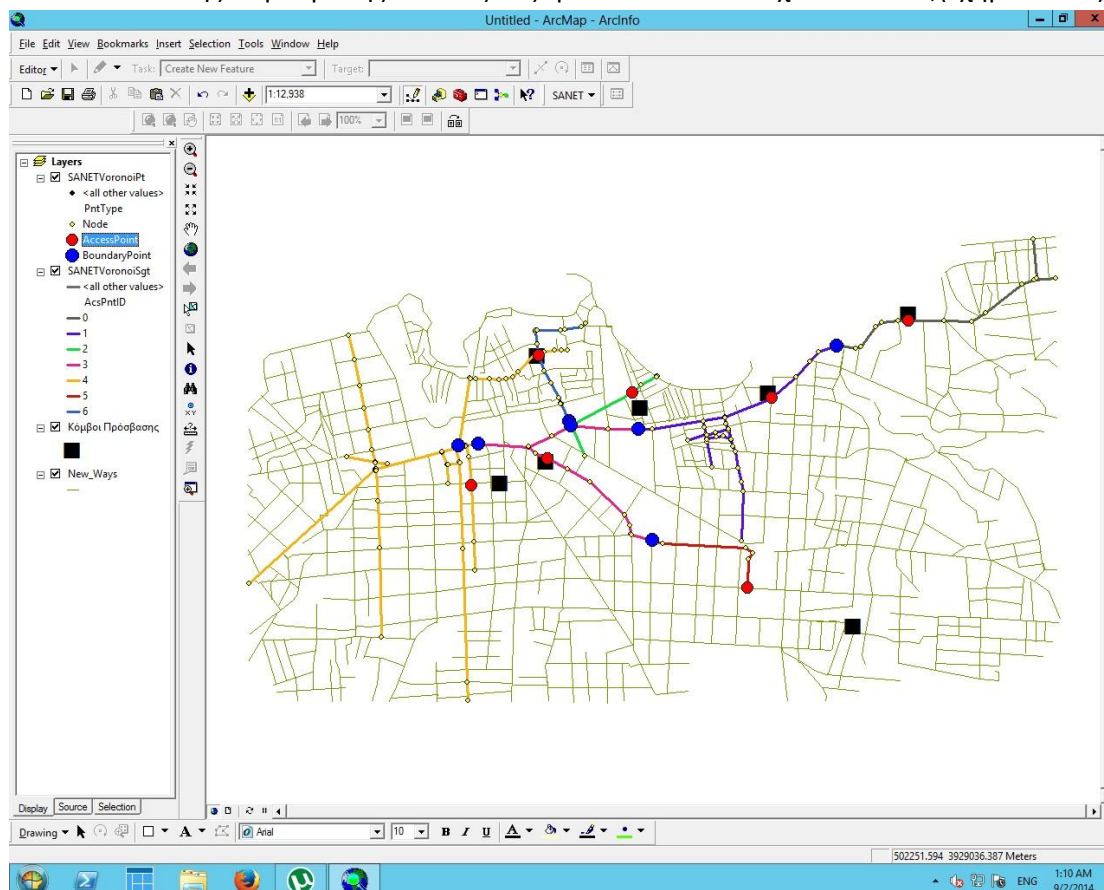
Προκειμένου να προχωρήσουμε στην πραγματοποίηση της εφαρμογής επί των Μητροπολιτικών Δικτύων, στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας , αναφερθήκαμε στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Βασικό τους γνώρισμα είναι, ότι ένα μεγάλο ποσοστό χωρικών δεδομένων υπάρχει σε ψηφιακή μορφή έτοιμο προς αποθήκευση και ανάλυση, χρησιμοποιούν τη γεωγραφία του χώρου εν προκειμένω, ως κοινό στοιχείο μεταξύ των διαφόρων ομάδων δεδομένων, συνδυάζοντας ισότιμα τη γεωγραφική (χαρτογραφική)και αναλυτική (στατιστική)πληροφορία. Καταλήξαμε, λοιπόν ότι κρίνεται ουσιώδη η αναφορά και κυρίως η ανάλυση των βασικών προγραμμάτων που μας βοηθούν ως προς το προαναφερθέν επιχείρημα καθώς το πρόγραμμα **G.I.S** (που αφορά τις τηλεπικοινωνίες) αποτελεί ένα νέο σύνορο για της εφαρμογές των **Γ.Π.Σ.** το οποίο καθίσταται πλέον απαραίτητο για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της χωρικής ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιακών υποδομών. Με την χρήση του **G.I.S** συνεπώς συμπεραίνουμε ότι , μέσω εκτενέστερων και σαφέστερων οπτικών χαρτών και γραφημάτων χάρις στα οποία εντοπίζονται όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου, επιτυγχάνουμε την αποτελεσματικότερη διαχείριση, ορθότερη επίβλεψη και έγκαιρη επιδιόρθωσή του.

Προχωρήσαμε επίσης στην επεξήγηση της λειτουργίας των μαθηματικών εργαλείων που περιέχει η εργαλειοθήκη **SANET**, μια εργαλειοθήκη αναγκαία στην χωρική ανάλυση των δικτύων .Για παράδειγμα, αναλύοντας την λειτουργία των διαγραμμάτων Voronoi , συμπεραίνουμε ότι υπάρχει πλέον η δυνατότητα διαμερισμού του δικτύου προς εξέταση , εφόσον το προσδιορίσουμε από τις αποστάσεις του προκαθορισμένου συνόλου αντικειμένων που βρίσκονται στον χώρο του δικτύου, τα οποία μπορεί να είναι είτε οι τελικοί χρήστες ή κόμβοι διανομής και πρόσβασης του δικτύου μας, μέσω της λειτουργίας **Network K.D.E**, μάς παρέχεται η δυνατότητα εκτίμησης της χωρικής λειτουργίας των σημείων πάνω στο δίκτυο, ως προς την υπόδειξη των hot spots ή και των black spots, για παράδειγμα Στην συνέχεια παραθέσαμε τις λειτουργίες **Nearest Neighbor** και **K Function**, η πρώτη από τις οποίες , παρέχεται προκειμένου να επαληθεύεται η μηδενική υπόθεση ότι τα στοιχεία είναι τυχαία και ανεξάρτητα κατανομημένα σ' ένα δεδομένο δίκτυο , και η δεύτερη προκειμένου να εξετάζουμε ένα , πως και πόσο τα σημεία συγκεντρώνονται ή

απλώνονται σε σχέση με τον μέσο όρο των αριθμών των σημείων που απαρτίζουν το δίκτυο στην κοντινότερη απόσταση από κάθε σημείο.

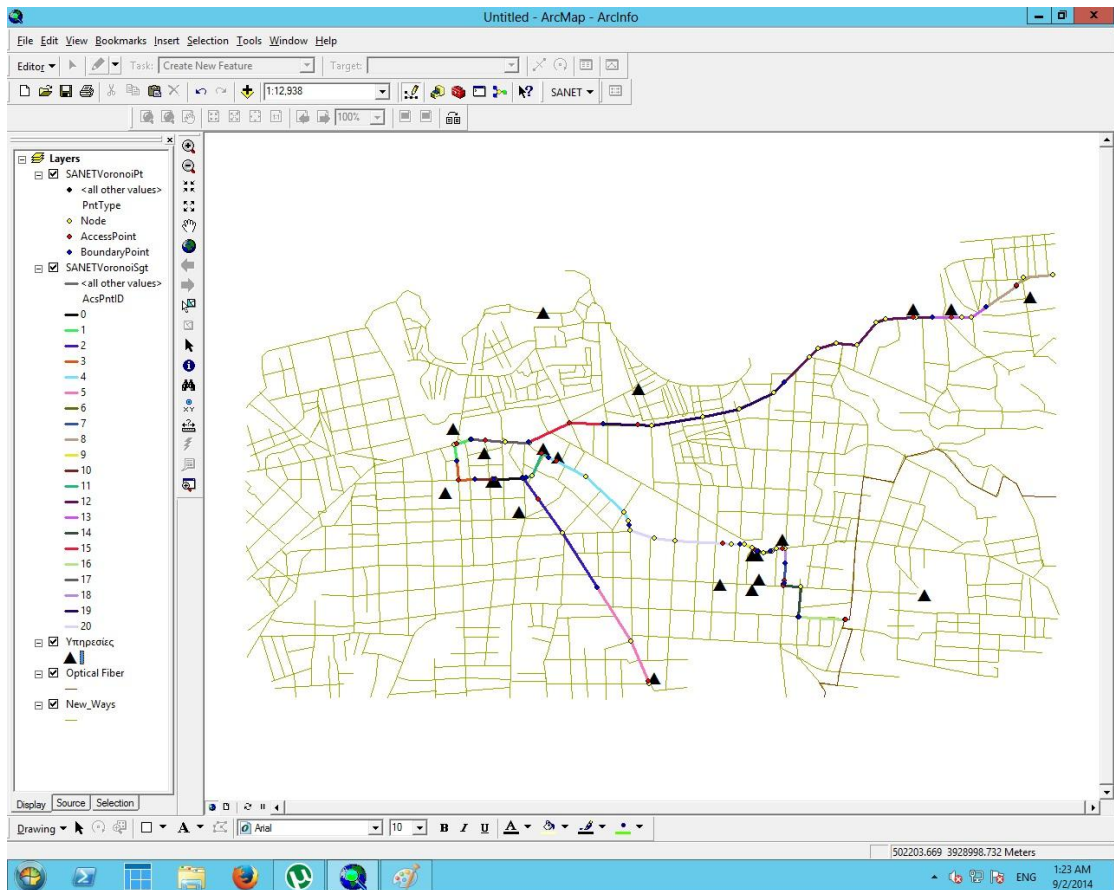
Τελειώνοντας , έχοντας πλέον παραθέσει την ψηφιοποιημένη μορφή του χάρτη όπως αυτή έχει προκύψει από όλες τις προαναφερθείσες διεργασίες , περικλείοντας εν ολίγοις, το Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών του Δήμου Χανίων, καταλήγουμε στο εύλογο συμπέρασμα ότι η ύπαρξη ενός παρόμοιου χάρτη, που να περιλαμβάνει δηλαδή τέτοιου είδους επιπρόσθετες πληροφορίες καθίσταται στις μέρες μας απαραίτητη καθώς η μελέτη , η διεύρυνση και η αναβάθμιση των δικτύων αποτελούν συνηθισμένες διαδικασίες που απασχολούν τους μηχανικούς δικτύων. Ειδικότερα εξετάσαμε τα κάτωθι, σενάρια:

Σενάριο 1: Υποθέτουμε ότι Οπτική Ίνα διέρχεται από κάθε δρόμο της πόλης. Στην περίπτωση αυτή, η σύνδεση των 20 υπηρεσιών - χρηστών με τα generator points (κόμβοι του οπτικού δικτύου) γίνεται στους κόμβους που προβλέπει η μελέτη «Ανάπτυξη Υποδομών Δικτύων Τοπικής Πρόσβασης» όπως εξάγεται από το σχετικό **NVD**,(Σχήμα 4.27).



Σχήμα 4.27.

Σενάριο 2: Υποθέτουμε ότι η Οπτική Ίνα διέρχεται μόνο από τους δρόμους που προβλέπει η μελέτη «Ανάπτυξη Υποδομών Δικτύων Τοπικής Πρόσβασης». Και σε αυτή την περίπτωση η χωρική ανάλυση μέσω NVD δείχνει ότι η διασύνδεση των υπηρεσιών - χρηστών ,έγινε στη λογική του shortest path,(Σχήμα 4.28).



Σχήμα 4.28.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] ΛΙΟΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ, <<ΟΠΤΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ>>.
- [2].<<ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ >>,ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ
- [3]. ΔΡ ΚΟΥΛΗ ΜΑΡΙΑ ,MSc ΑΛΕΞΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, <<ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GIS>>,ΧΑΝΙΑ 2009.
- [4] GUORAY CAI, <<A GIS APPROACH TO THE SPATIAL ASSESSMENT OF TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE>>,NETWORK AND SPATIAL ECONOMIC,VOL.2,(2002).
- [5].[HTTP://WWW.IEEE.ORG/INDEX.HTML](http://www.ieee.org/index.html)
- [6].[HTTP://SANET.CSIS.U-TOKYO.AC.JP/](http://sanet.csis.u-tokyo.ac.jp/)
- [7]MANUAL FOR.S.A.NET, <<SPATIAL ANALYSIS ALONG NETWORKS>>, SANET TEAM ,2010 ,DECEMBER.
- [8] [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/](http://en.wikipedia.org/) , METROPOLITAN AREA NETWORK.(MAN).