

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ
ΚΑΙ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΚΑΠΑΓΕΡΙΔΗΣ



Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Σημειώσεις Θεωρίας και Εργαστηρίου

Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης, *PhD CEng CSci MIMMM*
Αναπληρωτής Καθηγητής Μεταλλευτικής Πληροφορικής
Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων
Πολυτεχνική Σχολή
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Κοζάνη, Σεπτέμβριος 2022

Κατατεθέντα Σήματα και Ονομασίες

Λόγω της φύσης του υλικού, αναφέρονται πολλά προϊόντα υλικού και λογισμικού ονομαστικά. Οι εταιρείες των προϊόντων αυτών διατηρούν τις ονομασίες τους ως πνευματική ιδιοκτησία. Δεν είναι πρόθεση του συγγραφέα να ιδιοποιηθεί τις ονομασίες αυτές. Οι ονομασίες Autodesk, Raster Design, και AutoCAD 2016, αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία της Autodesk, Inc. Η ονομασία MapInfo Professional 15 αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της Pitney Bowes Software Inc. Οι ονομασίες Google Earth, και Google Maps αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία της Google, Inc.

Πρόλογος

Στο κείμενο που ακολουθεί καλύπτονται τεχνολογίες που αφορούν τη Δορυφορική Τηλεπισκόπηση, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, τα Συστήματα Εντοπισμού Στίγματος και το Διαδίκτυο. Γίνεται μια ανασκόπηση της βασικής θεωρίας αυτών των αντικειμένων, ενώ παράλληλα παρέχονται ασκήσεις με βάση σχετικό λογισμικό. Επίσης καλύπτονται κάποιες από τις εφαρμογές των τεχνολογιών αυτών στα γεωτεχνικά και μεταλλευτικά έργα. Έγινε προσπάθεια για κάλυψη της τρέχουσας κατάστασης στο κάθε τεχνολογικό πεδίο, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται αναφορά και σε μελλοντικές εξελίξεις.

Τα ψηφιακά δεδομένα των ασκήσεων 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10 προέρχονται από το CDROM που συνοδεύει το βιβλίο 'Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Χρήση του MapInfo Professional' των Κουτσόπουλο Κ., Ευελπίδου Ν., και Βασιλόπουλο Α., των εκδόσεων Παπασωτηρίου. Τα δεδομένα των ασκήσεων 2, 3, 4, 14, 15 προέρχονται από τα παραδείγματα εκπαίδευσης που περιλαμβάνονται στην εγκατάσταση του λογισμικού Autodesk Raster Design 2016 της Autodesk Inc.

Δρ. Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης
Κοζάνη, Σεπτέμβριος 2022

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	8
1.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	8
1.2 Τηλεπισκόπηση.....	11
1.3 Συστήματα Εντοπισμού Στίγματος.....	12
1.4 Διαδίκτυο	14
1.5 Εισαγωγή στο Λογισμικό.....	16
1.5.1 Autodesk Raster Design.....	16
1.5.2 MapInfo Professional	18
1.5.3 Google Earth	19
Κεφάλαιο 2 – Δορυφορική Τηλεπισκόπηση	22
2.1 Ορισμός.....	22
2.2 Βασικές Αρχές.....	23
2.2.1 Πηγές Ενέργειας.....	23
2.2.2 Μήκος Κύματος.....	23
2.2.3 Μηχανισμοί Αλληλεπίδρασης.....	25
2.2.4 Φασματική Απόκριση	25
2.2.5 Πολυφασματική Τηλεπισκόπηση.....	27
2.2.6 Υπερφασματική Τηλεπισκόπηση.....	29
2.3 Αισθητήρια Συστήματα.....	29
2.3.1 Αεροφωτογραφία	29
2.3.2 Δορυφορικά Συστήματα Σάρωσης.....	31
2.4 Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας	38
2.4.1 Ανασκόπηση.....	38
2.4.2 Διόρθωση Εικόνας.....	39
2.4.3 Βελτίωση Εικόνας.....	40
2.4.4 Ταξινόμηση Εικόνας	42
2.4.5 Μετασχηματισμός Εικόνας	43
Άσκηση 1 – Εισαγωγή και Γεωαναφορά Δορυφορικών Εικόνων.....	46
Άσκηση 2 – Εισαγωγή και Γεωαναφορά Τοπογραφικού Χάρτη	55
Άσκηση 3 – Προβολή και Επεξεργασία Πολυφασματικών Εικόνων	62
Άσκηση 4 – Προβολή και Επεξεργασία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.....	69
Κεφάλαιο 3 – Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	82

3.1 Εισαγωγή	82
3.2 Τμήματα ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.....	82
3.2.1 Βάση Χωρικών και Περιγραφικών Δεδομένων	83
3.2.2 Χαρτογραφικό Προβολικό Σύστημα	83
3.2.3 Σύστημα Ψηφιοποίησης Χάρτη.....	84
3.2.4 Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων	84
3.2.5 Σύστημα Γεωγραφικής Ανάλυσης	86
3.2.6 Σύστημα Επεξεργασίας Εικόνας.....	87
3.2.7 Σύστημα Στατιστικών Αναλύσεων.....	87
3.2.8 Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων	88
3.3 Αναπαράσταση Χαρτογραφικών Δεδομένων	88
3.3.1 Διανυσματικά.....	88
3.3.2 Ψηφιδωτά	90
3.3.3 Ψηφιδωτά ή Διανυσματικά;.....	91
3.4 Στοιχεία Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων	92
3.4.1 Οργάνωση	92
3.4.2 Γεωαναφορά.....	94
3.4.3 Γεωκωδικοποίηση.....	97
3.5 Ανάλυση στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	98
3.5.1 Αναλυτικά Εργαλεία	98
3.5.2 Αναλυτικές Λειτουργίες.....	102
3.5.3 Χωρική Ανάλυση	104
Άσκηση 5 – Εισαγωγή Χωρικών Δεδομένων.....	123
Άσκηση 6 – Εισαγωγή Ψηφιδωτών Δεδομένων	127
Άσκηση 7 – Εισαγωγή Περιγραφικών Δεδομένων	132
Άσκηση 8 – Θεματικοί Χάρτες	143
Άσκηση 9 – Σύνθετα Ερωτήματα.....	151
Άσκηση 10 – Χωρική Ανάλυση / Ζώνες Επιρροής.....	160
Άσκηση 11 – Χωρική Ανάλυση / Συνεχείς Επιφάνειες	167
Κεφάλαιο 4 – Συστήματα Εντοπισμού Στίγματος.....	177
4.1 Εισαγωγή	177
4.2 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System) GPS ..	178
4.3 Ρωσικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GLONASS.....	180
4.4 Ευρωπαϊκό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GALILEO	181
Άσκηση 12 – Χρήση του Google Maps.....	184
Αναζήτηση Σημείου Ενδιαφέροντος.....	184

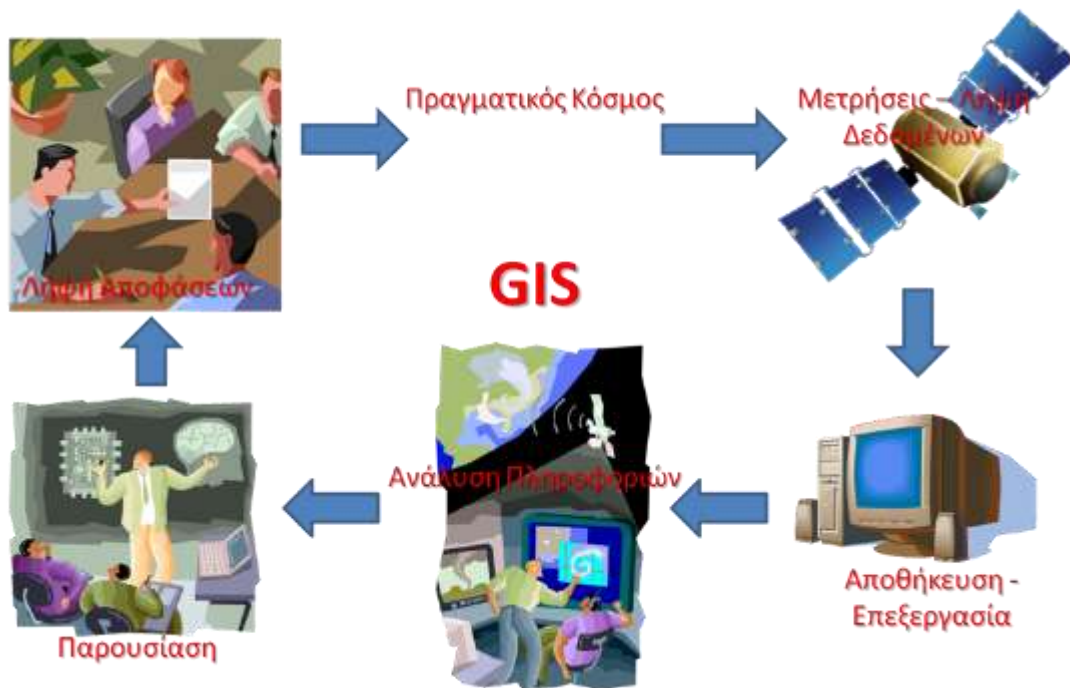
Υπολογισμός Διαδρομής.....	185
Αλλαγή Τύπου Προβολής.....	185
Προβολή Στρώματος Πληροφοριών.....	186
Εκτύπωση Χάρτη και Οδηγιών.....	187
Αλλαγή Διαδρομής στο Χάρτη.....	188
Άσκηση 13 – Χρήση του Google Earth.....	190
Βλέποντας την υδρόγειο.....	190
Μεγέθυνση και σμίκρυνση.....	190
Δείτε με κλίση την προβολή.....	192
Περιστροφή της προβολής.....	194
Άσκηση 14 – Ψηφιοποίηση Χάρτη Ισοϋψών.....	196
Άσκηση 15 – Ψηφιοποίηση 3D Στοιχείων.....	204
Βιβλιογραφία.....	208

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή



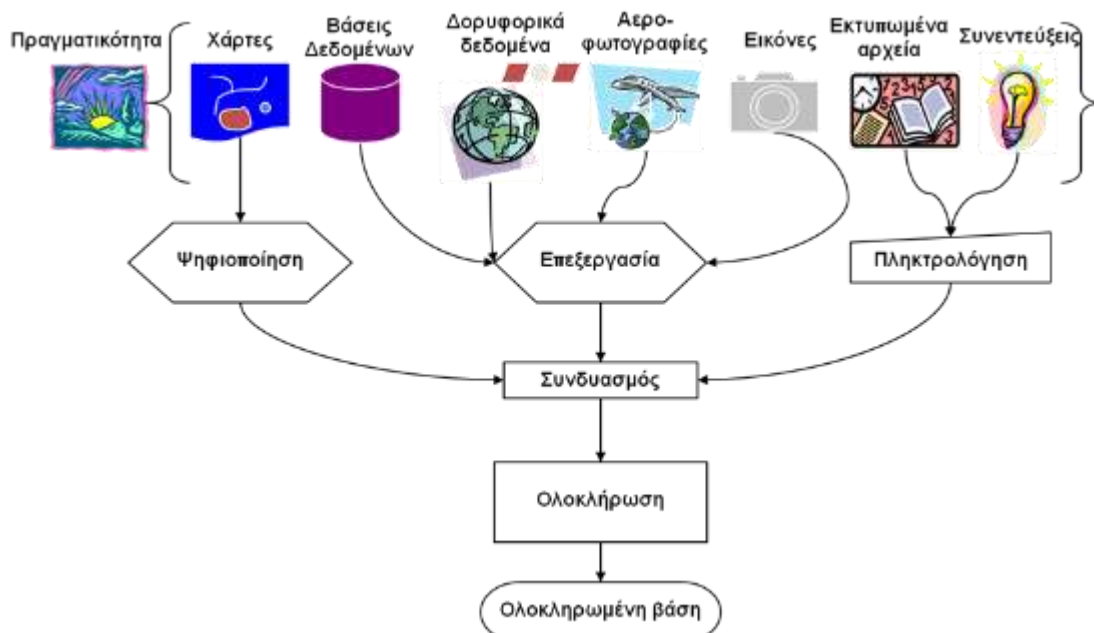
1.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, από τις πιο απλές μέχρι τις πλέον σύνθετες, είναι τις περισσότερες φορές συνυφασμένες με την έννοια του χώρου. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κυβερνητικό ή επιστημονικό επίπεδο επηρεάζονται, περιορίζονται ή ακόμη και υπαγορεύονται από κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Οι αποφάσεις λαμβάνονται μετά από εκτίμηση διαφόρων δεδομένων που χαρακτηρίζονται ως πληροφορίες και είναι συνδεδεμένες με το χώρο. Η έννοια της πληροφορίας δεν πρέπει να συγχέεται με την έννοια του στοιχείου ή των δεδομένων. Τα στοιχεία είναι τα κύρια συστατικά από τα οποία αντλούνται ή αποτελούνται οι πληροφορίες. Πολλές φορές οι πληροφορίες που εξάγονται από την επεξεργασία κάποιων αρχικών στοιχείων, αποτελούν οι ίδιες στοιχεία για την εξαγωγή κάποιων άλλων πληροφοριών. Η αντιστοίχιση χώρου και πληροφοριών οδηγεί στην έννοια της γεωγραφικής πληροφορίας.



Σχήμα 1.1: Η ροή των πληροφοριών σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Οι γεωγραφικές πληροφορίες, για να βοηθήσουν στην ανάλυση χωρικών φαινομένων, θα πρέπει να είναι ακριβείς, αντικειμενικές, ενιαίες, και προσιτές. Ένα Σύστημα Πληροφοριών που βασίζεται στη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να περιέχει και μη χωρικές-περιγραφικές πληροφορίες, ονομάζεται Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Τα ΓΣΠ δέχονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές οι οποίες μπορεί να έχουν πολλές διαφορετικές τυποποιήσεις και δομές (Σχήμα 1.2). Στους διαφορετικούς τύπους δεδομένων συμπεριλαμβάνονται χάρτες, εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακά προϊόντα, σήματα/μετρήσεις GPS, κείμενα, πίνακες δεδομένων. Τα ΓΣΠ συνδυάζουν δεδομένα και συνεργάζονται με ένα μεγάλο αριθμό άλλων επιστημονικών κατευθύνσεων, όπως τη Γεωγραφία, τη Χαρτογραφία, τη Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση, τη Γεωδαισία, την Τοπογραφία, τη Στατιστική, την Πληροφορική, την Επιχειρησιακή Έρευνα, την Τεχνητή Νοημοσύνη κλπ.



Σχήμα 1.2: Πηγές δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Αποστολή των ΓΣΠ είναι να εφοδιάσουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με τις απαραίτητες πληροφορίες. Οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται, είτε για να αναγνωρίσουν και να επισημάνουν την ύπαρξη και τη θέση ενός προβλήματος, είτε για να ανιχνεύσουν και να αναλύσουν τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις ή και για να βοηθήσουν στην εκτέλεση μιας απόφασης.

Το ΓΣΠ είναι σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΓΣΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο).

Τα συστήματα GIS, όπως και τα συστήματα CAD, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των ΓΣΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός κλπ.

Τα ΓΣΠ είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial) και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της

χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται:

- Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.
- Είτε στο αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "δρόμος", όνομα = "Πανεπιστημίου", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", πλάτος = "20μέτρα").

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό, όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό, που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια GIS.

1.2 Τηλεπισκόπηση

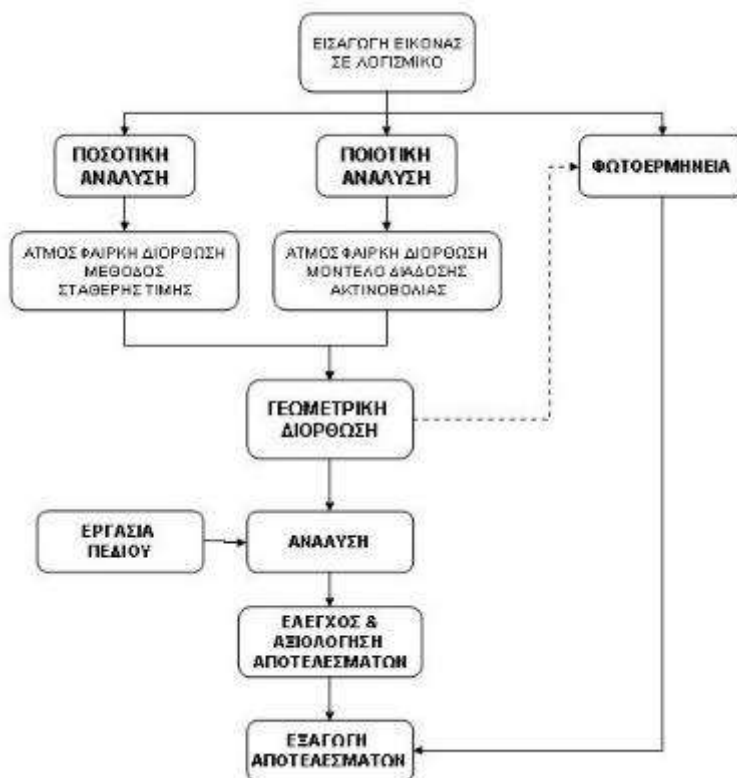
Η λέξη Τηλεπισκόπηση συντίθεται από το αρχαίο επίρρημα τηλε (από μακριά) και το ρήμα επισκοπώ (εξετάζω). Έτσι, τηλεπισκόπηση σημαίνει αντίληψη αντικειμένων ή φαινομένων από απόσταση. Ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από ένα στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του. Η Τηλεπισκόπηση αποτελείται από τρία τμήματα: τους στόχους, τη συλλογή δεδομένων, και την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Παραδείγματα Τηλεπισκοπικών μετρήσεων είναι η συμβατική φωτογραφία, η αεροφωτογραφία, η λήψη εικόνων με Radar, οι μετρήσεις βαρύτητας, κλπ. Το αντικείμενο μελέτης της Τηλεπισκόπησης μπορεί να είναι πολύ μεγάλο όπως ένας πλανήτης ή πολύ μικρό όπως τα βιολογικά κύτταρα.

Εδώ και τρεις δεκαετίες χρησιμοποιούνται δεδομένα από δορυφόρους και αερομεταφερόμενους ανιχνευτές για την παρατήρηση της γης. Τα τελευταία χρόνια όμως αναπτύχθηκαν οι ισχυροί σταθμοί εργασίας με γραφικά υψηλής ποιότητας και τα προηγμένα πακέτα λογισμικού για την επεξεργασία εικόνων. Στοιχεία Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται σήμερα στην παρακολούθηση κλιματολογικών μεταβολών, την ανακάλυψη φυσικών πόρων, και τη καταγραφή της κτηματικής παρουσίας, τη κατασκοπεία, κλπ.

Στην πράξη χρησιμοποιούμε τα επιτεύγματα της τηλεπισκόπησης τόσο στην καθημερινή μας ζωή όσο και σε πολύ εξειδικευμένα πεδία επιστημών. Το Κτηματολόγιο υλοποιείται με τις πληροφορίες που λαμβάνονται από αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, η καθημερινή πρόγνωση του καιρού

γίνεται αξιοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς δορυφόρους, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή τεκμηριώνεται χρήση δορυφόρων που παρακολουθούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη, το βαρυτικό πεδίο της γης χαρτογραφείται με εξειδικευμένα δορυφορικά ζεύγη κ.α.

Η παρατήρηση της επιφάνειας της γης είναι δυνατή με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (τηλεπισκοπικών ανιχνευτών) που ανιχνεύουν την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα). Ένα διαστημικό όχημα μπορεί να μεταφέρει περισσότερους από ένα ανιχνευτές, έτσι πολλές φορές προκαλείται σύγχυση μεταξύ οχήματος και σαρωτή. Για παράδειγμα ο δορυφόρος Terra μεταφέρει, μεταξύ άλλων, τον ανιχνευτή ASTER και τον ανιχνευτή MODIS. Όταν αναφερόμαστε στα δεδομένα που μεταδίδονται στη γη, συνήθως τα διακρίνουμε βάση του ανιχνευτή, έτσι λοιπόν μιλάμε για δορυφορική εικόνα ASTER και όχι για δορυφορική εικόνα TERRA. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα συνοπτικό διάγραμμα ροής των εργασιών της τηλεπισκόπησης.



Σχήμα 1.3: Διάγραμμα ροής εργασιών Τηλεπισκόπησης.

1.3 Συστήματα Εντοπισμού Στίγματος

Τα σημεία του ορίζοντα, ή ακόμη και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα σταθερό άστρο στον ουρανό, με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης, αποτελούσε σημείο αναφοράς και βοηθούσε τους ανθρώπους στο να βρουν τη σωστή πορεία τους. Στον προσανατολισμό συνέβαλαν αργότερα και άλλα μέσα,

όπως η πυξίδα και ο εξάντας. Το 1761 ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισσον (John Harrison), ύστερα από προσπάθειες δώδεκα ετών, κατασκεύασε ένα όργανο, το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό σημερινό χρονόμετρο. Σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια (για τα δεδομένα της εποχής). Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να δημιουργηθούν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασιζόνταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραντάρ, στα μέσα του 20ού αιώνα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου (και χρησιμοποιούνται ακόμη). Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες.

Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή, όμως, υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή.

Έστω και με αυτά τα προβλήματα, η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη γίνει. Τα σημερινά συστήματα εντοπισμού στίγματος βασιζονται σε παρεμφερή τεχνολογία. Συνδυάζουν όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός –τεχνητού αυτή τη φορά- ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά εδρεύουν σε δορυφόρους.

Ένα δίκτυο πολυάριθμων δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας βοηθά τους δέκτες των συστημάτων αυτών να παρέχουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, οι ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την ενός σημείου θέση με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις όπως θα δούμε στη συνέχεια.



Σχήμα 1.4: Δορυφόρος GPS III Art της Lockheed Martin.

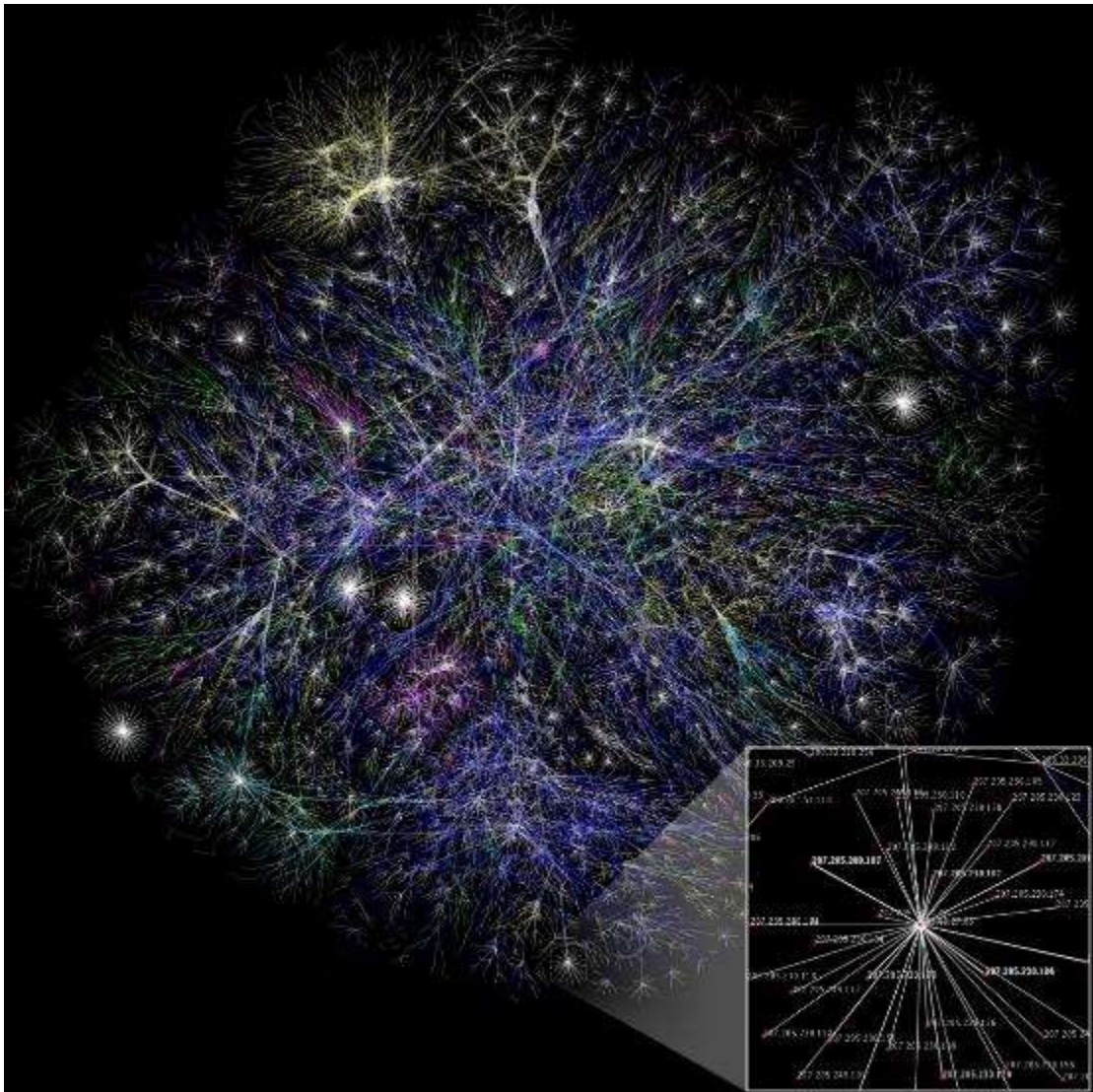
Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό. Παράλληλα αναπτύχθηκαν και αναπτύσσονται ακόμα διάφορα άλλα συστήματα εντοπισμού από άλλες χώρες, όπως το GLONASS και το GALILEO.

1.4 Διαδίκτυο

Το Διαδίκτυο, γνωστό συνήθως και με την αγγλική άκλιτη ονομασία Internet, είναι ένα μέσο μαζικής επικοινωνίας (ΜΜΕ), όπως είναι για παράδειγμα και η τηλεόραση αν και η τελευταία έχει πολύ περιορισμένο αμφίδρομο χαρακτήρα. Ως μέσο έχει διπλή υπόσταση: η υλική (που αποτελείται από τον συνδυασμό δικτύων βασισμένων σε λογισμικό και υλικό), και η άυλη (αυτό, δηλαδή, που "κάνει" / προσφέρει στην κοινωνία το Διαδίκτυο ως μέσο).

Το Διαδίκτυο ή Ίντερνετ (Internet) είναι ένα επικοινωνιακό δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών, που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ οποιουδήποτε διασυνδεδεμένου υπολογιστή. Η τεχνολογία του είναι κυρίως

βασισμένη στην διασύνδεση επιμέρους δικτύων ανά τον κόσμο και πολυάριθμα τεχνολογικά πρωτόκολλα, με κύριο το TCP/IP. Ο αντίστοιχος αγγλικός όρος internet προκύπτει από τη σύνθεση λέξεων inter-network. Στην πιο εξειδικευμένη και περισσότερο χρησιμοποιούμενη μορφή του, με τους όρους Διαδίκτυο, Ιντερνέτ ή 'Ιντερνετ (με κεφαλαίο το αρχικό γράμμα) περιγράφεται το παγκόσμιο πλέγμα διασυνδεδεμένων υπολογιστών και των υπηρεσιών και πληροφοριών που παρέχει στους χρήστες του. Το Διαδίκτυο χρησιμοποιεί μεταγωγή πακέτων (packet switching) και τη στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP.



Σχήμα 1.5: Οπτικοποιημένη αναπαράσταση διαφόρων διαδρομών διαμέσου ενός τμήματος του 'Ιντερνετ.

Σήμερα, ο όρος Διαδίκτυο κατέληξε να αναφέρεται στο παγκόσμιο αυτό δίκτυο. Η τεχνική της διασύνδεσης δικτύων μέσω μεταγωγής πακέτων και της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP ονομάζεται Διαδικτύωση. Μερικά από τα πιο γνωστά διαδικτυακά πρωτόκολλα είναι το IP, TCP, το UDP, το DNS, το PPP, το SLIP, το ICMP, το POP3, IMAP, το SMTP, το HTTP, το HTTPS, το SSH, το Telnet, το FTP, το LDAP και το SSL. Μερικές από τις πιο γνωστές Διαδικτυακές υπηρεσίες που χρησιμοποιούν αυτά τα πρωτόκολλα είναι:

- Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail),
- Οι ομάδες συζητήσεων (newsgroups),
- Η διαμοίραση αρχείων (file sharing)
- Η επιφόρτωση αρχείων (file transfer)
- Ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web).

Από αυτές, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και ο Παγκόσμιος Ιστός είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες, ενώ πολλές άλλες υπηρεσίες έχουν βασιστεί πάνω σε αυτές, όπως οι ταχυδρομικές λίστες (mailing lists) και τα αρχεία καταγραφής ιστού (blogs). Το Διαδίκτυο καθιστά δυνατή τη διάθεση υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο, υπηρεσίες όπως το ραδιόφωνο μέσω Ιστού και οι προβλέψεις μέσω Ιστού, που είναι προσπελάσιμες από οπουδήποτε στον κόσμο.

1.5 Εισαγωγή στο Λογισμικό

Στην ενότητα αυτή εξετάζουμε το λογισμικό στο οποίο βασίζονται οι ασκήσεις που περιέχονται σε αυτό το εγχειρίδιο. Η επιλογή των συγκεκριμένων πακέτων λογισμικού δεν σημαίνει ότι αυτά είναι τα καλύτερα ή πιο πλήρη που υπάρχουν διαθέσιμα. Υπάρχουν πολλά λογισμικά GIS με περισσότερες ή πιο ειδικές λειτουργίες για συγκεκριμένες εφαρμογές. Η χρήση πολλαπλών λογισμικών είναι επίσης ο κανόνας στις περισσότερες εφαρμογές και για το λόγο αυτό οι ασκήσεις στο εγχειρίδιο αυτό βασίζονται σε διαφορετικά λογισμικά.

1.5.1 Autodesk Raster Design

Το AutoCAD® Raster Design είναι ένα λογισμικό CAD για την μετατροπή ψηφιδωτών (raster) στοιχείων σε διανυσματικά (vector), γεγονός που επιτρέπει σε μηχανικούς και επιστήμονες να χρησιμοποιούν δεδομένα τα οποία υπάρχουν ήδη σε raster μορφή (σκαναρισμένα σχέδια, χάρτες, αεροφωτογραφίες κτλ) απευθείας μέσα από το AutoCAD®. Οι δυνατότητες του λογισμικού αυτού περιλαμβάνουν :

- Επεξεργασία εικόνων
- Raster Entity Manipulation (REM)
- Εργαλεία ψηφιοποίησης και Optical Character Recognition (OCR)

Όταν το προϊόν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το AutoCAD® Map 3D, επιτρέπει σε τοπογράφους, μηχανικούς και χειριστές δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών να επεξεργάζονται δεδομένα από αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες με μεγάλη ευκολία. Οι επιπλέον δυνατότητες του προϊόντος περιλαμβάνουν :

- Ανάλυση και εμφάνιση γεωαναφερμένων εικόνων
- Μετασχηματισμούς εικόνων

Παλιοί χάρτες, μηχανολογικά σχέδια, κατόψεις κτιρίων, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές λήψεις, ψηφιακά μοντέλα υψομέτρων αποτελούν βασικές πηγές ανεκτίμητων δεδομένων σε ψηφιδωτή μορφή. Μετατρέποντας την εικόνα σε διτονικό (bitonal) αρχείο, το Autodesk Raster Design μπορεί να ενεργοποιήσει τους

αλγορίθμους επεξεργασίας Ψηφιδωτών Οντοτήτων (REM), διαδικασία που του επιτρέπει να χειριστεί κάθε εικονικό αντικείμενο raster σαν να ήταν διανυσματικό. Με τον τρόπο αυτό, δομές σημείου, πολυγραμμής ή τόξου αναγνωρίζονται αυτόματα. Αυτό συνεπάγεται τη δυνατότητα Raster Snap, περιστροφής, μετακίνησης ή αλλαγής κλίμακας σε στοιχεία της εικόνας χωρίς να απαιτείται η μετατροπή τους σε διανυσματικά. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να συμπληρώσει ψηφιδωτά στοιχεία με διανυσματικά αντικείμενα τα οποία μετατρέπει σε ψηφιδωτά.

Τέλος, εάν επιλεγεί η δημιουργία διανυσματικού εξαγόμενου αρχείου, κάθε αντικείμενο raster που αναγνωρίζεται, μετατρέπεται σε διανυσματικό και αφαιρείται από τα ψηφιδωτά στοιχεία της αρχικής εικόνας. Το Autodesk Raster Design δίνει τη δυνατότητα επιβλεπόμενης ψηφιοποίησης πολυγραμμών, 3d polylines και ισοϋψών. Στην τελευταία περίπτωση, δίνοντας την τιμή της ισοδιάστασης, το σύστημα αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει με υψομετρική πληροφορία το σύνολο των χωροσταθμικών επιφανειών που δημιουργεί. Παράλληλα, μέσω ενός ισχυρότατου OCR, τα κείμενα του αρχικού σχεδίου αναγνωρίζονται, τόσο ως πίνακες, όσο και ως δακτυλογραφημένα ή χειρόγραφα πεδία.

Το Raster Design υποστηρίζει τις περισσότερες μορφές αρχείων μοναδικής εικόνας και πολυφασματικής. Στα πολυφασματικά αρχεία, το Raster Design μπορεί να διαβάσει τις περισσότερες συνηθισμένες μορφές, αλλά μπορεί να ερμηνεύσει καλύτερα δεδομένα για τις μορφές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Το Raster Design μπορεί να διαβάσει και να γράψει αρχεία TIFF με χρήση της συμπίεσης LZW. Μπορεί επίσης να διαβάσει αρχεία LZW GIF, αλλά δεν μπορεί να γράψει σε αυτή τη μορφή.

Μορφές Εικόνων που Υποστηρίζονται από το Raster Design			
Μορφές Μοναδικής Εικόνας			
Ανάγνωση και Εγγραφή		Μόνο Ανάγνωση	
bitmap (BMP)	CALS	DOQ	ECW
DEM	GeoTIFF	FLIC	GeoSPOT
GIF	JFIF - JPEG	GIF	IG4
JPG2000	PCX	PICT	RLC RLC2
PNG	TARGA	SID (MrSID)	
TIFF			
Πολυφασματικές Μορφές			
Ανάγνωση και Εγγραφή		Μόνο Ανάγνωση	
GeoTIFF		Generic IKONOS (8-bit, 11-bit) Landsat QuickBird	

Οι ψηφιδωτές εικόνες αποτελούνται από ένα ορθογώνιο πλέγμα μικρών τετραγώνων ή κουκίδων γνωστών και ως πίξελ. Για παράδειγμα, μια φωτογραφία ενός σπιτιού αποτελείται από μια σειρά πίξελ χρωματισμένων ώστε να αποδίδουν

την εμφάνιση ενός σπιτιού. Μια ψηφιδωτή εικόνα αναφέρει τα πίξελ σε ένα συγκεκριμένο πλέγμα. Οι ψηφιδωτές εικόνες, όπως πολλά άλλα αντικείμενα σχεδίασης, μπορούν να αντιγραφθούν, να μετακινηθούν ή να κοπούν. Μπορείτε να μεταβάλλετε μια εικόνα, να ρυθμίσετε το κοντράστ, να την κόψετε με ένα ορθογώνιο ή ένα πολύγωνο ή να χρησιμοποιήσετε την εικόνα ως όριο για ένα κόψιμο άλλου αντικειμένου.

Οι μορφές αρχείων εικόνων που υποστηρίζονται από το πρόγραμμα συμπεριλαμβάνουν τις πιο συνηθισμένες μορφές που χρησιμοποιούνται στους κύριους τομείς εφαρμογών τεχνικών εικόνων: γραφικά υπολογιστή, διαχείριση αρχείων, μηχανολογία, χαρτογραφία, και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS). Οι εικόνες μπορούν να είναι διτονικές, γκρίζες 8-bit, έγχρωμες 8-bit, ή έγχρωμες 24-bit. Εικόνες με βάθος χρώματος 16-bit δεν υποστηρίζονται από το AutoCAD 2006 και μετά.

Πολλές μορφές αρχείων εικόνων υποστηρίζουν εικόνες με διαφανή πίξελ. Όταν η διαφάνεια εικόνας είναι ενεργοποιημένη, το πρόγραμμα αναγνωρίζει τα διάφανα πίξελ και επιτρέπει στα γραφικά της περιοχής σχεδίου να φαίνονται μέσα από τα πίξελ αυτά. (Στις διτονικές εικόνες, τα πίξελ περιθωρίου αντιμετωπίζονται ως διάφανα.) Οι διάφανες εικόνες μπορούν να είναι μονόχρωμες ή έγχρωμες. Η μορφή των αρχείων εικόνων δεν προσδιορίζεται από την κατάληξη της ονομασίας του αρχείου αλλά από τα περιεχόμενα τους.

1.5.2 MapInfo Professional

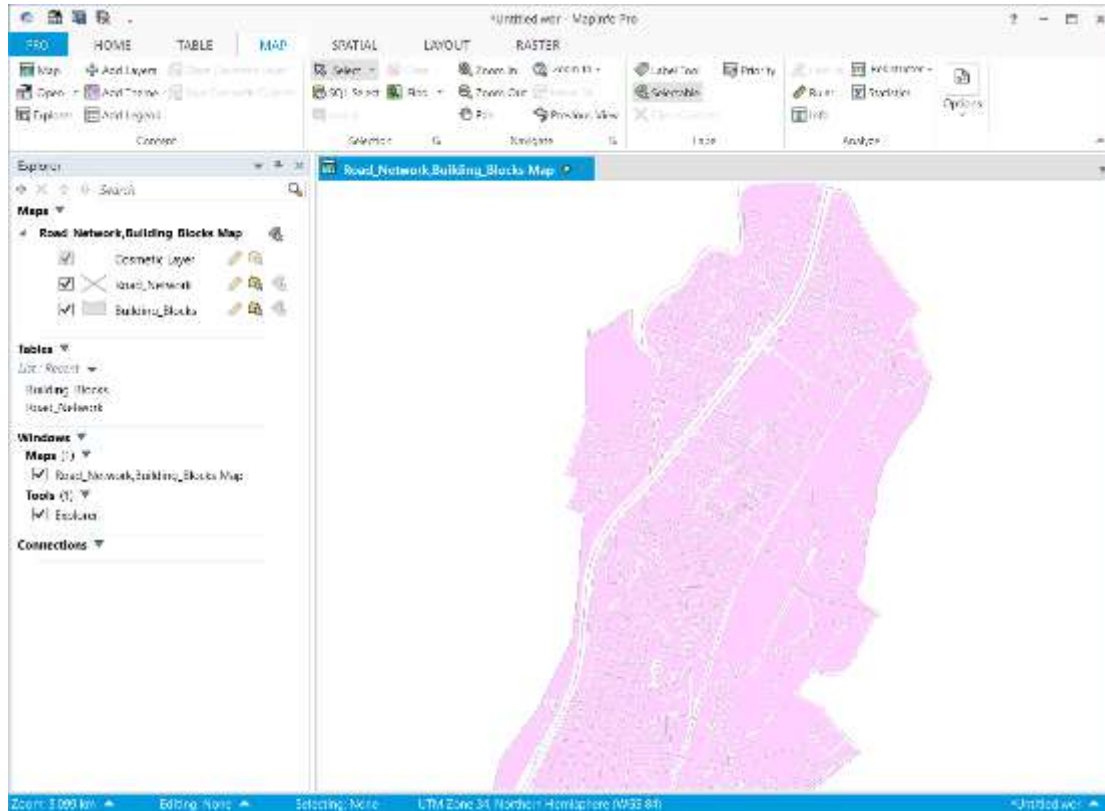
Το MapInfo Professional είναι ένα λογισμικό ανάπτυξης γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών για τη διαχείριση και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Στο περιβάλλον αυτό μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα για τη μελέτη μιας σειράς προβλημάτων, την ανάλυση χωρικών προτύπων και διαδικασιών και τη συμμετοχή σε διαδικασίες που απαιτούν συνδυαστική χρήση γεωγραφικής και περιγραφικής πληροφορίας.

Το MapInfo Professional® παρέχει τη δυνατότητα πρόσβαση και προβολής πολλών διαφορετικών μορφών αρχείων. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να ανοίξουμε αρχεία Microsoft Excel®, Microsoft Access® ή δεδομένα από βάσεις όπως Oracle®, Microsoft® SQL Server και πολλά άλλα φορμά. Μπορούμε επίσης να ανοίξουμε αρχεία εικόνας οποιασδήποτε μορφής.

Το MapInfo Professional® διαθέτει πολλά εργαλεία δημιουργίας και τροποποίησης δεδομένων CAD καθώς και τη δυνατότητα να τροποποιήσει δεδομένων πινάκων όπως τιμές και ονομασίες. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να αλλάζουμε συνεχώς εφαρμογές για να κάνουμε αυτές τις τροποποιήσεις. Κάνοντας έτσι τις αλλαγές στους χάρτες και τα δεδομένα σε μια εφαρμογή γλυτώνουμε χρόνο και προσπάθεια.

Οι δυνατότητες προβολής χαρτών είναι από τα δυνατά σημεία του MapInfo Professional®. Παρέχονται εργαλεία για άμεση τροποποίηση του στυλ, των συμβόλων, των βαθμιαίων συμβόλων, των διαγραμμάτων, των ορίων σύμφωνα με δεδομένα σε πίνακες μέσω ενός απλού οδηγού. Είναι επίσης δυνατός ο υπολογισμός τιμών χρησιμοποιώντας στατιστικές και μαθηματικές συναρτήσεις και τον συσχετισμό ενός συμβόλου ή ενός χρώματος σε ένα σημείο ή περιοχή με βάση την υπολογισμένη τιμή.

Τα αποτελέσματα μπορούν να εκδοθούν σύμφωνα με βιομηχανικά πρότυπα βοηθώντας στην αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών. Το MapInfo Professional® παρέχει μια σειρά από λειτουργίες για το σκοπό αυτό, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας εξαγωγής σε αρχείο οποιασδήποτε μορφής, και της δυνατότητας έκδοσης μεγάλων χαρτών με υπομνήματα και διαγράμματα. Επίσης, το MapInfo Professional® είναι διαδικτυακά ενεργό, γεγονός που σημαίνει ότι μπορείτε να εκδώσετε στατικούς ή διαδραστικούς χάρτες μέσω εύχρηστων οδηγών. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το περιβάλλον εργασίας του MapInfo Professional®.



Σχήμα 1.6: Γραφικό περιβάλλον χρήσης του MapInfo Professional.

1.5.3 Google Earth

Το Google Earth είναι μια δωρεάν εικονική υδρόγειος η οποία παλαιότερα ήταν γνωστή ως Keyhole. Αναπτύχθηκε αρχικά από την Keyhole, Inc., η οποία στη συνέχεια αγοράστηκε από την Google το 2004. Το Keyhole μετονομάστηκε σε Google Earth το 2005 και είναι πλέον διαθέσιμο για χρήση σε προσωπικούς υπολογιστές. Το Google Earth τοποθετεί δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες και πληροφορίες GIS σε ένα μοντέλο 3D της Γης. Το Google Earth είναι μια εφαρμογή τρισδιάστατων γραφικών η οποία επιτρέπει την προβολή αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων ως απόψεις της Γης από ψηλά με μεγάλη λεπτομέρεια. Η Google πήρε τα χαρακτηριστικά του Google Maps και τα ένωσε με τις δυνατότητες του Keyhole. Έτσι, το Google Earth επιτρέπει όχι μόνο την προβολή των εικόνων αλλά και πολλών στρωμάτων δεδομένων που παρέχονται από την Google και την διαδικτυακή κοινότητα. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν

αντικείμενα όπως πάρκα, ποταμούς, σύνορα κρατών, τοποθεσίες εθνικών μνημείων και πολλές χιλιάδες άλλα σημεία.

Το Google Earth επιτρέπει στους χρήστες να ψάξουν για διευθύνσεις, να εισάγουν συντεταγμένες, ή απλά να χρησιμοποιήσουν το ποντίκι για να μεταβούν σε μια τοποθεσία. Πολλές μεγάλες πόλεις παρέχονται με ιδιαίτερα υψηλή ανάλυση ώστε να μπορεί κανείς να διακρίνει κτήρια, σπίτια ή και αυτοκίνητα. Στο παρακάτω διάγραμμα περιγράφονται μερικές από τις λειτουργίες που διατίθενται στο κύριο παράθυρο του Google Earth:



1. **Παράθυρο αναζήτησης** - Χρησιμοποιείται για την εύρεση μερών και οδηγιών και για τη διαχείριση αποτελεσμάτων αναζήτησης. Στο Google Earth EC μπορεί να εμφανίζονται εδώ επιπλέον καρτέλες.
2. **Χάρτης προεπισκόπησης** - Χρησιμοποιείται για μια πρόσθετη προοπτική της γης.
3. **Απόκρυψη/Εμφάνιση πλαϊνής γραμμής** - Κάντε κλικ για να αποκρύψετε ή να εμφανίσετε την πλαϊνή γραμμή (Παράθυρα αναζήτησης, μερών και επιστρώσεων).

4. **Σήμανση μέρους** - Κάντε κλικ εδώ για να προσθέσετε μια σήμανση μέρους για μια τοποθεσία.
5. **Πολύγωνο** - Κάντε κλικ εδώ για να προσθέσετε ένα πολύγωνο.
6. **Διαδρομή** - Κάντε κλικ εδώ για να προσθέσετε μια διαδρομή (γραμμή ή γραμμές).
7. **Επικάλυψη εικόνας** - Κάντε κλικ εδώ για να προσθέσετε μια επικάλυψη εικόνας στη γη.
8. **Μέτρηση** - Κάντε κλικ εδώ για να μετρήσετε μια απόσταση ή το μέγεθος μιας περιοχής.
9. **Ήλιος** - Κάντε κλικ εδώ για να εμφανίσετε το φως του ήλιου στο τοπίο.
10. **Ουρανός** - Κάντε κλικ εδώ για να προβάλετε αστέρια, αστερισμούς, γαλαξίες, πλανήτες και το φεγγάρι.
11. **Email** - Κάντε κλικ εδώ για να στείλετε μέσω email μια προβολή ή μια εικόνα.
12. **Εκτύπωση** - Κάντε κλικ εδώ για να εκτυπώσετε την τρέχουσα προβολή της γης.
13. **Εμφάνιση σε χάρτες του Google** - Κάντε κλικ εδώ για να εμφανίσετε την τρέχουσα προβολή σε χάρτες του Google στον περιηγητή ιστού.
14. **Χειριστήρια πλοήγησης** - Χρησιμοποιήστε τα για να εστιάσετε, να δείτε και να μετακινηθείτε.
15. **Παράθυρο επιστροφών** - Χρησιμοποιήστε αυτό το παράθυρο για να εμφανίσετε σημεία ενδιαφέροντος.
16. **Παράθυρο μερών** - Χρησιμοποιήστε αυτό το παράθυρο για να εντοπίσετε, να αποθηκεύσετε, να οργανώσετε και να επισκεφτείτε εκ νέου σημάνσεις μερών.
17. **Προσθήκη περιεχομένου** - Κάντε κλικ εδώ για να κάνετε εισαγωγή υπάρχοντος περιεχομένου από την Πινακοθήκη KML
18. **Προβολή 3D** - Προβάλετε τον πλανήτη και το έδαφός του σε αυτό το παράθυρο.
19. **Γραμμή κατάστασης** - Προβάλλει την κατάσταση των συντεταγμένων, της ανύψωσης, ημερομηνιών απεικόνισης και ροής.

Κεφάλαιο 2 – Δορυφορική Τηλεπισκόπηση



Από όλες τις πηγές δεδομένων στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ίσως η πιο σημαντική είναι η τηλεπισκόπηση. Μέσω της χρήσης των δορυφόρων, έχουμε πλέον συνεχή λήψη δεδομένων από όλο τον κόσμο σε χρονικά πλαίσια από δύο εβδομάδες έως και μερικές ώρες. Ακόμα πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι έχουμε πρόσβαση σε τηλεπισκοπικές εικόνες σε ψηφιακή μορφή, κάτι που μας επιτρέπει άμεση ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων της τηλεπισκοπικής ανάλυσης σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Η ανάπτυξη ψηφιακών τεχνικών για την διόρθωση, τη βελτίωση και την ερμηνεία των εικόνων της τηλεπισκόπησης συνήθως προχωρούσε ανεξάρτητα και ενδεχομένως πριν την ανάπτυξη του ΓΣΠ. Όμως, η δομή ψηφιδωτών δεδομένων και πολλές από τις διαδικασίες που συμπεριλαμβάνονται στα συστήματα επεξεργασίας εικόνας ταυτίζονται με αντίστοιχες λειτουργίες στα ψηφιδωτά ΓΣΠ. Ως αποτέλεσμα, πολλά προγράμματα επεξεργασίας εικόνας διαθέτουν πλέον γενικές δυνατότητες για ΓΣΠ, και τα συστήματα λογισμικού ΓΣΠ έχουν τουλάχιστο κάποιες βασικές λειτουργίες επεξεργασίας εικόνας.

Λόγω της ιδιαίτερης σπουδαιότητας της τηλεπισκόπησης ως πηγή δεδομένων στα ΓΣΠ, έγινε απαραίτητο για τους αναλυτές ΓΣΠ (και ειδικά αυτούς που ασχολούνται με εφαρμογές φυσικών πόρων) να αποκτούν πολλές γνώσεις σε θέματα επεξεργασίας εικόνας. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε αυτήν την πολύ σημαντική τεχνολογία και την ολοκλήρωση της με τα ΓΣΠ. Επίσης εξετάζουμε τα οφέλη και τις εφαρμογές της στα γεωτεχνικά και μεταλλευτικά έργα.

2.1 Ορισμός

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να οριστεί ως οποιαδήποτε διαδικασία λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή ένα φαινόμενο χωρίς να

ερχόμαστε σε επαφή μαζί του. Τα μάτια μας είναι ένα εξαιρετο παράδειγμα συσκευής τηλεπισκόπησης. Είμαστε σε θέση να συλλέγουμε πληροφορίες για το περιβάλλον μας αναλύοντας την ποσότητα και τη φύση της αντανάκλασης ενέργειας ορατού φωτός από μια εξωτερική πηγή (όπως ο ήλιος ή μια λάμπα) καθώς αντανακλάται από αντικείμενα μέσα στο οπτικό μας πεδίο. Σε αντίθεση, ένα θερμόμετρο πρέπει να έρχεται σε επαφή με το φαινόμενο που μετρά, και επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί συσκευή τηλεπισκόπησης.

Δεδομένου αυτού του γενικού ορισμού, ο όρος τηλεπισκόπηση έχει συσχετιστεί πιο ειδικά με την ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των υλικών στην επιφάνεια της γης και την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Παρόλα αυτά, κάθε τέτοια προσπάθεια για έναν πιο ειδικό ορισμό παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς δεν είναι πάντα το φυσικό περιβάλλον που εξετάζεται, η ενέργεια δεν είναι πάντα ηλεκτρομαγνητική, και κάποιες διαδικασίες αναλύουν τις φυσικές εκπομπές ενέργειας των υλικών παρά την αλληλεπίδραση τους με την ενέργεια από κάποια ανεξάρτητη πηγή.

2.2 Βασικές Αρχές

2.2.1 Πηγές Ενέργειας

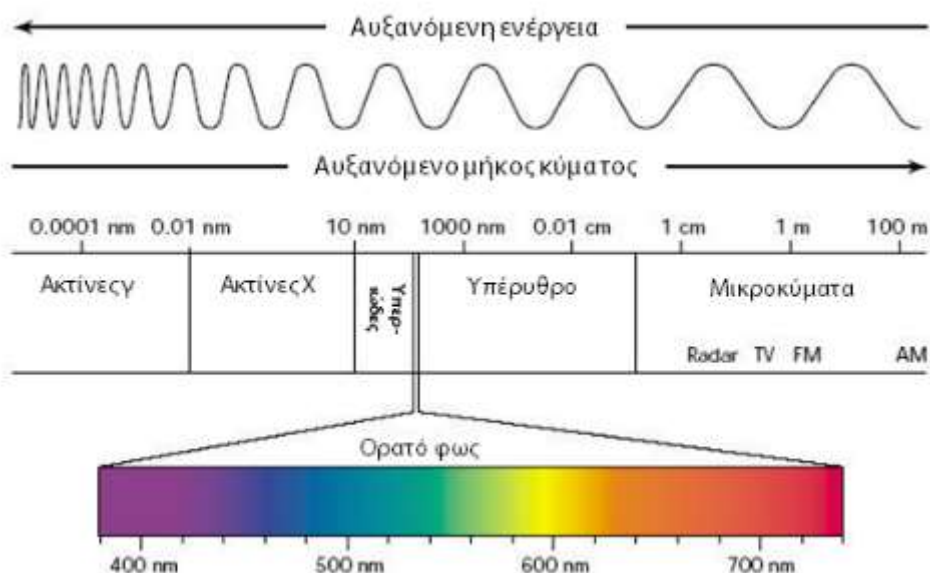
Οι αισθητήρες μπορούν να χωριστούν σε δύο γενικές ομάδες – τους ενεργούς και τους παθητικούς. Οι παθητικοί αισθητήρες μετρούν τα επίπεδα υπαρχόντων πηγών ενέργειας, ενώ οι ενεργοί παρέχουν την δική τους πηγή ενέργειας. Οι περισσότερες μετρήσεις τηλεπισκόπησης γίνονται με παθητικούς αισθητήρες, για τους οποίους ο ήλιος είναι η κυριότερη πηγή ενέργειας. Το παλαιότερο παράδειγμα είναι η φωτογραφία. Με αερομεταφερόμενες κάμερες, μπορούμε εδώ και δεκαετίες να μετράμε και να καταγράφουμε την αντανάκλαση του φωτός στα στοιχεία του εδάφους. Ενώ η αεροφωτογραφία παραμένει κύρια μορφή τηλεπισκόπησης, πιο πρόσφατες τεχνολογίες αισθητήρων έχουν επεκτείνει τις δυνατότητες για θέαση στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο μήκος κύματος. Παρόλα αυτά, δεν έχουν όλοι οι παθητικοί αισθητήρες τον ήλιο ως πηγή ενέργειας. Οι αισθητήρες θερμικού υπέρυθρου και οι παθητικοί αισθητήρες μικροκυμάτων μετρούν φυσικές εκπομπές ενέργειας από τη γη. Έτσι, οι παθητικοί αισθητήρες είναι απλά αυτοί που δεν διαθέτουν από μόνοι τους την πηγή ενέργειας που μετρούν.

Σε αντίθεση, οι ενεργοί αισθητήρες παρέχουν τη δική τους πηγή ενέργειας. Το πιο απλό παράδειγμα είναι η φωτογραφία με φλας. Σε εφαρμογές περιβάλλοντος και χαρτογράφησης, το καλύτερο παράδειγμα είναι τα ραντάρ. Τα συστήματα ραντάρ εκπέμπουν ενέργεια στην περιοχή των μικροκυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Σχήμα 2.1). Η αντανάκλαση αυτή της ενέργειας από τα υλικά στην επιφάνεια της γης μετρίεται για την κατασκευή μιας εικόνας της περιοχής που μελετάμε.

2.2.2 Μήκος Κύματος

Όπως αναφέραμε, οι περισσότερες συσκευές τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Όμως, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι ιδιαίτερα ευρύ και δεν έχουν όλα τα μήκη κύματος την ίδια αποτελεσματικότητα σε εφαρμογές τηλεπισκόπησης. Επίσης, δεν έχουν όλα τα μήκη κύματος σημαντική αλληλεπίδραση με τα υλικά στην επιφάνεια της γης που να μας ενδιαφέρει. Το

Σχήμα 2.1 δίνει το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η ίδια η ατμόσφαιρα προκαλεί μεγάλη απορρόφηση και διάθλαση των πιο μικρών μηκών κύματος. Επίσης, οι γυάλινοι φακοί των περισσότερων αισθητήρων προκαλούν σημαντική απορρόφηση των μικρότερων μηκών κύματος όπως το υπεριώδες (UV). Ως αποτέλεσμα, το πρώτο σημαντικό παράθυρο (δηλαδή, μια περιοχή στην οποία η ενέργεια μπορεί να περάσει σε μεγάλο βαθμό από την ατμόσφαιρα) ανοίγει στα ορατά μήκη κύματος. Ακόμα και εδώ, τα μπλε μήκη κύματος υπόκεινται σημαντική αλλοίωση από την ατμοσφαιρική διάθλαση, και έτσι συχνά δεν εξετάζονται στις τηλεπισκοπικές εικόνες. Όμως, τα πράσινα, κόκκινα και κοντινά υπέρυθρα (IR) μήκη κύματος δίνουν τη δυνατότητα για μέτρηση της αλληλεπίδρασης με την γήινη επιφάνεια χωρίς σημαντική παρεμβολή της ατμόσφαιρας. Επιπρόσθετα, οι περιοχές αυτές δίνουν σημαντικά στοιχεία για τη φύση πολλών υλικών στην επιφάνεια της γης. Η χλωροφύλλη, για παράδειγμα, απορροφά ιδιαίτερα τα κόκκινα ορατά μήκη κύματος, ενώ τα κοντινά υπέρυθρα μήκη δίνουν σημαντικά στοιχεία για τις δομές των φύλλων των φυτών. Ως αποτέλεσμα, οι περισσότερες τηλεπισκοπικές εικόνες που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ΓΣΠ λαμβάνονται σε αυτές τις περιοχές.



Σχήμα 2.1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

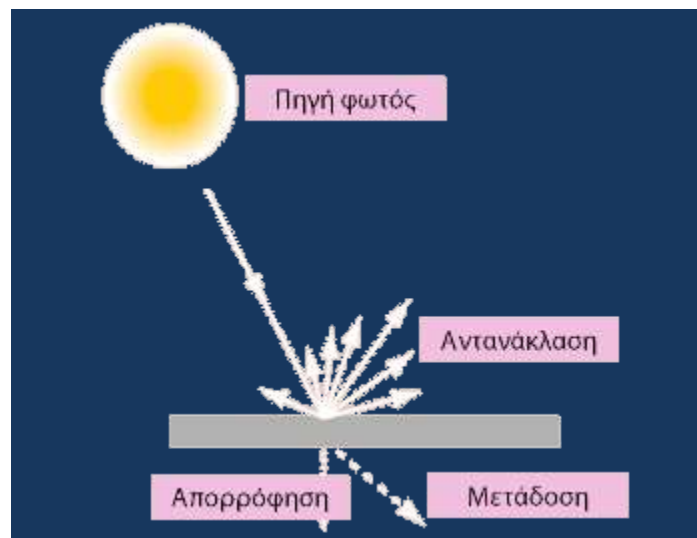
Προχωρώντας στο μέσο και θερμικό υπέρυθρο, βρίσκουμε μια σειρά από καλά παράθυρα. Τα μεγαλύτερα από τα μεσαία υπέρυθρα μήκη κύματος έχουν αποδειχτεί πολύ χρήσιμα σε μια σειρά από γεωλογικές εφαρμογές. Οι θερμικές περιοχές έχουν αποδειχτεί πολύ χρήσιμες στην παρακολούθηση όχι μόνο της χωρικής κατανομής της θερμότητας από βιομηχανικές δραστηριότητες, αλλά και σε μια σειρά από εφαρμογές όπως η παρακολούθηση των πυρκαγιών, την κατανομή της πανίδας και τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους.

Μετά το θερμικό υπέρυθρο, η επόμενη σημαντική περιοχή στην περιβαλλοντολογική τηλεπισκόπηση είναι η περιοχή των μικροκυμάτων. Υπάρχουν πολλά σημαντικά παράθυρα σε αυτήν την περιοχή και έχουν ιδιαίτερα σημασία για την φωτογράφιση ενεργού ραντάρ. Η υφή των υλικών στην επιφάνεια της γης προκαλεί σημαντικές αλληλεπιδράσεις με πολλές περιοχές μικροκυμάτων. Αυτό

μπορεί να βοηθήσει συμπληρωματικά στη λήψη πληροφοριών από άλλα μήκη κύματος, και δίνει επίσης το σημαντικό πλεονέκτημα της δυνατότητας χρήσης κατά τη νύχτα (καθώς ως ενεργό σύστημα δεν εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία) και σε περιοχές με συνεχή κάλυψη νεφών (καθώς τα μήκη κύματος ραντάρ δεν επηρεάζονται σημαντικά από τα σύννεφα).

2.2.3 Μηχανισμοί Αλληλεπίδρασης

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια προσκρούει σε ένα υλικό, μπορούν να συμβούν τρεις τύποι αλληλεπίδρασης: ανάκλαση, απορρόφηση και / ή μετάδοση (Σχήμα 2.2). Το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στο ανακλώμενο τμήμα καθώς αυτό επιστρέφει στο σύστημα αισθητήρα. Το ποσοστό που ανακλάται εξαρτάται από τη φύση του υλικού και την περιοχή του φάσματος στην οποία γίνεται η μέτρηση. Ως αποτέλεσμα, εάν εξετάσουμε τη φύση αυτού του ανακλώμενου τμήματος σε ένα εύρος μηκών κύματος, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το αποτέλεσμα ως ένα *σχήμα φασματικής απόκρισης*.

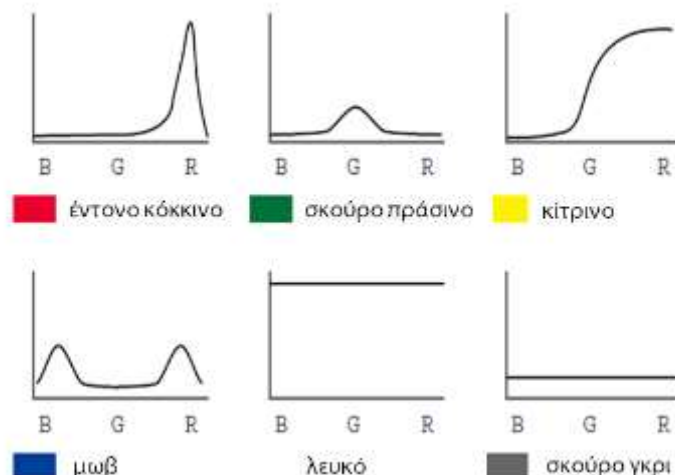


Σχήμα 2.2: Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και υλικών.

2.2.4 Φασματική Απόκριση

Ένα σχήμα φασματικής απόκρισης συχνά αποκαλείται και *φασματική υπογραφή*. Είναι μια περιγραφή (συχνά με μορφή διαγράμματος) του βαθμού της ανάκλασης της ενέργειας σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος. Οι περισσότεροι άνθρωποι είναι πολύ εξοικειωμένοι με τα σχήματα φασματικής απόκρισης καθώς είναι αντίστοιχα της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος. Για παράδειγμα, το Σχήμα 2.3 δείχνει ιδεατά σχήματα φασματικής απόκρισης για διάφορα συνηθισμένα χρώματα στην ορατή ζώνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθώς και για το λευκό και το σκούρο γκρι. Το έντονο κόκκινο σχήμα ανάκλασης, για παράδειγμα, μπορεί να παραχθεί από ένα κομμάτι χαρτιού βαμμένου με κόκκινη μελάνη. Εδώ, η μελάνη είναι σχεδιασμένη να τροποποιεί το λευκό φως το οποίο το φωτίζει και να απορροφά τα μπλε και πράσινα μήκη κύματος. Αυτό που μένει είναι τα κόκκινα μήκη κύματος τα οποία ανακλώνται από την επιφάνεια του χαρτιού πίσω στο σύστημα αίσθησης (το μάτι). Η υψηλή επιστροφή των κόκκινων μηκών κύματος

δείχνει ένα φωτεινό κόκκινο, ενώ η χαμηλή επιστροφή των πράσινων μηκών στο δεύτερο παράδειγμα δείχνει ότι πρόκειται για κάτι αρκετά σκούρο.



Σχήμα 2.3: Παραδείγματα φασματικής απόκρισης.

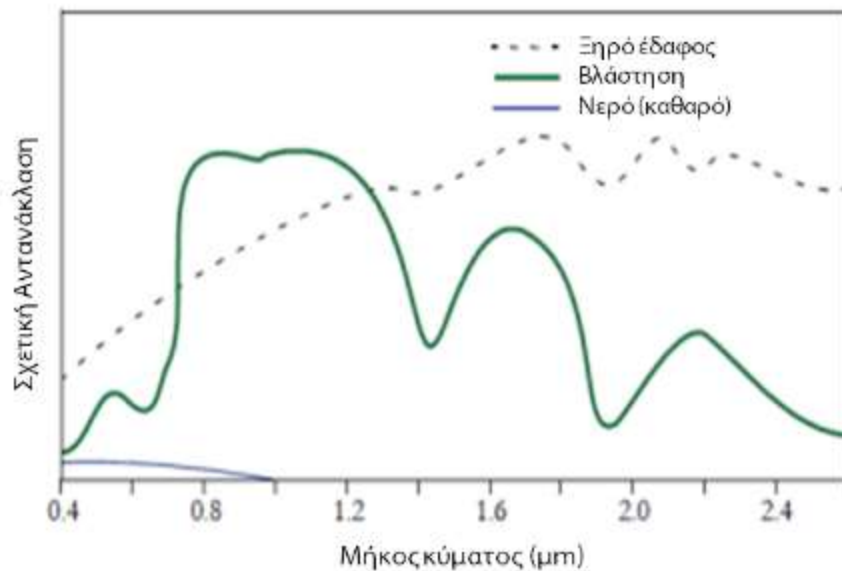
Τα μάτια έχουν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται σχήματα φασματικής απόκρισης γιατί πρόκειται για πραγματικά πολυφασματικούς αισθητήρες (δηλαδή, αντιλαμβάνονται πολλαπλά τμήματα του φάσματος). Παρόλο που η πραγματική λειτουργία των ματιών είναι αρκετά πολύπλοκη, δεν διαθέτουν τρεις ξεχωριστούς τύπους αισθητήρων οι οποίοι να αντιστοιχούν στην κόκκινη, πράσινη και μπλε περιοχή του φάσματος. Τα χρώματα αυτά είναι τα στοιχειώδη συμπληρωματικά χρώματα, και τα μάτια ανταποκρίνονται σε αναμειξεις αυτών των τριών για να δώσουν την αίσθηση των άλλων χρωμάτων. Για παράδειγμα, το χρώμα που αντιλαμβάνονται από το τρίτο σχήμα φασματικής απόκρισης στο Σχήμα 2.3 θα ήταν το κίτρινο – το αποτέλεσμα της ανάμειξης ενός κόκκινου και ενός πράσινου. Όμως, θα πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι αυτό είναι απλά η φαινομενολογική αντίληψη ενός σχήματος φασματικής απόκρισης. Ας εξετάσουμε την τέταρτη καμπύλη. Εδώ έχουμε την αντανάκλαση στη μπλε αλλά και στην κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος. Πρόκειται για μια διπλή κατανομή, και τεχνικά δεν πρόκειται για ένα συγκεκριμένο χρώμα του φάσματος. Εμείς, όμως, το βλέπουμε ως μωβ. Το χρώμα αυτό δεν υπάρχει στη φύση, δηλαδή ως ξεχωριστό χρώμα με συγκεκριμένο μήκος κύματος. Είναι όμως πολύ πραγματικό στην αντίληψη μας. Το μωβ είναι απλά η αντίληψη μας για ένα σχήμα που περιλαμβάνει δύο μη γειτονικά βασικά χρώματα.

Στις πρώτες μέρες της τηλεπισκόπησης, κυριαρχούσε η αντίληψη (ή μάλλον η ελπίδα) ότι κάθε υλικό στην επιφάνεια της γης θα έχει ένα ξεχωριστό σχήμα φασματικής απόκρισης που θα επέτρεπε την αξιόπιστη αναγνώριση του με οπτικά ή ψηφιακά μέσα. Όμως, η εμπειρία από την πραγματικότητα έδειξε ότι αυτό δεν ισχύει πάντα. Για παράδειγμα, δύο διαφορετικά είδη δέντρων μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικό χρωματισμό σε κάποια εποχή του χρόνου και πολύ παρόμοιο σε κάποια άλλη.

Η εύρεση ξεχωριστών σχημάτων φασματικής απόκρισης είναι το κλειδί στις περισσότερες διαδικασίες ερμηνείας εικόνων τηλεπισκόπησης με υπολογιστή. Η εργασία αυτή είναι σπάνια απλή και χωρίς προβλήματα. Συνήθως ο αναλυτής θα

πρέπει να βρει ένα συνδυασμό από φασματικές ζώνες και εκείνη την εποχή στο χρόνο όπου εμφανίζονται ξεχωριστά σχήματα για κάθε μια από τις κλάσεις που μας ενδιαφέρουν.

Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2.4 δείχνει ένα ιδεατό σχήμα φασματικής απόκρισης της βλάστησης καθώς και του νερού και του ξηρού εδάφους. Η υψηλή απορρόφηση των μπλε και κόκκινων περιοχών του ορατού από τα φύλλα (ειδικά από τη χλωροφύλλη για την φωτοσύνθεση) οδηγεί στην χαρακτηριστική πράσινη εμφάνιση της βλάστησης. Όμως, ενώ η υπογραφή αυτή είναι διακριτά διαφορετική από τις περισσότερες επιφάνειες χωρίς βλάστηση, δεν είναι ικανή να ξεχωρίσει μεταξύ διαφορετικών ειδών βλάστησης – τα περισσότερα θα έχουν παρόμοιο πράσινο χρώμα όταν είναι εντελώς ώριμα. Παρόλα αυτά, στο κοντινό υπέρυθρο βρίσκουμε μια πολύ υψηλότερη επιστροφή από τις επιφάνειες με βλάστηση λόγω της διάθλασης εντός του σαρκώδους μεσοφυλλικού στρώματος των φύλλων. Η ενέργεια που επιστρέφει στην περιοχή αυτή εξαρτάται, λοιπόν, σε μεγάλο βαθμό από την εσωτερική δομή των φύλλων και μπορεί να βοηθήσει στην διάκριση μεταξύ διαφορετικών ειδών. Ομοίως, στο μέσο της υπέρυθρης περιοχής βλέπουμε μια σημαντική πτώση στην φασματική απόκριση η οποία σχετίζεται με την υγρασία των φύλλων. Πρόκειται, έτσι, για μια ακόμα περιοχή η οποία μπορεί να βοηθήσει στον να διακρίνουμε διαφορετικά είδη βλάστησης. Εφαρμογές οι οποίες αφορούν τον βέλτιστο διαχωρισμό μεταξύ ειδών βλάστησης, επομένως, θα περιλαμβάνουν τις περιοχές του κοντινού και μέσου υπέρυθρου και θα χρησιμοποιεί εικόνες οι οποίες έχουν ληφθεί σε προχωρημένο στάδιο του κύκλου ανάπτυξης της βλάστησης.



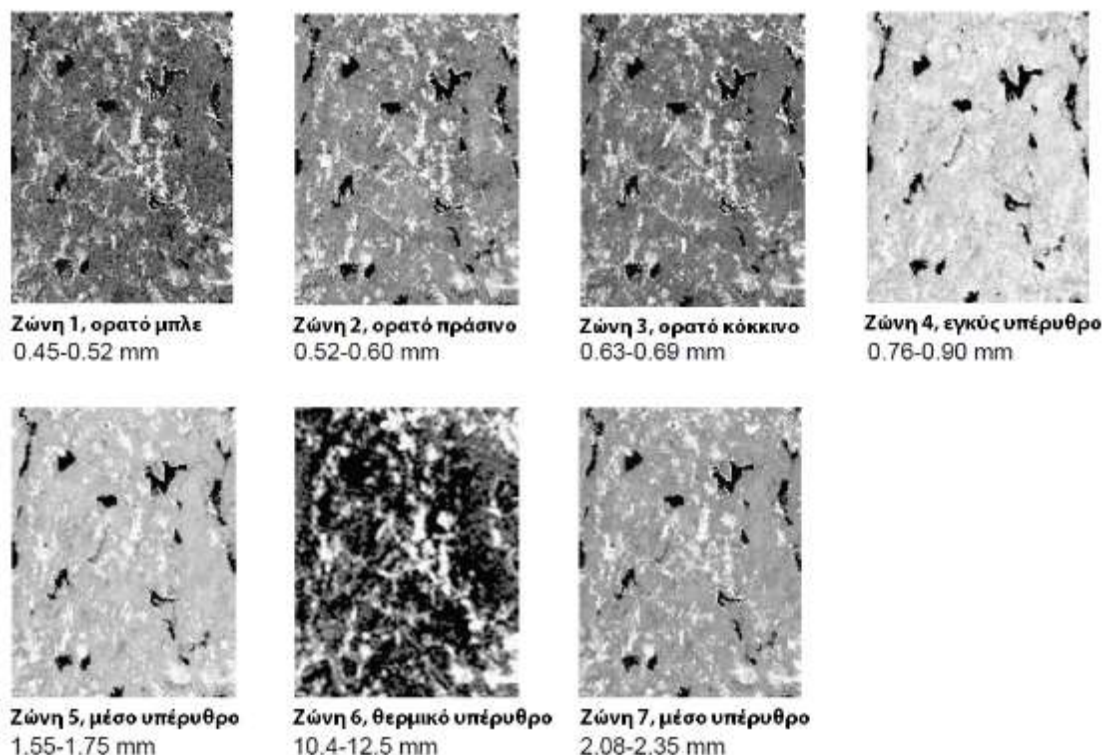
Σχήμα 2.4: Φασματική απόκριση βλάστησης, ξηρού εδάφους και νερού (Lillesand και Kiefer, 1987).

2.2.5 Πολυφασματική Τηλεπισκόπηση

Κατά την οπτική ερμηνεία εικόνων τηλεπισκόπησης, εξετάζονται διάφορα χαρακτηριστικά των εικόνων: το χρώμα (ή ο τόνος στην περίπτωση παγχρωματικών εικόνων), η υφή, το μέγεθος, το σχήμα, η διάταξη, το θέμα κα. Όμως, στην ερμηνεία με υπολογιστή, συνήθως χρησιμοποιείται απλά το χρώμα

(δηλαδή, η φασματική απόκριση). Για το λόγο αυτό δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση πολυφασματικών αισθητήρων (αισθητήρες που, όπως το μάτι, βλέπουν σε περισσότερες από μία περιοχές του φάσματος και μπορούν έτσι να αναλύουν σχήματα φασματικής απόκρισης), και στο πλήθος και την συγκεκριμένη θέση αυτών των φασματικών ζωνών.

Το Σχήμα 2.5 παρουσιάζει τις φασματικές ζώνες του συστήματος Landsat Thematic Mapper (TM). Ο δορυφόρος Landsat είναι ένα εμπορικό σύστημα που παρέχει πολυφασματικές εικόνες σε επτά φασματικές ζώνες και ανάλυση 30 μέτρων.



Σχήμα 2.5: Φασματικές ζώνες του συστήματος Landsat Thematic Mapper.

Μπορεί να δειχθεί μέσω αναλυτικών τεχνικών ότι σε πολλά περιβάλλοντα, οι ζώνες που φέρουν τον μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών για το φυσικό περιβάλλον είναι αυτές του κοντινού υπέρυθρου και του κόκκινου μήκους κύματος. Το νερό απορροφά σε μεγάλο βαθμό τα υπέρυθρα μήκη κύματος και επομένως διακρίνεται έντονα στην περιοχή αυτή. Επίσης, τα ήδη των φυτών παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση τους εδώ. Η κόκκινη περιοχή είναι επίσης πολύ σημαντική καθώς είναι η κύρια περιοχή στην οποία η χλωροφύλλη απορροφά ενέργεια για τη φωτοσύνθεση. Έτσι η περιοχή αυτή διαχωρίζει ανάμεσα σε επιφάνειες με ή χωρίς βλάστηση.

Δεδομένης της σημασίας της κόκκινης και κοντινής υπέρυθρης ζώνης, δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι όλα τα αισθητήρια συστήματα που σχεδιάζονται για την παρακολούθηση γήινων πόρων διαθέτουν την δυνατότητα αίσθησης σε αυτές τις ζώνες. Το είδος της εφαρμογής απλά θα καθορίζει και το ποιες άλλες ζώνες θα περιλαμβάνονται. Πολλά συστήματα περιλαμβάνουν και τη ζώνη του ορατού πράσινου καθώς έτσι γίνεται δυνατή, σε συνδυασμό με τις άλλες δύο ζώνες, η παραγωγή της τυπικής ψευδο-χρωματικής σύνθετης εικόνας – μιας έγχρωμης

εικόνας που λαμβάνεται από την πράσινη, κόκκινη και υπέρυθρη ζώνη (αντί της μπλε, πράσινης και κόκκινης ζώνης των εικόνων φυσικών χρωμάτων). Η μορφή αυτή είναι πολύ συνηθισμένη λόγω της ανάπτυξης της υπέρυθρης φωτογραφίας, και είναι πολύ γνωστή στους ειδικούς της τηλεπισκόπησης. Επίσης, ο συνδυασμός των τριών αυτών ζωνών είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στην ερμηνεία τόσο των κατοικημένων περιοχών όσο και των φυσικών αλλά και των περιοχών βλάστησης. Βέβαια, ολοένα και περισσότερο γίνεται χρήση και άλλων ζωνών που είναι πιο στοχευμένες στο διαχωρισμό επιφανειακών υλικών. Για παράδειγμα, η ζώνη Landsat TM 5 βρίσκεται μεταξύ δύο ζωνών απορρόφησης του νερού και έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμη στον καθορισμό των διαφορών υγρασίας εδάφους και φύλλων. Παρόμοια, η ζώνη Landsat TM 7 στοχεύει στην ανίχνευση ζωνών υδροθερμικής αλλοίωσης σε βραχώδεις επιφάνειες. Αντίθετα, το σύστημα AVHRR στους δορυφόρους της σειράς NOAA περιλαμβάνει θερμικά κανάλια για την ανίχνευση των θερμοκρασιακών χαρακτηριστικών των νεφών.

2.2.6 Υπερφασματική Τηλεπισκόπηση

Επιπρόσθετα στην συμβατική πολυφασματική εικονοληψία, εμφανίστηκαν ορισμένα πειραματικά συστήματα όπως το AVIRIS και το MODIS που είναι ικανά για λήψη υπερφασματικών δεδομένων. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν παρόμοια μήκη κύματος με τα πολυφασματικά, αλλά σε πολύ πιο στενές ζώνες. Αυτό οδηγεί σε δραματική αύξηση του πλήθους των ζωνών (και επομένως της ακρίβειας) που παρέχεται για ταξινόμηση εικόνων (συνήθως σε δεκάδες ή και εκατοντάδες πολύ στενές ζώνες). Ακόμα, έχουν αναπτυχθεί βιβλιοθήκες υπερφασματικών υπογραφών σε εργαστηριακές συνθήκες οι οποίες περιλαμβάνουν υπογραφές για διαφορετικούς τύπους κάλυψης εδάφους, όπως διαφορετικά ορυκτά και άλλα γήινα υλικά. Έτσι, γίνεται δυνατή η αντιστοίχιση σε επιφανειακά υλικά με μεγάλη ακρίβεια. Βέβαια, οι πραγματικές φυσικές και περιβαλλοντικές συνθήκες των υλικών είναι αρκετά διαφορετικές από τις εργαστηριακές, γεγονός που καθιστά την αντιστοίχιση αυτή αρκετά δύσκολη. Ακόμα, οι διαδικασίες ταξινόμησης για υπερφασματικά δεδομένα δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα στο ίδιο βαθμό με τις διαδικασίες ταξινόμησης πολυφασματικών εικόνων. Ως αποτέλεσμα, οι πολυφασματικές εικόνες αποτελούν ακόμα το κυριότερο εργαλείο της τηλεπισκόπησης.

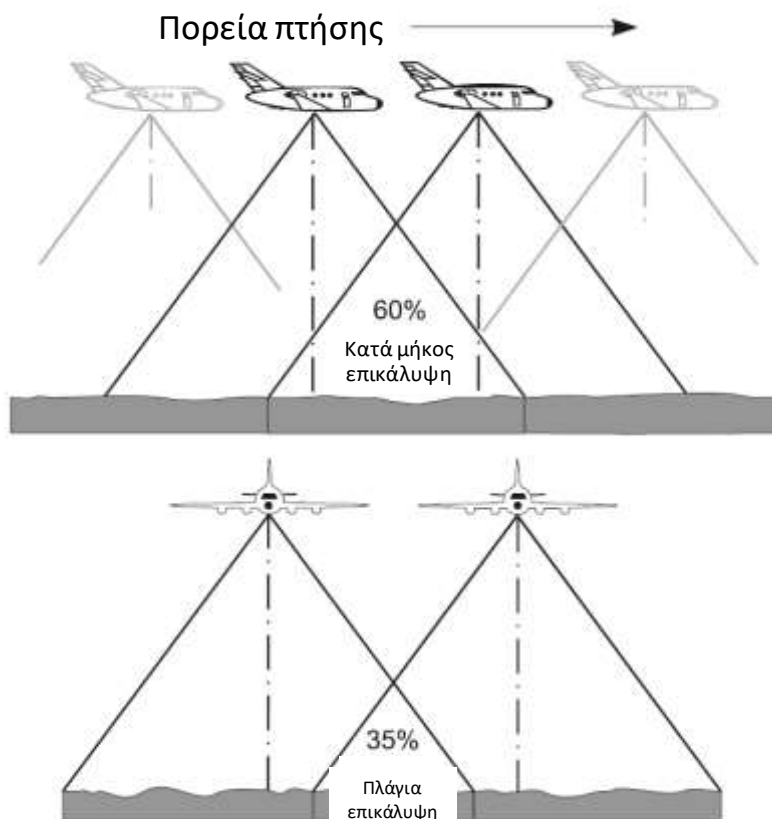
2.3 Αισθητήρια Συστήματα

Ως αποτέλεσμα των σύγχρονων εξελίξεων στους αισθητήρες, υπάρχουν πλέον διαθέσιμα διάφορα συστήματα για την συλλογή τηλεπισκοπικών δεδομένων. Εδώ θα εξετάσουμε ορισμένα από τα κύρια συστήματα και τους συνδυασμούς τους που είναι διαθέσιμα στους χρήστες ΓΣΠ.

2.3.1 Αεροφωτογραφία

Η αεροφωτογραφία είναι η παλαιότερη και πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος τηλεπισκόπησης. Κάμερες τοποθετημένες σε ελαφριά αεροσκάφη που πετούν σε ύψος μεταξύ 200 και 15,000 μέτρων λαμβάνουν μεγάλες ποσότητες λεπτομερών πληροφοριών. Οι αεροφωτογραφίες παρέχουν μια στιγμιαία οπτική άποψη της γήινης επιφάνειας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία

λεπτομερών χαρτών. Οι αεροφωτογραφίες λαμβάνονται συνήθως από εμπορικές εταιρείες αεροφωτογραφίσεων που διαθέτουν και λειτουργούν ειδικά τροποποιημένα αεροσκάφη εξοπλισμένα με κάμερες μεγάλου μεγέθους (23 x 23 εκατοστά) και χαρτογραφικής ποιότητας. Αεροφωτογραφίες μπορούν επίσης να ληφθούν με κάμερες μικρού μεγέθους (35 και 70 χιλιοστών), χειρός ή προσαρμοσμένες σε μη τροποποιημένα ελαφρά αεροσκάφη.



Σχήμα 2.6: Επικάλυψη κατακόρυφων αεροφωτογραφιών.

Οι διάφορες διατάξεις κάμερας και πλατφόρμας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε κατακόρυφες και υπό γωνία. Η υπό γωνία αεροφωτογράφιση γίνεται σε γωνία με το έδαφος. Οι εικόνες που συλλέγονται δίνουν την άποψη που έχει ένας παρατηρητής από το παράθυρο ενός αεροσκάφους. Είναι ευκολότερες στην ερμηνεία από τις κατακόρυφες, αλλά παρουσιάζουν δυσκολία στον εντοπισμό και την μέτρηση στοιχείων για λόγους χαρτογράφησης.

Οι κατακόρυφες αεροφωτογραφίες λαμβάνονται με την κάμερα να κοιτά ακριβώς προς τα κάτω. Οι εικόνες που συλλέγονται δίνουν την κάτοψη των στοιχείων του εδάφους και μπορούν εύκολα να συγκριθούν με χάρτες. Οι κατακόρυφες αεροφωτογραφίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, ειδικά σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμοι χάρτες. Οι αεροφωτογραφίες δίνουν στοιχεία για τη βλάστηση και γενικά την κάλυψη του εδάφους που συχνά μπορεί να λείπουν από τους χάρτες. Η σύγκριση παλιών και νέων αεροφωτογραφιών μπορεί να αποκαλύψει τις αλλαγές που γίνονται σε μια περιοχή με το χρόνο.

Οι κατακόρυφες αεροφωτογραφίες εμπεριέχουν ελαφρές μετατοπίσεις λόγω του ανάγλυφου, της βύθισης και της κλίσης του αεροσκάφους, και της παραμόρφωσης από τον φακό. Οι κατακόρυφες αεροφωτογραφίες μπορούν να

λαμβάνονται με επικάλυψη, συνήθως γύρω στο 60% κατά μήκος της γραμμής πτήσης και τουλάχιστο 20% μεταξύ των γραμμών (Σχήμα 2.6). Οι επικαλυπτόμενες εικόνες μπορούν να εξεταστούν με ένα στερεοσκόπιο για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης άποψης η οποία αποκαλείται στερεό μοντέλο.

2.3.2 Δορυφορικά Συστήματα Σάρωσης

Η φωτογραφία αποδείχτηκε σημαντικό μέσο εισόδου για την οπτική ερμηνεία και την παραγωγή αναλογικών χαρτών. Όμως, η ανάπτυξη των δορυφορικών μέσων, η σχετική ανάγκη για τηλεμετρικές εικόνες σε ψηφιακή μορφή, και η επιθυμία για ψηφιακές εικόνες υψηλής ευκρίνειας οδήγησαν στην ανάπτυξη των σαρωτών σταθερής κατάστασης ως ένα κύριο μέσο λήψης τηλεπισκοπικών δεδομένων. Τα ειδικά χαρακτηριστικά συγκεκριμένων συστημάτων μπορεί να διαφέρουν. Στην ανάλυση που ακολουθεί, όμως, παρουσιάζεται ένα ιδανικό σύστημα σάρωσης που είναι αντιπροσωπευτικό των μοντέρνων συστημάτων σε χρήση.

Η βασική λογική ενός αισθητήρα σάρωσης είναι η χρήση ενός μηχανισμού περιστροφής στη διεύθυνση δύση προς ανατολή την ίδια στιγμή που ο δορυφόρος κινείται στη διεύθυνση από βορά προς νότο. Η συνολική κίνηση δίνει τη δυνατότητα σύνθεσης μιας πλήρους ψηφιδωτής εικόνας του περιβάλλοντος.

Μια απλή τεχνική σάρωσης είναι η χρήση ενός περιστρεφόμενου κατόπτρου που καλύπτει το πεδίο όρασης κατά την επιθυμητή διεύθυνση. Το πεδίο όρασης λαμβάνεται από ένα πρίσμα το οποίο διανέμει την περιεχόμενη ενέργεια στα επιμέρους φασματικά τμήματα. Στην συνέχεια, κατάλληλα τοποθετημένοι φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές λαμβάνουν το κάθε τμήμα και το μετατρέπουν σε ηλεκτρικές μετρήσεις του ποσού της ενέργειας που ανιχνεύεται σε κάθε τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Καθώς η σάρωση προχωρά από δύση προς ανατολή, οι ανιχνευτές αυτοί δίνουν μετρήσεις οι οποίες αποτελούν τις στήλες κατά μήκος μιας γραμμής μιας ομάδας ψηφιδωτών εικόνων – μια για κάθε ανιχνευτή. Η κίνηση από το βορά στο νότο δίνει την επόμενη γραμμή, τελικά οδηγώντας στην παραγωγή μιας ομάδας ψηφιδωτών εικόνων ως καταγραφή της αντανάκλασης από ένα εύρος φασματικών ζωνών.

Υπάρχουν πολλά δορυφορικά συστήματα σε λειτουργία σήμερα τα οποία συλλέγουν εικόνες οι οποίες στη συνέχεια διανέμονται στους χρήστες. Πολλά από τα πιο κοινά συστήματα περιγράφονται παρακάτω. Κάθε τύπος δορυφορικών δεδομένων προσφέρει ειδικά χαρακτηριστικά τα οποία τον καθιστούν περισσότερο ή λιγότερο κατάλληλο για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Γενικά, υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην επιλογή δορυφορικών δεδομένων: η χωρική ανάλυση και η φασματική ανάλυση. Η χωρική ανάλυση αναφέρεται στο μέγεθος της περιοχής στο έδαφος το οποίο περιγράφεται από μια μοναδική τιμή δεδομένων στην εικόνα (μια ψηφίδα). Η φασματική ανάλυση αναφέρεται στο πλήθος και το πλάτος των φασματικών ζωνών τις οποίες ανιχνεύει ο δορυφορικός αισθητήρας. Επίσης θα πρέπει να εξετάζονται θέματα κόστους και διαθεσιμότητας των δεδομένων.

Οι δορυφόροι παρατήρησης της Γης διαφέρουν ανάλογα με το είδος της τροχιάς που εκτελούν, το ωφέλιμο φορτίο που μεταφέρουν, αλλά και από την οπτική γωνία των οργάνων απεικόνισης, τη χωρική ανάλυση, τα φασματικά χαρακτηριστικά και το πλάτος λωρίδας σάρωσης των αισθητήρων. Όλες αυτές οι

παράμετροι σχεδιάζονται στην αρχή του καθορισμού της αποστολής ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία στοχεύει η δορυφορική αποστολή.

Για την παρακολούθηση του καιρού σε μεγάλες κλίμακες και υψηλή συχνότητα, ο δορυφόρος θα πρέπει να βρίσκεται σε γεωσταθερή τροχιά. Σε μια τέτοια τροχιά, ο δορυφόρος μπορεί να έχει συνεχώς στο οπτικό πεδίο του ένα σχεδόν ολόκληρο ημισφαίριο. Ωστόσο, επειδή η τροχιά είναι πολύ ψηλά (περίπου 36.000 χλμ. πάνω από τη Γη) είναι δύσκολη η διατήρηση μιας υψηλής χωρικής ανάλυσης. Αλλά για εφαρμογές, όπως η παρακολούθηση των νεφών επάνω από τις ηπείρους, η υψηλή χωρική ανάλυση δεν είναι απαραίτητη.

Για εφαρμογές που απαιτούν απεικόνιση υψηλής ευκρίνειας μιας πολύ συγκεκριμένης περιοχής, για παράδειγμα, την παρακολούθηση μιας λίμνης παγετώνων ή τη χαρτογράφηση κτιρίων που καταστράφηκαν από ένα σεισμό, απαιτείται αισθητήρας υψηλής ευκρίνειας. Σε γενικές γραμμές, αυτός ο αισθητήρας θα πρέπει να έχει στενή λωρίδα σάρωσης και να βρίσκεται σε ένα δορυφόρο σε χαμηλή γήινη τροχιά, που καλείται LEO (Low Earth Orbit) (για παράδειγμα, στην περίπτωση του δορυφόρου QuickBird, σε απόσταση 600 χλμ, πάνω από τη Γη). Σε μια τέτοια τροχιά δεν είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση της ίδιας περιοχής, εξαιτίας της σχετικής κίνησης του δορυφόρου σε σχέση με τη Γη. Είναι δυνατή η λήψη εικόνων μόνο επάνω από μια δεδομένη περιοχή όταν ο δορυφόρος περάσει επάνω από αυτή.

LANDSAT

Το σύστημα δορυφόρων τηλεπισκόπησης Landsat λειτουργείται πλέον από το κέντρο EROS Data Center (<http://edc.usgs.gov>) του Γεωλογικού Ινστιτούτου των ΗΠΑ. Πλήρεις σκηνές ή τμηματικές παρέχονται σε διαφορετικές μορφές, καθώς και φωτογραφικά προϊόντα των σκηνών MSS και TM σε ψευδές χρώμα και ασπρόμαυρο. Υπήρξαν επτά δορυφόροι Landsat, ο πρώτος εκ των οποίων εκτοξεύτηκε το 1972. Ο LANDSAT 6 χάθηκε στην εκτόξευση. Ο LANDSAT 5 είναι ακόμα σε λειτουργία, ενώ ο LANDSAT 7 εκτοξεύτηκε τον Απρίλιο του 1999.

Ο δορυφόρος Landsat αποτελείται από δύο πολυφασματικούς αισθητήρες. Ο πρώτος είναι ο πολυφασματικός σαρωτής (Multi-Spectral Scanner – MSS) ο οποίος λαμβάνει εικόνες σε τέσσερις ζώνες: μπλε, πράσινη, κόκκινη και κοντινή υπέρυθρη. Ο δεύτερος είναι ο θεματικός χαρτογράφος (Thematic Mapper – TM) ο οποίος συλλέγει επτά ζώνες: μπλε, πράσινη, κόκκινη, κοντινή υπέρυθρη, δυο μέσο υπέρυθρες και μια θερμική υπέρυθρη. Ο MSS έχει χωρική ανάλυση 80 μέτρων, ενώ ο TM 30 μέτρων. Και οι δύο αισθητήρες καλύπτουν περιοχή 185 χλμ, περνώντας κάθε μέρα στις 09:45 τοπική ώρα, και επιστρέφοντας κάθε 16 ημέρες. Με τον Landsat 7, η υποστήριξη για εικόνες TM συνεχίζεται με την πρόσθεση μιας παγχρωματικής ζώνης 15 μέτρων.

SPOT

Ο SPOT (Systeme Pour L'Observation de la Terre) (www.spot.com) εκτοξεύτηκε και λειτουργείται από μια Γαλλική οργάνωση από το 1985. Ο SPOT μεταφέρει δύο αισθητήρες ορατού υψηλής ανάλυσης (High Resolution Visible – HRV) οι οποίοι λειτουργούν σε πολυφασματική ή παγχρωματική κατάσταση. Οι πολυφασματικές εικόνες έχουν χωρική ανάλυση 20 μέτρων ενώ οι παγχρωματικές έχουν χωρική ανάλυση 10 μέτρων. Οι δορυφόροι SPOT 1-3 δίνουν τρεις πολυφασματικές ζώνες:

πράσινη, κόκκινη και υπέρυθη. Ο SPOT 4, ο οποίος εκτοξεύθηκε το 1998, δίνει τις ίδιες τρεις συν μια ζώνη υπέρυθρου μικρού κύματος. Η παγχρωματική ζώνη των SPOT 1-3 είναι 0,51-0,73μ ενώ αυτή του SPOT 4 είναι 0,61-0,68μ. Ο SPOT 5 εκτοξεύθηκε το 2002. Οι κύριες βελτιώσεις από τον SPOT 4 περιλαμβάνουν: υψηλότερη ανάλυση εδάφους για τις παγχρωματικές ζώνες των 2,5 και 10 μέτρων, υψηλότερη ανάλυση για τις πολυφασματικές εικόνες των 10 μέτρων και στις τρεις ορατές και κοντινές υπέρυθρες ζώνες, και ένα ειδικό όργανο για στερεοσκοπική λήψη.

Όλες οι εικόνες SPOT καλύπτουν περιοχή 60 χιλιομέτρων. Ο αισθητήρας SPOT μπορεί να στοχεύσει σε εικόνα κατά μήκος παράλληλων διαδρομών. Αυτό επιτρέπει το όργανο να λάβει επαναληπτική εικόνα μιας περιοχής 12 φορές κατά την τροχιακή του περίοδο των 26 ημερών.

Η εταιρεία SPOT Image Inc. διαθέτει στην αγορά μια σειρά από προϊόντα, όπως ψηφιακές εικόνες σε οποιαδήποτε μορφή. Μπορεί κανείς να αγοράσει υπάρχουσες εικόνες ή να παραγγείλει νέες λήψεις. Οι πελάτες μπορούν να ζητήσουν τον δορυφόρο να στοχεύσει σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση για νέες λήψεις.

IKONOS

Ο δορυφόρος IKONOS εκτοξεύτηκε το 1999 από την Space Imaging Corp. (www.geoeye.com) και ήταν η πρώτη εμπορική προσπάθεια για λήψη και διανομή δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης. Ο IKONOS περιστρέφεται γύρω από τη γη κάθε 98 λεπτά σε ύψος 680 χιλιομέτρων και περνάει από το ίδιο γεωγραφικό μήκος την ίδια ώρα κάθε ημέρα (περίπου 10:30πμ). Τα προϊόντα του IKONOS περιλαμβάνουν εικόνες παγχρωματικές 1 μέτρου (0,45 – 0,90 mm) και πολυφασματικές 4 μέτρων (0,45 – 0,52 mm), πράσινες (0,51 – 0,60 mm), κόκκινες (0,63 – 0,70 mm), και κοντινές υπέρυθρες (0,76 – 0,85 mm) σε περιοχές 10,5 χιλιομέτρων. Η Space Imaging παρέχει μια ποικιλία προϊόντων δεδομένων. Οι πελάτες μπορούν να διαμορφώσουν τις λήψεις τους.

QuickBird

Ο δορυφόρος QuickBird εκτοξεύτηκε το 2001 από την Digital Globe (www.digitalglobe.com). Παρέχει εικόνες ακόμα υψηλότερης ανάλυσης από τον IKONOS σε εμπορική βάση. Η παγχρωματική του ζώνη είναι στα 61 εκατοστά ενώ η πολυφασματική στα 2,44 μέτρα. Τα προϊόντα του QuickBird περιλαμβάνουν την παγχρωματική ζώνη (0,45 – 0,90 mm) και τέσσερις πολυφασματικές ζώνες (μπλε, πράσινη, κόκκινη και κοντινή υπέρυθη) σε περιοχή 16,5 χιλιομέτρων. Η Digital Globe διαθέτει ποικιλία προϊόντων δεδομένων.

IRS

Η Ινδική Οργάνωση Διαστημικής Έρευνας έχει 5 δορυφόρους στο σύστημα IRS, και άλλους 7 που είχαν προγραμματιστεί για το 2004. Τα δεδομένα τους παρέχονται από την ANTRIX Corp. Ltd και από την Space Imaging Corporation στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι πιο προηγμένες δυνατότητες παρέχονται από τους δορυφόρους IRS-1C και IRS-1D οι οποίοι μαζί παρέχουν παγκόσμια κάλυψη με τους παρακάτω αισθητήρες:

IRS-Pan: παγχρωματικός 5,8 μέτρων

IRS-LISS3: πολυφασματικός 23,5 μέτρων (πράσινο, κόκκινο, κοντινό υπέρυθρο, υπέρυθρο μικρού κύματος)

IRS_WiFS: πολυφασματικός 180 μέτρων (κόκκινο, κοντινό υπέρυθρο)

NOAA-AVHRR

Το προηγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής ανάλυσης (Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR) μεταφέρεται από μια σειρά δορυφόρων που έθεσε σε λειτουργία η Εθνική Αρχή Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των Ηνωμένων Πολιτειών (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA). Λαμβάνει δεδομένα κατά μήκος μιας περιοχής πλάτους 2400 χιλιομέτρων κάθε ημέρα. Το AVHRR συλλέγει πέντε ζώνες: κόκκινη, κοντινή υπέρυθρη, και τρεις θερμικές υπέρυθρες. Η χωρική ανάλυση του αισθητήρα είναι 1,1 χιλιόμετρα και τα δεδομένα αυτά αναφέρονται ως κάλυψη τοπικής περιοχής (Local Area Coverage – LAC). Για τη μελέτη πολύ μεγάλων περιοχών, παρέχεται και μια τροποποιημένη έκδοση με ανάλυση 4 χιλιομέτρων, η οποία αναφέρεται ως κάλυψη παγκόσμιας περιοχής (Global Area Coverage – GAC).

Το AVHRR μπορεί να είναι ‘υψηλής’ ανάλυσης για μετεωρολογικές εφαρμογές, αλλά οι εικόνες δίνουν πολύ γενικά σχήματα και λίγη λεπτομέρεια για επίγειες μελέτες. Έχουν όμως υψηλή χρονική ανάλυση, δείχνοντας μεγάλες περιοχές σε ημερήσια βάση και για το λόγο αυτό είναι εξαιρετικά δημοφιλείς για την παρακολούθηση μεγάλων περιοχών. Οι εικόνες του AVHRR χρησιμοποιούνται από πολλές οργανώσεις και συστήματα πρόληψης.

RADARSAT

Ο RADARSAT είναι ένας δορυφόρος παρατήρησης της γης που εκτοξεύτηκε τον Νοέμβριο του 1995 από την Καναδική Διαστημική Οργάνωση. Τα δεδομένα διανέμονται από την RADARSAT International (RSI) στο Richmond, British Columbia, Καναδάς (ή μέσω της Space Imaging στις Ηνωμένες Πολιτείες). Η χωρική ανάλυση των εικόνων SAR της ζώνης C είναι μεταξύ 8 και 100 μέτρων ανά ψηφίδα και το διάστημα κάλυψης εδάφους είναι 24 ημέρες. Οι αισθητήρες μπορούν να στοχεύσουν στο σημείο ενδιαφέροντος γεγονός που επιτρέπει την συλλογή στερεοσκοπικών εικόνων RADAR. Τα σήματα RADAR μπορούν να διαπερνούν την κάλυψη νεφών, επιτρέποντας την πρόσβαση σε περιοχές που δεν μπορούν να φτάσουν άλλα συστήματα τηλεπισκόπησης. Σε αντίθεση με άλλα συστήματα, το σήμα RADAR επηρεάζεται πιο πολύ από τα ηλεκτρικά και φυσικά χαρακτηριστικά του στόχου παρά από την αντανάκλαση και το φασματικό σχήμα, καθιστώντας αναγκαία τη χρήση τεχνικών ειδικής ερμηνείας και επεξεργασίας. Σε σύγκριση με άλλους τύπους εικόνων τηλεπισκόπησης, η χρήση δεδομένων RADAR είναι ακόμα στην αρχή, αλλά έχει μεγάλο δυναμικό.

ERS

Οι δορυφόροι ERS-1 και ERS-2 (European Remote Sensing Satellite) (<http://earth.esa.int/ers/>) αναπτύχθηκαν από την Ευρωπαϊκή Οργάνωση Διαστήματος. Αυτά τα όμοια συστήματα παρέχουν ένα ενδιαφέρον συμπλήρωμα σε άλλα εμπορικά προϊόντα εικόνας καθώς παρέχουν μια ποικιλία από μορφές εικόνας ζώνης C RADAR. Για εφαρμογές GIS, το πιο ενδιαφέρον είναι οι εικόνες

RADAR πλάγιας κάλυψης (Side looking Airborne RADAR – SAR) οι οποίες καλύπτουν περιοχές 100 χιλιομέτρων με ανάλυση 30 μέτρων. Αυτές παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον σε εφαρμογές μελέτης της βλάστησης και προγράμματα χαρτογράφησης σε περιοχές όπου η κάλυψη των νεφών είναι επίμονη.

JERS

Ο Γιαπωνέζικος δορυφόρος γήινων πόρων (Japanese Earth Resource Satellite - JERS) παρέχει εικόνες SAR ζώνης L ανάλυσης 18 μέτρων. Πρόκειται για ζώνη ιδιαίτερα μεγαλύτερου μήκους από την τυπική C η οποία χρησιμοποιείται για εφαρμογές γήινων πόρων. Το RADAR ζώνης L έχει τη δυνατότητα να διαπερνά τη βλάστηση και την άμμο και χρησιμοποιείται κυρίως για γεωλογικές, τοπογραφικές και εφαρμογές χαρτογράφησης ακτών.

AVIRIS

Το AVIRIS είναι ένα πειραματικό σύστημα που αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Jet Propulsion Lab (JPL) και παράγει υπερφασματικά δεδομένα. Λαμβάνει δεδομένα σε 224 ζώνες στο ίδιο εύρος μήκους κύματος με το Landsat.

TERRA

Το 1999 ένα κοινό πρόγραμμα μεταξύ Καναδά, Ιαπωνίας και ΗΠΑ εκτόξευσε τον πρώτο από μια σειρά δορυφόρων παρακολούθησης της Γης της NASA (Earth Observing System – EOS). Ο δορυφόρος EOS AM-1 έχει πέντε όργανα (CERES, MISR, MODIS, ASTER, και MOPITT) τα οποία συλλέγουν έναν ασύλληπτο πλούτο επίγειων και ατμοσφαιρικών δεδομένων. Ο EOS AM-1 πετά κοντά στους πόλους, σε τροχιά συγχρονισμένη με τον ήλιο και περνά από τον ισημερινό γύρω στις 10:30πμ. Για τους χρήστες GIS τα όργανα ASTER και MODIS παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον.

Ο αισθητήρας ASTER λαμβάνει εικόνες υψηλής ανάλυσης σε 14 ζώνες από 15 έως 90 μέτρα. Τρεις ζώνες λαμβάνονται στα 15 μέτρα στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο σε περιοχές 60 χιλιομέτρων. Μια ακόμα ζώνη λαμβάνεται στα 15 μέτρα κοιτώντας προς το ναδίρ και χρησιμοποιείται για την παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων. Έξι ζώνες υπέρυθρου μικρού κύματος λαμβάνονται σε ανάλυση 30 μέτρων στο έδαφος σε περιοχές 60 χιλιομέτρων. Ακόμα πέντε ζώνες θερμικού υπέρυθρου λαμβάνονται σε ανάλυση 90 μέτρων και περιοχές 60 χιλιομέτρων. Στα διαθέσιμα προϊόντα του ASTER περιλαμβάνονται οι φασματικές εκπομπές και αντανάκλασεις της γήινης επιφάνειας, η θερμοκρασία και οι θερμικές εκπομπές της επιφάνειας, χάρτες ψηφιακών υψομέτρων από στερεοσκοπικές εικόνες, χάρτες σύστασης και βλάστησης της επιφάνειας, προϊόντα νεφών, θάλασσας, πάγων και πόλων, και παρατήρηση φυσικών κινδύνων.

Ο αισθητήρας MODIS παρέχει μια λογική επέκταση του AVHRR παρέχοντας 36 ζώνες εικόνων μέσης προς χαμηλής ανάλυσης με υψηλή χρονική ανάλυση (1-2 ημέρες). Η ζώνες 1 και 2 είναι εικόνες ανάλυσης 250 μέτρων στην κόκκινη και κοντινή υπέρυθρη περιοχή. Οι ζώνες 3-7 είναι πολυφασματικές εικόνες ανάλυσης 500 μέτρων στην ορατή και υπέρυθρη περιοχή. Τέλος, οι ζώνες 8-36 είναι υπερφασματικής κάλυψης στην ορατή, αντανακλώμενη υπέρυθρη, και θερμική υπέρυθρη περιοχή, με ανάλυση 1 χιλιομέτρο.

Sentinel

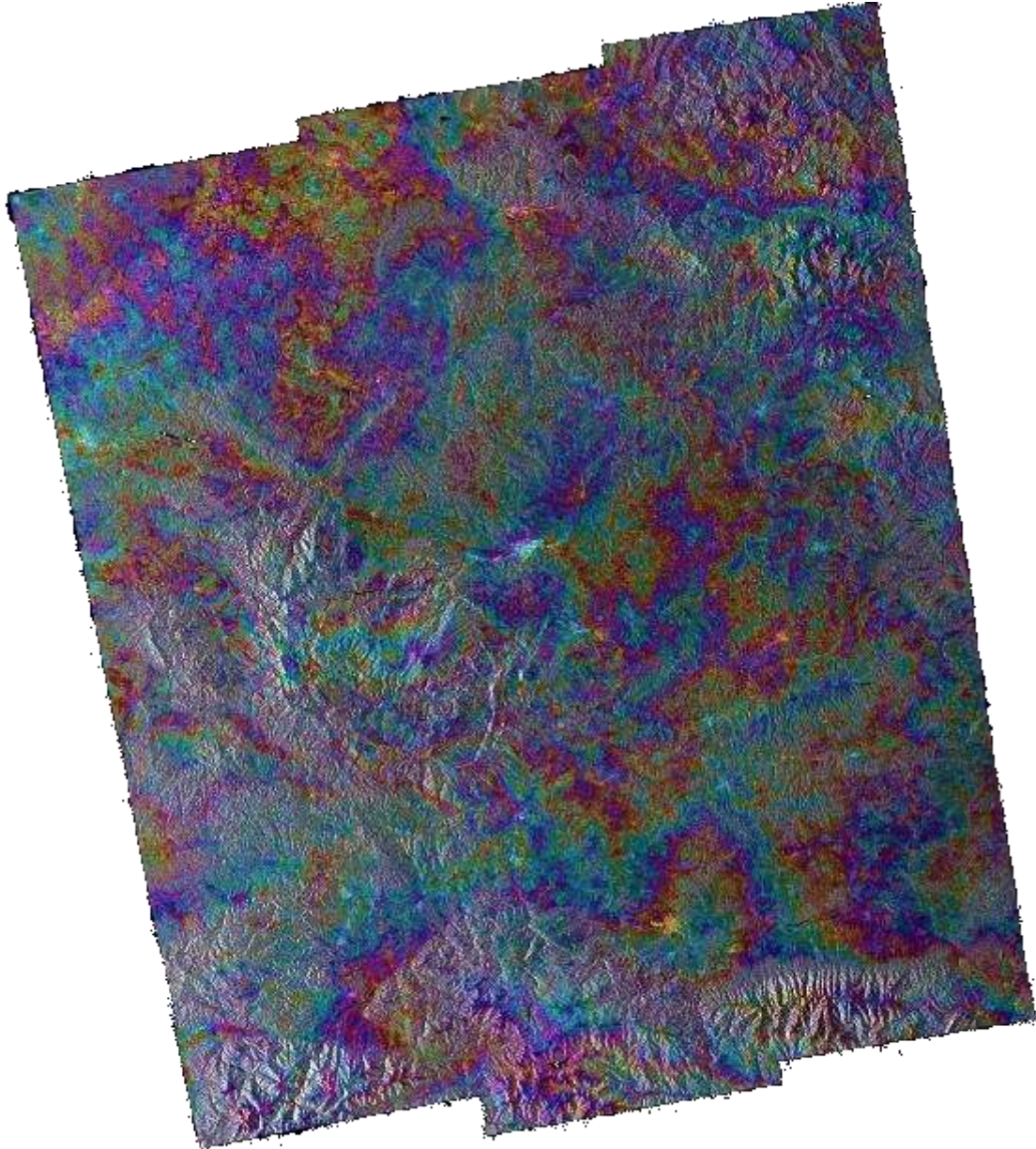
Οι δορυφόροι Sentinel αναπτύσσονται για τις συγκεκριμένες ανάγκες του προγράμματος Copernicus. Αποτελούνται από διαφορετικές οικογένειες αποστολών, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

- Ο Sentinel-1 παρέχει απεικόνιση ραντάρ παντός καιρού, ημέρας και νύχτας για την παρατήρηση της επιφανείας των εδάφους αλλά και των θαλασσών. Οι δίδυμοι δορυφόροι Sentinel-1A και Sentinel-1B εκτοξεύθηκαν στις 3 Απριλίου 2014 και στις 25 Απριλίου 2016 αντίστοιχα.



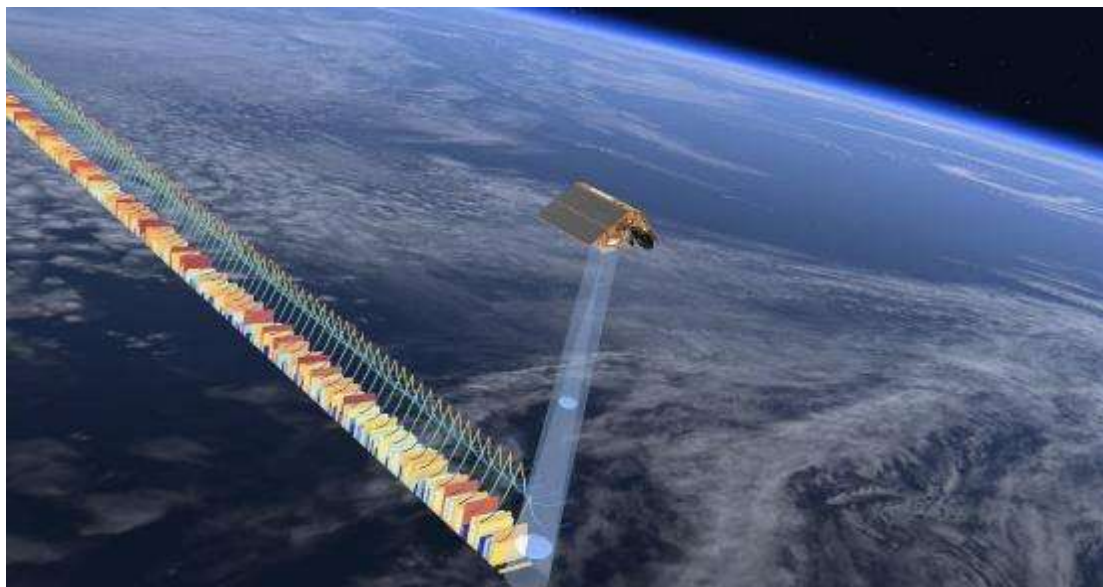
- Ο Sentinel-2 παρέχει οπτικές εικόνες υψηλής ανάλυσης για χαρτογράφηση εδάφους και υδάτινων επιφανειών. Παρέχει, για παράδειγμα, εικόνες στο ορατό, εγγύς υπέρυθρο φάσμα, δείκτες βλάστης και υγρασίας αλλά και σωρεία συνδυαστικών φασματικών απεικονίσεων χάρη στα πολλά κανάλια που διαθέτει. Οι δίδυμοι δορυφόροι Sentinel-2A και Sentinel-2B εκτοξεύθηκαν στις 22 Ιουνίου 2015 και στις 7 Μαρτίου 2017 αντίστοιχα. Οι δορυφόροι έχουν δυνατότητα συλλογής σε 13 φασματικές περιοχές με χωρική ανάλυση 10 μέτρων (4 κανάλια), 20 μέτρων (6 κανάλια) και 60 μέτρων (3 κανάλια). Το πλάτος της τροχιάς είναι 290 χλμ.
- Ο Sentinel-3 παρέχει δεδομένα οπτικά, ραντάρ και αλτιμετρίας υψηλής ακρίβειας για θαλάσσιες και χερσαίες υπηρεσίες. Μετράει μεταβλητές που καταγράφουν την τοπογραφία της θαλάσσιας επιφάνειας, την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας και της επιφάνειας της γης, το χρώμα των ωκεανών και το χρώμα της γης με ακρίβεια και αξιοπιστία υψηλής ποιότητας. Οι δίδυμοι δορυφόροι Sentinel-3A και Sentinel-3B εκτοξεύθηκαν στις 16 Φεβρουαρίου 2016 και στις 25 Απριλίου 2018 αντίστοιχα.

- Ο Sentinel-5 παρέχει δεδομένα ατμοσφαιρικών μετρήσεων εστιάζοντας στην ποιότητα αέρα, την κλιματική πίεση, το όζον και την υπεριώδη ακτινοβολία, με υψηλή χωροχρονική λεπτομέρεια. Ο δορυφόρος Sentinel-5P εκτοξεύτηκε το 2017, συμβάλλοντας και στην παρατήρηση των πολικών περιοχών της Αρκτικής.



- Ο Sentinel-6 είναι μια από τις αποστολές Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά η υλοποίησή του είναι αποτέλεσμα μιας εξαιρετικής συνεργασίας μεταξύ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), της Ευρωπαϊκής Οργάνωσης για την Εκμετάλλευση Μετεωρολογικών Δορυφόρων (Eumetsat), της Εθνικής Υπηρεσίας Αεροναυτικής και Διαστήματος (NASA) και της Εθνικής Υπηρεσίας για τους Ωκεανούς και την Ατμόσφαιρα (NOAA), με τη συμβολή του Εθνικού Κέντρου Διαστημικών Μελετών της Γαλλίας (CNES). Η αποστολή αποτελείται από δύο πανομοιότυπους δορυφόρους που θα

εκτοξευτούν με διαφορά πέντε ετών. Τον Copernicus Sentinel-6 Michael Freilich που εκτοξεύτηκε στις 21 Νοεμβρίου 2020 και τον Copernicus Sentinel-6B, που θα εκτοξευτεί το 2025. Πρόκειται για την πιο προηγμένη αποστολή που είναι αφιερωμένη στη μέτρηση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.



2.4 Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

2.4.1 Ανασκόπηση

Ως αποτέλεσμα των πολυφασματικών σαρωτών και των άλλων συσκευών εισόδου, έχουμε πλέον στη διάθεση μας ψηφιδωτές εικόνες δεδομένων φασματικής αντανάκλασης. Το κύριο πλεονέκτημα της ψηφιακής μορφής αυτών των δεδομένων είναι ότι μας επιτρέπεται να εφαρμόσουμε τεχνικές ανάλυσης με υπολογιστή στα δεδομένα των εικόνων – ένα πεδίο μελέτης που ονομάζουμε ψηφιακή ανάλυση εικόνας.

Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας ασχολείται κυρίως με τέσσερις βασικές λειτουργίες: **διόρθωση**, **βελτίωση**, **ταξινόμηση**, και **μετασχηματισμό**. Η διόρθωση εικόνας ασχολείται με την διόρθωση και την στάθμιση των εικόνων ώστε να πετύχουμε όσο πιο πιστή αναπαράσταση της γήινης επιφάνειας γίνεται – βασικό πρόβλημα για όλες τις εφαρμογές. Η βελτίωση εικόνας ασχολείται κυρίως με την τροποποίηση των εικόνων ώστε να βελτιστοποιηθεί η εμφάνιση τους στο οπτικό σύστημα. Η οπτική ανάλυση είναι ένα βασικό στοιχείο, ακόμα και στην ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, και τα αποτελέσματα αυτών των τεχνικών μπορούν να είναι δραματικά. Η ταξινόμηση εικόνας αναφέρεται στην ερμηνεία των εικόνων με χρήση υπολογιστή – μια λειτουργία πολύ σημαντική στα GIS. Τέλος, ο μετασχηματισμός εικόνας αναφέρεται στην παραγωγή νέων εικόνων ως αποτέλεσμα κάποιας μαθηματικής επεξεργασίας των αρχικών εικόνων. Πολλά από τα προγράμματα GIS διαθέτουν εργαλεία ψηφιακής ανάλυσης και επεξεργασίας εικόνας.

2.4.2 Διόρθωση Εικόνας

Οι τηλεπισκοπικές εικόνες του περιβάλλοντος λαμβάνονται συνήθως από πολύ μεγάλες αποστάσεις από την επιφάνεια της γης. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια ιδιαίτερα μεγάλη ατμοσφαιρική διαδρομή που θα πρέπει να διαπεράσει η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια πριν φτάσει στον αισθητήρα. Ανάλογα με τα μήκη κύματος και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (όπως τα αιωρούμενα σωματίδια, την υγρασία και τα ρεύματα αέρα), η επιστρεφόμενη ενέργεια μπορεί να έχει τροποποιηθεί ουσιαστικά. Ακόμα και ο ίδιος ο αισθητήρας μπορεί να τροποποιήσει τον χαρακτήρα των δεδομένων καθώς συνδυάζει πολλά μηχανικά, οπτικά και ηλεκτρικά τμήματα τα οποία με το μέρος τους τροποποιούν ή περιορίζουν την μετρούμενη ενέργεια. Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της σάρωσης της εικόνας, ο δορυφόρος ακολουθεί μια τροχιά η οποία μπορεί να παρεκκλίνει ελάχιστα καθώς και η γη κινείται από κάτω. Η γεωμετρία της εικόνας είναι επομένως σε συνεχή διατάραξη. Τέλος, το σήμα θα πρέπει να σταλεί τηλεμετρικά πίσω στη γη, και να ληφθεί και να επεξεργαστεί ώστε να δώσει τα τελικά δεδομένα που λαμβάνουμε. Συνεπώς, μια ποικιλία από συστηματικά και τυχαία σφάλματα μπορούν να μειώσουν την ποιότητα της εικόνας που λαμβάνουμε. Η διόρθωση εικόνας προσπαθεί να αναιρέσει αυτά τα σφάλματα. Γενικά, η διόρθωση εικόνας μπορεί να διακριθεί σε δύο υποτομείς, την ραδιομετρική διόρθωση και τη γεωμετρική διόρθωση.

Ραδιομετρική Διόρθωση

Η ραδιομετρική διόρθωση αναφέρεται στην αφαίρεση ή αναίρεση των αλλοιώσεων στο βαθμό της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που καταγράφει ο κάθε ανιχνευτής. Διάφοροι παράγοντες μπορούν να αλλοιώσουν τις τιμές που καταγράφονται στις ψηφίδες των εικόνων. Μερικές από τις πιο συχνές αλλοιώσεις για τις οποίες υπάρχουν διαδικασίες διόρθωσης είναι οι εξής:

Ομοιόμορφα τροποποιημένες τιμές, λόγω της ατμόσφαιρας η οποία συστηματικά διαθλά ζώνες μικρού μήκους κύματος (κυρίως τις μπλε).

Εμφάνιση ταινιών, λόγω αισθητήρων που χάνουν την στάθμιση τους.

Τυχαίος θόρυβος, λόγω απρόβλεπτης και μη συστηματικής απόδοσης του αισθητήρα ή της μετάδοσης δεδομένων.

Απώλεια γραμμής σάρωσης, λόγω απώλειας σήματος από συγκεκριμένους ανιχνευτές.

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε και τις διαδικασίες μετατροπής των αρχικών τιμών αντανάκλασης που δεν έχουν μονάδες (γνωστές και ως ψηφιακές τιμές) από τις αρχικές ζώνες σε πραγματικές μετρήσεις της δύναμης αντανάκλασης.

Γεωμετρική Διόρθωση

Για χαρτογραφικούς λόγους, είναι βασικό όλες οι τηλεπισκοπικές εικόνες να εγγράφονται με ακρίβεια στο προτεινόμενο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Στις

δορυφορικές εικόνες, το πολύ μεγάλο υψόμετρο της πλατφόρμας ανίχνευσης οδηγεί σε μια ελάχιστη μετατόπιση λόγω του ανάγλυφου. Ως αποτέλεσμα, η εγγραφή μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός συστηματικού μετασχηματισμού τύπου rubber sheet ο οποίος παραμορφώνει ελαφρώς την εικόνα σύμφωνα με γνωστά σημεία και αντίστοιχα σημεία ελέγχου (Άσκηση 1 και 2).

Στις αεροφωτογραφίες, όμως, η διαδικασία αυτή είναι πιο πολύπλοκη. Όχι μόνο υπάρχουν συστηματικές αλλοιώσεις ανάλογα με την κλίση της πλατφόρμας και το μεταβαλλόμενο υψόμετρο, αλλά και το μεταβαλλόμενο ανάγλυφο οδηγεί σε πολύ ακανόνιστες αλλοιώσεις που δεν μπορούν να αφαιρεθούν με τη διαδικασία rubber sheet. Στις περιπτώσεις αυτές, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε φωτογραμμετρική διόρθωση για την αφαίρεση των αλλοιώσεων αυτών και την παροχή ακριβών χαρτογραφικών μετρήσεων.

2.4.3 Βελτίωση Εικόνας

Η βελτίωση εικόνας ασχολείται με την τροποποίηση των εικόνων ώστε να είναι πιο κατάλληλες για την ανθρώπινη όραση. Ανεξάρτητα από το βαθμό της ψηφιακής παρέμβασης, η οπτική ανάλυση παίζει σπουδαίο ρόλο σε όλα τα στάδια της τηλεπισκόπησης. Παρόλο που το εύρος των τεχνικών βελτίωση εικόνας είναι μεγάλο, τα παρακάτω θέματα αποτελούν τον κορμό αυτών των τεχνικών:

Διάταση Αντίθεσης

Οι ψηφιακοί αισθητήρες έχουν μεγάλο εύρος τιμών εξόδου για να μπορούν να καλύψουν την ιδιαίτερα μεταβαλλόμενη αντανάκλαση που βρίσκουμε στα διάφορα περιβάλλοντα. Όμως, σε οποιοδήποτε μοναδικό περιβάλλον, συχνά εμφανίζεται ένα στενό εύρος τιμών στις περισσότερες περιοχές του. Έτσι, οι κατανομές των επιπέδων του γκρι μπορεί να είναι ιδιαίτερα λοξές. Οι διαδικασίες διαχείρισης της αντίθεσης είναι επομένως πολύ σημαντικές στις περισσότερες οπτικές αναλύσεις. Το Σχήμα 2.7 δείχνει μια ζώνη TM 3 (ορατό κόκκινο) και το ιστόγραμμα της. Παρατηρείστε ότι οι τιμές της εικόνας είναι αρκετά λοξές. Η δεξιά εικόνα του σχήματος δείχνει την ίδια εικόνα μετά από μια γραμμική διάταση μεταξύ των τιμών 12 και 60.

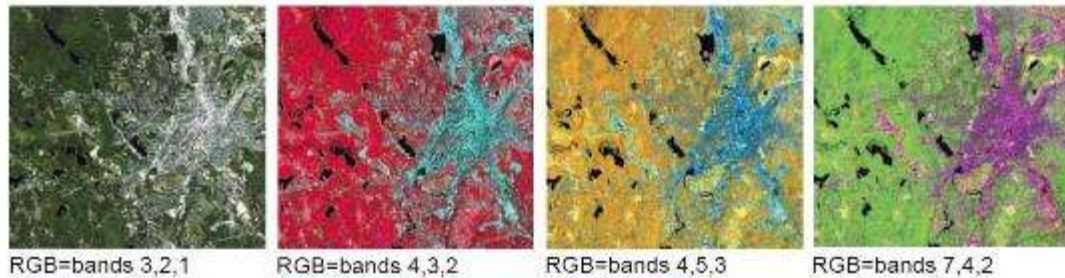


Σχήμα 2.7: Βελτίωση εικόνας με γραμμική διάταση της αντίθεσης.

Παραγωγή Σύνθετης Εικόνας

Για οπτική ανάλυση, οι συνθέσεις χρώματος κάνουν πλήρη χρήση των δυνατοτήτων του ανθρώπινου ματιού. Ανάλογα με τις δυνατότητες του συστήματος γραφικών που χρησιμοποιούμε, η παραγωγή σύνθετης εικόνας μπορεί

να αφορά την απλή επιλογή των ζωνών που μας ενδιαφέρουν, ή πιο πολύπλοκες διαδικασίες συνδυασμού και αντίστοιχης διάταξης της αντίθεσης. Το Σχήμα 2.7 δείχνει διάφορες συνθέσεις εικόνες που αποτελούνται από διαφορετικούς συνδυασμούς ζωνών από την ίδια ομάδα εικόνων TM.



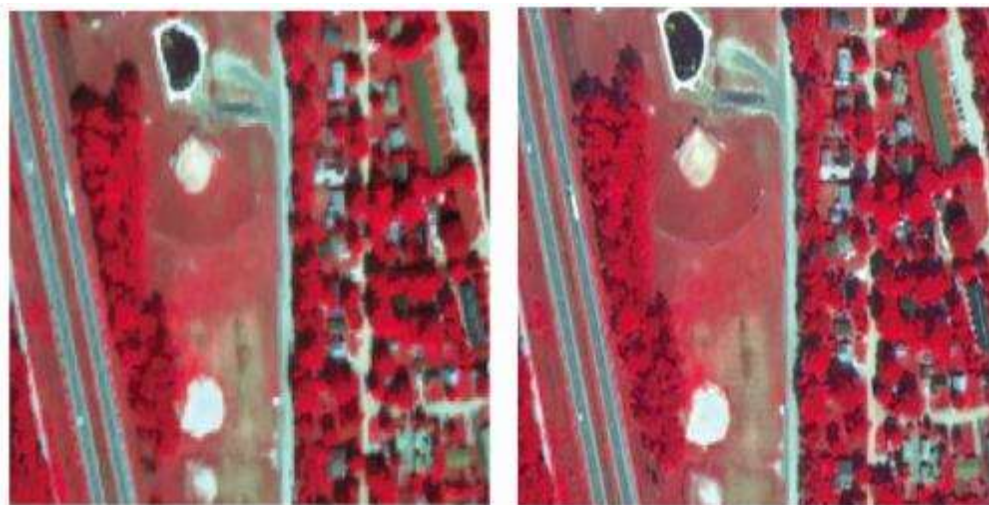
Σχήμα 2.8: Σύνθετες εικόνες με συνδυασμό διαφορετικών ζωνών TM.

Ψηφιακά Φίλτρα

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες δυνατότητες της ψηφιακής ανάλυσης είναι η εφαρμογή ψηφιακών φίλτρων. Τα φίλτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των ορίων, την αφαίρεση της ασάφειας, και την απομόνωση γραμμικών στοιχείων και τάσεων, καθώς και πολλά άλλα.

Παγχρωματική Λέπτυνση (*Pansharpening*)

Η παγχρωματική λέπτυνση είναι η διαδικασία ένωσης πολυφασματικής εικόνας χαμηλής ανάλυσης με παγχρωματική εικόνα υψηλότερης ανάλυσης. Τυπικά, η παγχρωματική ζώνη στα περισσότερα συστήματα λαμβάνεται στο ορατό εύρος και μπορεί να είναι υψηλής ανάλυσης με καλύτερη λεπτομέρεια σε σχήμα και υφή. Αλλά ότι κερδίζουν σε καθαρότητα το χάνουν σε φασματικές ιδιότητες, σε αντίθεση με τις πολυφασματικές ζώνες. Η ένωση των δύο οδηγεί σε αύξηση της ανάλυσης των πολυφασματικών εικόνων διατηρώντας ταυτόχρονα τις φασματικές πληροφορίες.



Σχήμα 2.9: Παγχρωματική ένωση χρησιμοποιώντας εικόνες Quickbird – πολυφασματική στα 2,4 μέτρα, και παγχρωματική στα 0,6 μέτρα. Η αρχική είναι στα αριστερά ενώ στα δεξιά είναι η εικόνα μετά την ένωση.

2.4.4 Ταξινόμηση Εικόνας

Η ταξινόμηση εικόνας αναφέρεται στην ερμηνεία με χρήση υπολογιστή των τηλεπισκοπικών εικόνων. Παρόλο που ορισμένες διαδικασίες έχουν τη δυνατότητα να συμπεριλάβουν πληροφορίες σχετικές με χαρακτηριστικά της εικόνας όπως η υφή και το θέμα, η πλειονότητα των τεχνικών ταξινόμησης εικόνας βασίζονται αποκλειστικά στην ανίχνευση των φασματικών υπογραφών των κατηγοριών κάλυψης εδάφους. Η επιτυχία της λειτουργίας αυτής βασίζεται σε δύο πράγματα: 1) την παρουσία διακριτών υπογραφών των κατηγοριών κάλυψης εδάφους που ενδιαφέρουν στην ομάδα ζωνών που χρησιμοποιείται, και 2) στην δυνατότητα αξιόπιστου διαχωρισμού των υπογραφών αυτών από άλλα σχήματα φασματικής απόκρισης που μπορεί να είναι παρόντα.

Υπάρχουν δύο γενικές προσεγγίσεις στην ταξινόμηση εικόνας: η επιβλεπόμενη και η μη επιβλεπόμενη. Διαφέρουν ως προς το πώς γίνεται η ταξινόμηση. Στην περίπτωση της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, το λογισμικό διακρίνει συγκεκριμένους τύπους κάλυψης εδάφους σύμφωνα με στατιστικό χαρακτηρισμό των δεδομένων από γνωστά παραδείγματα στην εικόνα (γνωστά και ως σημεία εκπαίδευσης). Στην μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, όμως, το λογισμικό χρησιμοποιείται για να αποκαλύψει τους πιο συχνά παρατηρούμενους τύπους κάλυψης, ενώ ο αναλυτής τους ερμηνεύει σε μετέπειτα στάδιο.

Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση

Το πρώτο βήμα στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι η αναγνώριση παραδειγμάτων των κατηγοριών (δηλαδή των τύπων κάλυψης εδάφους) που μας ενδιαφέρουν στην εικόνα. Αυτά αποκαλούνται σημεία εκπαίδευσης. Το λογισμικό στη συνέχεια αναπτύσσει έναν στατιστικό χαρακτηρισμό των αντανάκλασεων για κάθε κατηγορία. Το στάδιο αυτό αποκαλείται ανάλυση υπογραφών και μπορεί να περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός χαρακτηρισμού τόσο απλού όσο ο μέσος όρος ή το εύρος των αντανάκλασεων σε κάθε ζώνη, ή τόσο πολύπλοκου όσο οι λεπτομερείς αναλύσεις του μέσου όρου, των διακυμάνσεων και των συνδιακυμάνσεων σε όλες τις ζώνες.

Μετά την ολοκλήρωση του στατιστικού χαρακτηρισμού της κάθε κατηγορίας, η εικόνα ταξινομείται εξετάζοντας τις αντανάκλασεις σε κάθε ψηφίδα και λαμβάνοντας την απόφαση για το ποια υπογραφή ταιριάζει περισσότερο. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τη λήψη αυτών των αποφάσεων, οι οποίες ονομάζονται ταξινομητές. Τα περισσότερα λογισμικά επεξεργασίας εικόνας παρέχουν πολλούς ταξινομητές βασισμένους σε διάφορους κανόνες.

Μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση

Σε αντίθεση με την επιβλεπόμενη ταξινόμηση, όπου εμείς λέμε στο σύστημα τον χαρακτήρα (δηλαδή την υπογραφή) των κατηγοριών που ψάχνουμε, η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση δεν απαιτεί προηγούμενες πληροφορίες για τις κατηγορίες ενδιαφέροντος. Αντίθετα, εξετάζει τα δεδομένα και τα διαιρεί στις πιο κυρίαρχες φυσικές φασματικές ομαδοποιήσεις που υπάρχουν στα δεδομένα. Ο αναλυτής στη συνέχεια αναγνωρίζει αυτές τις ομαδοποιήσεις ως κατηγορίες κάλυψης εδάφους συνδυάζοντας την εξοικείωση με την περιοχή και επισκέψεις στο

χώρο του εδάφους που εξετάζεται. Για παράδειγμα, το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει κατηγορίες για άσφαλτο και τσιμέντο τις οποίες ο αναλυτής να ομαδοποιήσει στη συνέχεια σε μια κατηγορία που να αποκαλείται οδόστρωμα.

Εκτίμηση Ακρίβειας

Ένα κρίσιμο βήμα στη διαδικασία ταξινόμησης, επιβλεπόμενης ή μη, είναι η εκτίμηση της ακρίβειας των τελικώς παραγόμενων εικόνων. Αυτή περιλαμβάνει τον ορισμό δειγματοληπτικών θέσεων τις οποίες επισκεπτόμαστε στο πεδίο. Η κάλυψη εδάφους στο πεδίο συγκρίνεται με αυτήν που χαρτογραφείται από την εικόνα στην ίδια θέση. Στην συνέχεια μπορούμε να λάβουμε στατιστικές εκτιμήσεις της ακρίβειας για ολόκληρη την περιοχή μελέτης, καθώς και για ξεχωριστές κατηγορίες.

2.4.5 Μετασχηματισμός Εικόνας

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας παρέχει απεριόριστο αριθμό πιθανών μετασχηματισμών στα τηλεπισκοπικά δεδομένα. Ενδεικτικά αναφέρουμε την ανάλυση κύριων τμημάτων (principal component analysis – PCA), το ελάχιστο κλάσμα θορύβου, την χρονική ανάλυση Fourier, υπολογισμούς υψής, θερμικούς μετασχηματισμούς μελανών σωμάτων, και δείκτες βλάστησης. Στην συνέχεια θα εξετάσουμε δύο από αυτούς τους μετασχηματισμούς.

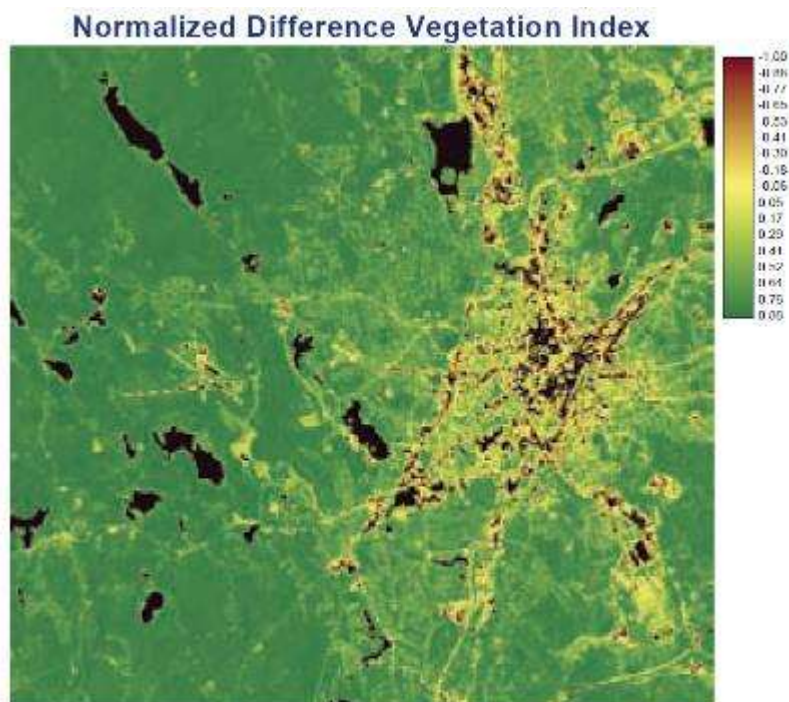
Δείκτες Βλάστησης

Υπάρχουν διάφοροι δείκτες βλάστησης που έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση της βλάστησης. Οι περισσότεροι βασίζονται σε διάφορες αλληλεπιδράσεις μεταξύ βλάστησης και ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο μήκος κύματος. Ας δούμε ξανά το Σχήμα 2.4, το οποίο περιλαμβάνει ένα γενικευμένο σχήμα φασματικής απόκρισης για πλατύφυλλη πράσινη βλάστηση. Όπως φαίνεται, η αντανάκλαση στην κόκκινη περιοχή (περίπου 0,6 – 0,7μ) είναι χαμηλή λόγω της απορρόφησης από τα φύλλα (βασικά από τη χλωροφύλλη). Η υπέρυθρη περιοχή όμως (περίπου 0,8 – 0,9μ) χαρακτηριστικά δείχνει υψηλή αντανάκλαση λόγω της διασποράς από την κυτταρική δομή των φύλλων. Μπορεί, επομένως, να αναπτυχθεί ένας πολύ απλός δείκτης βλάστησης συγκρίνοντας το μέγεθος της υπέρυθρης αντανάκλασης με αυτό της κόκκινης αντανάκλασης.

Παρόλο που υπάρχουν διάφορες παραλλαγές αυτής της βασικής λογικής, αυτή που τυγχάνει της μεγαλύτερης προσοχής είναι ο *δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς* (normalised difference vegetation index – NDVI). Υπολογίζεται ως εξής:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R),$$

όπου NIR είναι το κοντινό υπέρυθρο και R είναι το κόκκινο. Το Σχήμα 2.10 δείχνει τον NDVI για τις ζώνες TM 3 και TM 4 για την ίδια περιοχή που εξετάσαμε και σε προηγούμενα σχήματα.



Σχήμα 2.10: Δείκτης βλάστησης NDVI για ζώνες TM3 και TM4.

Αυτός ο τύπος υπολογισμού είναι αρκετά απλός για ένα λογισμικό GIS ή επεξεργασίας εικόνας, και το αποτέλεσμα έχει δείχθει να συσχετίζεται πολύ καλά με επίγειες μετρήσεις της βιομάζας. Παρόλο που ο NDVI απαιτεί ειδική στάθμιση για να χρησιμοποιηθεί για πραγματικές μετρήσεις βιομάζας, πολλές οργανώσεις τον θεωρούν χρήσιμο ως σχετικό μέτρο για λόγους παρακολούθησης.

Ανάλυση Κύριων Τμημάτων

Η Ανάλυση Κύριων Τμημάτων (Principal Component Analysis – PCA) είναι μια τεχνική γραμμικού μετασχηματισμού σχετική με την Ανάλυση Παραγόντων. Δοσμένης μιας ομάδας ζωνών εικόνας, η PCA παράγει μια νέα ομάδα εικόνων, γνωστών ως τμημάτων, οι οποίες δεν είναι συσχετισμένες μεταξύ τους και είναι διατεταγμένες ανάλογα με το ποσό της διακύμανσης που αποδίδουν από την αρχική ομάδα ζωνών.

Η PCA χρησιμοποιήθηκε παραδοσιακά στην τηλεπισκόπηση ως μέσο για συμπύκνωση των δεδομένων. Σε μια τυπική ομάδα ζωνών πολυφασματικής εικόνας, είναι σύνηθες να βρίσκουμε ότι τα πρώτα δύο ή τρία τμήματα μπορούν να αποδώσουν ουσιαστικά όλη την αρχική μεταβλητότητα στις τιμές αντανάκλασης. Τα επόμενα τμήματα, επομένως, τείνουν να κυριαρχούνται από τα αποτελέσματα του θορύβου. Απορρίπτοντας τα τμήματα αυτά, ο όγκος των δεδομένων μειώνεται χωρίς ουσιαστική απώλεια πληροφοριών.

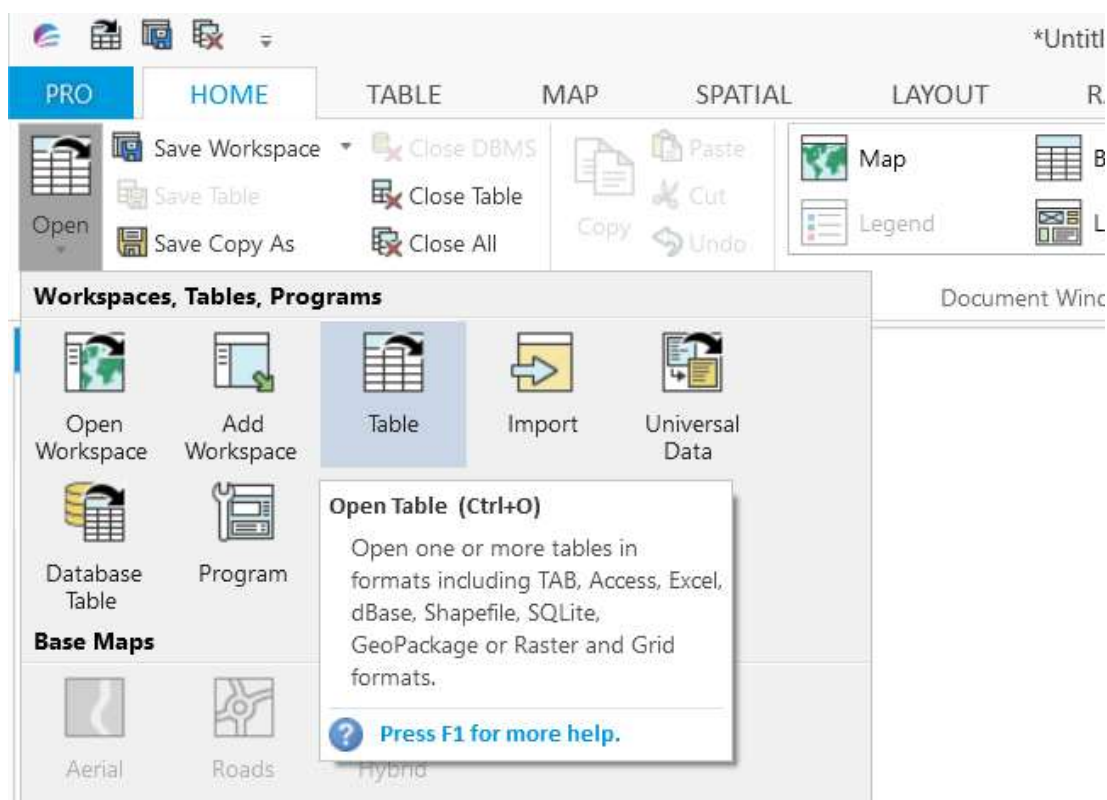
Δεδομένου ότι τα τελευταία αυτά τμήματα κυριαρχούνται από θόρυβο, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η PCA ως τεχνική απομάκρυνσης θορύβου. Επίσης, τελευταία η PCA έχει δείχθει ότι έχει ειδική εφαρμογή στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Σε περιπτώσεις όπου παρέχονται πολυφασματικές εικόνες για δύο ημερομηνίες, οι ζώνες και από τις δύο εικόνες μπορούν να περαστούν από την PCA σαν να προέρχονταν από μία εικόνα. Στις περιπτώσεις αυτές, οι αλλαγές μεταξύ των δύο ημερομηνιών τείνουν να αναδεικνύονται στα τελευταία τμήματα.

Πιο δραματικά, εάν μια χρονοσειρά εικόνων NDVI ή παρόμοιου δείκτη δοθούν για ανάλυση, μπορούμε να λάβουμε πολύ λεπτομερή ανάλυση των περιβαλλοντικών αλλαγών και των τάσεων. Στην περίπτωση αυτή, το πρώτο τμήμα θα δώσει τον τυπικό NDVI για όλες τις σειρές, ενώ κάθε επόμενο τμήμα δείχνει αλλαγές σε σειρά σημαντικότητας. Εξετάζοντας τις εικόνες αυτές μαζί με γραφήματα του συσχετισμού με ξεχωριστές ζώνες από τις αρχικές σειρές, μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τη φύση των αλλαγών και των τάσεων στη χρονοσειρά.

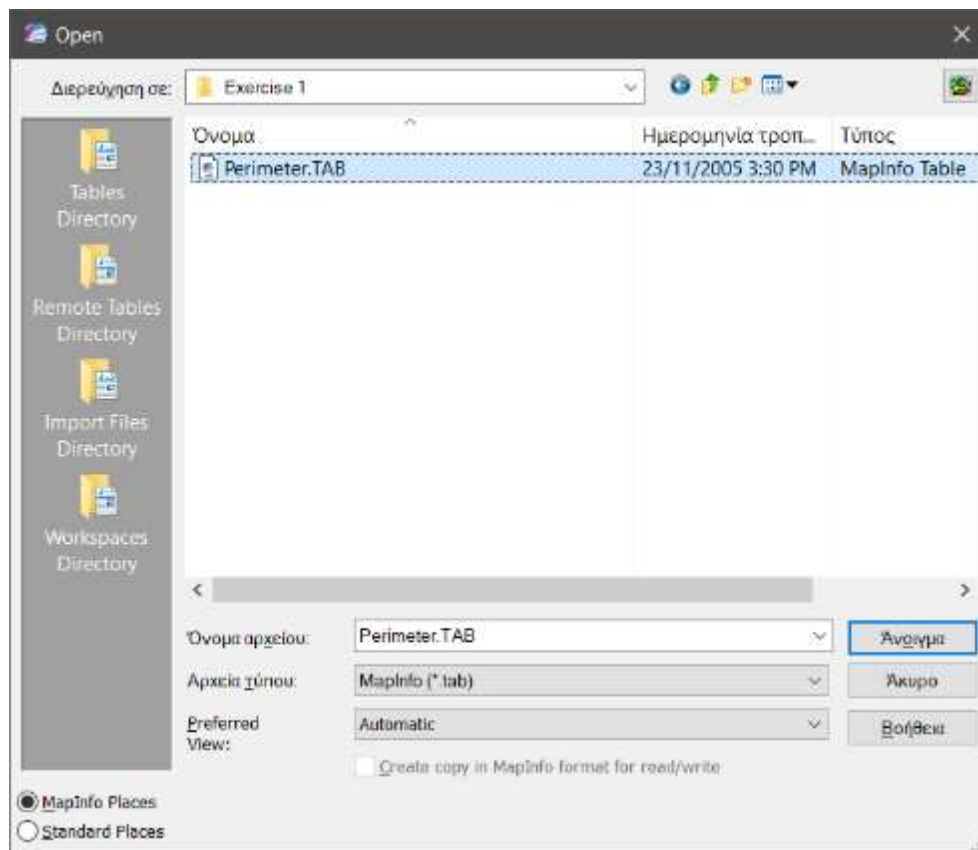
Άσκηση 1 – Εισαγωγή και Γεωαναφορά Δορυφορικών Εικόνων

Γεωαναφορά είναι η διαδικασία αντιστοίχισης συντεταγμένων εικόνας (γραμμή και στήλη ψηφίδας) και διανυσματικών συντεταγμένων, Χ,Υ. Για να χρησιμοποιηθεί μια εικόνα μαζί με διανυσματικά δεδομένα θα πρέπει να μετασχηματισθεί στο χαρτογραφικό χώρο. Στην πρώτη μας άσκηση θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό MapInfo Professional για να εισάγουμε μια δορυφορική εικόνα σε ένα ΓΣΠ και να την τοποθετήσουμε στις σωστές συντεταγμένες και κλίμακα μέσω της διαδικασίας γεωαναφοράς της. Η γεωαναφορά μιας τέτοιας εικόνας προϋποθέτει την αναγνώριση μιας σειράς χαρακτηριστικών σημείων στην εικόνα για τα οποία γνωρίζουμε τις σωστές χαρτογραφικές συντεταγμένες. Στην άσκηση αυτή, αυτό εξασφαλίζεται από ένα διανυσματικό στρώμα το οποίο μας δίνει το περίγραμμα του αντικειμένου που απεικονίζει η δορυφορική εικόνα.

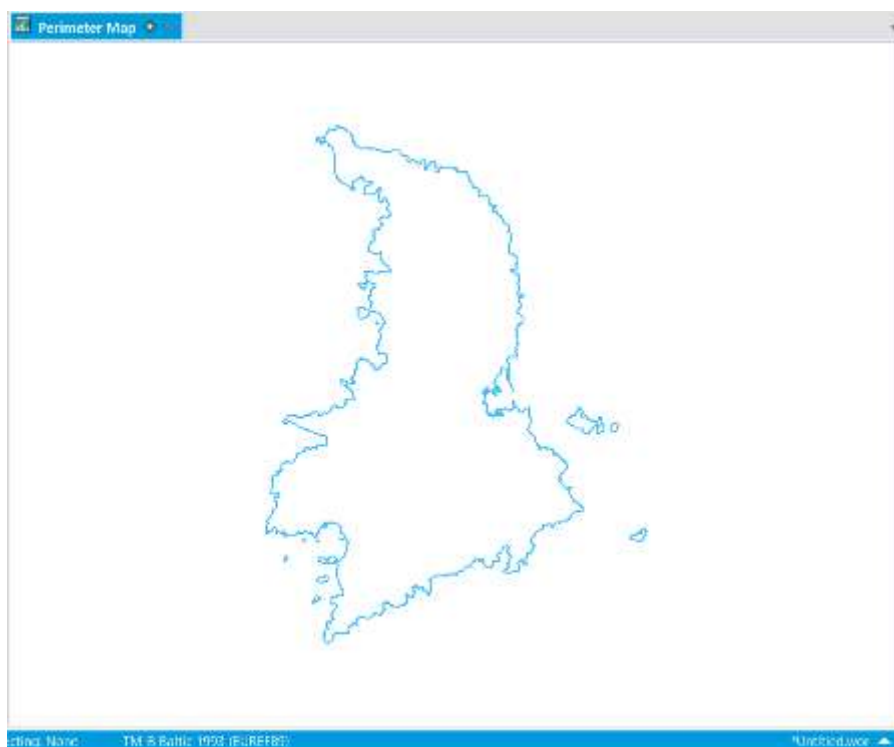
1. Ξεκινήστε το MapInfo Professional και επιλέξτε το εικονίδιο Open > Table από τη λωρίδα Home.



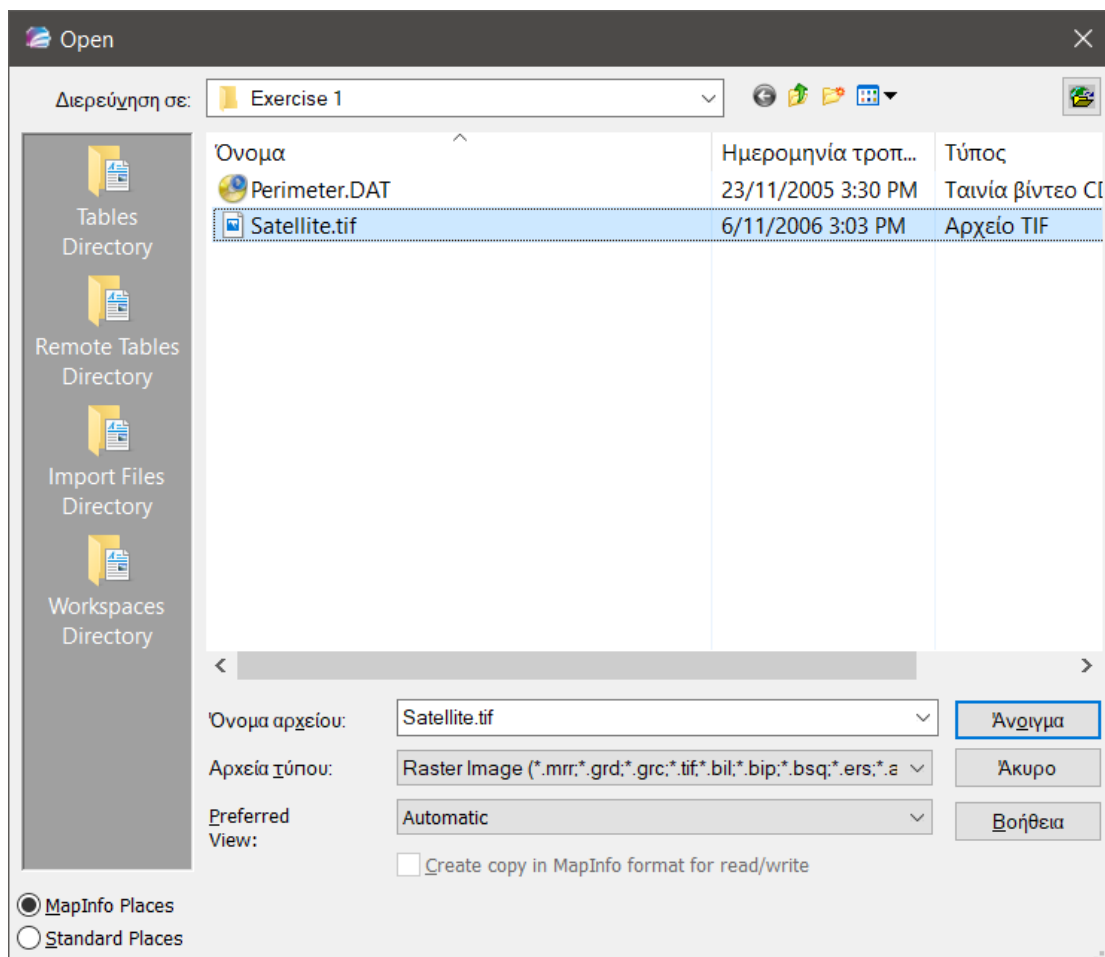
2. Οδηγηθείτε στο φάκελο με τα δεδομένα των ασκήσεων και ανοίξτε τον φάκελο Exercise 1.
3. Επιλέξτε τύπο αρχείου MapInfo (*.tab) και επιλέξτε το αρχείο Perimeter.tab.



4. Κάντε κλικ στο **Άνοιγμα**. Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο μέσα στην εφαρμογή που απεικονίζεται το περίγραμμα της νήσου Σύρου. Το περίγραμμα αυτό θα μας βοηθήσει να γεωαναφέρουμε την δορυφορική εικόνα της Σύρου.



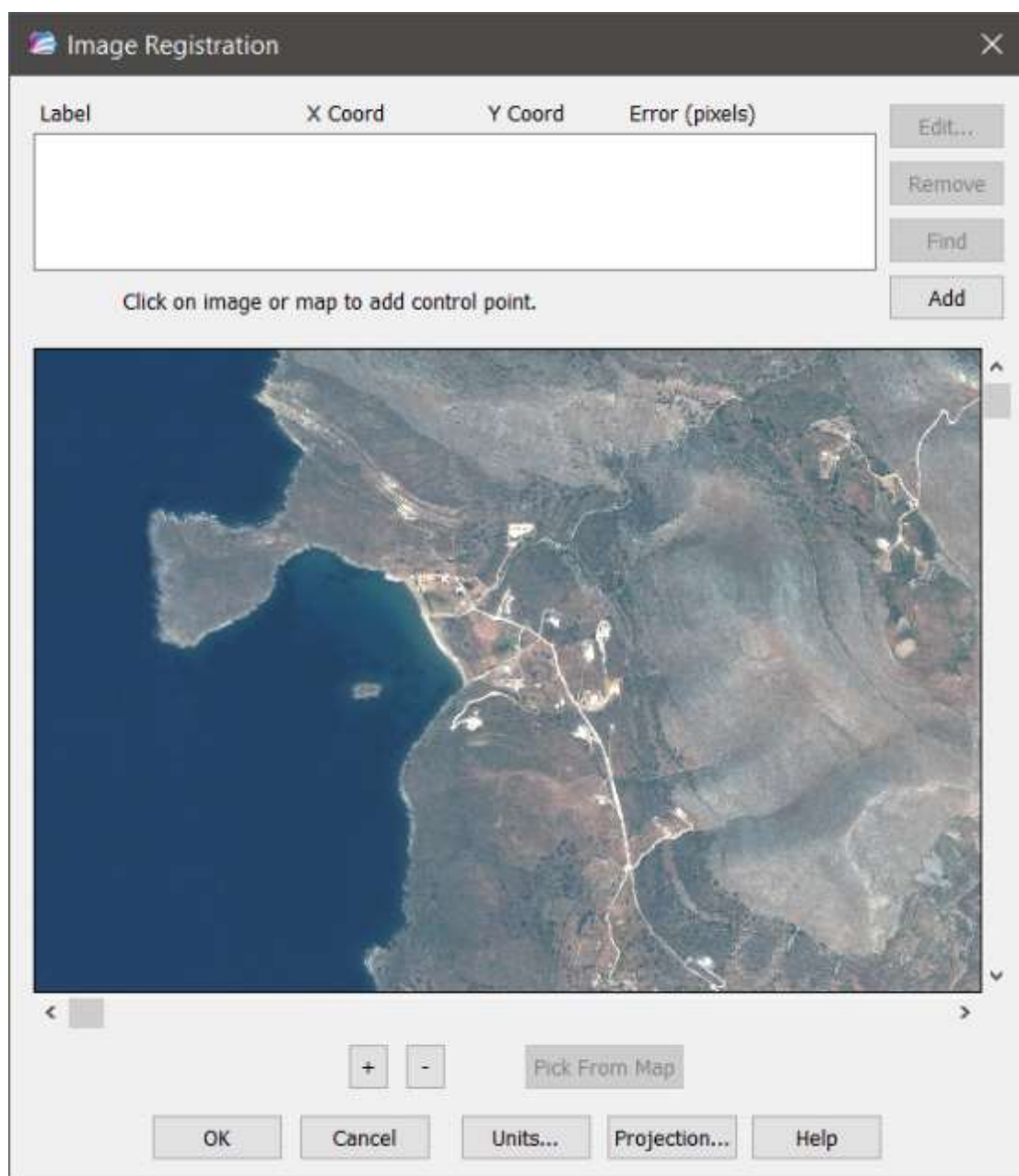
5. Επιλέξτε και πάλι τη λειτουργία το εικονίδιο Open > Table από τη λωρίδα Home.
6. Αυτή τη φορά, επιλέξτε τύπο αρχείου Raster Image και επιλέξτε το αρχείο Satellite.tif.



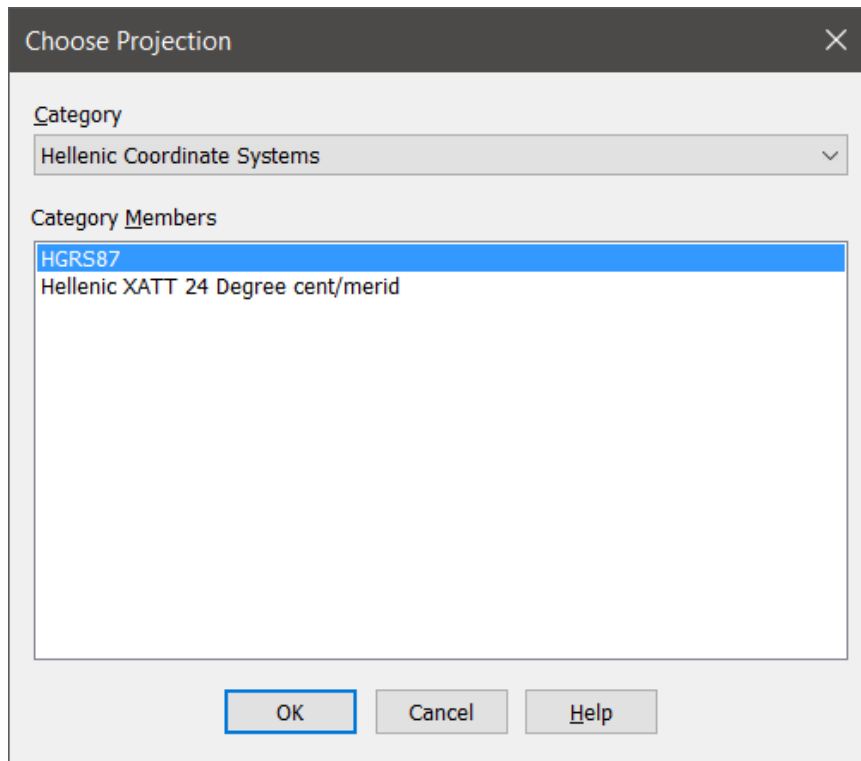
7. Κάντε κλικ στο **Άνοιγμα**. Εμφανίζεται ένα μήνυμα με δύο επιλογές. Κάντε κλικ στο Register για να προχωρήσουμε στη γεωαναφορά της εικόνας πριν την εισαγωγή της.



8. Εμφανίζεται το παράθυρο Image Registration. Στο παράθυρο αυτό καθορίζουμε τα σημεία ελέγχου τα οποία θα αποτελέσουν τη γεωαναφορά της εικόνας. Πριν προχωρήσουμε στον καθορισμό των σημείων θα πρέπει να προσδιορίσουμε το προβολικό σύστημα στο οποίο θα γίνει η γεωαναφορά της εικόνας. Για το λόγο αυτό κάνουμε κλικ στο Projection.



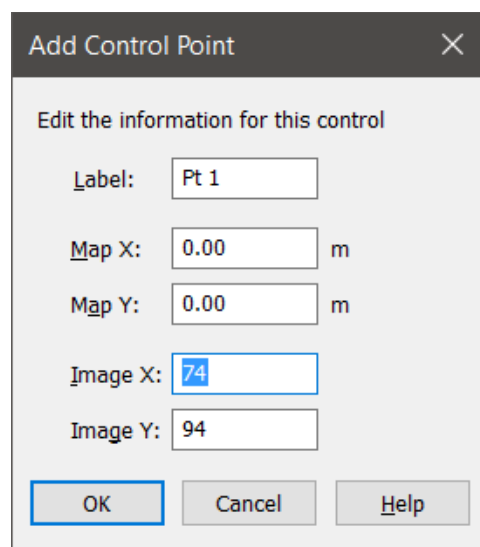
9. Επιλέγουμε την κατηγορία Hellenic Coordinate Systems και το μέλος HGRS87 όπως φαίνεται παρακάτω. Στην συνέχεια κάνουμε κλικ στο **OK**.



10. Μέσω της λειτουργίας Units στο παράθυρο Image Registration καθορίζουμε τις μονάδες απόστασης (meters).

Μπορούμε πλέον να εισάγουμε τα σημεία ελέγχου αντιστοιχώντας σημεία στην εικόνα με σημεία στο χάρτη της περιμέτρου. Η προβολή της εικόνας μπορεί να τροποποιηθεί μέσω των πλήκτρων + και - τα οποία ελέγχουν το ζουμ, ενώ με την οριζόντια και την κατακόρυφη μπάρα κύλισης μπορούμε να μεταφερθούμε σε διαφορετικό μέρος της εικόνας.

11. Δείξτε ένα χαρακτηριστικό σημείο στην εικόνα. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου με τις ιδιότητες του πρώτου σημείου.



12. Πατήστε το **OK**. Κάντε κλικ στο αντίστοιχο σημείο στο χάρτη εφόσον κάνετε ζουμ. Εμφανίζεται ξανά το παράθυρο με συμπληρωμένα τα πεδία Map X και Map Y. Πατήστε και πάλι το **OK**.

Edit Control Point

Edit the information for this control

Label: Pt 1

Map X: 578,410.86 m

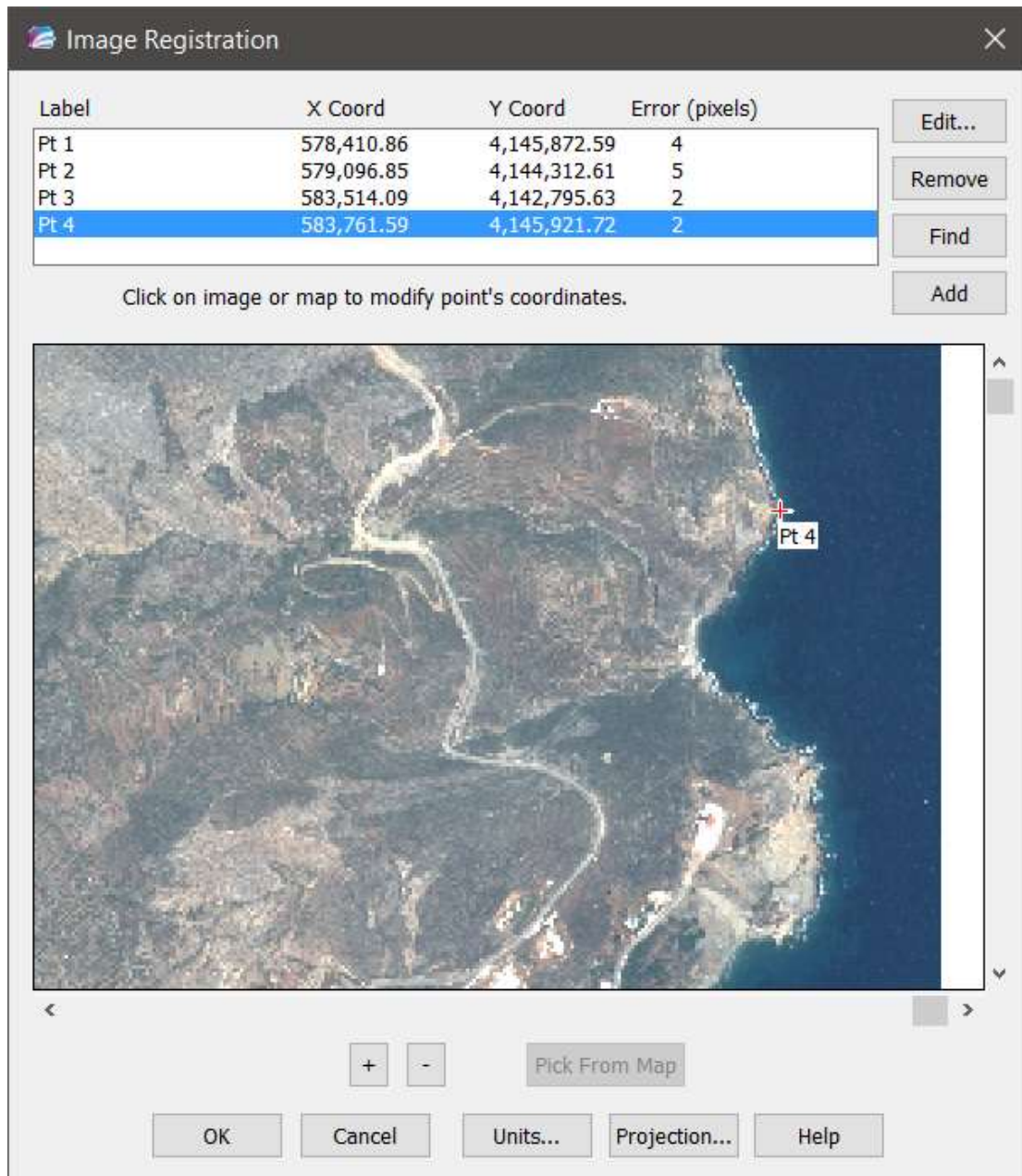
Map Y: 4,145,872.59 m

Image X: 74

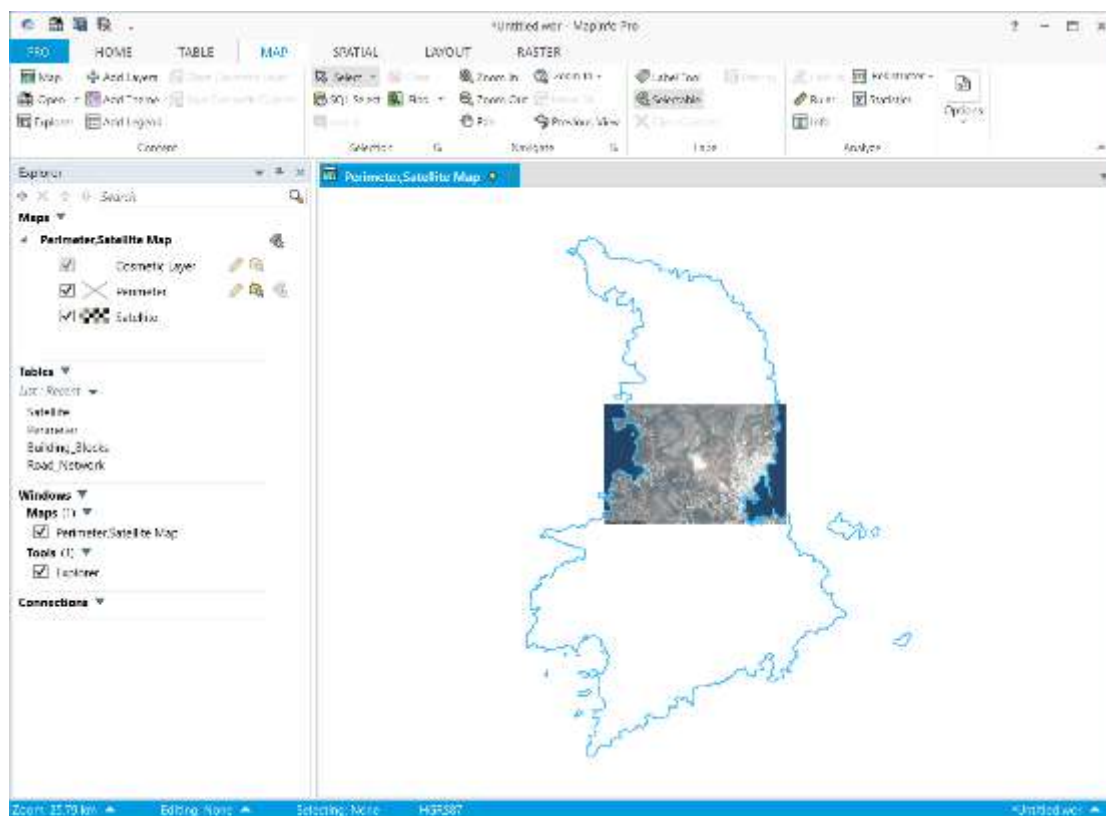
Image Y: 94

OK Cancel Help

13. Χρησιμοποιείτε τη λειτουργία Add για να προσθέσετε τουλάχιστον άλλα τρία σημεία ελέγχου. Εφόσον έχετε προσδιορίσει τέσσερα σημεία, αυτά θα αναφέρονται στον σχετικό πίνακα ως εξής:



14. Μπορείτε να κάνετε διορθώσεις στα σημεία επιλέγοντας τα στον πίνακα και δείχνοντας νέες θέσεις στην εικόνα ή και στο χάρτη.
15. Εφόσον έχετε ολοκληρώσει τη διαδικασία αυτή πατήστε το **OK**.
16. Η εικόνα εμφανίζεται μαζί με το περίγραμμα. Η εικόνα δεν καλύπτει όλο το νησί αλλά αυτό είναι φυσιολογικό.



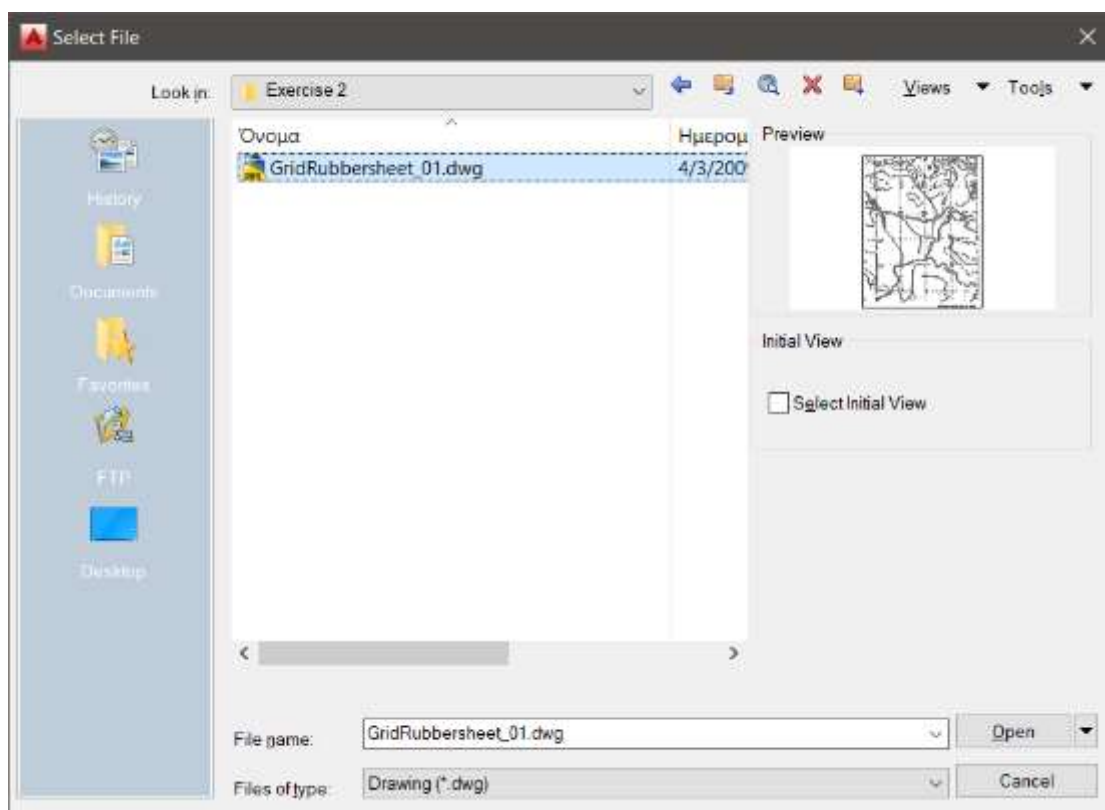
17. Εξετάστε την προσαρμογή της εικόνας στο περίγραμμα. Ενδεχομένως τοπικά να παρουσιάζονται αποκλίσεις.
18. Κλείστε το πρόγραμμα μέσω της λειτουργίας PRO > Exit.
19. Εξετάστε το φάκελο με τα αρχεία της εργασίας. Τώρα πλέον υπάρχει ένα νέο αρχείο Satellite.tab το οποίο περιέχει τη γεωαναφορά της εικόνας.

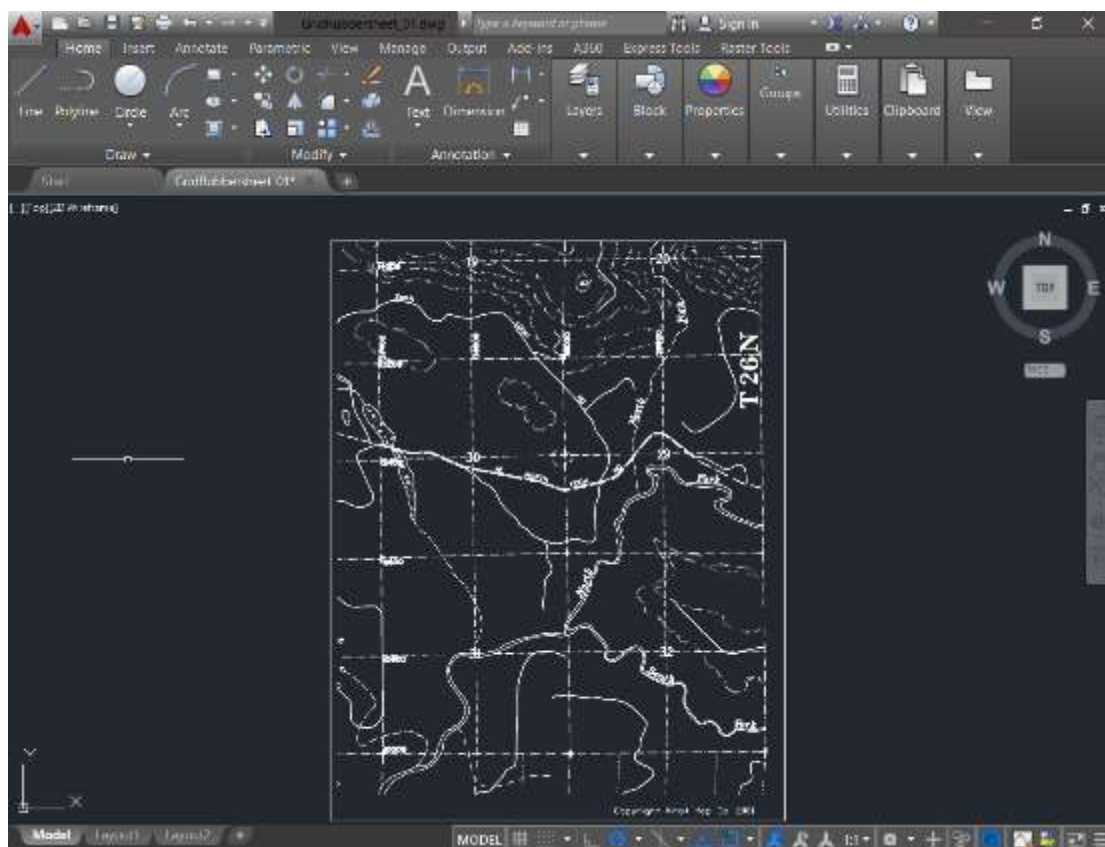
Άσκηση 2 – Εισαγωγή και Γεωαναφορά Τοπογραφικού Χάρτη

Στην άσκηση αυτή χρησιμοποιείτε τις λειτουργίες rubbersheet του Autodesk Raster Design για να κάνετε τη γεωαναφορά τοπογραφικού χάρτη που διατίθεται σε μορφή ψηφιδωτής εικόνας από σάρωση, λαμβάνοντας υπόψη το πλέγμα συντεταγμένων που περιέχει. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την επιλογή Grid Points στο εργαλείο Rubbersheet για να δημιουργήσετε ένα κανονικό ορθογωνικό σχήμα σημείων ελέγχου για μια εικόνα. Μετά την ενεργοποίηση της Rubbersheet, χρησιμοποιείτε την επιλογή Grid Points για να καθορίσετε παραμέτρους για το πλήθος των στηλών και των γραμμών, την αρχή του πλέγματος και το μέγεθος των κελιών για τον προσδιορισμό του πλέγματος των σημείων προορισμού, και στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσετε την λειτουργία Add Points για να προχωρήσετε στην επιλογή σημείων προέλευσης για όλα τα σημεία προορισμού στο πλέγμα. Εφόσον καθοριστούν όλα τα σημεία ελέγχου για το πλέγμα, μπορείτε να εκτελέσετε την rubbersheet στην εικόνα με την μέθοδο πολυωνύμων (Polynomial).

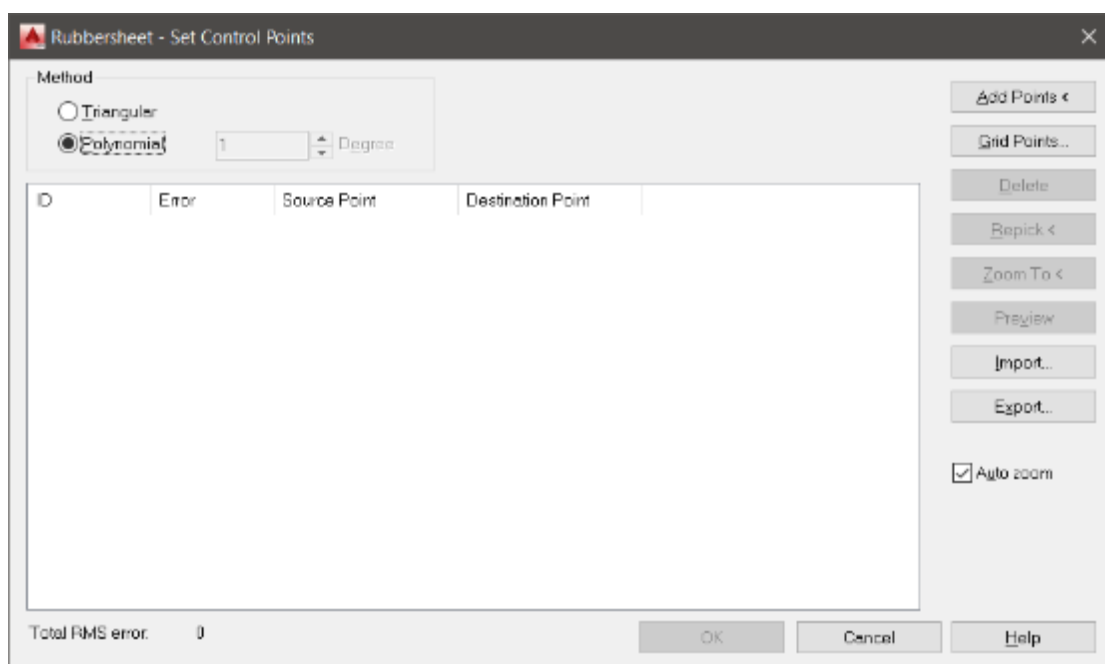
Ανοίξτε το αρχείο σχεδίασης για την άσκηση:

1. Ξεκινήστε το Raster Design. Από τον φάκελο Exercise 2, ανοίξτε το αρχείο GridRubbersheet_01.dwg.

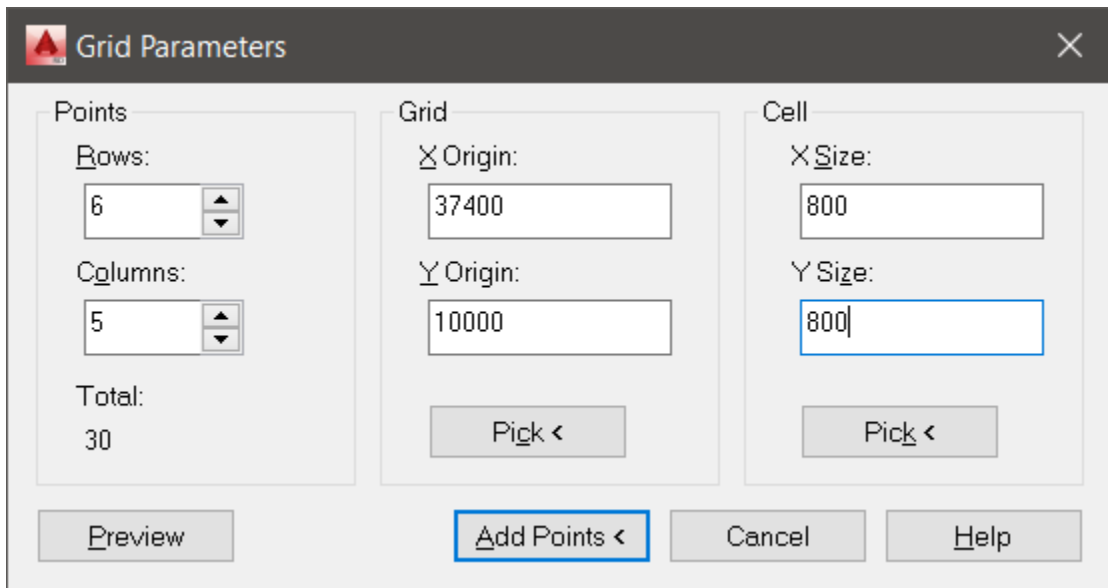




2. Από τη λωρίδα Raster Tools και την καρτέλα Correlate, επιλέξτε τη λειτουργία Rubber Sheet για να εμφανιστεί το παράθυρο Rubbersheet-Set Control Points.
3. Στην περιοχή Method, επιλέξτε την Polynomial.



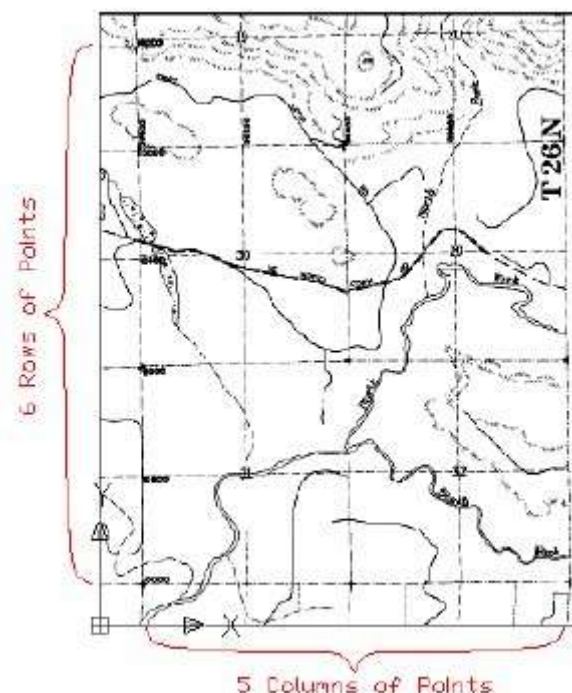
4. Κάντε κλικ στο Grid Points για να εμφανιστεί το παράθυρο Grid Parameters.



Ρύθμιση παραμέτρων πλέγματος

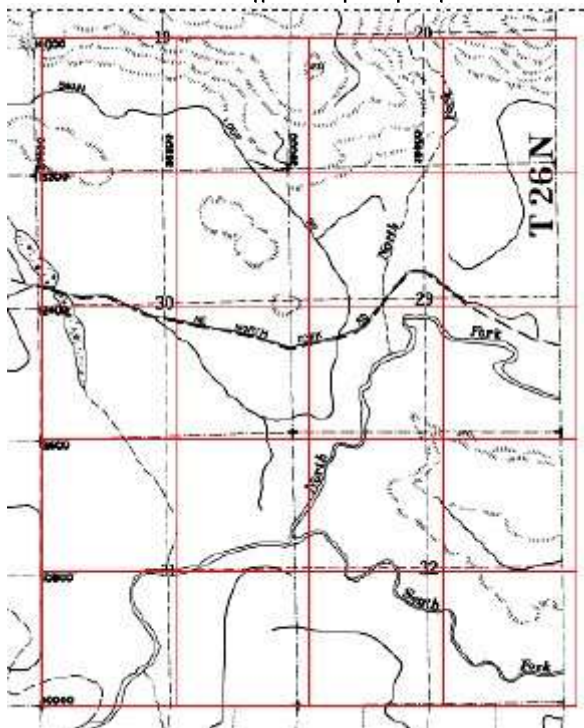
Σε αυτό το παράθυρο ρυθμίζετε τις παραμέτρους για το πλέγμα σημείων προορισμού. Τα δεδομένα που χρειάζονται για τον προσδιορισμό αυτών των παραμέτρων μπορούν να βρεθούν στην ίδια την εικόνα. Στην συνέχεια εξετάζετε την προεπισκόπηση του πλέγματος πριν επιλέξετε τα σημεία προέλευσης που αντιστοιχούν στα σημεία προορισμού στο πλέγμα.

5. Σημειώστε ότι η εικόνα περιέχει 6 σειρές και 5 στήλες σημείων που θα προσεγγίζουν το πλέγμα που περιέχει η εικόνα. Κάτω από τα Points, εισάγετε 6 σειρές (rows) και 5 στήλες (columns). Σημειώστε το συνολικό πλήθος σημείων στο πλέγμα που δίνεται ώστε να γνωρίζετε πόσα σημεία χρειάζεται να επιλέξετε και να χρησιμοποιήσετε στο rubbersheet.



6. Στην εικόνα, σημειώστε ότι η αρχή του πλέγματος (κάτω αριστερή γωνία) πρέπει να είναι στο σημείο με ετικέτα 10000. Οι συντεταγμένες αυτού του σημείου είναι (37400, 10000). Στο πλαίσιο Grid, δώστε 37400 για X Origin και 10000 για Y Origin.
7. Παρατηρήστε το μέγεθος των κελιών του πλέγματος στην εικόνα. Είναι 800 επί 800. Δώστε στο πλαίσιο Cell, 800 για X Size και 800 για Y Size.
8. Επιλέξτε την Preview για να ελέγξετε την διάταξη του πλέγματος.

Σημειώστε ότι κάθε διάνυσμα του νέου πλέγματος είναι κοντά σε ένα διάνυσμα το πλέγματος της εικόνας. Στο επόμενο βήμα της διαδικασίας, το Raster Design σας πηγαίνει σε κάθε σημείο πλέγματος όπου καθορίζετε το σημείο προέλευσης στην εικόνα το οποίο θα μετατοπισθεί στο σημείο προορισμού στο πλέγμα.

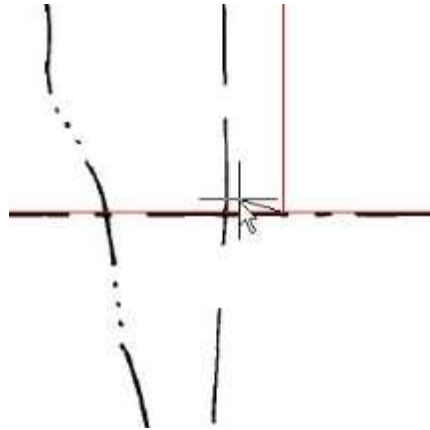


9. Κάντε δεξί κλικ ή πατήστε το Enter για να βγείτε από το παράθυρο προεπισκόπησης.

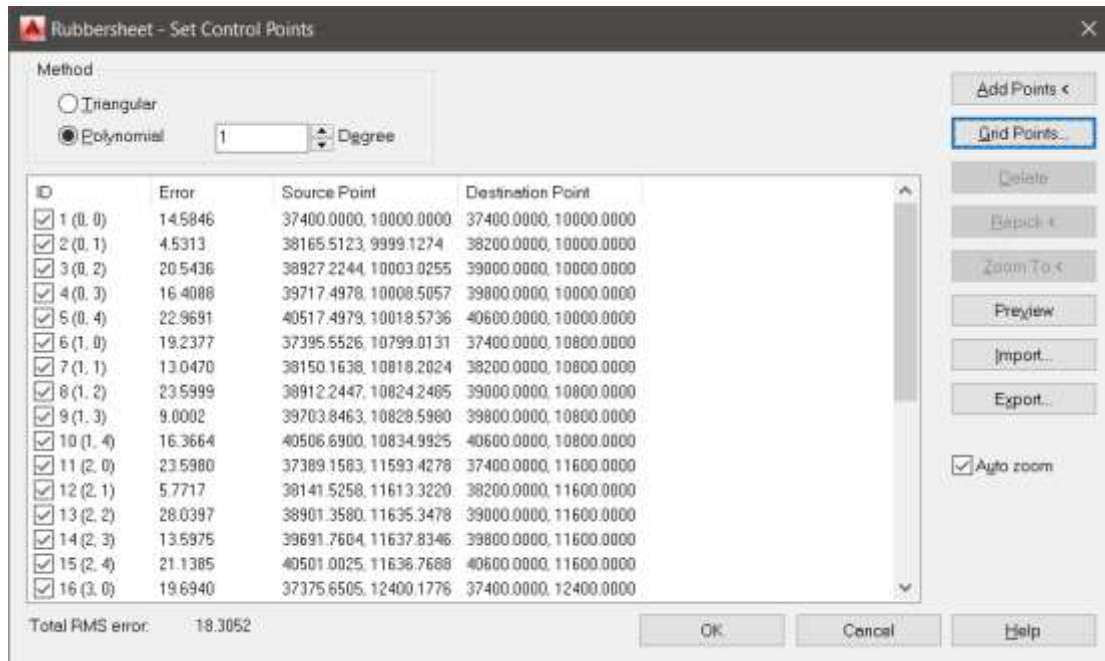
Πρόσθεση σημείων ελέγχου προέλευσης που αντιστοιχούν στο πλέγμα

10. Στο παράθυρο Grid Parameters επιλέξτε το Add Points. Το παράθυρο κλείνει και η οθόνη κάνει ζουμ και μετατόπιση στην αρχή του πλέγματος. Επειδή το σημείο αυτό χρησιμοποιήθηκε για να συσχετιστεί η εικόνα, τα σημεία προέλευσης και προορισμού είναι ήδη στη σωστή θέση.
11. Πατήστε το A για να αγκυρώσετε το σημείο αρχής. Στη γραμμή εντολών σας ζητείται το σημείο (0,1) και η προβολή μετακινείται σε αυτό, το οποίο είναι ένα κελί προς τα δεξιά.
12. Δείξτε την διασταύρωση των διακεκομμένων λευκών γραμμών πλέγματος στην εικόνα ως σημείο προέλευσης για το (0,1).

Συμβουλή: Μπορείτε να αλλάζετε το βαθμό ζουμ όταν προσθέτετε σημεία. Ο νέος βαθμός ζουμ διατηρείται στα επόμενα σημεία μέχρι να αλλαχτεί ξανά.



13. Συνεχίστε να επιλέγετε σημεία προέλευσης για κάθε κόμβο στο πλέγμα. Μερικές φορές το ζουμ προς τα έξω βοηθά στον εντοπισμό ενός σημείου προέλευσης όταν η διασταύρωση στην εικόνα δεν είναι ξεκάθαρη. Μετά τον καθορισμό όλων των σημείων, εμφανίζεται το παράθυρο Rubbersheet-Set Control Points δείχνοντας τις θέσεις των αντίστοιχων σημείων προέλευσης και προορισμού.

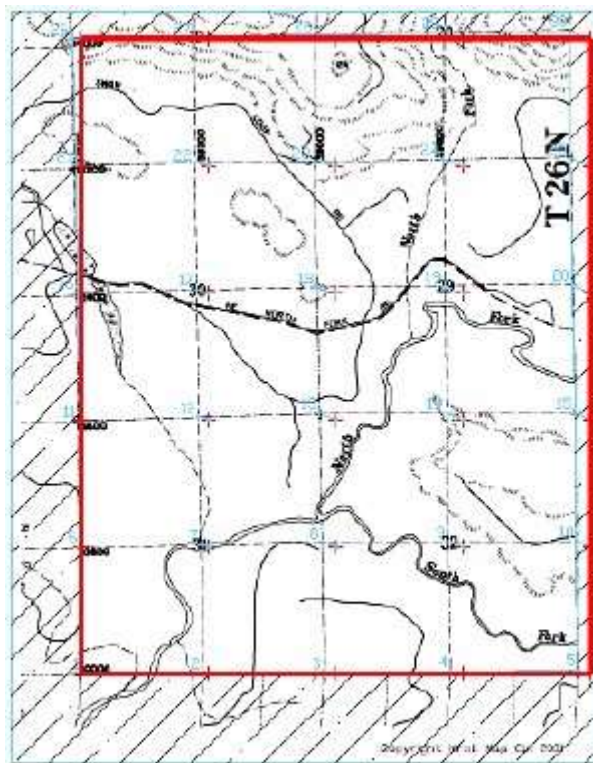


Περαιτέρω διερεύνηση: Μπορείτε να επιλέξετε οποιαδήποτε γραμμή στον πίνακα, να κάνετε δεξί κλικ και ζουμ σε εκείνο το σημείο για να δείτε πως το καθορισμένο επίπεδο σφάλματος επηρεάζει τον προορισμό του σημείου. Εάν αυξήσετε τον βαθμό του πολυωνύμου (Polynomial Degree), το επίπεδο σφάλματος μειώνεται για τα σημεία ελέγχου, αλλά αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη παραμόρφωση της εικόνας σε περιοχές μακριά από τα σημεία ελέγχου.

Ρύθμιση και προεπισκόπηση του rubbersheet

Η προεπισκόπηση δείχνει ότι οι περιοχές έξω από τα όρια των σημείων ελέγχου θα διαγραφούν στην τελική εικόνα.

14. Επιλέξτε το Preview για να δείτε μια προεπισκόπηση των αποτελεσμάτων της rubbersheet. Το κόκκινο όριο δείχνει τα όρια της εικόνα μετά την rubbersheet, και το γαλάζιο όριο δείχνει τα δεδομένα που θα περιλαμβάνονται σε αυτά τα όρια. Η περιοχή με τις διαγώνιες γραμμές αποκλείεται από την νέα εικόνα.

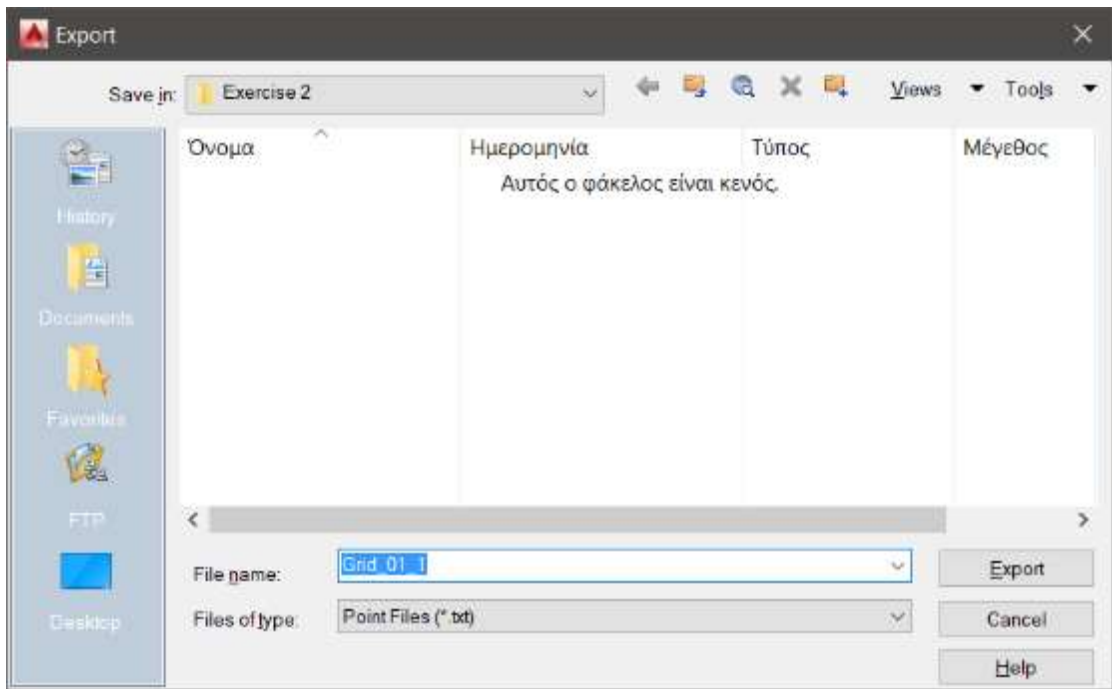


15. Κάντε δεξί κλικ ή πατήστε το Enter για να βγείτε από την προεπισκόπηση.

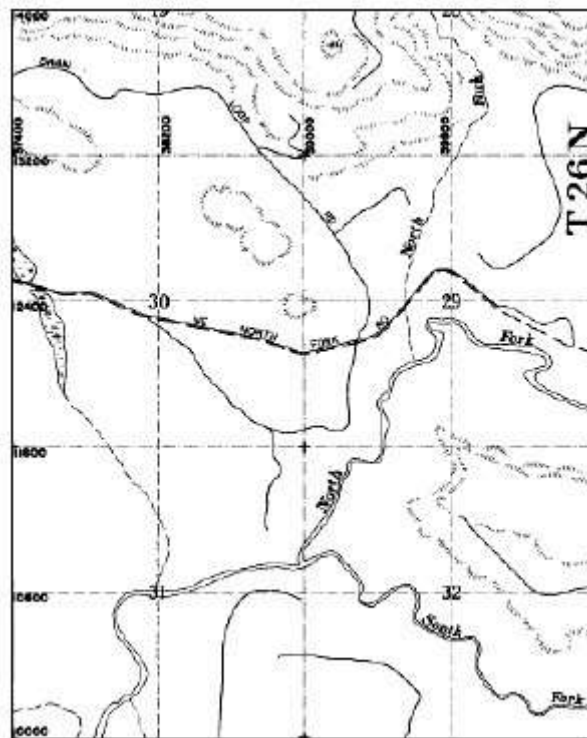
Εκτέλεση της rubbersheet

Πριν εκτελέσετε την rubbersheet μπορείτε να εξάγετε τα σημεία ελέγχου για την περίπτωση που θα χρειαστεί να την επαναλάβετε.

16. Κάντε κλικ στο Export για να εμφανιστεί το παράθυρο Export. Ονομάστε το αρχείο Grid_01.txt και πατήστε το Save για να ολοκληρωθεί η εξαγωγή.



17. Κάντε κλικ στο OK. Εκτελείται η λειτουργία rubbersheet και το παράθυρο Rubbersheet-Set Control Points κλείνει.

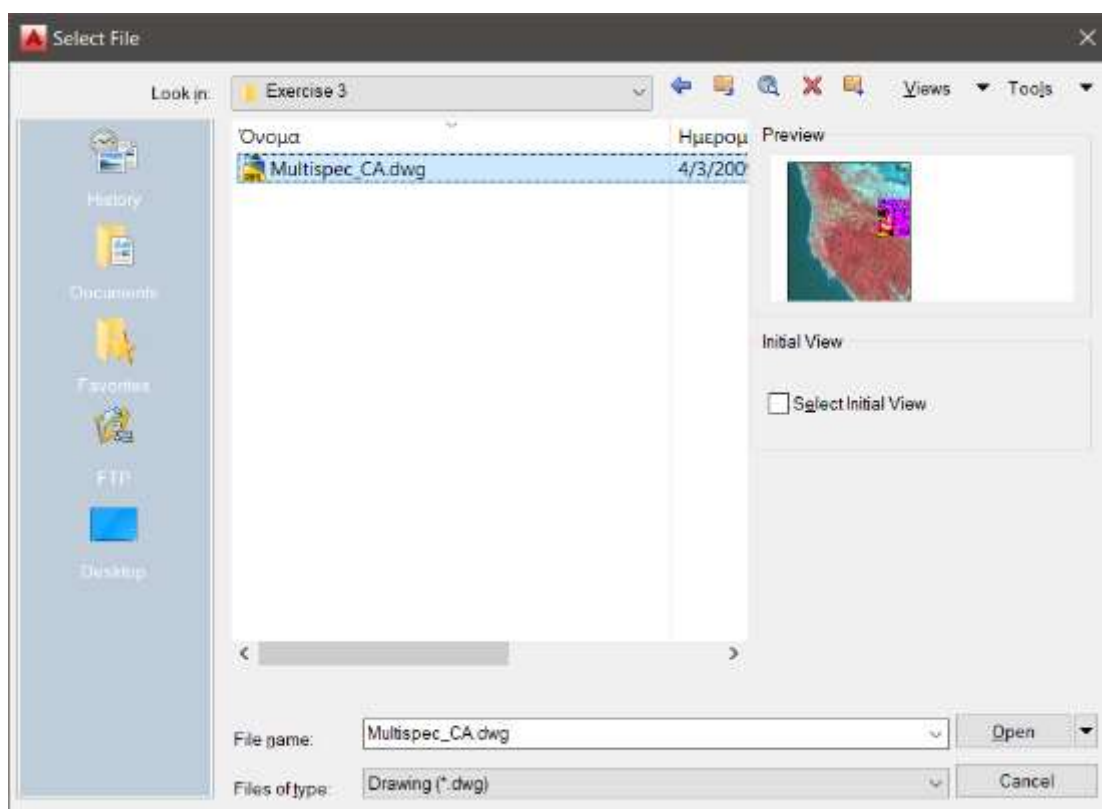


18. Κλείστε το σχέδιο με File > Close – αν θέλετε μπορείτε να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.

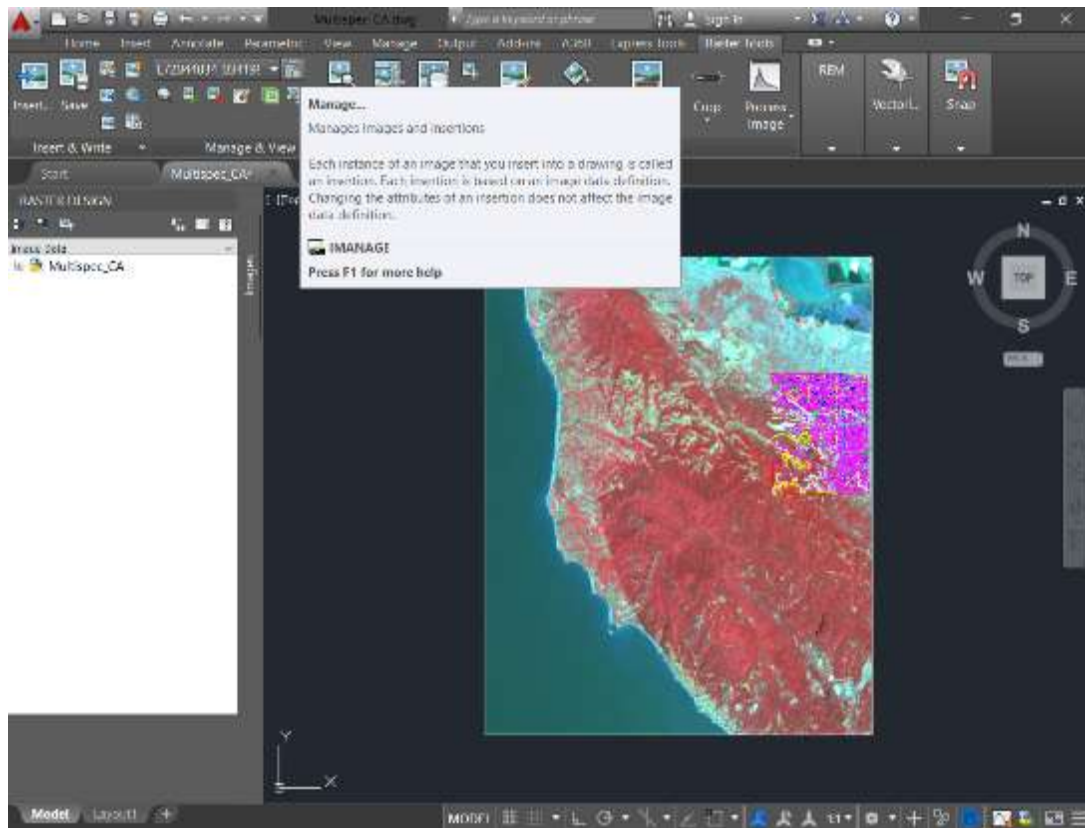
Άσκηση 3 – Προβολή και Επεξεργασία Πολυφασματικών Εικόνων

Στην άσκηση αυτή συνδυάζουμε πολλαπλές ζώνες εικόνας από ένα πολυφασματικό σύνολο δεδομένων σε μια μοναδική εικόνα. Ενώ η κάθε ζώνη ενός πολυφασματικού συνόλου μπορεί να προβληθεί ξεχωριστά ως μια μονοχρωματική εικόνα, η πραγματική αναλυτική αξία αυτού του τύπου δεδομένων αποκαλύπτεται όταν αντιστοιχούμε δύο ή τρεις ζώνες σε διαφορετικά χρωματικά κανάλια και τις προβάλλουμε ως εικόνα 'λανθάνοντος χρώματος'. Στην άσκηση αυτή, θα χρησιμοποιήσετε χειρισμούς χρωματικού χάρτη για να προβάλετε μια ομάδα από επτά ζώνες εικόνας με διαφορετικούς τρόπους.

1. Ξεκινήστε το Raster Design.
2. Ανοίξτε το αρχείο Multispec_CA.dwg από τον φάκελο Exercise 3.

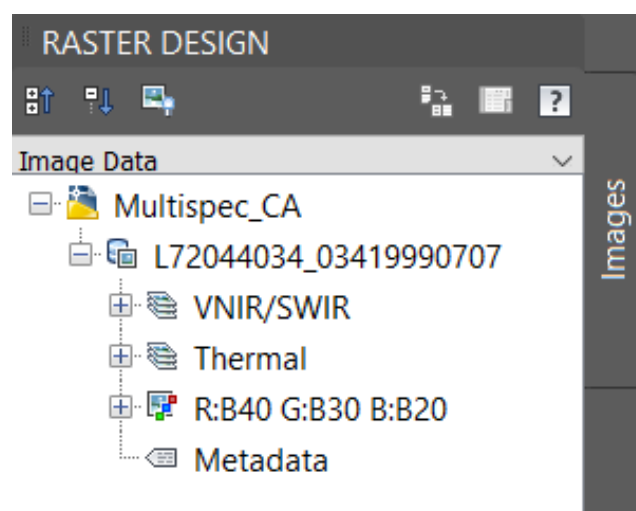


3. Εάν ο εργαλειοχώρος Image Manager δεν είναι ανοικτός, επιλέξτε την λειτουργία Manage από τη λωρίδα Raster Tools και την καρτέλα Manage & View.



Χρήση ενός τυπικού χάρτη λανθάνοντος χρώματος

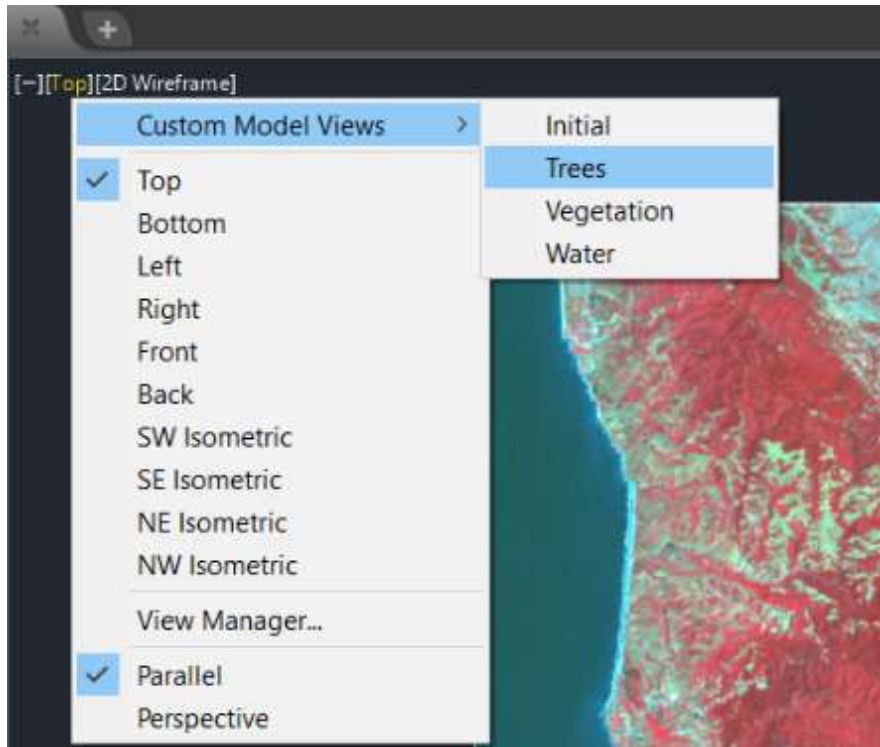
4. Στον Image Manager, επεκτείνετε το δέντρο αντικειμένων κάτω από το όνομα σχεδίου ώστε να δείτε το χρωματικό χάρτη (R:B40 G:B30 B:B20), ο οποίος έχει την εξής διάταξη:
 Red channel (κόκκινο) – (Band-Zώνη 4) Ορατό Κοντά στο Υπέρυθρο
 Green channel (πράσινο) – (Band 3) Κόκκινο
 Blue channel (μπλε) – (Band 2) Πράσινο



Αυτός ο χρωματικός χάρτης παράγει μια εικόνα στην οποία είναι εύκολο να δούμε τους διάφορους τύπους βλάστησης και νερού, και επομένως είναι χρήσιμος για την

ανάλυση του βάθους υδάτων και της κάλυψης εδάφους. Στα επόμενα βήματα θα δούμε δύο παραδείγματα.

5. Επιλέξτε την άποψη Trees, από την επιλογή στην πάνω αριστερά γωνία του παράθυρου γραφικών.

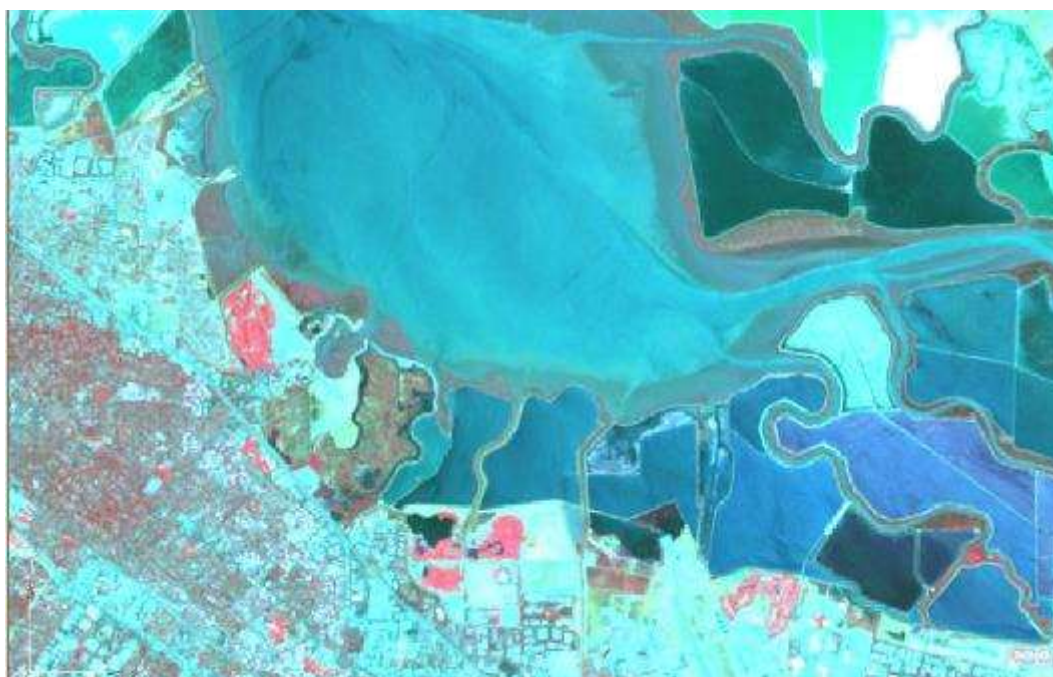


Στην άποψη αυτή, η κάλυψη κωνοφόρου δάσους είναι με σκούρο κόκκινο, και η κάλυψη φυλλοβόλου δάσους είναι με ανοιχτό κόκκινο.



6. Επιλέξτε την άποψη Water.

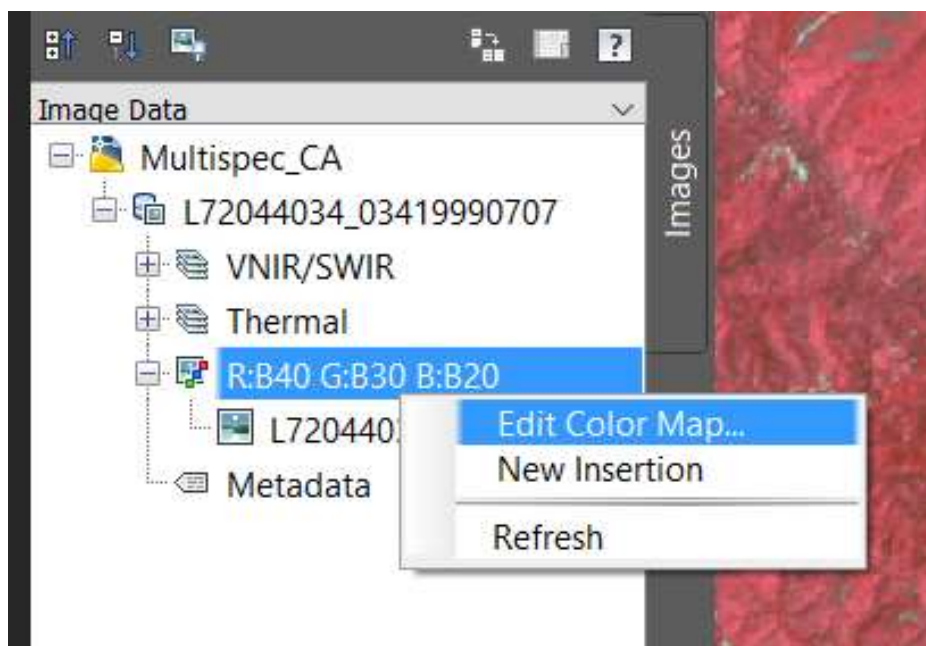
Στην άποψη αυτή, τα καθαρό νερό είναι με σκούρο μπλε, και το ρηχό ή ιζηματογενές νερό είναι με ανοιχτό μπλε. Τα υπόγεια κανάλια και οριζόντες φαίνονται καθαρά.



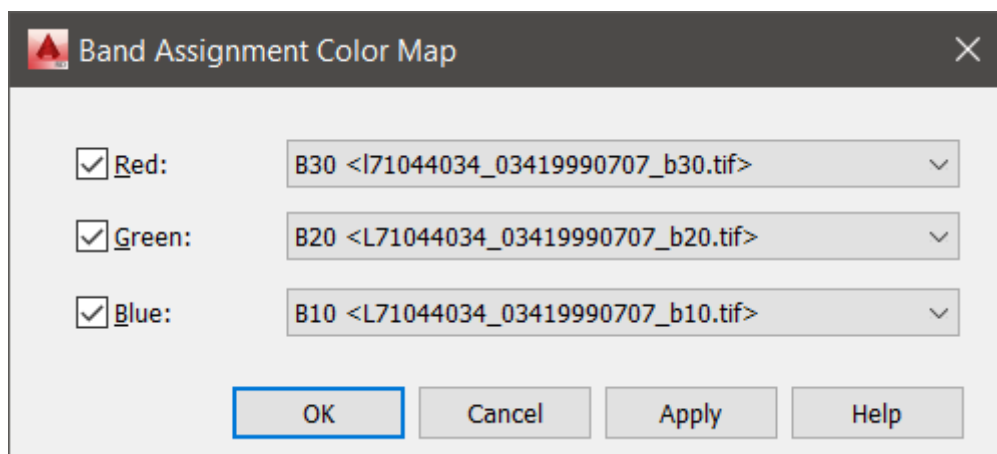
7. Επιλέξτε την άποψη Vegetation.

Δημιουργία ενός χάρτη φυσικών χρωμάτων

8. Στον Image Manager, κάντε δεξί κλικ στο χρωματικό χάρτη εικόνας, επιλέξτε την Edit Color Map,



9. Αντιστοιχήστε στα χρωματικά κανάλια τις εξής ζώνες:
Red channel – (Band 3) Red (κόκκινο)
Green channel – (Band 2) Green (πράσινο)
Blue channel – (Band 1) Blue (μπλε)



Αυτός ο χρωματικός χάρτης δείχνει το ανάγλυφο σχεδόν όπως φαίνεται φυσικά. Η γκρι κατοικημένη περιοχή πάνω δεξιά πλαισιώνεται από λόφους σε ανοιχτό καφέ με πράσινη δασική κάλυψη. Αλλάζοντας τους χρωματικούς χάρτες, μπορούμε να δούμε στοιχεία της περιοχής με περισσότερη λεπτομέρεια.



Δημιουργία χρωματικού χάρτη για ανάλυση της κάλυψης εδάφους

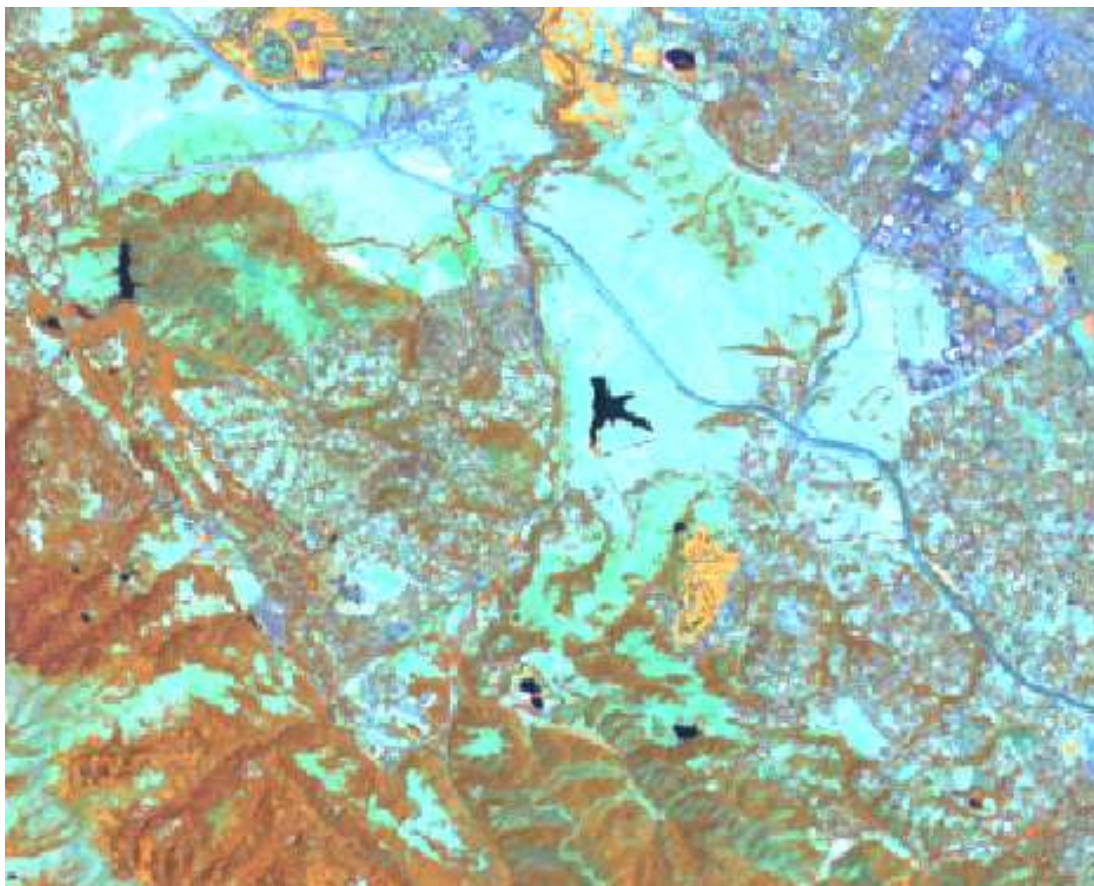
10. Στον Image Manager, κάντε δεξί κλικ στο χρωματικό χάρτη εικόνας, επιλέξτε την Edit Color Map, και αντιστοιχήστε στα χρωματικά κανάλια τις εξής ζώνες:

Red channel – (Band 4) Ορατό Κοντά στο Υπέρυθρο

Green channel – (Band 5) Μέσο Υπέρυθρο

Blue channel – (Band 3) Κόκκινο

Η ζώνη 5 είναι πολύ ευαίσθητη σε μεταβολές στην υγρασία των φυτών και της επιφάνειας του εδάφους. Ως αποτέλεσμα, αυτός ο χρωματικός χάρτης δείχνει διάφορα ποσά πράσινου χρωματισμού για διαφορετικούς τύπους κάλυψης εδάφους.



Στην άποψη αυτή, τα δέντρα φαίνονται με ένα κοκκινωπό καφέ, αλλά η πιο στεγνή βλάστηση έχει πιο πράσινους τόνους, ώστε φαίνεται πορτοκαλί ή πράσινη. Τα πεδία με φυσικά χόρτα είναι στεγνά και σπάνια καλύπτονται, οπότε φαίνονται πρασινωπά μπλε. Το γυμνό έδαφος και οι κατοικημένες περιοχές φαίνονται μπλε και γκρι.

Δημιουργία χρωματικού χάρτη για ανάλυση των βράχων και του χώματος

11. Στον Image Manager, κάντε δεξί κλικ στο χρωματικό χάρτη εικόνας, επιλέξτε την Edit Color Map, και αντιστοιχήστε στα χρωματικά κανάλια τις εξής ζώνες:
 - Red channel – (Band 7) Μακρινό υπέρυθρο
 - Green channel – (Band 4) Ορατό σχεδόν υπέρυθρο
 - Blue channel – (Band 2) Πράσινο

Η ζώνη 7 σε αυτόν το χρωματικό χάρτη αποδίδει την υγρασία των βράχων και των χωμάτων σε αποχρώσεις του κόκκινου, με σκούρο κόκκινο να δείχνει πιο πολύ υγρασία. Επειδή η ζώνη 4 αντιστοιχεί στο πράσινο κανάλι, η βλάστηση φαίνεται με διαφορετικές αποχρώσεις του πράσινου.

12. Κλείστε το σχέδιο χωρίς να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.

Άσκηση 4 – Προβολή και Επεξεργασία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Στην άσκηση αυτή προβάλετε δεδομένα από ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM). Τα αρχεία DEM κάνουν χρήση μιας παλέτας χρωματικού χάρτη, που είναι πολύ ευέλικτη. Αυτός ο τύπος χρωματικού χάρτη χρησιμοποιεί μια παλέτα χρωμάτων στην οποία κάθε χρώμα εκπροσωπεί ένα εύρος τιμών. Οι τιμές μπορεί να είναι το υψόμετρο του εδάφους, η κλίση, ή η διεύθυνση της κλίσης. Κάθε χρώμα μπορεί να αποδίδει ίσο εύρος τιμών, ή τα εύρη μπορεί να υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μια εξίσωση για μια κατανομή ποσοστιαία ή τυπικής απόκλισης.

Μια **ποσοστιαία** κατανομή αποδίδει ίσο πλήθος τιμών σε κάθε εύρος (χρώμα), και ρυθμίζει το κάθε εύρος ανάλογα. Εάν η επιφάνεια σας έχει την πλειοψηφία των τιμών ομαδοποιημένη γύρω από ένα υποσύνολο του πλήρους εύρους, τα ξεχωριστά εύρη για εκείνο το υποσύνολο θα είναι στενότερα για να αποδώσουν εκείνη τη περιοχή με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

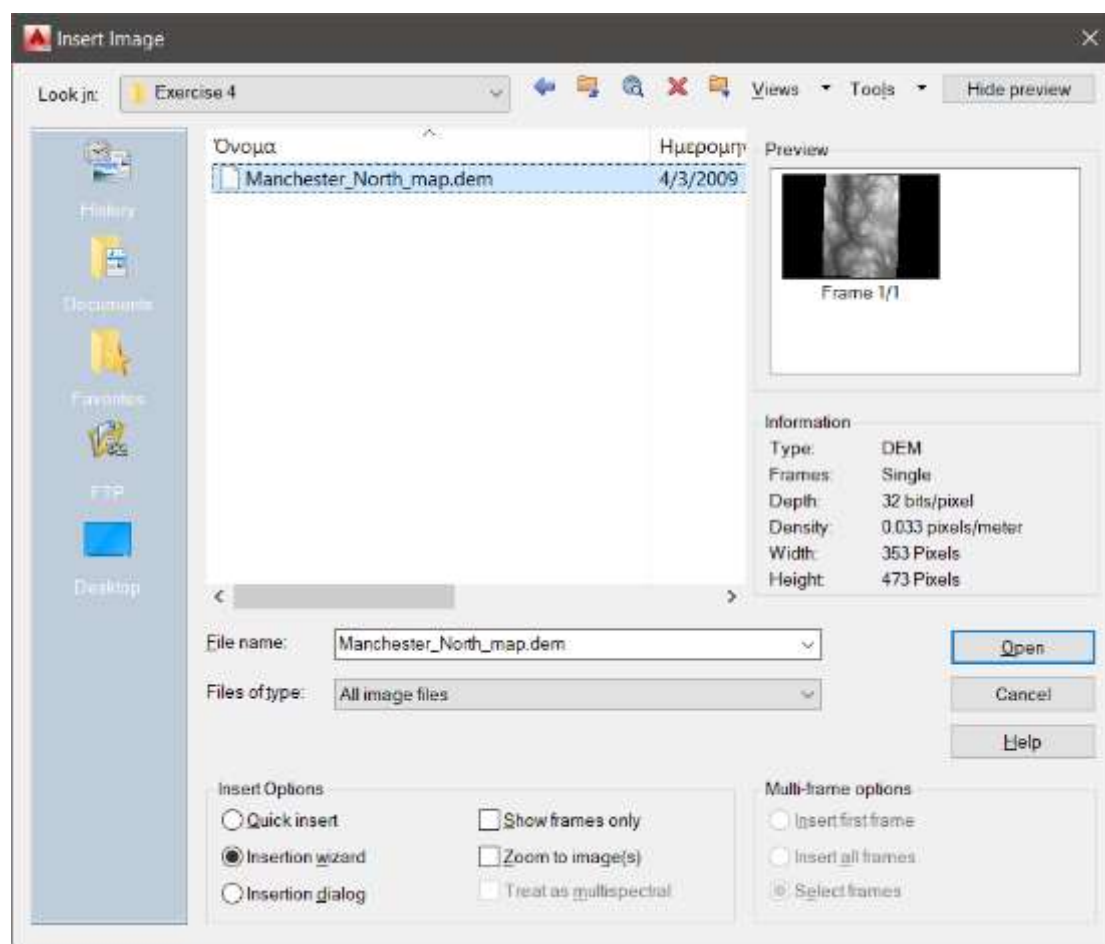
Μια κατανομή **τυπικής απόκλισης** ορίζει το κάθε εύρος ίσο με μια τυπική απόκλιση για το πλήρες σύνολο των τιμών στο αρχείο. Τα κεντρικά έξι εύρη της παλέτας καλύπτουν το εύρος των τιμών στο αρχείο. Εάν το αρχείο έχει ένα σύνολο τιμών που προσεγγίζει μια κανονική κατανομή, το τρίτο και τέταρτο εύρος μαζί αποδίδουν περίπου το 68% του πλήρους εύρους. Η διαχωριστική γραμμή μεταξύ αυτών των δύο κεντρικών εύρων είναι ο αριθμητικός μέσος του συνόλου των δεδομένων. Παρόλο που οι χρωματικοί χάρτες παλέτας είναι πολύπλοκοι, μπορούν να αποθηκευθούν για ευκολία στην χρήση με άλλα αρχεία, συμπεριλαμβανομένων αρχείων DEM και μορφές ακεραίων 16-bit.

Στην άσκηση αυτή θα εισάγετε μια υπάρχουσα παλέτα που βρίσκεται στο φάκελο Exercise 4. Ο χρωματικός χάρτης παλέτας περιλαμβάνει επιπρόσθετα στοιχεία που δεν καλύπτονται σε αυτήν την άσκηση.

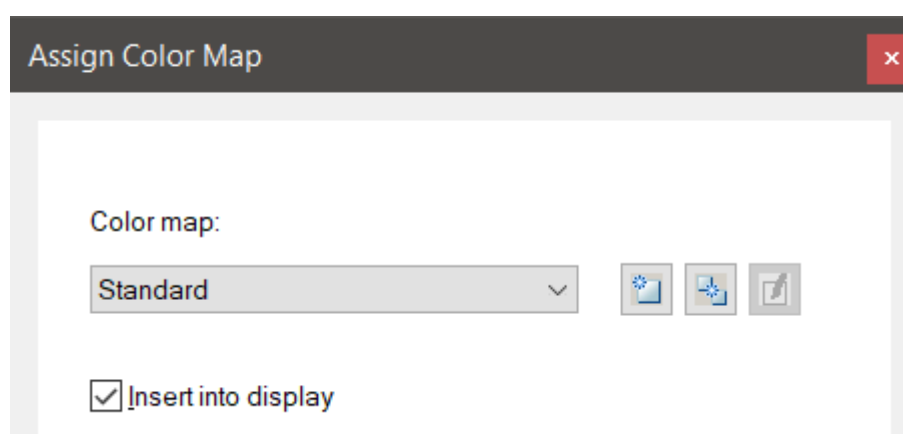
1. Ανοίξτε ένα νέο σχέδιο ή χρησιμοποιήστε το προκαθορισμένο Drawing1.dwg.

Εισαγωγή εικόνας DEM

2. Στη λωρίδα Raster Tools και την καρτέλα Insert & Write, επιλέξτε την Insert.
3. Στο παράθυρο Insert Image, επιλέξτε το αρχείο Manchester_North_map.dem από το φάκελο Exercise 4.
4. Στην περιοχή Insert Options, κάντε κλικ στο Insertion Wizard, και μετά στο Open.



5. Στη σελίδα Assign Color Map, πατήστε Next, και Next σε όλες τις επόμενες σελίδες, μετά πατήστε το Finish στη σελίδα Insertion.



✕
Pick Correlation Source

Correlation source: Image File ▾

Correlation Values

<u>I</u> nsertion point:	<u>R</u> otation:
X: <input style="width: 100%;" type="text" value="296220"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="0"/>
Y: <input style="width: 100%;" type="text" value="4763340"/>	<u>S</u> cale:
	1: <input style="width: 100%;" type="text" value="1"/>

Density

pixels per Meter

Units

Image <u>u</u> nits:	Meters
Vertical <u>U</u> nits:	Feet

Coordinate System

File: NAD27 / UTM zone 19N; (EPSG 26719)

✕
Modify Correlation Values

Correlation Values

<u>I</u> nsertion point:	<u>R</u> otation:
X: <input style="width: 100%;" type="text" value="296220"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="0"/>
Y: <input style="width: 100%;" type="text" value="4763340"/>	<u>S</u> cale:
Z: <input style="width: 100%;" type="text" value="0"/>	1: <input style="width: 100%;" type="text" value="1"/>

Density

pixels per Meter

Units

Image <u>u</u> nits:	Meters ▾
Vertical <u>U</u> nits:	US survey feet ▾

Insertion

Correlation Values

Insertion point

X: 296220000

Y: 4763340000

Z: 0

Rotation: 0

Scale: 1: 1

Pick <

Drawing Units: Millimeters

Color

BYLAYER

Select..

Apply

Image file name: I:\rs_gis...\Manchester_North_map.dem

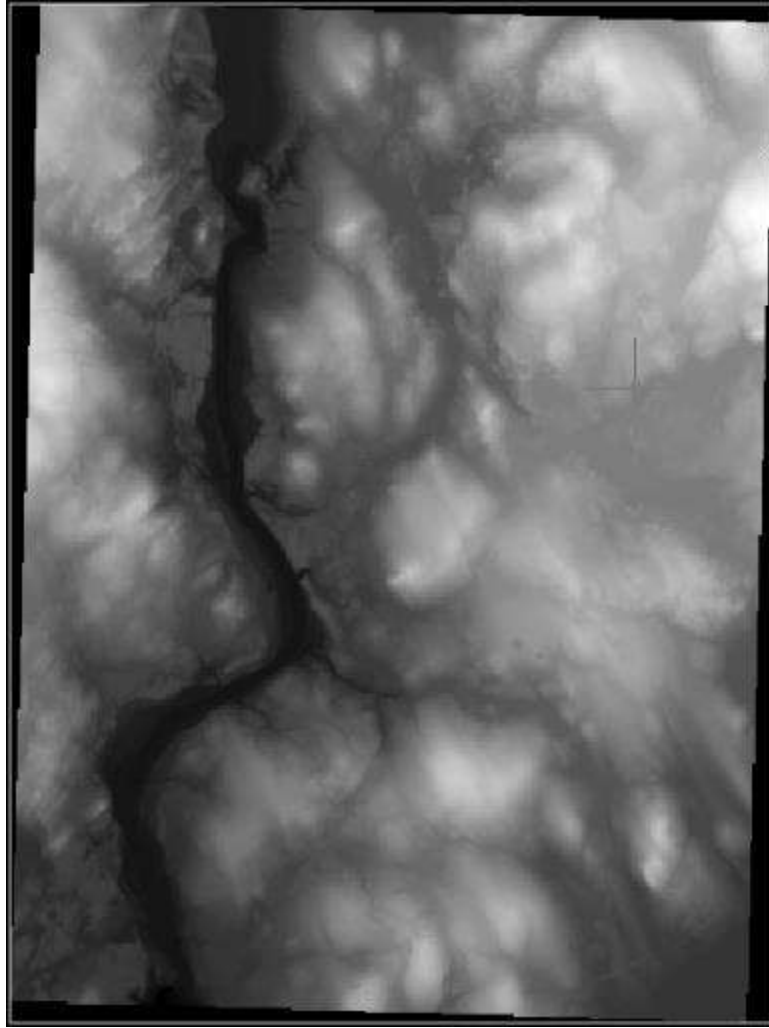
Correlation file name: I:\rs_gis...\Manchester_North_map.dem

Cancel < Back Finish Help

Η εικόνα DEM εισάγεται στο σχέδιο χρησιμοποιώντας την προκαθορισμένη χρωματική παλέτα.

6. Εάν ο εργαλειοχώρος Image Manager δεν είναι ανοιχτός, επιλέξτε την λειτουργία Manage για να τον ανοίξετε.
7. Στον εργαλειοχώρο Image Manager, στην άποψη Image Insertions, κάντε δεξί κλικ στην ονομασία εισαγωγής (Manchester_North_map) και επιλέξτε Zoom To.

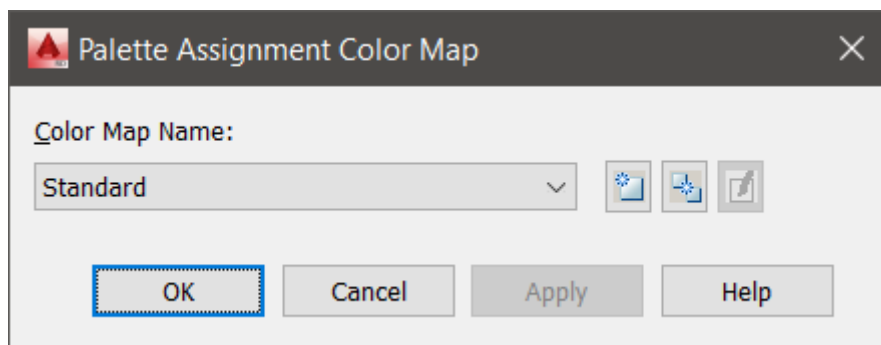
Η προβολή αυτή της επιφάνειας του εδάφους δείχνει τα υψόμετρα με τόνους του γκρι.




Στα αμέσως επόμενα βήματα θα εξετάσουμε τις πληροφορίες που περιέχονται σε αυτόν το χρωματικό χάρτη και θα διερευνήσουμε μερικές άλλες απόψεις των ίδιων δεδομένων.

Μεταβολή του χρωματικού χάρτη

8. Στον εργαλειοχώρο Image Manager, στην σελίδα Image Insertions, κάντε δεξί κλικ στην ονομασία εισαγωγής και επιλέξτε Edit Color Map.



9. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, κάντε κλικ στο  για να δημιουργήσετε ένα νέο χρωματικό χάρτη.

10. Στο παράθυρο Palette Color Map Definition, εξετάστε τον πίνακα Range Table για να καταλάβετε την παρούσα προβολή του χάρτη. Χρησιμοποιώντας τη μπάρα κύλισης στα δεξιά του παραθύρου, μπορείτε να δείτε ότι η παλέτα έχει 256 χρωματικά εύρη. Η στήλη Range Spread δείχνει ότι κάθε χρώμα εκπροσωπεί ένα υψομετρικό εύρος περίπου 2.4 ποδών. Η στήλη Range Upper Value δείχνει ότι τα υψόμετρα στην εικόνα είναι μεταξύ 732 και 126 ποδών (128.3765 μείον 2.3765).

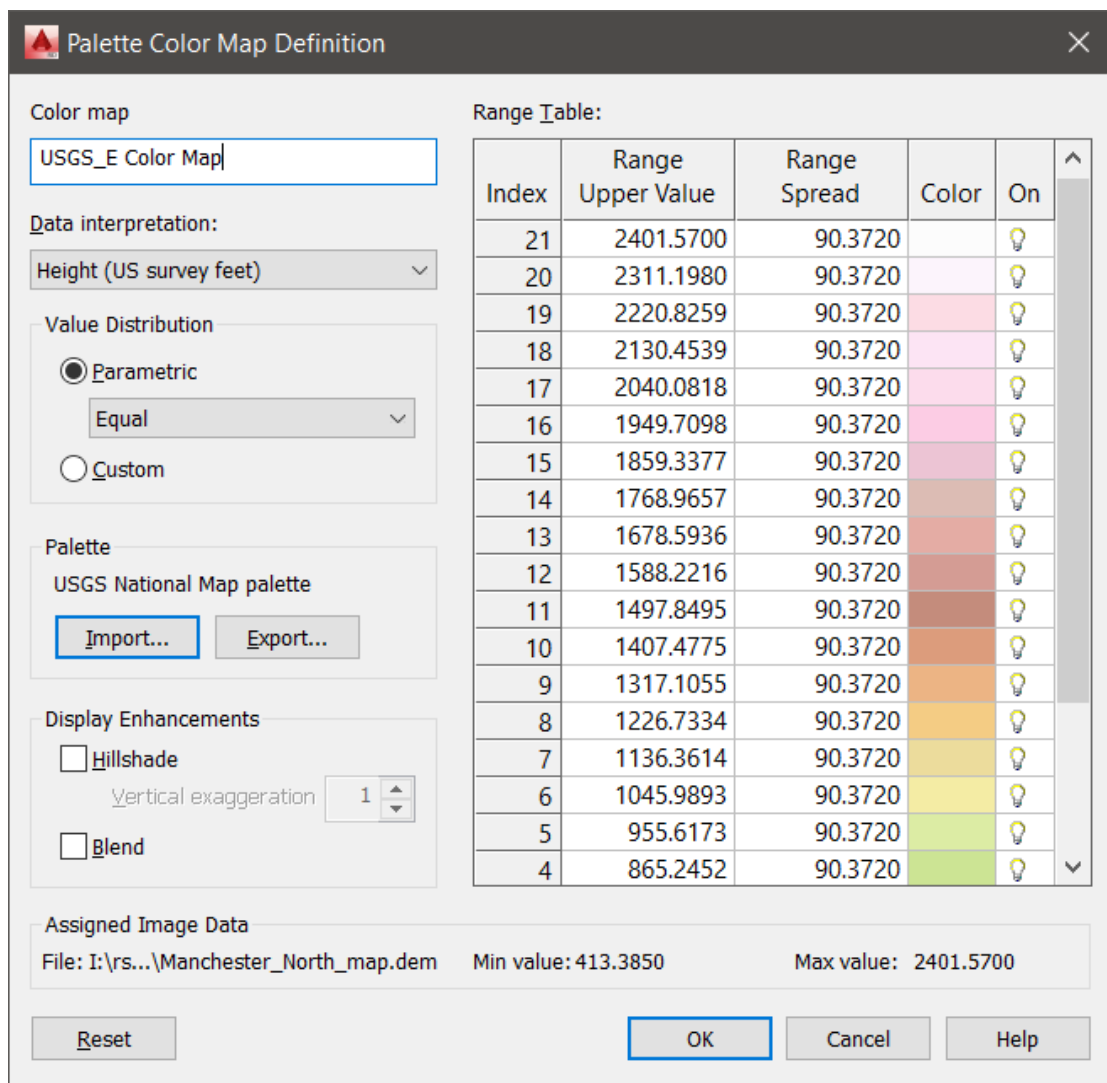
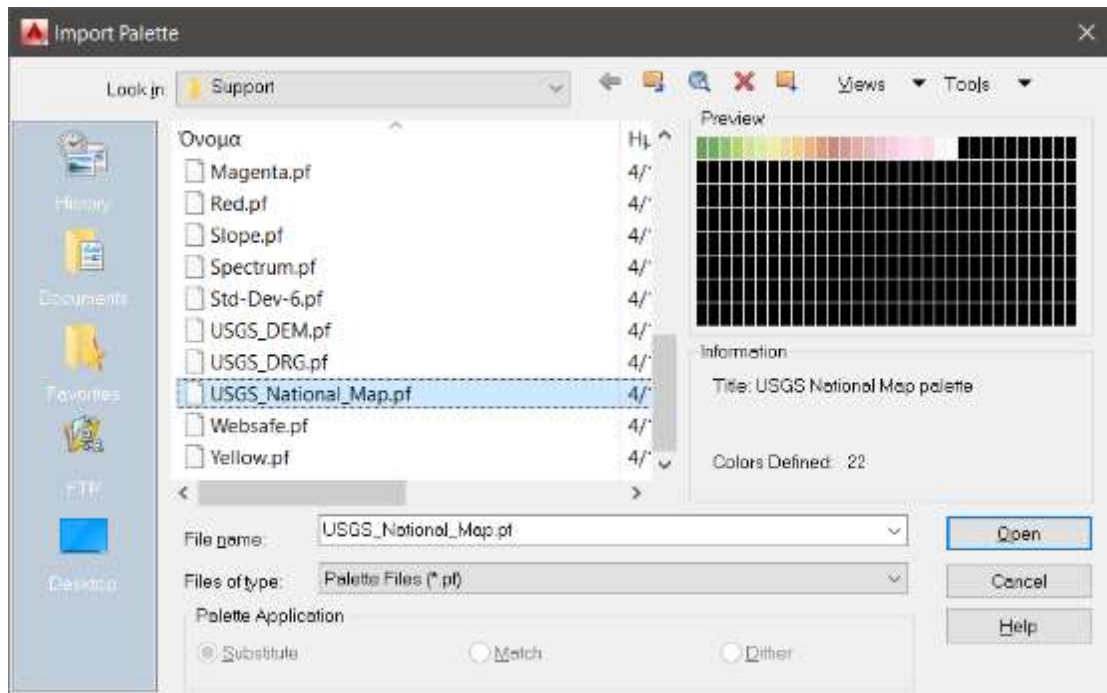
Σημείωση: Μπορείτε να επαληθεύσετε τις μονάδες και το εύρος των υψομέτρων σε αυτήν την εικόνα στη σελίδα Image Data από τον Image Manager: κάντε κλικ στην ζώνη δεδομένων εικόνας (FLT:32-bit) για να δείτε τις ιδιότητες της.

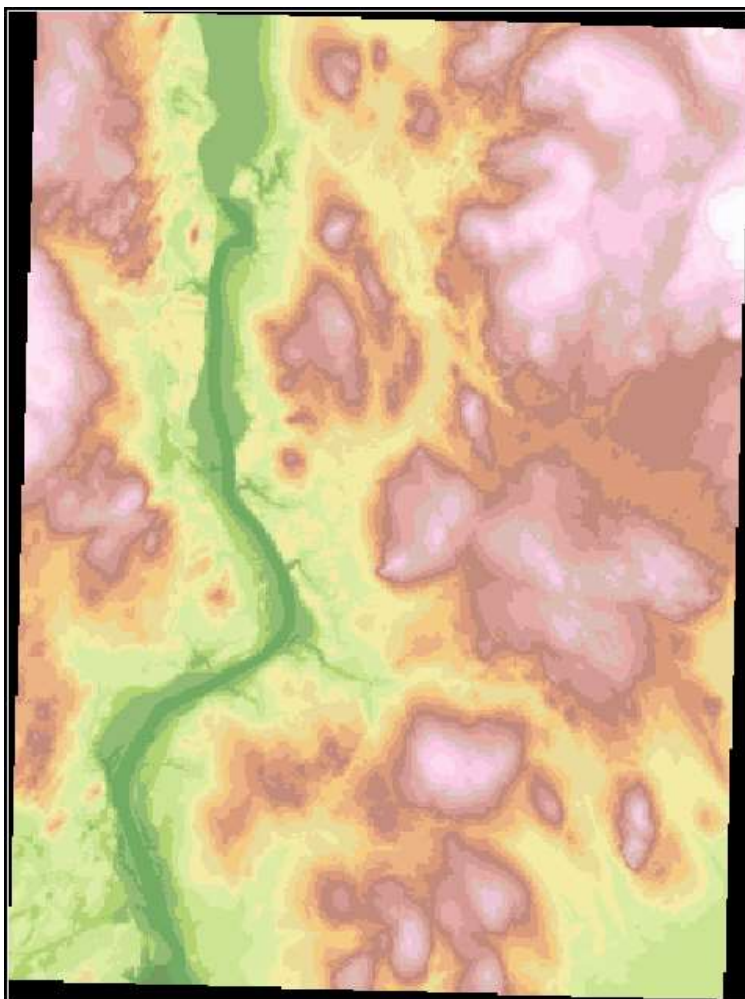
Η ρύθμιση Data Interpretation (στα αριστερά του παραθύρου Palette Color Map Definition) δείχνει ότι η εικόνα εμφανίζει την τιμή (Value) αντί για το υψόμετρο, την κλίση ή την διεύθυνση. Η ρύθμιση Value Distribution δείχνει ότι τα χρώματα της παλέτας εκπροσωπούν ίσα εύρη που υπολογίζονται μαθηματικά (παραμετρικά) αντί να ορίζονται πρακτικά.

11. Αλλάξτε τη ρύθμιση Data Interpretation σε Height (feet). Η ρύθμιση αυτή αποδίδει τις πραγματικές τιμές στα δεδομένα εικόνας, ώστε οι τιμές εύρους δεν αλλάζουν.

Περαιτέρω διερεύνηση: Αλλάξτε τη ρύθμιση Data Interpretation σε Height (meters), και θα δείτε αμέσως τις τιμές στον πίνακα Range Table να μετατρέπονται σε μέτρα. Επιλέξτε άλλες ρυθμίσεις Data Interpretation, και σε κάθε περίπτωση, οι τιμές εύρους αλλάζουν για να δείξουν την νέα ερμηνεία. Στα αμέσως επόμενα βήματα θα δημιουργήσουμε ένα νέο χρωματικό χάρτη ο οποίος θα χρησιμοποιεί ένα μικρότερο πλήθος εύρων.


12. Στην περιοχή Palette του παραθύρου Palette Color Map Definition, πατήστε το Import.
13. Στο παράθυρο Import Palette, πηγαίνετε στο φάκελο \Support.
14. Επιλέξτε το αρχείο παλέτας USGS_National_Map.pf και κάντε κλικ στο Open. Η παλέτα έρχεται στο παράθυρο Palette Color Map Definition. Ο πίνακας Range Table ρυθμίζεται αυτόματα στη νέα παλέτα, ώστε το εύρος των υψομέτρων απλώνεται ισόποσα σε 22 χρώματα.
15. Στο πεδίο Color Map Name πάνω αριστερά στο παράθυρο, εισάγετε το όνομα USGS-E Color Map, και πατήστε το OK για να αποθηκεύσετε το χρωματικό χάρτη.
16. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, πατήστε το Apply. Ο νέος χρωματικός χάρτης εφαρμόζεται στην προβολή.



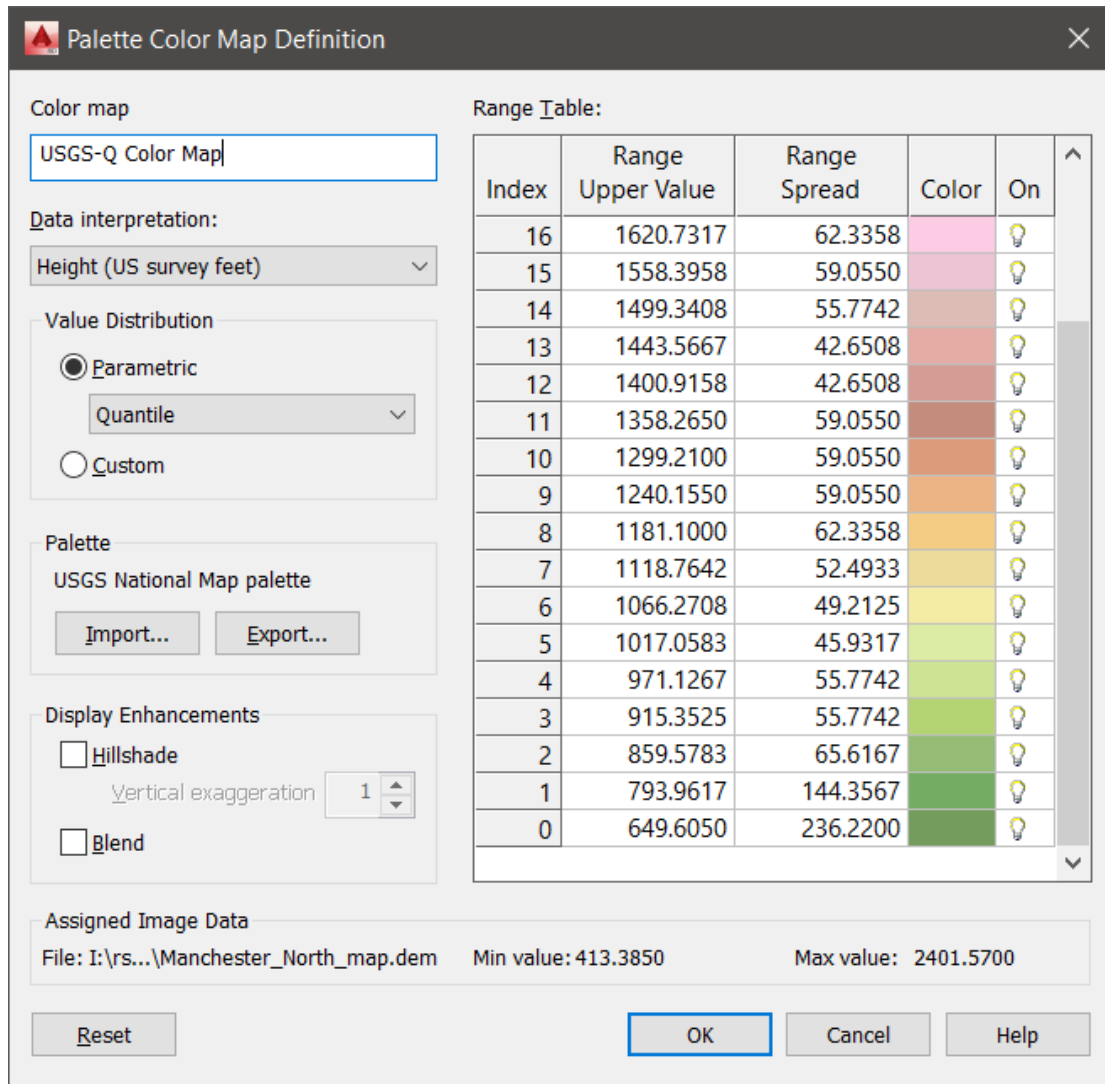


Στα επόμενα βήματα θα αλλάξουμε τον χρωματικό χάρτη για να χρησιμοποιεί ποσοστιαία κατανομή ευρών.

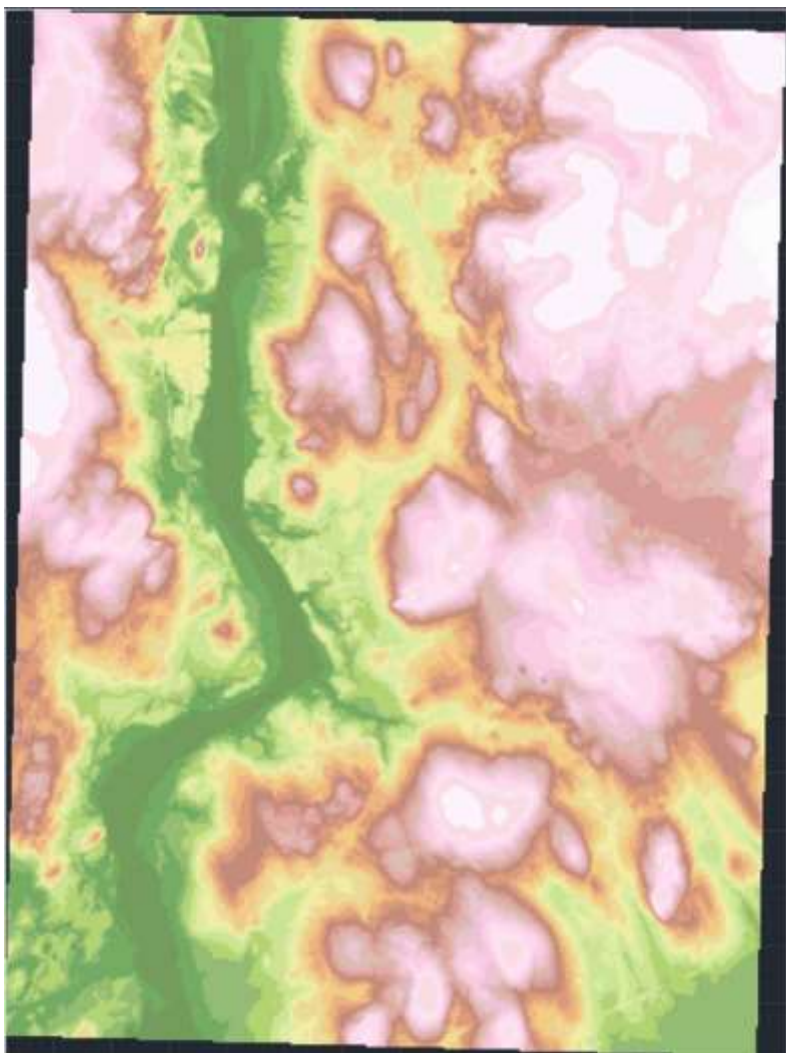
Δημιουργία ποσοστιαίου χρωματικού χάρτη

17. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, πατήστε το  για τη δημιουργία νέου χρωματικού χάρτη.
18. Στο παράθυρο Palette Color Map Definition, στην περιοχή Value Distribution, επιλέξτε το μενού και την λειτουργία Quantile. Ο πίνακας Range Table αυτομάτως ρυθμίζεται στα υψομετρικά δεδομένα, δίνοντας ίσο πλήθος σημείων σε κάθε εύρος. Κοντά στα υψόμετρα 300–325 πόδια και 415–440 πόδια, βλέπουμε στενά εύρη, δείχνοντας ένα σχετικά μεγάλο πλήθος τιμών σε αυτά τα εύρη. Κοντά στα 575–732 πόδια, τα εύρη είναι πλατιά, δείχνοντας λιγότερες τιμές σε αυτά τα υψόμετρα.
19. Στο πεδίο Color Map Name πάνω αριστερά στο παράθυρο, εισάγετε την ονομασία USGS-Q Color Map, και μετά πατήστε το OK για να αποθηκεύσετε το χρωματικό χάρτη.
20. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, πατήστε το Apply. Ο νέος χρωματικός χάρτης εφαρμόζεται στην προβολή.


21. Στην περιοχή Color Map Name αυτού του παράθυρου, επιλέξτε τον USGS-E Color Map και πατήστε το Apply για να επαναφέρετε τον πρώτο χρωματικό χάρτη που δημιουργήσατε.

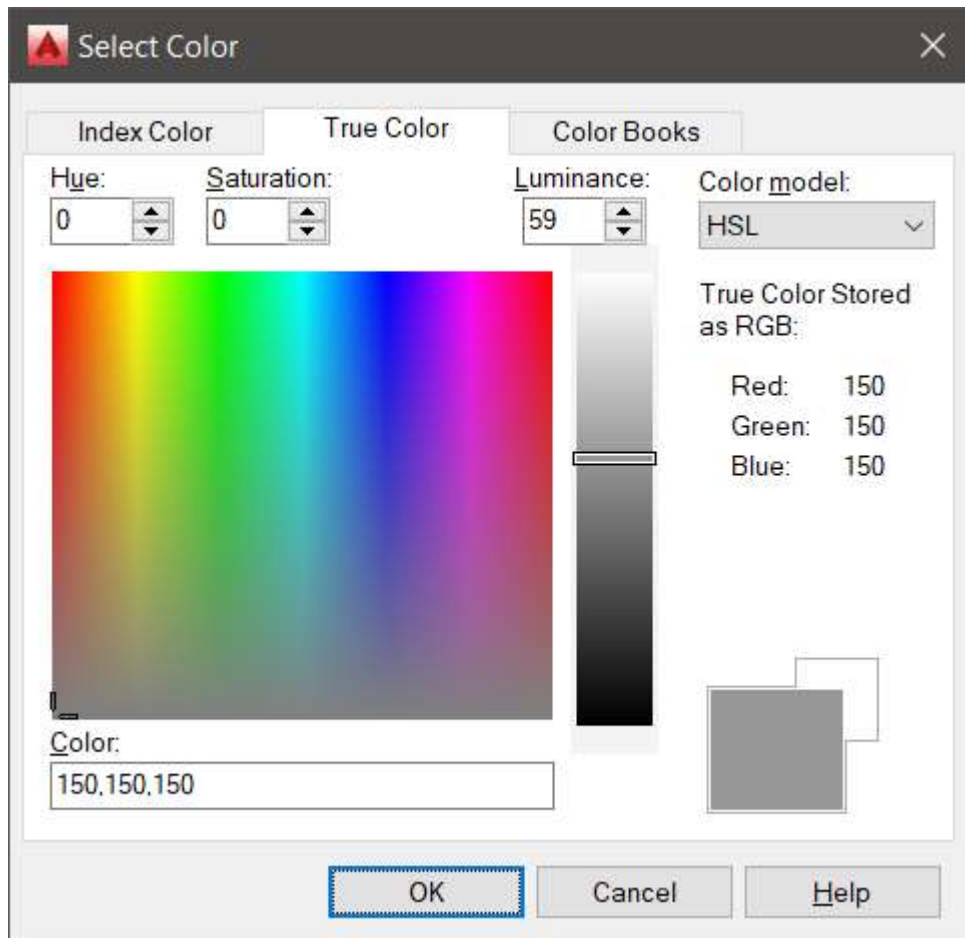


Οι χειρισμοί αυτού του παράθυρου σας επιτρέπουν να συγκρίνετε εύκολα τα αποτελέσματα διαφορετικών χρωματικών χαρτών.



Δημιουργία ενός χάρτη χρωματισμού υψωμάτων

22. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, πατήστε το  για να δημιουργήσετε ένα νέο χρωματικό χάρτη.
23. Στο παράθυρο Palette Color Map Definition, στην περιοχή Range Table, επιλέξτε ολόκληρο το εύρος από 0 έως 254, ως εξής:
 - Στη στήλη Index, πατήστε το 0 και επιλέξτε την τελευταία σειρά
 - Χρησιμοποιήστε την μπάρα κύλισης στα δεξιά για να πάτε στη σειρά 254
 - Πατήστε και κρατήστε το πλήκτρο Shift και επιλέξτε το δείκτη 254
24. Κάντε δεξί κλικ εντός του πίνακα και επιλέξτε την Assign Color.
25. Στο παράθυρο Select Color, στη σελίδα True Color, βεβαιωθείτε ότι η ρύθμιση Color Model είναι HSL.
26. Στο πεδίο Color κάτω αριστερά, εισάγετε 150,150,150, ή χρησιμοποιήστε τον κάθετο μοχλό Luminance για να επιλέξετε έναν παρόμοιο ανοιχτό τόνο γκρι.
27. Πατήστε το OK και επιστρέψτε στο παράθυρο Palette Color Map Definition.
Στον πίνακα Range Table, σημειώστε ότι όλα τα εύρη έχουν τον τόνο του γκρι που επιλέξατε.



28. Στην περιοχή Display Enhancements, επιλέξτε Hillshade, και μετά ορίστε τον συντελεστή Vertical Exaggeration στο 5.
29. Στο πεδίο Color Map Name πάνω αριστερά, εισάγετε την ονομασία Gray-5 Color Map, και μετά πατήστε το OK για να αποθηκεύσετε τον χρωματικό χάρτη.
30. Στο παράθυρο Palette Assignment Color Map, πατήστε το Apply. Ο χρωματικός χάρτης αυτός υπερβάλει το τοπογραφικό ανάγλυφο της επιφάνειας και εξομοιώνει μια πηγή φωτός στο πάνω αριστερά τμήμα για να δώσει σκιά στην επιφάνεια.

Περαιτέρω διερεύνηση: Επιστρέψτε στο παράθυρο Palette Color Map Definition και δημιουργήστε περισσότερους χρωματικούς χάρτες οι οποίοι

- χρησιμοποιούν την κατανομή Standard Deviation (εισάγετε την παλέτα Std-Dev-6.pf σε αυτήν την περίπτωση)
- προβάλλουν την κλίση του εδάφους (slope)
- προβάλλουν την διεύθυνση της κλίσης του εδάφους (aspect)

31. Αποθηκεύστε το σχέδιο σας κατά την έξοδο από το πρόγραμμα.

Palette Color Map Definition

Color map:

Data interpretation: Value

Value Distribution: Parametric, Equal

Palette: Unnamed*, Import..., Export...

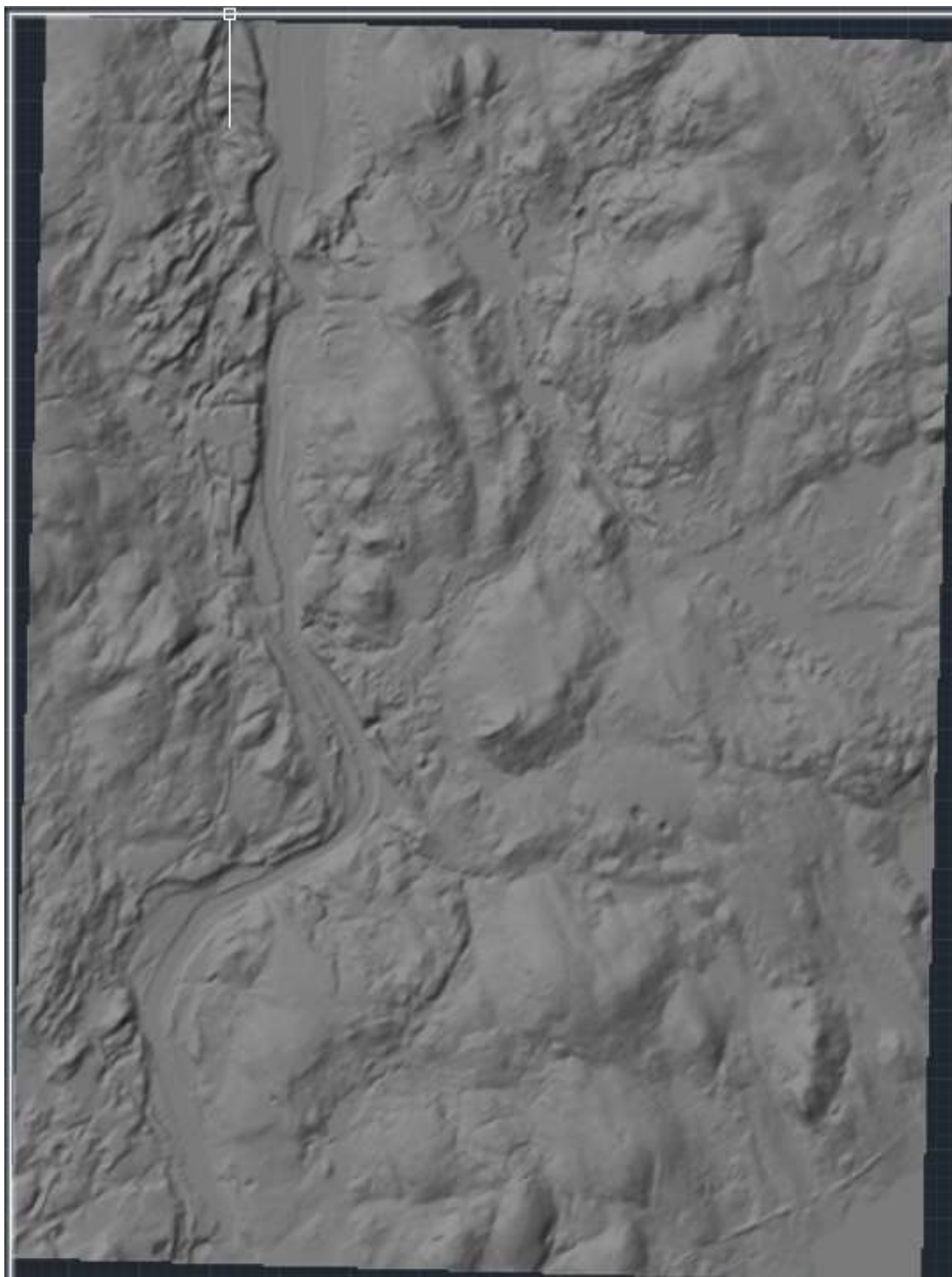
Display Enhancements: Hillshade, Vertical exaggeration: 5, Blend

Assigned Image Data: File: I:\rs...\Manchester_North_map.dem, Min value: 126.0000, Max value: 732.0000

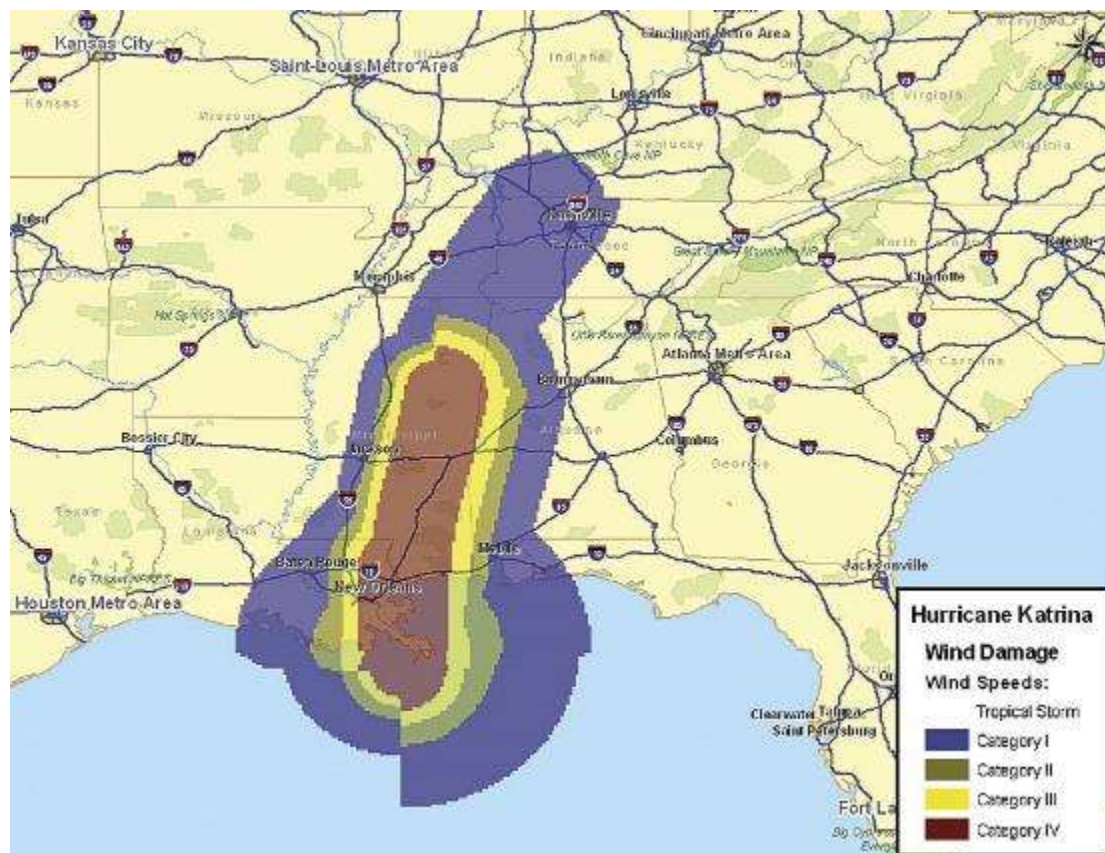
Range Table:

Index	Range Upper Value	Range Spread	Color	On
*				
254	732.0000	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
253	729.6235	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
252	727.2471	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
251	724.8706	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
250	722.4941	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
249	720.1176	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
248	717.7412	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
247	715.3647	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
246	712.9882	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
245	710.6118	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
244	708.2353	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
243	705.8588	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
242	703.4824	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
241	701.1059	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
240	698.7294	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
239	696.3529	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>
238	693.9765	2.3765		<input checked="" type="checkbox"/>

Reset OK Cancel Help



Κεφάλαιο 3 – Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

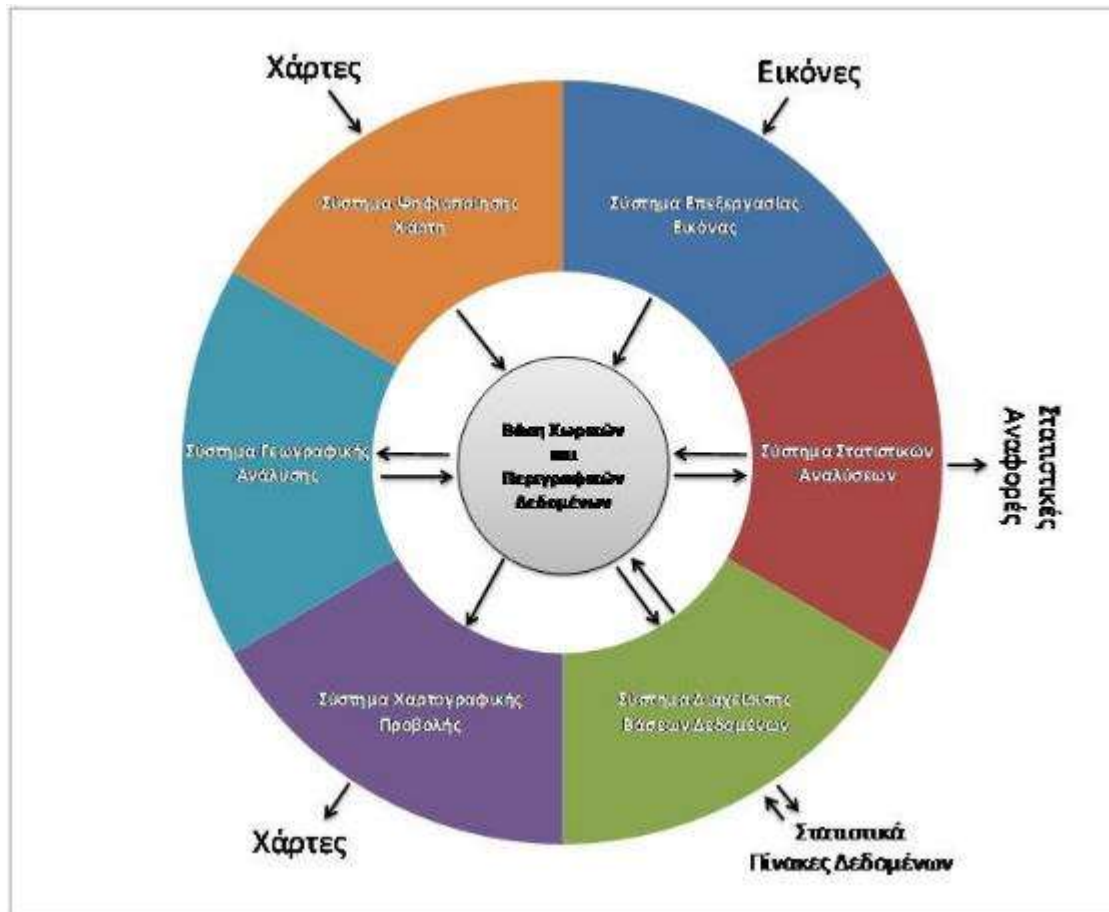


3.1 Εισαγωγή

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι ένα πληροφοριακό σύστημα για την λήψη, αποθήκευση, ανάλυση και προβολή γεωγραφικών δεδομένων. Στις μέρες μας υπάρχουν πολλά εργαλεία λογισμικού που βοηθούν σε αυτές τις λειτουργίες. Μπορούν, όμως, να διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους, εν μέρει λόγω του τρόπου που αποδίδουν και εργάζονται με τα γεωγραφικά δεδομένα, αλλά και λόγω της ιδιαίτερης έμφασης που δίνουν σε συγκεκριμένες λειτουργίες. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τα διάφορα τμήματα και λειτουργίες ενός ΓΣΠ.

3.2 Τμήματα ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Παρόλο που σκεφτόμαστε το ΓΣΠ ως ένα μοναδικό κομμάτι λογισμικού, συνήθως αποτελείται από διάφορα τμήματα. Το Σχήμα 3.1 δίνει μια γενική εικόνα των τμημάτων λογισμικού που συναντά κανείς σε ένα ΓΣΠ. Δεν έχουν όλα τα συστήματα όλα αυτά τα ξεχωριστά τμήματα, αλλά ένα πραγματικό ΓΣΠ πρέπει να διαθέτει τα πιο ουσιαστικά από αυτά.



Σχήμα 3.1: Δομή λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

3.2.1 Βάση Χωρικών και Περιγραφικών Δεδομένων

Κεντρικό τμήμα του συστήματος είναι η βάση δεδομένων – μια συλλογή από χάρτες και σχετικές πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή. Καθώς η βάση δεδομένων αφορά στοιχεία στην επιφάνεια της γης, μπορεί να παρουσιάζει δύο στοιχεία – μια βάση χωρικών δεδομένων που περιγράφουν την γεωγραφία (σχήμα και θέση) των στοιχείων στην επιφάνεια της γης, και μια βάση περιγραφικών δεδομένων που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ποιότητες αυτών των στοιχείων. Έτσι, για παράδειγμα, μπορούμε να έχουμε ένα οικόπεδο ορισμένο στη βάση χωρικών δεδομένων και ποιότητες όπως χρήση γης, ιδιοκτήτης, αντικειμενική αξία, κα στην βάση περιγραφικών δεδομένων.

Σε ορισμένα συστήματα, οι βάσεις χωρικών και περιγραφικών δεδομένων είναι εντελώς ξεχωριστές, ενώ σε άλλα είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους σε μια οντότητα.

3.2.2 Χαρτογραφικό Προβολικό Σύστημα

Γύρω από την κεντρική βάση δεδομένων, έχουμε μια σειρά από τμήματα. Το πιο βασικό από αυτά είναι το χαρτογραφικό προβολικό σύστημα. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την επιλογή συγκεκριμένων στοιχείων από τη βάση δεδομένων για την δημιουργία ενός χάρτη στην οθόνη ή κάποια συσκευή εκτύπωσης. Το εύρος των χαρτογραφικών δυνατοτήτων διαφέρει πολύ ανάμεσα στα λογισμικά ΓΣΠ. Τα περισσότερα δίνουν μόνο πολύ στοιχειώδεις λειτουργίες, και βασίζονται στη χρήση

κάποιου τρίτου συστήματος εκτυπώσεων υψηλής ποιότητας για να καλύψουν πιο προχωρημένες ανάγκες, όπως τον διαχωρισμό χρωμάτων.

3.2.3 Σύστημα Ψηφιοποίησης Χάρτη

Μετά το χαρτογραφικό προβολικό σύστημα, το επόμενο ουσιαστικότερο τμήμα είναι το σύστημα ψηφιοποίησης χάρτη. Με το σύστημα αυτό γίνεται δυνατή η μετατροπή τυπωμένων χαρτών σε ψηφιακή μορφή, επεκτείνοντας έτσι τη βάση δεδομένων του ΓΣΠ. Στην πιο κλασσική περίπτωση, ο χάρτης τοποθετείται σε έναν πίνακα ψηφιοποίησης, και στην συνέχεια ο χρήστης ιχνηλατεί τα στοιχεία που τον ενδιαφέρουν με ένα ειδικό στυλό ή δείκτη σύμφωνα με τις διαδικασίες που απαιτούν τα λογισμικά ψηφιοποίησης. Πολλά συστήματα ψηφιοποίησης χάρτη επιτρέπουν την τροποποίηση των ψηφιοποιημένων δεδομένων.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σαρωτές για την ψηφιοποίηση δεδομένων όπως οι αεροφωτογραφίες. Το αποτέλεσμα είναι μια ψηφιακή εικόνα αντί των περιγραμμάτων των στοιχείων που δημιουργούνται με έναν πίνακα ψηφιοποίησης. Το λογισμικό σάρωσης μπορεί να αποθηκεύσει τις εικόνες σε διάφορες μορφές αρχείων. Τα αρχεία αυτά μπορούν στην συνέχεια να εισαχθούν στο ΓΣΠ.

Τα λογισμικά ψηφιοποίησης, σχεδίασης με υπολογιστή (CAD), και γεωμετρίας συντεταγμένων (COGO) είναι παραδείγματα συστημάτων λογισμικού που δίνουν τη δυνατότητα εισαγωγής ψηφιοποιημένων πληροφοριών χάρτη στη βάση δεδομένων, πέρα από τις δυνατότητες τους για χαρτογραφική προβολή.

3.2.4 Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων

Το επόμενο τμήμα σε ένα ΓΣΠ είναι το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων (Database Management System – DBMS). Συνήθως, ο όρος αυτός αναφέρεται σε έναν τύπο λογισμικού που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή, διαχείριση και ανάλυση περιγραφικών δεδομένων. Και εδώ χρησιμοποιείται με την ίδια έννοια, όμως απαιτείται και η διαχείριση της βάσης των χωρικών δεδομένων. Έτσι, ένα ΓΣΠ συμπεριλαμβάνει όχι μόνο ένα συμβατικό DBMS, αλλά και μια γκάμα από λειτουργίες για την διαχείριση των χωρικών και περιγραφικών στοιχείων των γεωγραφικών δεδομένων που αποθηκεύει.

Με ένα DBMS είναι δυνατή η εισαγωγή περιγραφικών δεδομένων, όπως πίνακες και στατιστικά, και στην συνέχεια η εξαγωγή ειδικών πινάκων και περιληπτικών στατιστικών για την διάθεση νέων αναφορών. Όμως, πιο σημαντικά, ένα DBMS μας δίνει τη δυνατότητα να αναλύσουμε περιγραφικά δεδομένα. Πολλές από τις χαρτογραφικές αναλύσεις δεν έχουν κάποιο πραγματικά χωρικό στοιχείο, και για αυτές, ένα DBMS θα λειτουργεί πολύ καλά. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιήσουμε το σύστημα για να βρούμε όλα τα οικόπεδα των οποίων ο ιδιοκτήτης είναι ανύπαντρος με ένα ή περισσότερα τέκνα, και να δημιουργήσουμε ένα χάρτη με το αποτέλεσμα. Το τελικό προϊόν (ένα χάρτης) είναι σίγουρα χωρικό, αλλά η ίδια η ανάλυση δεν έχει κανένα χωρικό χαρακτηριστικό.

Τα DBMS μπορεί να δέχονται την ταυτόχρονη πρόσβαση και χρήση από πολλούς χρήστες. Οι χρήστες μπορεί να βλέπουν τις βάσεις δεδομένων είτε με τη βοήθεια ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών (Local Area Network, LAN), είτε στα πλαίσια ενός δικτύου ευρείας περιοχής (Wide Area Network, WAN). Τα DBMS επιτρέπουν τη διάσπαση των βάσεων δεδομένων σε μικρότερες που βρίσκονται

και λειτουργούν σε περιοχές διαφορετικές γεωγραφικά μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η δημιουργία μιας τεράστιας κεντρικής και δύσχρηστης βάσης και αποφεύγονται τα προβλήματα καθυστερήσεων λόγω αργής μετάδοσης στα κορεσμένα κανάλια τηλεπικοινωνίας.

Ο οποιοσδήποτε δεσμός ανάμεσα στα γραφικά αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητές τους δημιουργείται μέσω ενός μοναδικού κωδικού αριθμού, ο οποίος κατόπιν χρησιμοποιείται και για την αποθήκευση των περιγραφικών χαρακτηριστικών των οντοτήτων. Τα μη χωρικά περιγραφικά δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχεία σύμφωνα με τη συγκρότηση διαφορετικών μοντέλων καταχώρησης δεδομένων (Data models) με διάφορες τυποποιήσεις και δομές. Κάθε μοντέλο δεδομένων:

- Παρέχει μια μέθοδο κωδικοποίησης και μια ομάδα λειτουργιών επεξεργασίας των πληροφοριών.
- Βοηθάει στην οργάνωση της συλλογής τους και στην αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου και των φαινομένων που έχουν ενδιαφέρον.
- Αποτελείται από πεδία στα οποία μπορούν να αποθηκεύονται αριθμητικά, αλφαβητικά και αλφαριθμητικά δεδομένα.
- Παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Τα μοντέλα δεδομένων μπορεί να είναι μονοδιάστατα, ιεραρχικά ή σχεσιακά. Τα **μονοδιάστατα μοντέλα** ή μονοδιάστατα αρχεία (flat files) είναι η απλούστερη μέθοδος για την αποθήκευση δεδομένων. Όλες οι εγγραφές έχουν τον ίδιο αριθμό πεδίων με την ίδια πάντοτε σειρά και κάθε μια απλή εγγραφή σε ένα πεδίο αποτελεί και το κλειδί για τον εντοπισμό στοιχείων. Η έρευνα στο αρχείο είναι σειριακή, δηλαδή διαβάζεται κάθε σειρά που αντιστοιχεί και σε μια εγγραφή, συγκρίνεται η τιμή του πεδίου - κλειδιού με την τιμή που ζητείται και προκύπτουν τα αποτελέσματα.

Πλεονεκτήματα μονοδιάστατων αρχείων

- Εύκολη ανάκτηση δεδομένων
- Απλή δομή και εύκολος προγραμματισμός

Μειονεκτήματα μονοδιάστατων αρχείων

- Δυσκολία επεξεργασίας πολλαπλών τιμών ενός στοιχείου /αντικειμένου
- Η πρόσθεση νέων κατηγοριών δεδομένων απαιτεί επαναπρογραμματισμό
- Αργή ανάκτηση δεδομένων, χωρίς τη χρήση κλειδιού

Στα **ιεραρχικά μοντέλα** ή ιεραρχικά αρχεία (Hierarchical Files) τα δεδομένα αποθηκεύονται με πολλαπλούς τρόπους εγγραφών, ενώ υπάρχει ένα κοινό πεδίο-κλειδί σε όλα τα αρχεία με βάση το οποίο συνδέονται οι εγγραφές μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο εγγραφές /πεδία που υπάρχουν σε ένα αρχείο δεν χρειάζεται να επαναληφθούν σε κάποιο επόμενο.

Πλεονεκτήματα ιεραρχικών αρχείων

- Εύκολη πρόσθεση και διαγραφή εγγραφών
- Εύκολη ανάκτηση δεδομένων μέσω της ιεραρχικής δομής
- Πολλαπλές συσχετίσεις με όμοιες εγγραφές σε διαφορετικά αρχεία

Μειονεκτήματα ιεραρχικών αρχείων

- Η διαδρομή του δείκτη περιορίζει την πρόσβαση
- Κάθε σχέση απαιτεί επαναλαμβανόμενα δεδομένα σε άλλες εγγραφές
- Οι δείκτες απαιτούν μεγάλο αποθηκευτικό χώρο

Στα **σχεσιακά μοντέλα** ή σχεσιακά αρχεία (Relational Files) τα δεδομένα αποθηκεύονται σε διάφορα αρχεία ή πίνακες που συνδέονται μεταξύ τους, χωρίς να χρειάζεται κάποιος εσωτερικός δείκτης (pointer) ή κλειδί που να περιλαμβάνεται σε όλα. Αντί για αυτό, ένας μη ιεραρχικός σύνδεσμος δεδομένων /πεδίων χρησιμοποιείται, για να συνδέσει ή να συσχετίσει εγγραφές. Κάθε αρχείο συσχετίζεται με ένα άλλο με τη βοήθεια ενός τουλάχιστον κοινού πεδίου (πεδίο που υπάρχει ακριβώς το ίδιο και στα δύο αρχεία).

Αυτή η μορφή αποθήκευσης δεδομένων είναι η πιο ευέλικτη και πιο κατάλληλη για τη δημιουργία ερωτήσεων και για αυτό είναι και η πιο διαδεδομένη στα διάφορα ΓΣΠ. Τα DBMS αυτής της δομής λέγονται Σχεσιακά Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Relational DBMS, RDBMS).

Πλεονεκτήματα σχεσιακών αρχείων

- Εύκολη πρόσβαση και ευκολία εκμάθησης της χρήσης τους
- Ευελιξία στην επίτευξη οποιασδήποτε (μη προβλεπόμενης από την αρχή)
- Ευκολία τροποποιήσεων και προσθήκης νέων σχέσεων και εγγραφών
- Η θέση αποθήκευσης των δεδομένων μπορεί να αλλάξει, χωρίς να επηρεασθούν οι σχέσεις μεταξύ των εγγραφών

Μειονεκτήματα σχεσιακών αρχείων

- Νέες σχέσεις μπορεί να απαιτήσουν μεγάλο χρόνο επεξεργασίας
- Η σειριακή πρόσβαση στα δεδομένα είναι αργή
- Η μέθοδος αποθήκευσης επηρεάζει στο χρόνο επεξεργασίας
- Είναι εύκολο να γίνουν λογικά λάθη λόγω της ευελιξίας που παρέχεται στις σχέσεις μεταξύ των αρχείων

3.2.5 Σύστημα Γεωγραφικής Ανάλυσης

Έως τώρα περιγράψαμε μια ομάδα πολύ ισχυρών εργαλείων – τη δυνατότητα για ψηφιοποίηση χωρικών δεδομένων και την αντιστοίχιση περιγραφικών ιδιοτήτων στα αποθηκευμένα στοιχεία, τη δυνατότητα ανάλυσης αυτών των δεδομένων σύμφωνα με τις ιδιότητες τους, και την χαρτογράφηση του αποτελέσματος. Υπάρχουν, λοιπόν, συστήματα διαθέσιμα στην αγορά που κάνουν ακριβώς και μόνο αυτές τις λειτουργίες, και πολλά από αυτά αυτοαποκαλούνται GIS. Παρόλη τη χρησιμότητα τους, οι λειτουργίες αυτές δεν αποτελούν απαραίτητα ένα πλήρες GIS. Το στοιχείο που λείπει είναι η δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων ως προς τις πραγματικές χωρικές τους ιδιότητες. Για το σκοπό αυτό χρειαζόμαστε ένα Σύστημα Γεωγραφικής Ανάλυσης.

Με ένα Σύστημα Γεωγραφικής Ανάλυσης, επεκτείνουμε τις τυπικές δυνατότητες ερωτημάτων προς τη βάση δεδομένων συμπεριλαμβάνοντας τη δυνατότητα για ανάλυση δεδομένων με βάση τη θέση τους στο χώρο. Ίσως το πιο απλό παράδειγμα που μπορούμε να εξετάσουμε είναι όταν μας ενδιαφέρει η κοινή εμφάνιση στοιχείων με διαφορετικές γεωγραφίες. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να βρούμε όλες τις περιοχές κατοικήσιμης γης σε τύπους πετρωμάτων

που σχετίζονται με υψηλές εκπομπές αερίων. Αυτό είναι ένα πρόβλημα το οποίο τα παραδοσιακά DMBS δεν μπορούν να λύσουν καθώς οι τύποι πετρωμάτων και οι διαιρέσεις των οικοπέδων δεν μοιράζονται την ίδια γεωγραφία. Τα παραδοσιακά ερωτήματα προς μια βάση δεδομένα είναι αρκετά όταν μιλάμε για ιδιότητες που ανήκουν στα ίδια στοιχεία. Αλλά όταν τα στοιχεία διαφέρουν, τότε δεν είναι αρκετά. Για το λόγο αυτό χρειαζόμαστε ένα ΓΣΠ. Πράγματι, είναι αυτή η δυνατότητα να συγκρίνουμε διαφορετικά στοιχεία ανάλογα με την κοινή τους γεωγραφική εμφάνιση που αποτελεί το κυριότερο συστατικό ενός ΓΣΠ. Η ανάλυση αυτή επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας η οποία ονομάζεται *επικάλυψη*, και ονομάζεται έτσι καθώς έχει τον ίδιο χαρακτήρα με την επικάλυψη διαφανών χαρτών δύο διαφορετικών θεμάτων τον ένα πάνω στον άλλο.

Όπως και το DBMS, το Σύστημα Γεωγραφικής Ανάλυσης όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, έχει μια αμφίδρομη αλληλεπίδραση με τη βάση δεδομένων – η διαδικασία αυτή είναι ξεκάθαρα αναλυτική στο χαρακτήρα της. Έτσι, ενώ μπορεί να διαβάσει δεδομένα από τη βάση δεδομένων, μπορεί εξίσου καλά να συνεισφέρει τα αποτελέσματα της ανάλυσης ως νέα προσθήκη στη βάση δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορούμε να εξετάσουμε την κοινή εμφάνιση εδαφών με μεγάλη κλίση και χαλαρά υλικά που χρησιμοποιούνται για αγροκαλλιέργειες και να αποκαλέσουμε το αποτέλεσμα έναν χάρτη κινδύνου διάβρωσης εδάφους. Ο χάρτης αυτός δεν υπήρχε στην αρχική βάση δεδομένων, αλλά δημιουργήθηκε από υπάρχοντα δεδομένα και μια ομάδα συγκεκριμένων σχέσεων. Έτσι οι αναλυτικές ικανότητες του Συστήματος Γεωγραφικής Ανάλυσης και του DMBS παίζουν σημαντικό ρόλο στην επέκταση της βάσης δεδομένων με την προσθήκη γνώσεων για τη σχέση μεταξύ των στοιχείων.

Παρόλο που η επικάλυψη είναι κύριο συστατικό των GIS, η γεωγραφική ανάλυση με υπολογιστή έχει ωριμάσει πολύ τα τελευταία χρόνια και ξεπερνά πλέον σε δυνατότητες αυτές που προκύπτουν από την επικάλυψη και μόνο.

3.2.6 Σύστημα Επεξεργασίας Εικόνας

Εκτός από αυτά τα βασικά τμήματα ενός ΓΣΠ – το χαρτογραφικό προβολικό σύστημα, το σύστημα ψηφιοποίησης χάρτη, το σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων και το σύστημα γεωγραφικής ανάλυσης – ορισμένα λογισμικά συστήματα περιλαμβάνουν επίσης τη δυνατότητα ανάλυσης τηλεπισκοπικών εικόνων και να παρέχουν ειδικές στατιστικές αναλύσεις. Το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας επιτρέπει τη λήψη πρωτογενών εικόνων τηλεπισκόπησης (όπως εικόνες από τους δορυφόρους Landsat και SPOT) και τη μετατροπή τους σε ερμηνευμένα χαρτογραφικά δεδομένα σύμφωνα με διάφορες διαδικασίες ταξινόμησης.

3.2.7 Σύστημα Στατιστικών Αναλύσεων

Για στατιστική ανάλυση, τα λογισμικά ΓΣΠ διαθέτουν τις συμβατικές στατιστικές διαδικασίες καθώς και μερικές ειδικές ρουτίνες για στατιστική ανάλυση χωρικών δεδομένων. Οι γεωγράφοι έχουν αναπτύξει μια σειρά από ειδικές μεθόδους για την στατιστική περιγραφή χωρικών δεδομένων, εν μέρει λόγω του ειδικού χαρακτήρα των χωρικών δεδομένων, αλλά και λόγω του ότι τα χωρικά δεδομένα παρουσιάζουν ειδικά προβλήματα στην εφαρμογή των κλασικών στατιστικών μεθόδων.

3.2.8 Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων

Παρόλο που η υποστήριξη αποφάσεων είναι μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες ενός ΓΣΠ, τα εργαλεία που είναι ειδικά σχεδιασμένα για το σκοπό αυτό είναι πολύ λίγα στα περισσότερα λογισμικά ΓΣΠ. Σε κάθε περίπτωση, τα εργαλεία αυτά περιλαμβάνουν τη δυνατότητα προσθήκης σφάλματος σε μια διαδικασία, τη βοήθεια στην κατασκευή χαρτών πολλαπλών κριτηρίων, και την αντιμετώπιση αποφάσεων που περιλαμβάνουν πολλούς στόχους. Τα εργαλεία αυτά σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα τμήματα του συστήματος δίνουν ένα ισχυρό περιβάλλον για την κατανομή πόρων στους έχοντες την ευθύνη για τη λήψη αποφάσεων.

3.3 Αναπαράσταση Χαρτογραφικών Δεδομένων

Ο τρόπος με τον οποίο τα παραπάνω τμήματα λογισμικού συνδυάζονται είναι ένα σημείο διαφοροποίησης των διαφόρων λογισμικών ΓΣΠ. Ένα ακόμα σημείο διαφοροποίησης είναι και το πώς αναπαριστούν τα δεδομένα σε ψηφιακή μορφή. Ένα ΓΣΠ αποθηκεύει δύο τύπους δεδομένων που βρίσκονται πάνω σε έναν χάρτη – τους γεωγραφικούς ορισμούς των στοιχείων στην επιφάνεια της γης και τις ιδιότητες ή ποιότητες που διαθέτουν αυτά τα στοιχεία. Δεν χρησιμοποιούν όλα τα συστήματα την ίδια λογική κατά την αποθήκευση τους. Σχεδόν όλα, όμως, χρησιμοποιούν την μία ή και τις δύο βασικές τεχνικές αναπαράστασης χάρτη: διανυσματική και ψηφιδωτή (vector και raster).

3.3.1 Διανυσματικά

Με την διανυσματική αναπαράσταση, τα όρια ή η διαδρομή των στοιχείων ορίζεται από μια σειρά σημείων τα οποία όταν ενώνονται με ευθύγραμμα τμήματα σχηματίζουν τη γραφική αναπαράσταση των στοιχείων. Τα ίδια τα σημεία κωδικοποιούνται με ένα ζεύγος τιμών που δίνουν τις συντεταγμένες Χ και Υ σε συστήματα όπως γεωγραφικό μήκος / πλάτος ή την Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή. Οι ιδιότητες των στοιχείων αποθηκεύονται στη συνέχεια σε ένα συμβατικό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (DBMS). Για παράδειγμα, ένας διανυσματικός χάρτης οικοπέδων μπορεί να συνδεθεί με μια βάση ιδιοτήτων που να περιέχει τις διευθύνσεις, τα ονόματα των ιδιοκτητών, την αντικειμενική αξία και τη χρήση της γης. Ο δεσμός μεταξύ των δύο αρχείων δεδομένων μπορεί να είναι ένας απλός αριθμός δείκτη που δίνεται σε κάθε στοιχείο στο χάρτη (Σχήμα 3.3).

Η χρήση διανυσματικών γραφικών στα ΓΣΠ προέρχεται από τη χρήση του ίδιου είδους γραφικών στην Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία, όπου μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην απεικόνιση ορίων και ιδιοκτησιών, παρά στη μελέτη της μεταβολής φαινομένων ή περιεχομένων. Η διανυσματική μορφή τείνει να κυριαρχεί σε εφαρμογές που έχουν σχέση με μεταφορές και δίκτυα, ενώ ψηφιδωτή και διανυσματική μαζί χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, όπως η διαχείριση φυσικών πόρων. Για την αποθήκευση των γραφικών αυτής της κατηγορίας (δομή των δεδομένων) υπάρχουν τέσσερις τύποι διανυσματικών μοντέλων:

- Το μοντέλο spaghetti.
- Το μοντέλο κωδικών αλυσίδας.
- Το τοπολογικό μοντέλο.

- Το ιεραρχικό μοντέλο.

Το **μοντέλο spaghetti** είναι το απλούστερο από τα διανυσματικά μοντέλα. Σύμφωνα με αυτό, για κάθε γεωμετρικό στοιχείο (σημείο, γραμμή, πολύγωνο, κλπ.) της περιοχής που εντάσσεται στο μοντέλο δημιουργείται μια εγγραφή, όπου καταχωρούνται οι συντεταγμένες των σημείων που το περιγράφουν. Στο μοντέλο αυτό, κάθε χαρτογραφικό αντικείμενο κωδικοποιείται σε διανυσματική μορφή εντελώς ανεξάρτητα και χωρίς αναφορά, σύνδεση ή συσχέτιση με κάποιο γειτονικό αντικείμενο. Βασικό μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι οι συντεταγμένες των σημείων που είναι κοινά σε δύο ή περισσότερα γεωμετρικά στοιχεία καταγράφονται περισσότερες από μία φορές. Αυτή η διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του αριθμού των γραμμών σύνδεσης και των κόμβων σε ένα δίκτυο, ειδικά σε αστικές περιοχές.

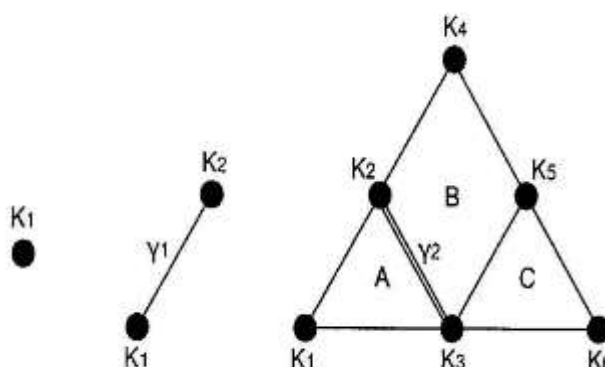
Το **μοντέλο κωδικών αλυσίδας** είναι μια παραλλαγή του μοντέλου spaghetti, όπου για κάθε γεωμετρικό στοιχείο καταγράφονται οι συντεταγμένες ενός αρχικού σημείου και στη συνέχεια τα υπόλοιπα σημεία του ορίζονται με το διάνυσμα θέσης τους, ως προς το αρχικό σημείο. Παρουσιάζει τα ίδια μειονεκτήματα με το προηγούμενο μοντέλο.

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη οικονομία χρόνου αναζήτησης και χώρου αποθήκευσης, που δεν εξασφαλίζεται με τα μοντέλα τύπου spaghetti, είναι απαραίτητο να εισαχθούν συσχετίσεις μεταξύ των διανυσματικών στοιχείων. Αυτό καλείται **τοπολογία** και είναι ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα διανυσματικά δεδομένα μεταξύ τους σε ένα ΓΣΠ. Η τοπολογία είναι ένας κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με πολύ βασικές γεωμετρικές αρχές, όπως η γειτνίαση σημείων ή γραμμών που ορίζουν χωρικές σχέσεις και συσχετίσεις σε ένα ΓΣΠ. Σύμφωνα με αυτήν ορίζονται πρώτα τα σημεία, από αυτά οι γραμμές και στη συνέχεια τα πολύγωνα.

Το τοπολογικό μοντέλο διατηρεί τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα διαφορετικά στοιχεία που καταχωρούνται στο ΓΣΠ. Η οργάνωση γίνεται με τη δημιουργία ενός αρχείου κόμβων, όπου περιλαμβάνονται οι συντεταγμένες των σημείων και ενός αρχείου πολυγώνων, όπου με μονάδα αναφοράς τη γραμμή καταχωρούνται ο κόμβος - αρχή και ο κόμβος - τέλος της, καθώς και το αριστερό και δεξιό πολύγωνο στο οποίο ανήκει (Σχήμα 3.2).

Στο **ιεραρχικό μοντέλο** η καταχώρηση των γραφικών στοιχείων γίνεται υπό μορφή πολυγώνων, όπου μονάδα αναφοράς είναι τα ευθύγραμμα τμήματα που αποτελούν τα όρια ανάμεσα σε όμορα πολύγωνα. Κοινή ιδιότητα των επιμέρους ευθυγράμμων τμημάτων που αποτελούν τα όρια είναι ότι τα πολύγωνα που βρίσκονται αριστερά και δεξιά είναι τα ίδια για όλα τα ευθύγραμμα αυτά τμήματα.

Κωδικοποίηση διανυσματικών στοιχείων με το τοπολογικό μοντέλο				
Γραφικό στοιχείο	Δεξιό πολύγωνο	Αριστερό πολύγωνο	Κόμβος αρχής	Κόμβος τέλους
Σημείο	Ο (μηδέν)	Ο (μηδέν)	Κ1	Κ1
Γραμμή γ1	Ο (μηδέν)	Ο (μηδέν)	Κ1	Κ2
Γραμμή γ2 (σε πολύγωνο)	A	B	Κ2	Κ3



Σχήμα 3.2: Κωδικοποίηση σημείων και γραμμών στο τοπολογικό μοντέλο.

3.3.2 Ψηφιδωτά

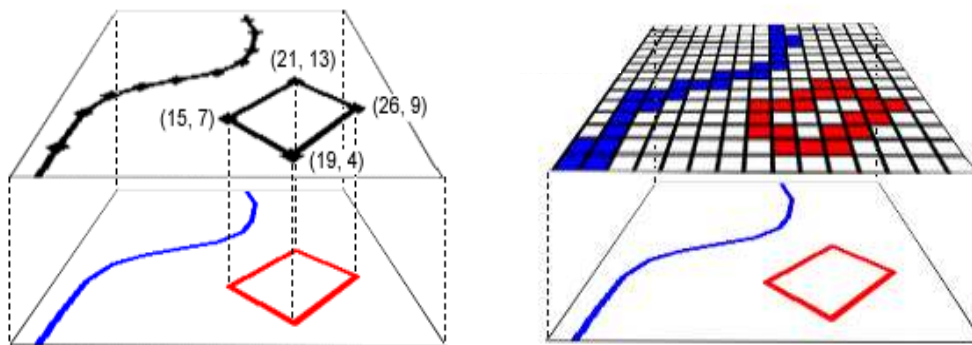
Η δεύτερη κύρια μορφή αναπαράστασης είναι γνωστή ως ψηφιδωτή (raster). Στα ψηφιδωτά συστήματα, η γραφική αναπαράσταση των στοιχείων και των ιδιοτήτων που έχουν ενοποιείται σε μοναδικά αρχεία δεδομένων. Στην πραγματικότητα, συνήθως δεν ορίζουμε καν στοιχεία. Αντίθετα, η περιοχή της μελέτης χωρίζεται σε ένα πλέγμα από κελιά στα οποία αποθηκεύουμε την κατάσταση ή την ιδιότητα της επιφάνειας της γης σε κάθε σημείο (Σχήμα 3.3). Κάθε κελί λαμβάνει μια αριθμητική τιμή η οποία μπορεί να αποδίδει είτε τον δείκτη αναγνώρισης του στοιχείου, έναν κωδικό ποιοτικής ιδιότητας ή μια τιμή ποσοτικής ιδιότητας. Για παράδειγμα, ένα κελί μπορεί να έχει την τιμή '6' για να δείξει ότι ανήκει στην Περιοχή 6 (δείκτης στοιχείου), ή ότι καλύπτεται από έδαφος τύπου 6 (ποιοτική ιδιότητα), ή ότι είναι 6 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (ποσοτική ιδιότητα).

Παρόλο που τα δεδομένα που αποθηκεύουμε σε αυτά τα κελιά πλέγματος δεν αναφέρονται απαραίτητα σε φαινόμενα που μπορούμε να δούμε στο περιβάλλον, τα ίδια τα πλέγματα δεδομένων μπορούν να θεωρηθούν ως εικόνες ή *στρώματα*, το καθένα εκ των οποίων αποδίδει έναν τύπο πληροφοριών στην περιοχή μελέτης. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να γίνουν ορατές με τη χρήση ενός ψηφιδωτού συστήματος προβολής. Ένα τέτοιο σύστημα, όπως η οθόνη του υπολογιστή σας, είναι ουσιαστικά ένα πλέγμα από μικρά κελιά τα οποία ονομάζονται *πίξελ*. Η λέξη *πίξελ* (pixel) προκύπτει από τον αγγλικό όρο *picture element*. Τα *πίξελ* (εικονοστοιχεία) μπορούν να αλλάζουν χρώμα, φωτεινότητα και αντίθεση. Για την δημιουργία μιας εικόνας, οι τιμές κελιών στο πλέγμα δεδομένων χρησιμοποιούνται για να ορίσουν άμεσα την γραφική εμφάνιση των αντίστοιχων

πίξελ. Δηλαδή σε ένα ψηφιδωτό σύστημα, τα δεδομένα ελέγχουν άμεσα την ορατή μορφή που βλέπουμε.

3.3.3 Ψηφιδωτά ή Διανυσματικά;

Τα ψηφιδωτά συστήματα συνήθως απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων (αν και υπάρχουν πολύ καλές τεχνικές συμπίεσης) καθώς πρέπει να καταχωρούν δεδομένα για κάθε θέση κελιού άσχετα με το αν το κελί περιέχει πληροφορίες που μας ενδιαφέρουν ή όχι. Όμως, το πλεονέκτημα τους είναι ότι ο γεωγραφικός χώρος ορίζεται ομοιογενώς κατά τρόπο απλό και προβλέψιμο. Ως αποτέλεσμα, τα ψηφιδωτά συστήματα έχουν σημαντικά περισσότερη αναλυτική ισχύ σε σχέση με τα αντίστοιχα διανυσματικά συστήματα για την ανάλυση συνεχούς χώρου και επομένως είναι πιο κατάλληλα για την μελέτη φαινομένων που αλλάζουν συνεχώς στο χώρο όπως το ανάγλυφο, η βιομάζα της βλάστησης, η βροχόπτωση και άλλα παρόμοια. Το δεύτερο πλεονέκτημα των ψηφιδωτών είναι ότι η δομή τους ταιριάζει καλύτερα σε αυτή των ψηφιακών υπολογιστών. Ως αποτέλεσμα, τα ψηφιδωτά συστήματα τείνουν να είναι πολύ γρήγορα στην εκτίμηση των προβλημάτων που περιλαμβάνουν διάφορους μαθηματικούς συνδυασμούς των δεδομένων σε πολλαπλά στρώματα. Επομένως είναι πολύ καλά για την εκτίμηση περιβαλλοντικών μοντέλων όπως το δυναμικό διάβρωσης του εδάφους και την καταλληλότητα διαχείρισης δασών. Επίσης, καθώς οι δορυφορικές εικόνες έχουν ψηφιδωτή μορφή, τα περισσότερα ψηφιδωτά συστήματα μπορούν εύκολα να διαχειριστούν αυτά τα δεδομένα, ενώ κάποια από αυτά παρέχουν και πλήρεις δυνατότητες επεξεργασίας εικόνας.



Σχήμα 3.3: Αναπαράσταση χάρτη διανυσματικά (αριστερά) και ψηφιδωτά (δεξιά).

Ενώ τα ψηφιδωτά συστήματα είναι ισχυρά στην ανάλυση, τα διανυσματικά συστήματα είναι πιο ισχυρά στη διαχείριση βάσης δεδομένων. Τα διανυσματικά συστήματα είναι πολύ αποτελεσματικά στην αποθήκευση των χαρτογραφικών δεδομένων καθώς αποθηκεύουν μόνο τα όρια των στοιχείων και όχι ότι βρίσκεται μέσα και έξω από αυτά. Επειδή η γραφική αναπαράσταση των στοιχείων είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη βάση περιγραφικών δεδομένων, τα διανυσματικά συστήματα επιτρέπουν συνήθως την χρήση του ποντικιού στην οθόνη για την ανάγνωση των ιδιοτήτων που σχετίζονται με ένα προβαλλόμενο στοιχείο, όπως η απόσταση μεταξύ σημείων ή κατά μήκος γραμμών, τα εμβαδά των περιοχών που

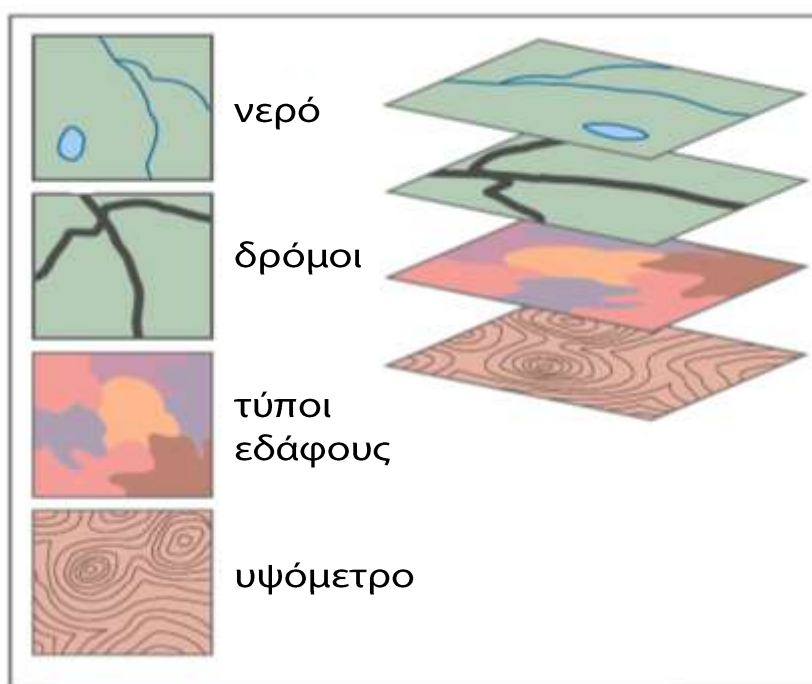
ορίζονται στην οθόνη, κλπ. Επίσης, μπορούν να δημιουργούν απλούς θεματικούς χάρτες από ερωτήματα βάσης δεδομένων.

Συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα ψηφιδωτά συστήματα, τα διανυσματικά δεν έχουν την εκτενή γκάμα δυνατοτήτων για ανάλυση σε συνεχή χώρο. Διακρίνονται, όμως, σε προβλήματα που αφορούν κίνηση σε δίκτυο και μπορούν να εκτελέσουν τις πιο βασικές λειτουργίες ΓΣΠ τις οποίες θα εξετάσουμε στη συνέχεια. Για πολλούς, είναι οι απλές λειτουργίες διαχείρισης βάσης δεδομένων και οι άριστες δυνατότητες χαρτογράφησης που καθιστούν τα διανυσματικά συστήματα ελκυστικά. Εξαιτίας της πολύ στενής σχέσης στη λογική της διανυσματικής αναπαράστασης με την συμβατική παραγωγή χαρτών, τα διανυσματικά συστήματα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χαρτών που δύσκολα μπορεί να ξεχωρίσει κανείς από αυτούς που κατασκευάζονται με συμβατικά μέσα. Ως αποτέλεσμα, τα διανυσματικά συστήματα είναι πολύ δημοφιλή σε εφαρμογές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας όπου τα ζητήματα παραγωγής μηχανολογικών χαρτών και διαχείρισης βάσης δεδομένων κυριαρχούν.

3.4 Στοιχεία Βάσεων Γεωγραφικών Δεδομένων

3.4.1 Οργάνωση

Ανεξάρτητα με το αν χρησιμοποιούμε ψηφιδωτή ή διανυσματική λογική για την χωρική αναπαράσταση, αρχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε ότι μια γεωγραφική βάση δεδομένων – μια πλήρης βάση δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή – οργανώνεται κατά τρόπο παρόμοιο με μια συλλογή χαρτών (Σχήμα 3.4). Τα διανυσματικά συστήματα είναι πιο κοντά στη λογική αυτή. Παρόλα αυτά διαφέρουν από τους χάρτες κατά δύο τρόπους. Πρώτο, κάθε ένα θα περιέχει τυπικά πληροφορίες για έναν μόνο τύπο στοιχείων, και δεύτερο, μπορούν να περιέχουν μια ολόκληρη σειρά από ιδιότητες που αφορούν στα στοιχεία αυτά.



Σχήμα 3.4: Οργάνωση γεωγραφικών δεδομένων σε στρώματα.

Τα ψηφιδωτά συστήματα χρησιμοποιούν επίσης αυτή τη λογική των χαρτών, αλλά συνήθως διαιρούν τα δεδομένα σε απομονωμένα στρώματα. Κάθε στρώμα περιέχει όλα τα δεδομένα για μια μοναδική ιδιότητα. Μερικά από τα ψηφιδωτά συστήματα μπορούν να συνδέσουν ένα στρώμα δείκτη στοιχείου με πίνακες ιδιοτήτων. Πιο συχνά, υπάρχουν ξεχωριστά στρώματα για κάθε ιδιότητα και δημιουργούνται προβολές στην οθόνη ή εκτυπώσεις χαρτών από αυτά, είτε μεμονωμένα ή σε συνδυασμό.

Παρόλο που έχουν κάποιες διαφορές, σε κάθε περίπτωση οι επικαλύψεις των ψηφιδωτών στρωμάτων και των διανυσματικών μπορούν να θεωρηθούν ως παραλλαγές της ίδιας ιδέας – της οργάνωσης της βάσης δεδομένων σε στοιχειώδη θέματα σαν τους χάρτες. Τα στρώματα και οι επικαλύψεις, όμως, διαφέρουν από τους παραδοσιακούς τυπωμένους χάρτες κατά έναν πολύ σημαντικό τρόπο. Όταν τα χαρτογραφικά δεδομένα κωδικοποιούνται σε ψηφιακή μορφή (ψηφιοποιούνται), οι διαφορές κλίμακας εξαφανίζονται. Τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν να προβληθούν και να τυπωθούν σε οποιαδήποτε κλίμακα. Πιο σημαντικά, τα στρώματα ψηφιακών δεδομένων, που δημιουργήθηκαν από τυπωμένους χάρτες διαφορετικής κλίμακας αλλά καλύπτουν την ίδια περιοχή, μπορούν να συνδυαστούν.

Επίσης, πολλά πακέτα ΓΣΠ, παρέχουν λειτουργίες για την αλλαγή της προβολής και του συστήματος αναφοράς στα ψηφιακά στρώματα. Αυτό επιτρέπει σε πολλά στρώματα που ψηφιοποιήθηκαν από χάρτες με διαφορετικό προβολικό σύστημα και σύστημα αναφοράς να μετατραπούν σε ένα ενιαίο σύστημα.

Με δεδομένη τη δυνατότητα διαχείρισης διαφορών στην κλίμακα, την προβολή και το σύστημα αναφοράς, τα στρώματα μπορούν να ενωθούν με ευκολία, εξαφανίζοντας το πρόβλημα που δυσχέραινε συνήθως τις δραστηριότητες σχεδιασμού με τυπωμένους χάρτες. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το ζήτημα της ανάλυσης των πληροφοριών στα στρώματα δεδομένων παραμένει. Παρόλο που στοιχεία ψηφιοποιημένα από έναν μεγάλο χάρτη του κόσμου μπορούν να συνδυαστούν σε ένα ΓΣΠ με στοιχεία ψηφιοποιημένα από έναν τοπικό χάρτη μεγάλης κλίμακας, αυτό δεν θα πρέπει να συμβαίνει κανονικά.

Η κλίμακα του χάρτη που χρησιμοποιείται έχει άμεση σχέση με τη λεπτομέρεια και την ακρίβεια απεικόνισης των διαφόρων γραφικών στοιχείων που είναι σχεδιασμένα σε αυτόν. Ως κλίμακα ενός χάρτη ορίζεται η σταθερή σχέση που υπάρχει μεταξύ των γραμμών του σχεδίου και των ομολόγων με αυτές γραμμών του εδάφους, δηλαδή ο λόγος ομοιότητας ανάμεσα στην εικόνα και το εικονιζόμενο.

Η κλίμακα παριστάνεται με ένα κλάσμα που έχει αριθμητή τη μονάδα (1) και παρονομαστή έναν αριθμό, συνήθως πολλαπλάσιο ή δύναμη του 10 (για χώρες που έχουν ως μονάδα μήκους το μέτρο (m)), πχ. 1:5000. Μια κλίμακα γίνεται τόσο μικρότερη, όσο αυξάνεται ο παρονομαστής του κλάσματος και τόσο μεγαλύτερη, όσο αυτός μειώνεται. Αυτό που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα κατά τη χρησιμοποίηση ενός χάρτινου χάρτη σε ένα ΓΣΠ είναι το γεγονός ότι η κλίμακα του αρχικού χάρτη καθορίζει κατά απόλυτο τρόπο την ακρίβεια κάθε παραγώγου χαρτογραφικού προϊόντος.

Η δημιουργία χαρτών μικρότερων κλιμάκων από αυτήν του χάρτινου χάρτη μπορεί να είναι επιτρεπτή, γιατί με τη σμίκρυνση γίνεται γενίκευση των λεπτομερειών. Η δημιουργία χαρτών μεγαλύτερων κλιμάκων αφενός μεν αυξάνει τα σφάλματα του αρχικού χάρτη και αφετέρου δεν βελτιώνει τη λεπτομέρεια

απεικόνιση, καθώς ο χάρτης σε μεγαλύτερες κλίμακες υστερεί σημαντικά σε λεπτομέρεια απεικόνισης. Έτσι, ένας χάρτης κλίμακας 1:5000 που προήλθε από δεδομένα ψηφιοποίησης χάρτη κλίμακας 1:20.000 απεικονίζει την έκταση που περιέχει σε μεγαλύτερο μέγεθος, αλλά με λεπτομέρεια και ακρίβεια που δεν παύει να είναι εκείνη της κλίμακας 1:20.000.

3.4.2 Γεωαναφορά

Όλα τα χωρικά δεδομένα σε ένα ΓΣΠ είναι γεωαναφερόμενα. Η γεωαναφορά αναφέρεται στη θέση ενός στρώματος στο χώρο όπως αυτή ορίζεται από ένα γνωστό σύστημα αναφοράς συντεταγμένων. Στις ψηφιδωτές εικόνες, μια συνηθισμένη μορφή γεωαναφοράς είναι να επιλέξει κανείς το σύστημα αναφοράς (πχ γεωγραφικό μήκος/πλάτος), τις μονάδες αναφοράς (πχ μοίρες) και τις θέσεις συντεταγμένων της αριστερής, δεξιάς, πάνω και κάτω γωνίας της εικόνας. Το ίδιο ισχύει και για τα διανυσματικά αρχεία, παρόλο που εδώ οι γωνίες αφορούν ένα ορθογώνιο που περιβάλλει τα δεδομένα.

Η γεωαναφορά αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο θέσεις στο χάρτη σχετίζονται με θέσεις στην επιφάνεια της γης. Η γεωαναφορά απαιτεί πολλά στοιχεία:

- Μια λογική για την αναφορά σε θέσεις στην επιφάνεια της γης – ένα θέμα του πεδίου της Γεωδαισίας.
- Μια συγκεκριμένη εφαρμογή αυτής της λογικής, γνωστή και ως Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή Datum – ένα θέμα του πεδίου της Τοπογραφίας.
- Μια λογική για την αναφορά των θέσεων στις αντίστοιχες θέσεις γραφικών – ένα θέμα του πεδίου της Χαρτογραφίας.
- Μια εφαρμογή αυτής της λογικής, γνωστή και ως δομή δεδομένων – ένα θέμα του λογισμικού ΓΣΠ.

Οι χάρτες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ψηφιακού υποβάθρου στα ΓΣΠ μπορεί να αναφέρονται σε διαφορετικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς ή Datum και προβολικά συστήματα. Τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς ή Datum καθορίζουν το σχήμα και το μέγεθος της Γης. Η προβολή του σημείου πάνω στην επιφάνεια ορίζεται από τις συντεταγμένες του που αναφέρονται σε ένα καθορισμένο σύστημα αξόνων. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί εκατοντάδες διαφορετικά Datum για τη γήινη σφαίρα ή τοπικά σε διάφορα κράτη. Σήμερα τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς μπορεί να είναι από επίπεδες επιφάνειες για μικρής έκτασης τοπογραφικές εργασίες μέχρι σύνθετα συστήματα που καλύπτουν ολόκληρη τη Γη και περιγράφουν το μέγεθος και τη μορφή της.

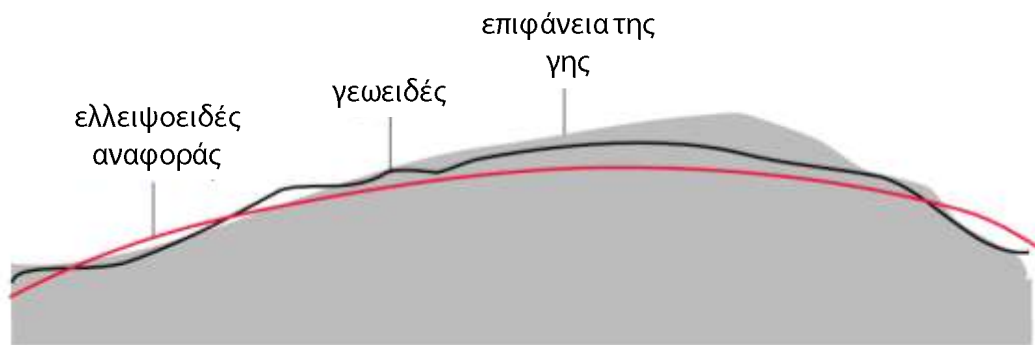
3.4.2.1 Το Γεωειδές

Εάν η Γη αποτελούνταν από ένα ομογενές υγρό που βρίσκεται σε ηρεμία, τότε η γήινη επιφάνεια θα είχε τη μορφή ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής γύρω από το μικρό του άξονα. Θεωρούμε τη μέση στάθμη της θάλασσας (ΜΣΘ) να προεκτείνεται κάτω από την ξηρά και να περικλείει ολόκληρη τη Γη. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται **γεωειδές** (Geoid) και είναι επιφάνεια πολύπλοκη, την οποία δεν μπορούμε να αναπαραστήσουμε με κάποιες απλές μαθηματικές εκφράσεις.

Για τον προσδιορισμό του γεωειδούς χρησιμοποιούνται γεωδαιτικές μετρήσεις, μετρήσεις GPS, μετρήσεις του πεδίου της γήινης βαρύτητας και αστρονομικές παρατηρήσεις. Η ΜΣΘ της θάλασσας δεν είναι μία σταθερή επιφάνεια, αλλά μεταβάλλεται υπό την επίδραση διαφόρων γεωδυναμικών και μη παραγόντων, προσδιορίζεται δε με μακροχρόνιες μετρήσεις με τη βοήθεια ειδικών οργάνων, των παλιρροιογράφων. Πάνω στο γεωειδές προβάλλονται κατά τη διεύθυνση της κατακόρυφου (νήμα της στάθμης, διεύθυνση της βαρύτητας) τα διάφορα σημεία που βρίσκονται πάνω στη φυσική επιφάνεια της Γης, ενώ η κατακόρυφη απόσταση ενός σημείου από αυτό αποτελεί το απόλυτο υψόμετρο του σημείου που ονομάζεται και ορθομετρικό υψόμετρο H .

3.4.2.2 Το Γήινο Ελλειψοειδές

Επειδή το γεωειδές δεν ανήκει σε καμιά από τις γνωστές μαθηματικές επιφάνειες, αντικαθίσταται για υπολογισμούς από ένα οριζόντιο επίπεδο (για περιορισμένα τμήματα της γήινης επιφάνειας), από τη γήινη σφαίρα (για μεγαλύτερα τμήματα της γήινης επιφάνειας, όταν το επιτρέπει η απαιτούμενη ακρίβεια) ή από ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής που είναι πεπλατυσμένο στους πόλους, έχει για κέντρο το κέντρο μάζας της Γης και άξονα περιστροφής που συμπίπτει περίπου με τον άξονα περιστροφής της Γης. Αυτό το ελλειψοειδές λέγεται **γήινο ελλειψοειδές**.



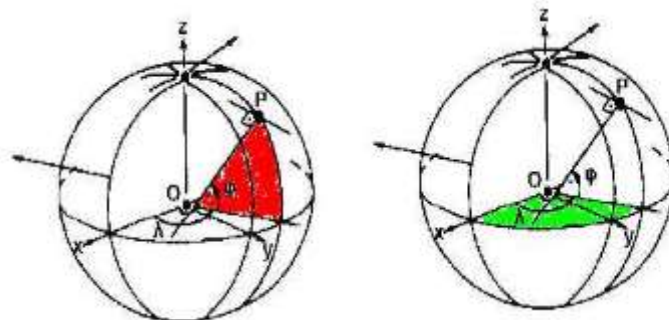
Σχήμα 3.5: Προσέγγιση του σχήματος της γήινης επιφάνειας με ελλειψοειδή.

Η θέση ενός σημείου πάνω στο γήινο ελλειψοειδές μπορεί να ορισθεί από τις καρτεσιανές συντεταγμένες του X, Y, Z ως προς ένα τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων $Oxyz$. Η θέση ενός σημείου μπορεί να προσδιορισθεί με τις **ελλειψοειδείς** ή **γεωδαιτικές συντεταγμένες** του που είναι το πλάτος φ και το μήκος λ . Το **πλάτος** φ ενός σημείου P πάνω στην επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς είναι η γωνία που σχηματίζεται, από την κάθετο στο γήινο ελλειψοειδές (στο σημείο P) με το ισημερινό επίπεδο. Το φ παίρνει τιμές από -90° (ή $90^\circ S$) στο Νότιο πόλο (South, S) ως $+90^\circ$ (ή $90^\circ N$) στο Βόρειο πόλο (North, N), με μηδέν στον ισημερινό.

Το **μήκος** λ ενός σημείου P πάνω στην επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται από το μηδενικό μεσημβρινό επίπεδο και το αντίστοιχο μεσημβρινό επίπεδο που διέρχεται από το P . Οι τιμές του λ μεταβάλλονται από 0° (στον μεσημβρινό αφετηρίας) ως 360° με φορά προς ανατολάς (East, E). Το λ μετράται και με φορά προς δυσμάς (West, W) $\lambda = +22^\circ$ (ή $22^\circ E$) και $\lambda = +338^\circ$ (ή $338^\circ E$ ή $22^\circ W$).

Η κάθετη απόσταση ενός σημείου της γήινης επιφάνειας από το ελλειψοειδές λέγεται **γεωμετρικό υψόμετρο** h και δεν μπορούμε να το

μετρήσουμε άμεσα. Συνδέεται όμως με το ορθομετρικό υψόμετρο του σημείου ως προς το γεωειδές σύμφωνα με τη σχέση: $h = H + N$ όπου με N συμβολίζονται οι αποχές του γεωειδούς από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς. Οι αποχές αυτές ονομάζονται και υψόμετρα του γεωειδούς.



Σχήμα 3.6: Γεωγραφικό πλάτος (φ) και γεωγραφικό μήκος (λ).

Με διάφορες μετρήσεις τελική επιδίωξη είναι ο υπολογισμός ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής τέτοιου, ώστε οι αποκλίσεις του γεωειδούς από αυτό να γίνονται ελάχιστες για την ιδιαίτερη περιοχή. Έτσι χρησιμοποιούνται τοπικά από διάφορες χώρες διαφορετικά ελλειψοειδή αναφοράς, αυτά που προσαρμόζονται καλύτερα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Κάθε τοπικά καλύτερα προσαρμοζόμενο ελλειψοειδές αποτελεί μέρος του αντίστοιχου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς (DATUM). Ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ορίζεται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής με όλα τα μαθηματικά στοιχεία που το ορίζουν.
- Ένα γνωστό σημείο το οποίο καλείται αφετηρία του συστήματος αναφοράς ή θεμελιώδες ή βασικό σημείο του συστήματος αναφοράς.
- Τις συνιστώσες της απόκλισης της κατακόρυφου και το υψόμετρο του γεωειδούς (ξ , η , N) στο θεμελιώδες σημείο του συστήματος αναφοράς.
- Τη συνθήκη ότι ο μικρός άξονας του ελλειψοειδούς είναι παράλληλος με τον άξονα περιστροφής της Γης.
- Ένα κατάλληλο προβολικό σύστημα.
- Τις συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων του κρατικού δικτύου με τα αντίστοιχα ορθομετρικά υψόμετρα.

3.4.2.3 Προβολικά Συστήματα

Τα προβολικά συστήματα χρησιμοποιούνται για να απεικονίζουν ή να προβάλλουν σημεία που ανήκουν σε μία επιφάνεια αναφοράς πάνω σε μία άλλη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό τα γεωμετρικά ή φυσικά χαρακτηριστικά της πρώτης επιφάνειας μεταφέρονται μέσω μιας αμφιμονοσήμαντης αντιστοιχίας πάνω στη δεύτερη. Όταν η πρώτη επιφάνεια είναι το ελλειψοειδές αναφοράς, τότε η προβολή πάνω σε ένα επίπεδο παράγει ένα χάρτη που ονομάζεται **γεωδαιτικός**. Όταν η πρώτη επιφάνεια είναι η σφαιρική Γη, τότε παράγεται ένας χάρτης που λέγεται **γεωγραφικός**.

Η χρήση διαφορετικών προβολικών συστημάτων μπορεί να προκαλέσει παραμορφώσεις στο χάρτη. Σε περίπτωση που το πρωτότυπο διαθέσιμο χαρτογραφικό υλικό αποτελείται από χάρτες διαφορετικών γεωδαιτικών ή/και

προβολικών συστημάτων, τότε είναι απαραίτητο, αφού επιλεγεί το σύστημα αναφοράς του ΓΣΠ, να γίνουν μετασχηματισμοί όλων των χαρτογραφικών δεδομένων που δεν αναφέρονται σε αυτό έτσι, ώστε το τελικό ψηφιακό υπόβαθρο του ΓΣΠ να είναι ενιαίο. Κάθε μετασχηματισμός συντεταγμένων, ανάλογα και με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται, εισάγει ένα σφάλμα στο τελικό αποτέλεσμα, το οποίο θα πρέπει να συνεκτιμηθεί κατά τα επόμενα στάδια της εργασίας.

3.4.2.4 Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς και Προβολικά Συστήματα που Χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται σήμερα διάφορα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς σε συνδυασμό με διάφορα προβολικά συστήματα. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια:

- το (παλιό) Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή (παλιό) Ελληνικό Datum (GRD).
- το Ευρωπαϊκό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ED 50).
- το Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή Νέο Ελληνικό DATUM (δεν χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα).

Τα τελευταία χρόνια υπολογίστηκε το Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87) συμβατό με τα παγκόσμια γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς WGS 84 και BTS.

Το **Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς** του 1987 (ΕΓΣΑ 87) χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS 80 και τοποθετήθηκε με παράλληλη μετάθεση ως προς το Παγκόσμιο Σύστημα BTS 87 έτσι, ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές που καλύπτει τον ηπειρωτικό χώρο της Ελλάδος. Ως προβολικό σύστημα εδώ χρησιμοποιείται η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή σε μια ζώνη με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda = 24^\circ$, συντελεστή κλίμακας κατά μήκος του κεντρικού μεσημβρινού ίσο με 0.9996 και προσθετική σταθερά 500.000 m στις τετμημένες.

Το ΕΓΣΑ 87 ορίσθηκε με βάση τα πλέον πρόσφατα γεωδαιτικά στοιχεία και παρέχει ένα ενιαίο και μοναδικό σύστημα συντεταγμένων για όλο τον ελλαδικό χώρο. Παρέχει δυνατότητα ενιαίας αναλυτικής έκφρασης των κάθε είδους πληροφοριών που σχετίζονται με το χώρο για όλη την Ελλάδα, χωρίς μετασχηματισμούς. Δίνει τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης GPS, αφού είναι απόλυτα συμβατό με το Παγκόσμιο Σύστημα WGS 84 που χρησιμοποιείται από το GPS. Έχει την ίδια κλίμακα και προσανατολισμό με το Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς ITRF, το Ευρωπαϊκό EUREF και το σύστημα WGS 84 του GPS. Χρησιμοποιείται για όλες τις νέες γεωδαιτικές εργασίες που γίνονται στην Ελλάδα.

3.4.3 Γεωκωδικοποίηση

Είναι ο εντοπισμός της θέσης ενός αντικειμένου στα περιγραφικά δεδομένα χρησιμοποιώντας κάποια ιδιότητα τους. Εντοπίζει τη θέση ενός ακινήτου από τη γραμμή σύνδεσης πάνω (ή δίπλα) στην οποία βρίσκεται και την απόσταση από τον κόμβο αρχής της γραμμής. Η μέθοδος αυτή είναι περισσότερο αποτελεσματική από τη χρήση συντεταγμένων X, Y. Λύνει το πρόβλημα της αύξησης των γραμμών σύνδεσης και των αντίστοιχων κόμβων. Οι συντεταγμένες κάποιου σημείου υπολογίζονται από το ΓΣΠ, αν χρειάζεται.

3.5 Ανάλυση στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η οργάνωση της βάσης δεδομένων σε στρώματα δεν γίνεται μόνο για λόγους οργανωτικής τάξης. Κυρίως γίνεται για να επιτρέψει την γρήγορη πρόσβαση στα διάφορα δεδομένα που απαιτούνται για γεωγραφική ανάλυση. Αυτός είναι φυσικά και ο λόγος ύπαρξης των ΓΣΠ – να παρέχουν ένα μέσο για γεωγραφική ανάλυση. Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά των ΓΣΠ μπορούν να εξεταστούν κατά δύο τρόπους. Πρώτα, μπορεί κανείς να δει τα εργαλεία που διαθέτει ένα ΓΣΠ. Μετά, μπορεί να εξετάσει τις διάφορες λειτουργίες που επιτρέπει ένα ΓΣΠ. Ανεξάρτητα από το αν χρησιμοποιούμε ένα ψηφιδωτό ή διανυσματικό σύστημα, θα διαπιστώσουμε ότι τα εργαλεία μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις βασικές ομάδες ενώ οι λειτουργίες σε τρεις τις οποίες θα εξετάσουμε παρακάτω.

3.5.1 Αναλυτικά Εργαλεία

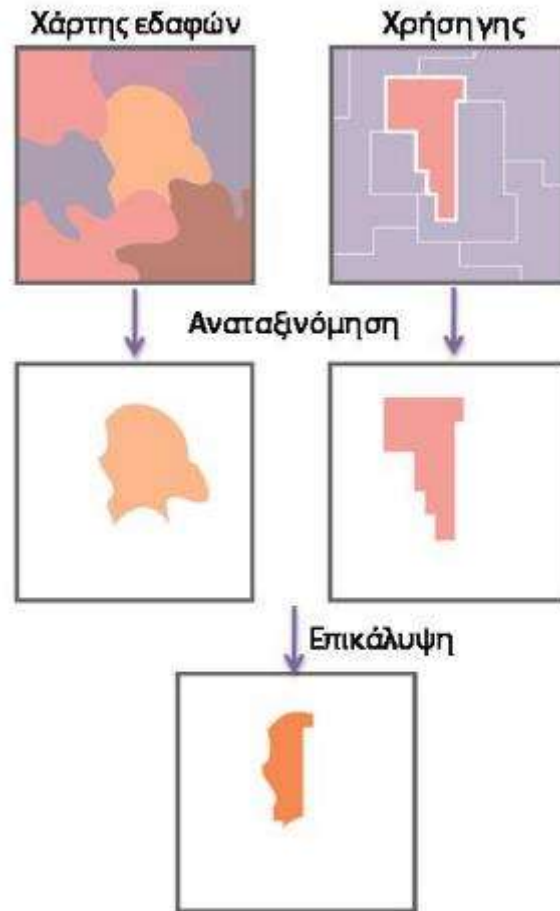
Ερωτήματα Βάσης Δεδομένων

Τα πιο βασικά εργαλεία που παρέχουν τα ΓΣΠ είναι αυτά που αφορούν τα ερωτήματα προς τη βάση δεδομένων. Τα ερωτήματα αυτά απλά εξετάζουν τις ήδη αποθηκευμένες πληροφορίες. Σε μερικές περιπτώσεις, ρωτάμε κατά θέση – *τι χρήση γης γίνεται σε αυτή τη θέση; Σε άλλες περιπτώσεις, ρωτάμε κατά ιδιότητα – ποιες περιοχές έχουν υψηλές εκπομπές αερίων; Μερικές φορές κάνουμε απλά ερωτήματα όπως αυτά που αναφέραμε, και άλλες φορές ρωτάμε με πιο πολύπλοκους συνδυασμούς συνθηκών – δείξε μου όλους τους υδροβιότοπους που είναι μεγαλύτερη από 1 στρέμμα και είναι δίπλα σε βιομηχανικές περιοχές.*

Στα περισσότερα συστήματα, αυτές οι λειτουργίες ερωτημάτων γίνονται σε δύο βήματα. Το πρώτο βήμα, που ονομάζεται *αναταξινόμηση*, δημιουργείται ένα νέο στρώμα για την κάθε ξεχωριστή συνθήκη που μας ενδιαφέρει. Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε ένα ερώτημα στο οποίο θέλουμε να βρούμε κατοικημένες περιοχές πάνω σε πέτρωμα που σχετίζεται με υψηλά επίπεδα αερίων. Το πρώτο βήμα θα ήταν να δημιουργήσουμε ένα στρώμα των κατοικημένων περιοχών αναταξινομώντας όλους τους κωδικούς χρήσης γης σε μόνο δύο – με κωδικό 1 εάν πρόκειται για κατοικημένη περιοχή και 0 αν όχι. Το στρώμα αυτό είναι γνωστό και ως στρώμα *Boolean* καθώς δείχνει μόνο τις περιοχές που ικανοποιούν την συνθήκη. Τα στρώματα *Boolean* είναι γνωστά και ως λογικά στρώματα καθώς δείχνουν μόνο σχέσεις του τύπου αλήθεια / ψέματα. Επίσης αποκαλούνται και *δυαδικά* στρώματα καθώς περιέχουν μόνο μηδενικά και άσους. Εδώ θα τα αποκαλούμε στρώματα *Boolean*.

Εφόσον δημιουργηθεί το στρώμα των κατοικημένων περιοχών, αναταξινομούμε και ένα γεωλογικό στρώμα για τη δημιουργία ενός στρώματος *Boolean* που να δείχνει το πέτρωμα που σχετίζεται με υψηλά επίπεδα εκπομπών αερίων. Στο σημείο αυτό μπορούμε να συνδυάσουμε τις δύο συνθήκες με μια λειτουργία επικάλυψης. Όπως έχουμε πει, ένα ΓΣΠ που έχει τη δυνατότητα να συνδυάσει συνθήκες μπορεί να περιλαμβάνει στοιχεία από διαφορετικές γεωγραφίες. Συνήθως, μια λειτουργία επικάλυψης σε ένα ΓΣΠ θα επιτρέψει την παραγωγή νέων στρωμάτων με βάση κάποιο λογικό ή μαθηματικό συνδυασμό δύο ή περισσότερων στρωμάτων εισόδου. Στην περίπτωση του ερωτήματος προς τη βάση δεδομένων, οι βασικές λογικές λειτουργίες είναι οι τελεστές ΚΑΙ και Ή, γνωστοί και ως λειτουργίες ΤΟΜΗΣ και ΕΝΩΣΗΣ. Εδώ εξετάζουμε τις περιπτώσεις

της κατοικημένης γης ΚΑΙ υψηλών επιπέδων αερίων – η λογική τομή των δύο στρωμάτων Boolean.



Σχήμα 3.7: Δημιουργία νέου στρώματος με αναταξινόμηση και επικάλυψη.

Άλγεβρα Χάρτη

Η δεύτερη ομάδα εργαλείων που συνήθως περιλαμβάνει ένα ΓΣΠ αφορά τον μαθηματικό συνδυασμό στρωμάτων χάρτη. Ιδιαίτερα η μοντελοποίηση απαιτεί την δυνατότητα συνδυασμού στρωμάτων σύμφωνα με διάφορες μαθηματικές εξισώσεις. Για παράδειγμα, μπορεί να έχουμε μια εξίσωση που υπολογίζει την μέση ετήσια θερμοκρασία ως αποτέλεσμα του υψομέτρου. Ένα άλλο παράδειγμα μπορεί να είναι η κατασκευή ενός χάρτη δυναμικού διάβρωσης εδάφους με βάση παράγοντες διαβρωσιμότητας εδάφους, κλίσης εδάφους και έντασης βροχοπτώσεων. Προφανώς, χρειαζόμαστε τη δυνατότητα τροποποίησης των τιμών των δεδομένων στα στρώματα του χάρτη μας με διάφορες μαθηματικές λειτουργίες και μετασχηματισμούς και τη δυνατότητα συνδυασμού παραγόντων μαθηματικά για την παραγωγή του τελικού αποτελέσματος. Τα εργαλεία Άλγεβρας Χάρτη περιλαμβάνουν τρεις διαφορετικούς τύπους λειτουργιών:

1. τη δυνατότητα μαθηματικής τροποποίησης των τιμών των περιγραφικών δεδομένων με μια σταθερά,

2. τη δυνατότητα μαθηματικού μετασχηματισμού των τιμών των περιγραφικών δεδομένων με μια βασική λειτουργία (όπως οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις, οι λογαριθμικοί μετασχηματισμοί, κλπ),
3. τη δυνατότητα μαθηματικού συνδυασμού (πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση, κλπ) διαφορετικών στρωμάτων δεδομένων για την παραγωγή ενός σύνθετου αποτελέσματος.

Η τρίτη λειτουργία είναι απλά μια ακόμα μορφή επικάλυψης – μαθηματικής επικάλυψης, αντί της λογικής επικάλυψης των ερωτημάτων βάσεων δεδομένων. Ως παράδειγμα, ας εξετάσουμε ένα μοντέλο για το πώς λιώνουν οι πάγοι σε μια πυκνή δασική έκταση:

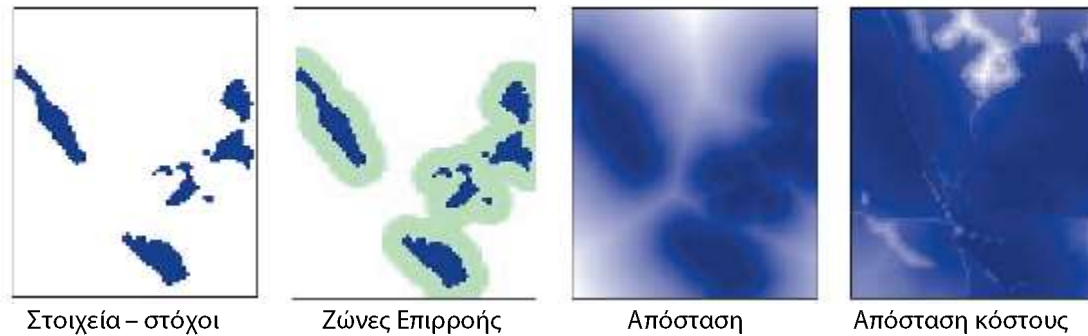
$$M = (0,19T + 0,17D)$$

όπου M είναι ο ρυθμός του λιώσιματος σε εκατοστά ανά ημέρα, T είναι η θερμοκρασία του αέρα και D είναι η θερμοκρασία υπό σκιά. Δοσμένων των στρωμάτων για τις θερμοκρασίες αέρα και υπό σκιά για μια περιοχή αυτού του τύπου, μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε έναν χάρτη ρυθμού του λιώσιματος. Για να το πετύχουμε, πολλαπλασιάζουμε το στρώμα θερμοκρασίας του αέρα επί 0,19, του στρώματος θερμοκρασίας υπό σκιά επί 0,17 και στη συνέχεια με επικάλυψη προσθέτουμε τα δύο αποτελέσματα. Παρόλο που είναι απλό στην σκέψη, η δυνατότητα για την αντιμετώπιση των στρωμάτων ως μεταβλητές σε μαθηματικές εξισώσεις είναι μια πολύ ισχυρή δυνατότητα.

Τελεστές Απόστασης

Το τρίτο εργαλείο που παρέχουν τα ΓΣΠ είναι οι Τελεστές Απόστασης. Όπως δηλώνει και η ονομασία τους, είναι μια ομάδα από τεχνικές όπου η απόσταση παίζει βασικό ρόλο στην ανάλυση που γίνεται. Πρακτικά όλα τα συστήματα παρέχουν εργαλεία για την κατασκευή ζωνών επιρροής – περιοχές εντός μιας καθορισμένης απόστασης από καθορισμένα στοιχεία. Μερικά συστήματα μπορούν επίσης να εκτιμήσουν την απόσταση όλων των σημείων από το κοντινότερο στοιχείο μιας ομάδας καθορισμένων στοιχείων, ενώ άλλα μπορούν ακόμα να συμπεριλάβουν φαινόμενα τριβής και φραγμούς στους υπολογισμούς αποστάσεων (Σχήμα 3.7).

Όταν συμπεριλαμβάνονται φαινόμενα τριβής, η απόσταση που υπολογίζεται αναφέρεται συχνά και ως *απόσταση κόστους*. Η ονομασία αυτή χρησιμοποιείται γιατί η κίνηση στο χώρο θεωρείται ότι γίνεται με κόστος, χρηματικό, χρονικό ή δυναμικό. Οι τριβές αυξάνουν αυτά τα κόστη. Όταν τα κόστη της κίνησης από ένα ή περισσότερα σημεία εκτιμώνται για μια ολόκληρη περιοχή, συχνά αναφερόμαστε στο αποτέλεσμα ως *επιφάνεια κόστους* (Σχήμα 3.8). Στην περίπτωση αυτή, περιοχές χαμηλού κόστους (ίσως κοντά στο σημείο αρχής) μπορούν να προβάλλονται ως κοιλάδες και περιοχές υψηλού κόστους ως λόφοι. Μια επιφάνεια κόστους έχει τα χαμηλότερα σημεία της στα σημεία αρχής και τα υψηλότερα σημεία της σε θέσεις μακριά από αυτά.



Σχήμα 3.8: Χάρτες που δημιουργήθηκαν με χρήση τελεστών απόστασης.

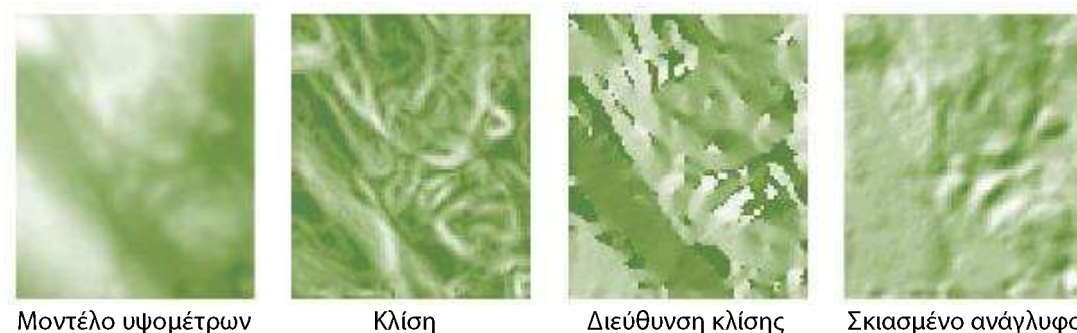
Μπορούν να υπάρξουν περιπτώσεις όπου οι τριβές δεν επηρεάζουν το κόστος της κίνησης κατά τον ίδιο τρόπο προς όλες τις διευθύνσεις. Με άλλα λόγια, λειτουργούν ανισοτροπικά. Για παράδειγμα, το να ανεβαίνεις μια απότομη πλαγιά μπορεί να κοστίζει περισσότερο από το να κατεβαίνεις την ίδια πλαγιά. Έτσι η διεύθυνση της κίνησης στη τριβή είναι σημαντική και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αναπτύσσουμε την επιφάνεια κόστους.

Δεδομένης της ιδέας μιας επιφάνειας κόστους, τα ΓΣΠ μπορούν επίσης να παρέχουν την *ανάλυση διαδρομής χαμηλότερου κόστους* – άλλη μία σημαντική λειτουργία απόστασης. Όπως φαίνεται από την ονομασία της, μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε τη διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος μεταξύ δύο σημείων. Η επιφάνεια κόστους μας παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την εκτίμηση αυτή.

Ανεξάρτητα από το πώς υπολογίζεται η απόσταση, με ευθεία γραμμή ή με κόστος, ένα άλλο εργαλείο που παρέχουν τα ΓΣΠ είναι η *κατανομή*. Με την κατανομή, αντιστοιχούμε σημεία στο πλησιέστερο σημείο μιας ομάδας καθορισμένων στοιχείων. Για παράδειγμα, μπορούμε να καθορίσουμε μια ομάδα από κέντρα υγείας και στη συνέχεια να κατανέμουμε τους κατοίκους στο πλησιέστερο κέντρο, όπου το πλησιέστερο μπορεί να σημαίνει την γραμμική απόσταση, ή μια απόσταση κόστους όπως ο χρόνος ταξιδιού.

Θεματικοί Τελεστές

Τέλος, τα περισσότερα ΓΣΠ παρέχουν μια σειρά από Θεματικούς Τελεστές (γνωστούς και ως τελεστές γειτνίασης ή τοπικούς τελεστές). Με τους τελεστές αυτούς, μπορούμε να δημιουργήσουμε νέα στρώματα σύμφωνα με τις πληροφορίες από έναν υπάρχοντα χάρτη και το θέμα του. Ένα από τα πιο απλά παραδείγματα είναι η *ανάλυση επιφάνειας* όπου χρησιμοποιούμε ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων για την δημιουργία ενός στρώματος κλίσης εξετάζοντας τα υψόμετρα σημείων σε σύγκριση με τα υψόμετρα γειτονικών σημείων. Ομοίως, μπορεί να εκτιμηθεί η διεύθυνση της μέγιστης κλίσης. Μπορούμε επίσης να τοποθετήσουμε μια τεχνητή πηγή φωτός και να υπολογίσουμε ένα μοντέλο σκιασμένου ανάγλυφου. Τα προϊόντα αυτά θεματικών τελεστών και το μοντέλο υψομέτρων από το οποίο δημιουργήθηκαν δίνονται στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.9: Μοντέλο υψομέτρων και παράγωγα θεματικών τελεστών.

Ένα δεύτερο καλό παράδειγμα θεματικού τελεστή είναι ένα *ψηφιακό φίλτρο*. Τα ψηφιακά φίλτρα λειτουργούν μεταβάλλοντας τις τιμές σύμφωνα με τον χαρακτήρα των γειτονικών τιμών. Για παράδειγμα, μια επιφάνεια υψομέτρων ανάγλυφου μπορεί να ομαλοποιηθεί αντικαθιστώντας τις τιμές με τους μέσους όρους των αρχικών υψομέτρων και των γειτονικών τους. Τα ψηφιακά φίλτρα έχουν πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών στα ΓΣΠ και την τηλεπισκόπηση, από την αφαίρεση του θορύβου έως την οπτική βελτίωση των εικόνων.

3.5.2 Αναλυτικές Λειτουργίες

Με βάση αυτά τα βασικά εργαλεία, μπορούν να εκτελεστούν μια μεγάλη γκάμα αναλυτικών λειτουργιών. Οι λειτουργίες αυτές μπορούν να ανήκουν σε μια από τις τρεις βασικές ομάδες: Ερώτημα Βάσης Δεδομένων, Χαρτογράφηση Παραγώγων, και Μοντελοποίηση Διαδικασίας.

Ερώτημα Βάσης Δεδομένων

Με τα ερωτήματα βάσεων δεδομένων, απλά επιλέγουμε διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών για εξέταση. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε είναι κυρίως εργαλεία ερωτημάτων αλλά μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν διάφορες διαδικασίες μέτρησης και στατιστικής ανάλυσης. Μια από τις σημαντικότερες ενέργειες στα ερωτήματα αυτά είναι η ανίχνευση σχημάτων. Συνήθως ψάχνουμε για χωρικά σχήματα στα δεδομένα τα οποία μπορούν να μας οδηγήσουν σε υποθέσεις για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών.

Χαρτογράφηση Παραγώγων

Με την χαρτογράφηση παραγώγων, συνδυάζουμε επιλεγμένα τμήματα της βάσης δεδομένων για την δημιουργία νέων στρωμάτων. Για παράδειγμα, μπορούμε να πάρουμε τα δεδομένα υψομέτρου για να παράγουμε κλίσεις πρανών, και στη συνέχεια τα δεδομένα κλίσεις πρανών να τα συνδυάσουμε με πληροφορίες τύπου εδάφους και βροχόπτωσης για να δημιουργήσουμε ένα νέο χάρτη δυναμικού διάβρωσης εδάφους. Αυτός ο νέος χάρτης προστίθεται στην αναπτυσσόμενη βάση δεδομένων μας.

Πως γίνεται να δημιουργούμε νέα δεδομένα από παλιά; Σε αντίθεση με τα ερωτήματα βάσης όπου απλά εξάγαμε πληροφορίες που υπήρχαν ήδη στη βάση δεδομένων, με τη χαρτογράφηση παραγώγων παίρνουμε υπάρχουσες πληροφορίες και τις προσθέτουμε κάτι καινούργιο – *τη γνώση των σχέσεων* μεταξύ στοιχείων της βάσης δεδομένων. Μπορούμε να δημιουργήσουμε το χάρτη δυναμικού διάβρωσης χρησιμοποιώντας τα σχετικά στρώματα μόνο εάν γνωρίζουμε τη σχέση μεταξύ αυτών των παραγόντων και του νέου χάρτη που

δημιουργούμε. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτές οι σχέσεις θα ορίζονται σε λογικούς όρους και θα χρησιμοποιούμε τα εργαλεία ερωτημάτων βάσης. Σε άλλες περιπτώσεις, όμως, αυτές οι σχέσεις ορίζονται μαθηματικά και θα χρησιμοποιούμε τα εργαλεία άλγεβρας χάρτη. Σε κάθε περίπτωση, οι σχέσεις που διαμορφώνουν το μοντέλο πρέπει να είναι γνωστές.

Σε μερικές περιπτώσεις, τα μοντέλα σχέσεων μπορούν να δημιουργηθούν σε λογική ή θεωρητική βάση. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητο οι σχέσεις να καθορίζονται εμπειρικά. Η παλινδρόμηση, για παράδειγμα, είναι μια πολύ συνηθισμένη μέθοδος κατά την οποία οι εμπειρικές δοκιμές χρησιμοποιούνται για να αναπτύξουμε μια μαθηματική σχέση μεταξύ μεταβλητών.

Μοντελοποίηση Διαδικασίας

Τα ερωτήματα βάσης δεδομένων και η χαρτογράφηση παραγώγων αποτελούν τον κυριότερο όγκο των αναλύσεων ΓΣΠ. Όμως, υπάρχει και μια τρίτη περιοχή εφαρμογών με μεγάλο δυναμικό – η μοντελοποίηση ή προσομοίωση διαδικασιών. Με την μοντελοποίηση, φέρνουμε κάτι καινούργιο και πάλι στη βάση δεδομένων – τη γνώση για μια διαδικασία. Με τον όρο διαδικασία αναφερόμαστε σε μια μη τυχαία σειρά με την οποία λαμβάνουν χώρα ορισμένα γεγονότα. Για παράδειγμα, ένα απλό μοντέλο ικανοποίησης της ζήτησης για ξυλεία θέρμανσης μπορεί να είναι το εξής:

1. Πάρε όλη την ξυλεία που χρειάζεσαι από την τρέχουσα θέση σου.
2. Εάν η ζήτηση σου ικανοποιήθηκε ή έχεις ταξιδέψει περισσότερο από 10 χιλιόμετρα από το σπίτι σου, πήγαινε στο βήμα 4.
3. Εάν η ζήτηση σου δεν ικανοποιήθηκε, προχώρα σε μια άμεσα γειτονική θέση την οποία δεν έχεις ήδη επισκεφτεί και επανέλαβε το βήμα 1.
4. Σταμάτα.

Η μοντελοποίηση διαδικασίας είναι μια πολύ συναρπαστική πιθανότητα για τα ΓΣΠ. Βασίζεται στην ιδέα ότι στο ΓΣΠ, η βάση δεδομένων μας δεν αναπαριστά απλά το περιβάλλον, αλλά αποτελεί ένα περιβάλλον! Είναι ένα πλήρες περιβάλλον, με τη δυνατότητα να μετρηθεί, να τροποποιηθεί και να υποβληθεί σε γεωγραφικές και χρονικές διαδικασίες. Η βάση μας λειτουργεί ως ένα εργαστήριο για την έρευνα διαδικασιών σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον. Παραδοσιακά, στην επιστήμη, θα έπρεπε να αφαιρέσουμε την πολυπλοκότητα για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε τις διαδικασίες μεμονωμένα. Ήταν μια αποτελεσματική στρατηγική και έχουμε μάθει πολλά από αυτήν. Όμως, τεχνολογίες όπως τα ΓΣΠ μας προσφέρουν εργαλεία για την επανένωση αυτών των απλών αντιλήψεων ώστε να κατανοήσουμε και να εκτιμήσουμε το πώς λειτουργούν σε πλήρη πολυπλοκότητα σε ένα πραγματικό περιβάλλον. Συχνά ακόμα και οι πιο απλές αντιλήψεις μπορούν να δώσουν πολύπλοκα σχήματα όταν τους επιτρέπεται να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον.

Μια διαφορετική διαδικασία, αυτή της λήψης αποφάσεων, μπορεί επίσης να υποστηριχτεί και με ορισμένους τρόπους να μοντελοποιηθεί με τη χρήση ΓΣΠ. Η τεχνολογία ΓΣΠ γίνεται ολοένα και πιο σημαντική ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων. Πράγματι, ακόμα και τα αποτελέσματα των πιο απλών ερωτημάτων προς τη βάση δεδομένων μπορεί να αποδειχτούν πολύτιμη εισαγωγή προς το άτομο που λαμβάνει αποφάσεις. Όμως, η πιο σύνθετη διαδικασία της λήψης αποφάσεων, στην οποία τα άτομα που παίρνουν τις αποφάσεις συχνά σκέφτονται σε όρους πολλαπλών κριτηρίων, ελαστικών ορίων και επιπέδων αποδεκτού ρίσκου, μπορεί επίσης να μοντελοποιηθεί χρησιμοποιώντας ΓΣΠ.

Παρόλη την προφανή ελκυστικότητα της, η μοντελοποίηση διαδικασιών, τόσο στις περιβαλλοντικές διαδικασίες όσο και στη λήψη αποφάσεων, είναι ακόμα μια σχετικά σπάνια δραστηριότητα στα ΓΣΠ. Ο λόγος είναι αρκετά απλός. Ενώ παρέχονται ολοένα και περισσότερα εργαλεία στα ΓΣΠ, δεν είναι σπάνια η περίπτωση όπου η διαδικασία που μας ενδιαφέρει απαιτεί δυνατότητες τις οποίες δεν διαθέτει το σύστημα μας. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η ανάπτυξη ενός νέου τμήματος λογισμικού. Πολλά συστήματα δεν έχουν τη δυνατότητα να συμπεριλάβουν στο περιβάλλον λειτουργίας τους ρουτίνες που αναπτύσσουν οι χρήστες. Υπάρχουν βέβαια και συστήματα στο εμπόριο (με σχετικά υψηλότερο κόστος) τα οποία διαπρέπουν στον τομέα αυτό και βασίζονται στις δυνατότητες επέκτασης των λειτουργιών τους σε κάποια διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού όπως Visual Basic, Java, Perl, Tcl κλπ.

3.5.3 Χωρική Ανάλυση

Στα ΓΣΠ, συχνά θέλουμε να συνδυάσουμε πληροφορίες από πολλαπλά στρώματα στις διάφορες αναλύσεις. Εάν γνωρίζουμε μόνο τις τιμές σε επιλεγμένα σημεία και οι θέσεις αυτών δεν ταυτίζονται μεταξύ των στρωμάτων, τότε δεν είναι δυνατές οι αναλύσεις αυτές. Ακόμα και αν τα σημεία ταυτίζονται, συχνά χρειάζεται να περιγράψουμε μια διαδικασία σε όλες τις θέσεις εντός της υπό μελέτη περιοχής, και όχι μόνο σε επιλεγμένα σημεία. Επιπλέον, χρειαζόμαστε συνεχείς και πλήρεις επιφάνειες καθώς πολλές διαδικασίες που μοντελοποιούνται στα ΓΣΠ δρουν συνεχόμενα πάνω σε μια επιφάνεια, με την τιμή τους σε μια θέση να εξαρτάται από γειτονικές τιμές.

Οποιοδήποτε στρώμα ΓΣΠ, διανυσματικό ή ψηφιδωτό, το οποίο περιγράφει όλες τις πιθανές θέσεις σε μια περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να ονομαστεί συνεχής επιφάνεια. Όμως, στην ανάλυση επιφανειών, μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα εκείνες οι επιφάνειες των οποίων οι ιδιότητες είναι ποσοτικές και μεταβάλλονται με συνέχεια στο χώρο. Για παράδειγμα, ένα ψηφιδωτό Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (Digital Elevation Model - DEM), είναι μια τέτοια επιφάνεια. Άλλα τέτοια παραδείγματα επιφανειών μπορεί να περιγράφουν δείκτες βλάστησης, πυκνότητα πληθυσμού, ή τη θερμοκρασία. Σε αυτούς τους τύπους των επιφανειών, κάθε ψηφίδα μπορεί να έχει διαφορετική τιμή από τις γειτονικές της.

Παράλληλα, ένας χάρτης κάλυψης εδάφους δεν μπορεί να θεωρηθεί συνεχής επιφάνεια με βάση τον παραπάνω ορισμό. Οι τιμές του είναι ποιοτικές, και επίσης δεν μεταβάλλονται με συνέχεια σε όλο το χάρτη. Ένα άλλο παράδειγμα εικόνας που δεν ταιριάζει στο συγκεκριμένο ορισμό επιφάνειας θα ήταν μια εικόνα του πληθυσμού όπου οι τιμές πληθυσμού αποδίδονται ομοιόμορφα σε διακριτούς επιφανειακούς τομείς. Στην περίπτωση αυτή, τα δεδομένα είναι ποσοτικά, αλλά δεν μεταβάλλονται με συνέχεια στο χώρο. Ουσιαστικά η μεταβολή τους πραγματοποιείται μόνο στα όρια των τομέων.

Κανένα στρώμα επιφάνειας ΓΣΠ δεν μπορεί να αποδώσει την πραγματικότητα σε κάθε κλίμακα. Έτσι ο όρος μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά στις συνεχείς επιφάνειες. Η χρήση αυτού του όρου αποδίδει τη διάκριση μεταξύ της επιφάνειας όπως αυτή αποδίδεται ψηφιακά και της πραγματικής επιφάνειας που περιγράφει. Δείχνει επίσης ότι μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο. Η επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από

πολλούς παράγοντες, όπως η εφαρμογή, η απαιτούμενη ακρίβεια, και η διαθεσιμότητα των δεδομένων.

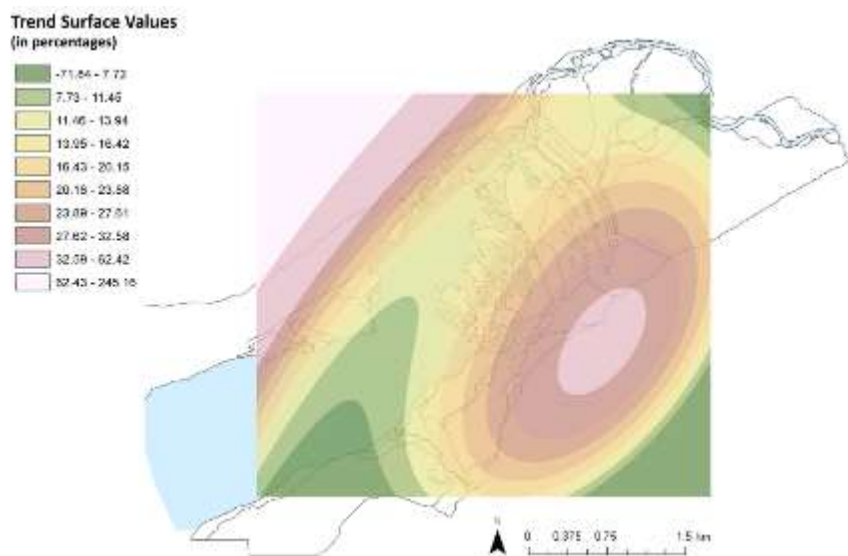
Υπό κανονικές συνθήκες είναι αδύνατο να μετρηθεί η τιμή μιας ιδιότητας για κάθε ψηφίδα μιας εικόνας – με εξαίρεση τις δορυφορικές εικόνες, οι οποίες μετρούν την μέση αντανάκλαση για κάθε ψηφίδα. Συχνότερα, απαιτείται να γεμίσει κανείς τα κενά μεταξύ σημείων δειγματοληψίας για τη δημιουργία μιας πλήρους επιφάνειας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **παρεμβολή**.

Οι τεχνικές παρεμβολής μπορούν να χωριστούν σε γενικές και τοπικές. Μια γενική μέθοδος παρεμβολής δημιουργεί ένα επιφανειακό μοντέλο εξετάζοντας όλα τα δεδομένα σημεία μαζί. Η παραγόμενη επιφάνεια δίνει μια βέλτιστη προσαρμογή σε ολόκληρη την ομάδα δεδομένων, αλλά μπορεί να δίνει πολύ κακή προσαρμογή σε συγκεκριμένες θέσεις. Μια τοπική μέθοδος παρεμβολής, από την άλλη, υπολογίζει νέες τιμές σε άγνωστες ψηφίδες χρησιμοποιώντας τιμές από γνωστές ψηφίδες που βρίσκονται κοντά. Το ποιος είναι κοντά μπορεί να ορίζεται με διάφορους τρόπους. Σε μερικές περιπτώσεις επιτρέπεται στο χρήστη να καθορίσει το πόσο μεγάλη είναι η περιοχή ή πόσα από τα κοντινά σημεία δεδομένων θα πρέπει να εξεταστούν για την λήψη της τιμής παρεμβολής.

Οι τεχνικές παρεμβολής διαχωρίζονται επίσης σε *ακριβείς* και *μη-ακριβείς*. Μια ακριβής μέθοδος παρεμβολής κρατάει πάντα τις αρχικές τιμές στις θέσεις των δεδομένων σημείων στην παραγόμενη επιφάνεια, ενώ μία μη-ακριβής μέθοδος μπορεί να αποδίδει νέες τιμές στα γνωστά σημεία δεδομένων.

3.5.3.1 Ανάλυση Επιφανειών Τάσεων

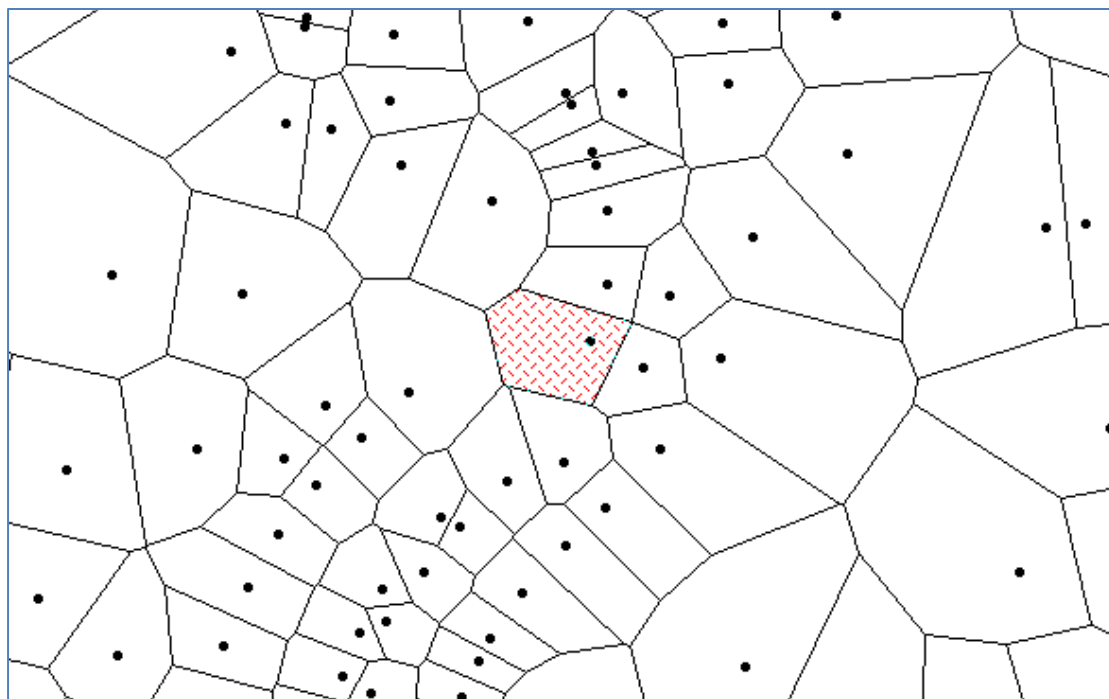
Οι επιφάνειες τάσεων χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διερεύνηση της ύπαρξης χωρικών τάσεων στα δεδομένα, παρά για τη δημιουργία ενός επιφανειακού μοντέλου το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για άλλες αναλύσεις. Οι επιφάνειες τάσεων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν και να απομακρύνουν γενικές τάσεις από τα δεδομένα ώστε να γίνουν καλύτερα κατανοητές οι πιο τοπικές επιρροές. Επειδή η παραγόμενη επιφάνεια είναι ένα ιδανικό μαθηματικό μοντέλο, είναι ιδιαίτερα εξομαλυσμένη και ελεύθερη τοπικών λεπτομερειών.



Σχήμα 3.10: Παράδειγμα επιφανειας τάσης.

3.5.3.2 Διαγράμματα Thiessen / Voronoi

Ο όρος διάγραμμα χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή ως η διαίρεση μιας περιοχής σε τμήματα ή κυψέλες. Με ένα διάγραμμα Thiessen, η υπό εξέταση περιοχή διαιρείται σε τμήματα γύρω από τα δεδομένα σημεία ώστε κάθε ψηφίδα να ανήκει στο κοντινότερο σημείο δεδομένων και να λαμβάνει την τιμή του. Επειδή παράγει μια τμηματική και όχι συνεχόμενη επιφάνεια, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σπάνια για την κατασκευή ενός επιφανειακού μοντέλου. Πιο συχνά χρησιμοποιείται για την αναγνώριση ζωνών επιρροής για μια ομάδα δεδομένων σημείων.



Σχήμα 3.11: Παράδειγμα διαγράμματος Voronoi – σειρά κυψελών κατασκευασμένη γύρω από δεδομένα σημεία.

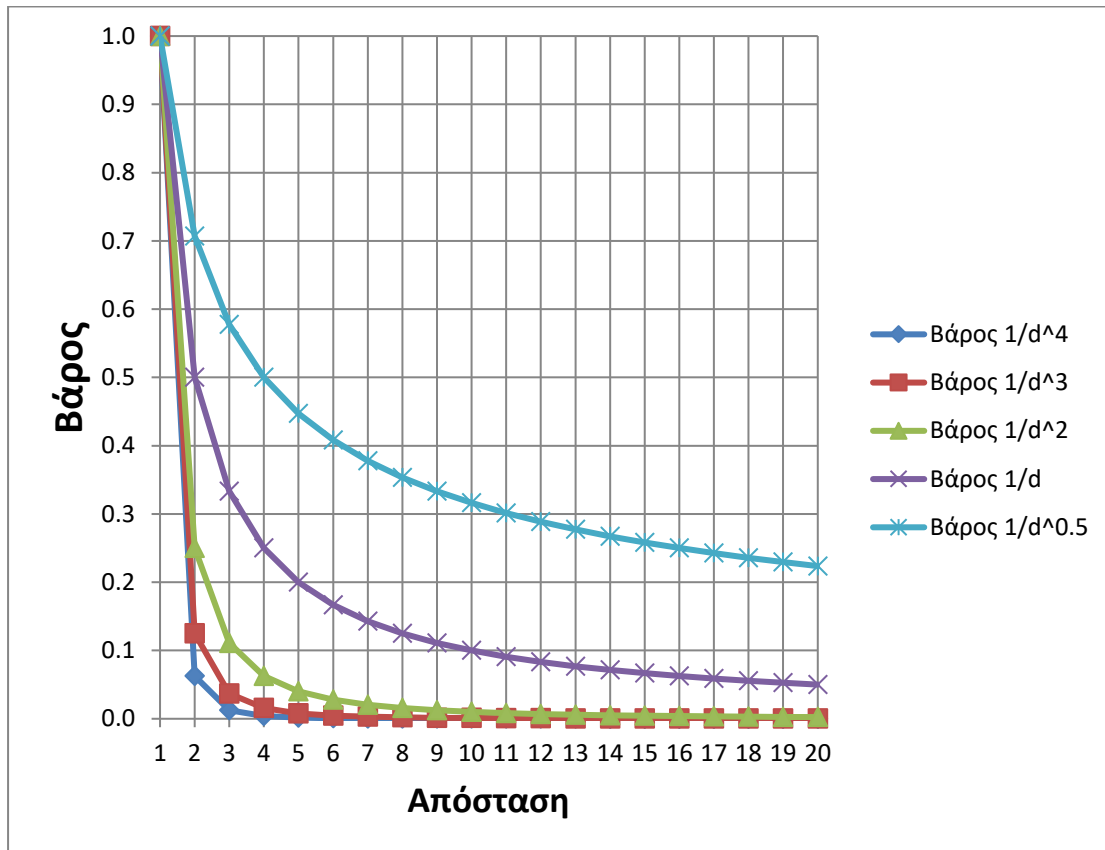
3.5.3.3 Μέθοδος Ζύγισης με Απόσταση

Η μέθοδος ζύγισης με απόσταση (ή αντιστρόφου αποστάσεως) διατηρεί τις αρχικές τιμές των δεδομένων και είναι, επομένως ακριβής μέθοδος παρεμβολής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γενικός ή τοπικός εκτιμητής. Στη γενική περίπτωση, όλα τα σημεία δεδομένων χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό των νέων τιμών κατά την παρεμβολή. Στην τοπική περίπτωση, συνήθως χρησιμοποιούνται μόνο 4-8 δείγματα που είναι κοντινότερα στην ψηφίδα που υπολογίζεται για την παρεμβολή της τιμής της. Η τοπική εκτίμηση συνιστάται περισσότερο, εκτός και αν τα δεδομένα είναι ιδιαίτερα ομοιογενή και απαιτείται μια ιδιαίτερα εξομαλυσμένη επιφάνεια.

Στην τοπική περίπτωση, ορίζεται ένας κύκλος (ή μια έλλειψη στην περίπτωση ανισοτροπικής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου φαινομένου) μέσω μιας ακτίνας ανίχνευσης γύρω από κάθε ψηφίδα που θα υπολογιστεί. Η ακτίνα ανίχνευσης μπορεί να οριστεί με διάφορα κριτήρια, για παράδειγμα, με βάση το πόσα δείγματα προκύπτουν εντός του κύκλου.

Άσχετα από την εφαρμογή της γενικής ή τοπικής περίπτωσης, θα πρέπει να οριστεί ο τρόπος μεταβολής της επιρροής των δειγμάτων με την απόσταση από το

άγνωστο σημείο. Η γενική ιδέα είναι ότι η τιμή μιας υπολογιζόμενης ψηφίδας θα πρέπει να είναι πιο κοντά σε αυτήν του κοντινότερου σημείου δεδομένων, ελαφρώς λιγότερο κοντά σε αυτήν του επόμενου κοντινότερου, κτλ. Πιο συχνά χρησιμοποιείται η συνάρτηση της αντιστρόφου αποστάσεως στο τετράγωνο ($1/d^2$, όπου d είναι η απόσταση). Το παρακάτω σχήμα δείχνει πως μεταβάλλεται η επιρροή (ή το βάρος) των δειγμάτων με την απόσταση για διαφορετικούς εκθέτες.



Σχήμα 3.12: Διαφοροποίηση συντελεστή βάρους δείγματος με βάση την απόσταση για διαφορετικές τιμές εκθέτη.

Για την παρεμβολή της κάθε ψηφίδας, καθορίζεται η απόσταση προς κάθε δεδομένο σημείο που χρησιμοποιείται και υπολογίζεται το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης. Η τιμή του κάθε δείγματος πολλαπλασιάζεται με τον κάθε όρο αντιστρόφου αποστάσεως και τα αποτελέσματα αθροίζονται. Στη συνέχεια διαιρείται το άθροισμα αυτό με το άθροισμα όλων των όρων αντιστρόφου αποστάσεων και προκύπτει η τελική τιμή της παρεμβολής.

Η χρήση μεγαλύτερου εκθέτη οδηγεί στην αύξηση της επιρροής των κοντινότερων δειγμάτων ενώ η χρήση μικρότερου εκθέτη οδηγεί στην εξίσωση της επιρροής των δειγμάτων διαφορετικών αποστάσεων (Σχήμα 3.12).

Η μέθοδος αντιστρόφου αποστάσεως παράγει μια ομαλή επιφάνεια της οποίας η μέγιστη και ελάχιστη τιμή ταυτίζεται με κάποια δείγματα. Σε περιοχές μακριά από δείγματα, όπου οι τιμές της επιφάνειας προκύπτουν με παρέκταση, η επιφάνεια τείνει προς τον τοπικό μέσο όρο, όπως αυτό καθορίζεται από την ακτίνα ανίχνευσης. Η κατανομή των δειγμάτων επηρεάζει σημαντικά την χρησιμότητα αυτής της μεθόδου. Λειτουργεί καλύτερα όταν τα δείγματα είναι πολλά και σχετικά ομοιόμορφα κατανομημένα.

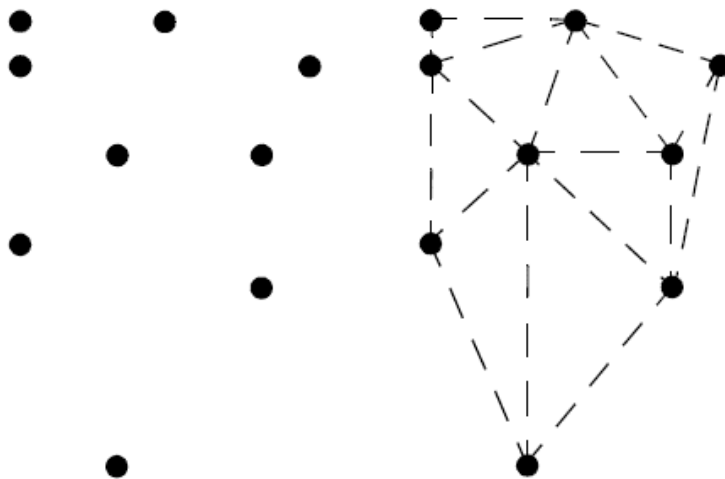
3.5.3.4 Τριγωνισμοί

Τα ακανόνιστα τριγωνικά δίκτυα (Triangulated Irregular Networks - TIN) αποτελούν την πιο συχνά εφαρμοζόμενη δομή για τη μοντελοποίηση συνεχών επιφανειών χρησιμοποιώντας ένα διανυσματικό μοντέλο δεδομένων. Είναι επίσης πολύ σημαντικά στα ψηφιδωτά συστήματα καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ψηφιδωτών επιφανειακών μοντέλων, όπως τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (DEM). Με τον τριγωνισμό, τα δεδομένα σημεία με γνωστές τιμές μιας ιδιότητας (π.χ. το υψόμετρο) χρησιμοποιούνται ως κορυφές μιας ομάδας τριγώνων. Το αποτέλεσμα είναι ένα δίκτυο τριγώνων που καλύπτει όλη την περιοχή εντός του εξωτερικού ορίου των δεδομένων σημείων (γνωστού και ως κυρτό σύνολο). Το Σχήμα 3.13 δείχνει έναν τριγωνισμό από μια ομάδα σημείων δεδομένων.

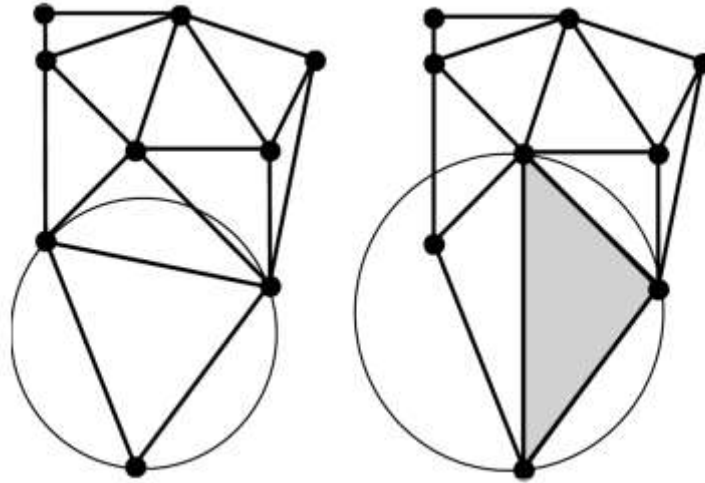
Υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι κατασκευής τριγωνισμού. Η διαδικασία τριγωνισμού Delaunay είναι η πιο συχνά εφαρμοζόμενη στην μοντελοποίηση TIN. Ένας τριγωνισμός Delaunay ορίζεται μια τρία κριτήρια:

1. Ο κύκλος που περνάει από τα σημεία δεδομένων στις τρεις κορυφές οποιουδήποτε τριγώνου δεν περιέχει κανένα άλλο σημείο δεδομένων,
2. δεν υπάρχει επικάλυψη μεταξύ τριγώνων, και
3. δεν υπάρχουν κενά στην τριγωνισμένη επιφάνεια.

Το Σχήμα 3.14 δείχνει παραδείγματα τριγωνισμών κατά Delaunay και μη. Ένα φυσικό αποτέλεσμα της διαδικασίας τριγωνισμού Delaunay είναι ότι η ελάχιστη γωνία σε οποιοδήποτε τρίγωνο μεγιστοποιείται. Το πλήθος των τριγώνων N_t που συνιστούν ένα TIN Delaunay είναι $N_t = 2(N-1) - N_h$, και το πλήθος των πλευρών N_e είναι $N_e = 3(N-1) - N_h$, όπου N είναι το πλήθος των δεδομένων σημείων, και N_h είναι το πλήθος των δεδομένων σημείων μέσα στο κυρτό σύνολο.



Σχήμα 3.13: Μια ομάδα δεδομένων σημείων (αριστερά) και ένας τριγωνισμός αυτών των σημείων (δεξιά).



Σχήμα 3.14: Τριγωνισμός Delaunay (αριστερά) και τριγωνισμός που δεν είναι Delaunay (δεξιά). Το σκιασμένο τρίγωνο δεν ικανοποιεί το κριτήριο του άδειου κύκλου.

3.5.3.5 Kriging και Προσομοίωση

Συνεχείς επιφάνειες μπορούν να κατασκευαστούν επίσης από σημειακά δεδομένα χρησιμοποιώντας γεωστατιστικές τεχνικές. Όπως και στην περίπτωση της μεθόδου αντιστρόφου αποστάσεως, οι μέθοδοι kriging μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γενική ή τοπική παρεμβολή. Συνήθως, όμως, χρησιμοποιείται η τοπική περίπτωση. Το Kriging διατηρεί τις αρχικές τιμές των δειγμάτων και για το λόγο αυτό είναι ακριβής εκτιμητής. Η προσομοίωση δεν διατηρεί τις αρχικές τιμές των δειγμάτων και για το λόγο αυτό δεν είναι ακριβής εκτιμητής.

Η κύρια διαφορά των μεθόδων kriging και ενός απλού ζυγισμένου με την απόσταση μέσου όρου είναι ότι μας δίνουν μεγάλη ευελιξία στον ορισμό του μοντέλου που χρησιμοποιείται για την παρεμβολή για μια συγκεκριμένη ομάδα δεδομένων. Αυτά τα προσαρμοσμένα μοντέλα είναι πιο ικανά να λάβουν υπόψη τις μεταβολές στη χωρική εξάρτηση μέσα στην υπό μελέτη περιοχή. Η χωρική εξάρτηση είναι απλά η ιδέα ότι σημεία που βρίσκονται πιο κοντά μεταξύ τους έχουν πιο παρόμοιες τιμές από ότι σημεία που βρίσκονται πιο μακριά. Το Kriging αναγνωρίζει ότι αυτή η τάση ομοιότητα μεταξύ κοντινών σημείων δεν περιορίζεται σε μια σχέση Ευκλείδειας απόστασης και ότι μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικά σχήματα.

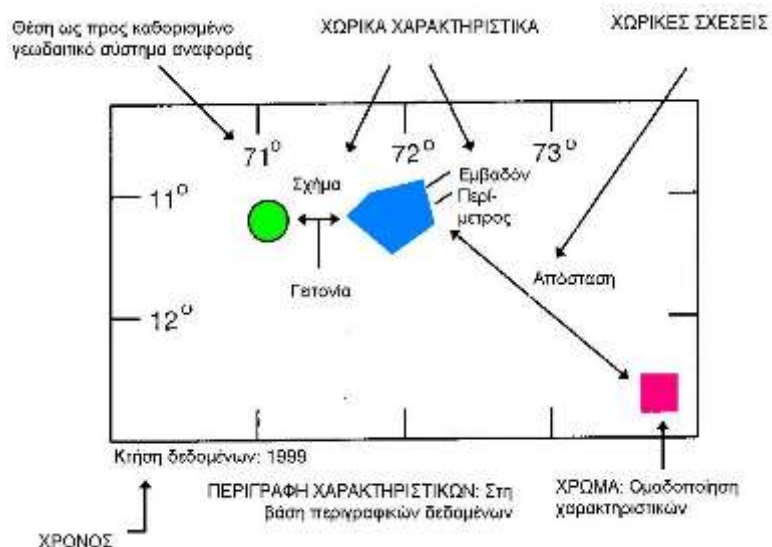
Η διαδικασία kriging παράγει, εκτός από την συνεχή επιφάνεια παρεμβολής, μια δεύτερη εικόνα διακύμανσης. Η εικόνα διακύμανσης παρέχει, για κάθε ψηφίδα, πληροφορίες σχετικά με το πόσο καλά η τιμή παρεμβολής ταιριάζει στο συνολικό μοντέλο που έχει οριστεί από το χρήστη. Η εικόνα διακύμανσης μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως διαγνωστικό εργαλείο για τη βελτίωση του μοντέλου. Ο στόχος είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου με ομοιόμορφη κατανομή διακύμανσης η οποία να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στο μηδέν.

Προσαρμόζοντας ένα ομαλό μοντέλο χωρικής μεταβλητότητας στα δεδομένα σημεία και ελαχιστοποιώντας το σφάλμα προσαρμογής στα δεδομένα σημεία, το kriging τείνει να υπερεκτιμά χαμηλές τιμές και να υποεκτιμά τις υψηλές τιμές. Το kriging ελαχιστοποιεί το σφάλμα που δημιουργείται από τις διαφορές στην προσαρμογή της χωρικής συνέχειας σε κάθε τοπική γειτονιά. Έτσι δημιουργεί μια ομαλή επιφάνεια. Η προσομοίωση, από την άλλη, συμπεριλαμβάνει την

μεταβλητότητα ανά ψηφίδα στην παρεμβολή και επομένως παράγει μια ανώμαλη επιφάνεια. Συνήθως δημιουργούνται και συνδυάζονται εκατοντάδες τέτοιες επιφάνειες για χρήση στη μοντελοποίηση διαδικασίας.

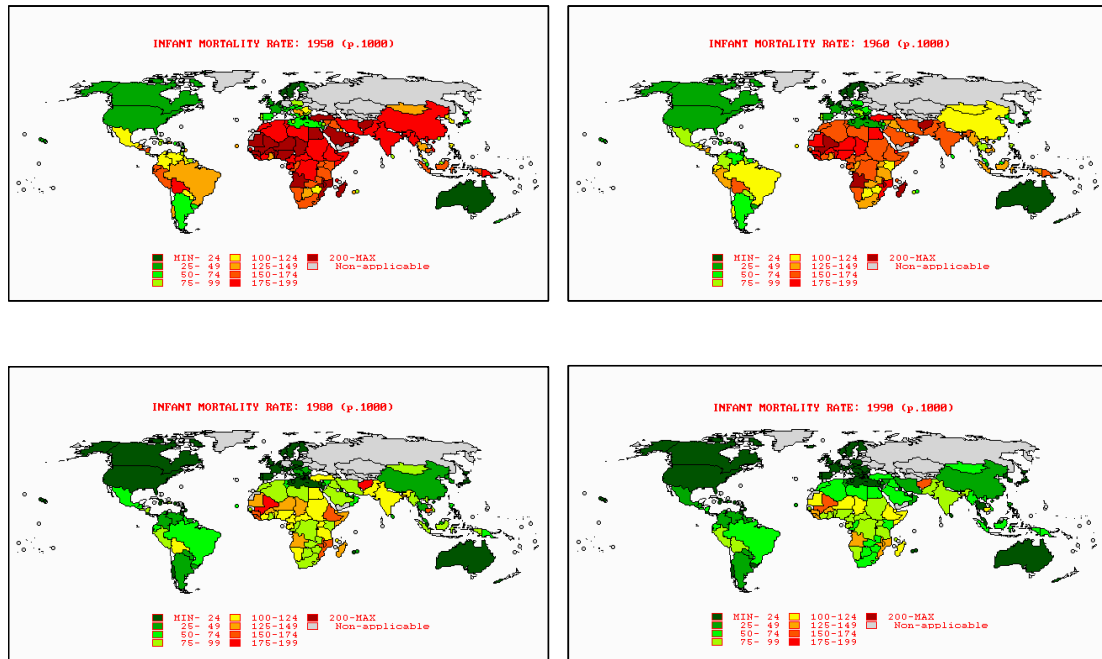
3.5.3.6 Χωρική ανάλυση με το διανυσματικό μοντέλο

Η χωρική ανάλυση στη διανυσματική μορφή δεδομένων είναι αρκετά διαφορετική από αυτή των γραφικών raster. Οι περισσότεροι χειρισμοί αφορούν τα γραφικά χωρικά αντικείμενα (σημεία, γραμμές, πολύγωνα), ενώ οι μετρήσεις και υπολογισμοί γίνονται από τις συντεταγμένες που ορίζουν τα αντικείμενα. Με το διανυσματικό μοντέλο έχουμε υψηλότερη ακρίβεια κάποιων χειρισμών, όπως ο υπολογισμός του εμβαδού και της περιμέτρου και η εύρεση συντομότερης διαδρομής μεταξύ δυο σημείων. Βασικές πληροφορίες χωρικής ανάλυσης είναι η θέση ενός σημείου με τον ακριβή προσδιορισμό των συντεταγμένων του, η απόσταση μεταξύ δύο αντικειμένων, το εμβαδόν και η περίμετρος. Επίσης αναφέρουμε εδώ τις χωρικές σχέσεις, τα χωρικά χαρακτηριστικά και το χρώμα.



Ο χρόνος ως παράγων ανάπτυξης των ΓΣΠ

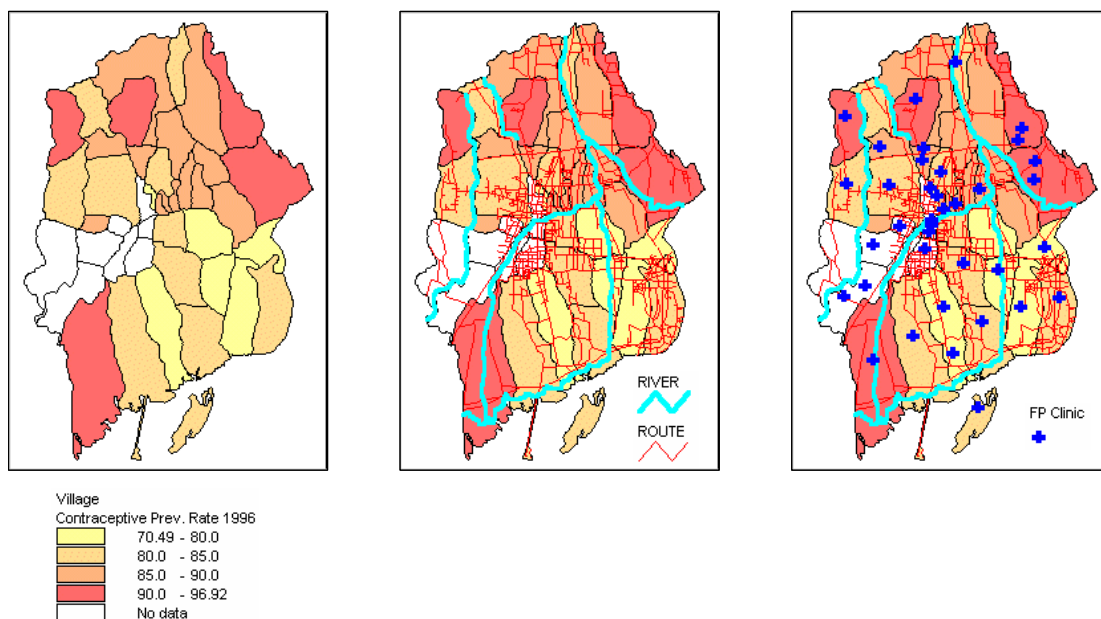
Η ημερομηνία καταγραφής δεδομένων είναι απόλυτα αναγκαία και σημαντική στις περιπτώσεις που μελετώνται μεταβολές ή τάσεις εξέλιξης και μεταβολής. Τα χωρικά δεδομένα είναι μεταβαλλόμενες δυναμικές οντότητες και όχι στατικές. Η θέση μιας σημειακής οντότητας /αντικειμένου σταδιακά μπορεί να μεταβληθεί λόγω αντίστοιχης μεταβολής των χαρακτηριστικών που αντιπροσωπεύει (πχ. σεισμικά επίκεντρα). Το σχήμα των πολυγώνων μεταβάλλεται με το χρόνο ως αποτέλεσμα της μεταβολής των φυσικών ή πολιτισμικών χαρακτηριστικών.



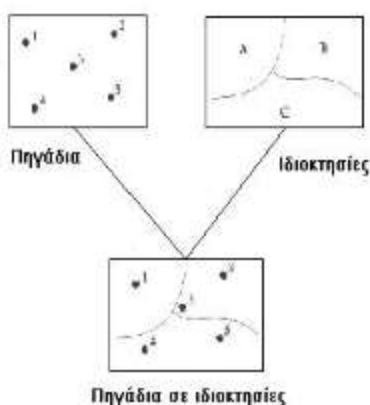
Τοπολογική επικάλυψη

Με την προϋπόθεση ότι έχουν γίνει στα δεδομένα οι απαραίτητες τοπολογικές διορθώσεις και παρεμβάσεις, μπορούν να γίνουν διάφορες τοπολογικές εργασίες. Μια από αυτές είναι η **τοπολογική επικάλυψη**. Σε αυτή την εργασία, μέσω του συστήματος, δύο ή περισσότερα (ψηφιακά) θεματικά επίπεδα ή χάρτες φέρονται σε επικάλυψη, όπως στο σύστημα των επάλληλων χαρτών. Το αποτέλεσμα της τοπολογικής επικάλυψης θα είναι μια νέα τοπολογία, αφού όμως στα αντικείμενα των επιπέδων της επικάλυψης γίνουν πρόσθετες τοπολογικές μεταβολές και διορθώσεις:

- Οι νέες τομές των ευθειών ή των πολυγώνων πρέπει να υπολογισθούν και να ορισθούν διαιρώντας τα αντικείμενα της τομής σε δυο μέρη.
- Εάν μια ευθεία τέμνει εξ ολοκλήρου ένα πολύγωνο, τότε αυτό πρέπει να διαιρεθεί σε δυο νέα πολύγωνα.

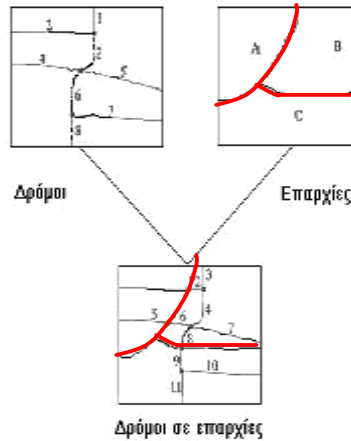


Οι κυριότεροι τοπολογικοί υπολογισμοί που γίνονται κατά τη χωρική ανάλυση είναι η επικάλυψη πολυγώνων με σημεία, η επικάλυψη πολυγώνων με γραμμές, η επικάλυψη πολυγώνων με πολύγωνα και αντίστροφα. Επικαλύπτοντας ένα επίπεδο πολυγώνων με ένα επίπεδο σημείων, προκύπτει η σχέση «...περιέχεται στο...». Αποδίδεται ένα νέο χαρακτηριστικό για κάθε σημείο του επικαλύπτοντος επιπέδου - η ιδιότητα του σε πιο πολύγωνο περιέχεται κάθε σημείο στη νέα προκύπτουσα τοπολογία (που υλοποιείται σε ένα νέο επίπεδο). Η τοπολογία των πολυγώνων που ορίζουν τα όρια ιδιοκτησιών επικαλύπτεται με την τοπολογία σημείων που ορίζουν θέσεις πηγαδιών. Η προκύπτουσα τοπολογία χαρακτηρίζεται από τους κωδικούς των σημείων και το όνομα του πολυγώνου στο οποίο εμπίπτουν. Έτσι, το πηγάδι 1 περιέχεται στην ιδιοκτησία A, ενώ οι ιδιοκτησίες B και C περιέχουν τα πηγάδια 2, 3 και 4, 5 αντίστοιχα.

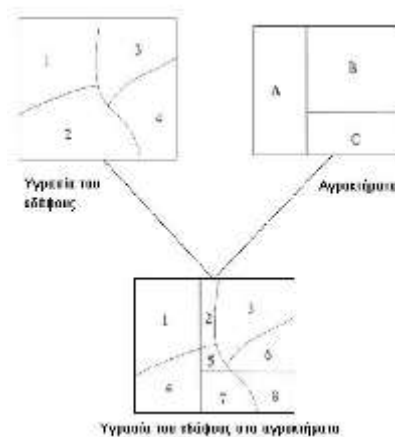


Η επικάλυψη τοπολογίας πολυγώνων με τοπολογία γραμμών ορίζει και πάλι σχέση «...περιέχεται στο...». Μετά από μια τέτοια επικάλυψη τα δεδομένα πρέπει να καθαρισθούν τοπολογικά (με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την ανάγκη οι γραμμές να διαιρεθούν στα σημεία που τέμνουν το περίγραμμα των πολυγώνων), ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί η νέα τοπολογία. Οι περιεχόμενες γραμμές τώρα θα είναι περισσότερες από τις αρχικές γραμμές επικάλυψης. Η τοπολογία

πολυγώνων που δείχνουν τα όρια επαρχιών επικαλύπτεται με την τοπολογία γραμμών που δείχνουν τα τμήματα των οδών ενός ευρύτερου οδικού δικτύου. Στη νέα τοπολογία γραμμών τα τμήματα των αρχικών γραμμών ορίζονται από νέους κωδικούς και οι περιεχόμενες πληροφορίες αναφέρονται στο αρχικό τμήμα από το οποίο προέρχονται και στην επαρχία (πολύγωνο) που ανήκουν.



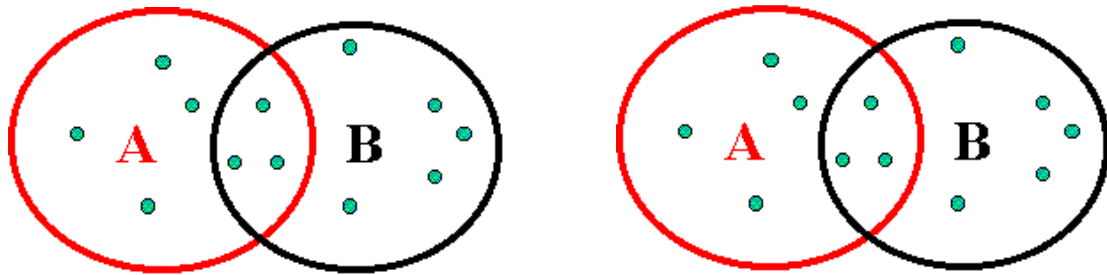
Η επικάλυψη ενός επιπέδου πολυγώνων με ένα άλλο επίπεδο πολυγώνων οδηγεί και πάλι στη δημιουργία νέων τοπολογικών στοιχείων. Τα περιγράμματα των αρχικών πολυγώνων σπάζουν στα σημεία τομής τους. Προκύπτουσα είναι και πάλι τοπολογία πολυγώνων, όπου προφανώς τα νέα πολύγωνα είναι πολύ περισσότερα από τα προηγούμενα και έχουν νέους κωδικούς. Για παράδειγμα, ζητείται να ευρεθεί η υγρασία του εδάφους σε διάφορα τμήματα κάποιων αγροκτημάτων. Το επίπεδο που περιέχει πληροφορίες για την υγρασία του εδάφους (με μορφή πολυγώνων στο εσωτερικό των οποίων θεωρείται σταθερή και δεδομένη μια τιμή υγρασίας) επικαλύπτει το επίπεδο που περιέχει τα όρια των αγροκτημάτων (κάθε αγρόκτημα ορίζεται ως ένα πολύγωνο). Από την επικάλυψη προκύπτει νέα τοπολογία πολυγώνων το καθένα από τα οποία ανήκει σε διαφορετικό αγρόκτημα και παρουσιάζει διαφορετικές τιμές υγρασίας του εδάφους.



Η επικάλυψη πολυγώνων είναι γενικά μια πολύ σύνθετη και πολύπλοκη εργασία στο διανυσματικό μοντέλο δεδομένων. Όταν δυο πολύγωνα A και B τέμνονται μεταξύ τους άμεσο αποτέλεσμα είναι η ένωση και η τομή:

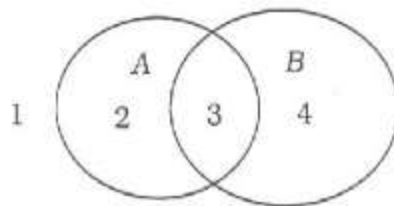
- η τομή των A και B είναι ορίζεται από τη σχέση $A \text{ AND } B$

- η περιοχή ως συνδυασμός και των δύο απαιτεί την ένωση των A και B και ορίζεται ως A OR B.



Χωρικοί τελεστές

Υπάρχουν 2^4 (16) συνδυασμοί (Boolean expressions) όπου με τους κωδικούς 1, 2, 3 και 4 ορίζονται οι περιοχές (αντίστοιχα): 1: εκτός των A και B, 2: περιοχή που ανήκει αποκλειστικά στο A, 3: περιοχή που ανήκει και στο A και στο B και 4: περιοχή που ανήκει μόνο στο B. Στις περισσότερες περιπτώσεις επικάλυψης πολυγώνων το κυρίαρχο ζητούμενο είναι η τομή τους.



- $A = 2,3$
- $A \text{ OR } (\text{NOT } B) = 1,2,3$
- $\text{NOT NULL} = 1,2,3,4$
- $\text{NOT } B = 1,2$
- $(\text{NOT } A) \text{ AND } (\text{NOT } B) = 1$
- $(\text{NOT } A) \text{ OR } (\text{NOT } B) = 1,2,4$
- $A \text{ AND } (\text{NOT } B) = 2$
- $[(A \text{ AND } (\text{NOT } B))] \text{ OR } [(\text{NOT } A) \text{ AND } B] = 2,4$

Ένωση πολυγώνων

Όπως κατά την τομή δύο πολυγώνων θα πρέπει να ορίζουμε τοπολογικά τα νέα πολύγωνα που προκύπτουν, αντίστροφα, κατά την ένωση δύο πολυγώνων θα πρέπει να καταργούμε τα όρια των παλιών πολυγώνων και να ορίζουμε τοπολογικά ένα νέο που πλέον περιλαμβάνει με εξωτερική οριογραμμή το σύνολο των δύο τεμνόμενων αρχικών πολυγώνων. Σε ότι αφορά τα περιγραφικά δεδομένα, κατά την επικάλυψη και τομή δύο πολυγώνων που το καθένα συνοδεύεται από τα δικά του μη χωρικά χαρακτηριστικά, το πολύγωνο της τομής τους θα περιέχει τις περιγραφικές πληροφορίες και των δύο αρχικών πολυγώνων. Συνήθως, στη βάση δεδομένων δημιουργείται ένας νέος πίνακας που περιέχει ακριβώς αυτά τα χαρακτηριστικά.

Μαθηματική υποδομή

Οι τοπολογικές τεχνικές επικάλυψης βασίζονται πολύ στην (μαθηματική) αναλυτική γεωμετρία. Τα προγράμματα ΓΣΠ διαθέτουν αλγόριθμους με τη βοήθεια των οποίων εξετάζεται αρχικά, εάν δύο ευθείες τέμνονται και στη συνέχεια υπολογίζεται το σημείο τομής. Με βάση αυτή την απλή εφαρμογή, περισσότερο πολύπλοκοι αλγόριθμοι εξετάζουν την τομή ευθειών με τις πλευρές πολυγώνων και, τελικά, την τομή πολυγώνου με πολύγωνο, όπου προσδιορίζονται οι συντεταγμένες όλων των κορυφών των νέων γεωμετρικών σχημάτων που δημιουργούνται.

Ζώνες επιρροής

Η εύρεση ζωνών επιρροής γύρω από σημεία, γραμμές ή πολύγωνα απαιτεί τη χρήση της επικάλυψης πολυγώνων. Για κάθε ένα και γύρω από τα αντικείμενα του ΓΣΠ δημιουργείται μια ζώνη επιρροής που στην πράξη είναι ένα πολύγωνο. Στη συνέχεια, με την ιδιότητα της επικάλυψης, προκύπτει η τελική ολική ζώνη επιρροής. Η δυνατότητα αυτή εφαρμόζεται ευρέως, μεταξύ άλλων, στις μεταφορές, στη δασοπονία και στη διαχείριση φυσικών διαθεσίμων για την εύρεση ή τον προσδιορισμό:

- Ζωνών προστασίας γύρω από λίμνες, ποταμούς ή ρέματα.
- Ζωνών θορύβου γύρω από αυτοκινητόδρομους.
- Ζωνών εξυπηρέτησης κατά μήκος διαδρομών λεωφορείων με τον ορισμό μιας απόστασης εξυπηρέτησης (π.χ. 300 m απόσταση βαδίσματος).
- Ζωνών πιθανής μόλυνσης γύρω από θέσεις απόθεσης απορριμμάτων ή αποβλήτων.

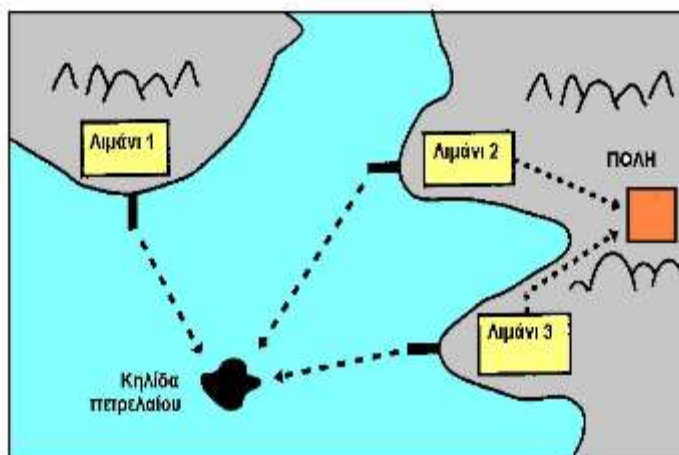
Ερωτήσεις προς τις βάσεις δεδομένων των ΓΣΠ

Η πιο απλή περίπτωση ερωτήσεων προς τις βάσεις δεδομένων ενός ΓΣΠ αφορά γεωμετρικές πληροφορίες σχήματος και θέσης ενός τοπολογικά ορισμένου γραφικού αντικειμένου ως προς το σύστημα αναφοράς ή ως προς άλλα τοπολογικά ορισμένα γραφικά αντικείμενα. Η απεικόνιση των τοπολογικά ορισμένων γραφικών αντικειμένων σε ένα ΓΣΠ περιλαμβάνει το σύνολο των αποθηκευμένων στις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων πληροφοριών. Το ίδιο ισχύει και για τα περιγραφικά δεδομένα τα οποία οπτικοποιούνται με διαφορετικά χρώματα, είδη διαγραμμίσεων και γραμμών ή σύμβολα σημείων. Πολλές φορές όμως ο χρήστης δεν επιθυμεί την απεικόνιση όλων των στοιχείων που αφορούν μια περιοχή, αλλά επιλεγμένες μόνο πληροφορίες που αποτελούν ένα υποσύνολο των βάσεων δεδομένων. Η ερώτηση:

WHERE Area > 250 AND Use = "K" AND Owner = "F"

θα έχει ως απάντηση, από τα πολύγωνα της περιοχής εκείνα που έχουν εμβαδόν μεγαλύτερο από 250 m², έχουν χρήση κατοικίας και ο ιδιοκτήτης τους είναι γυναίκα, όταν στην κωδικοποίηση το "K" αντιστοιχεί σε χρήση κατοικίας και το "F" προσδιορίζει το φύλο του ιδιοκτήτη.

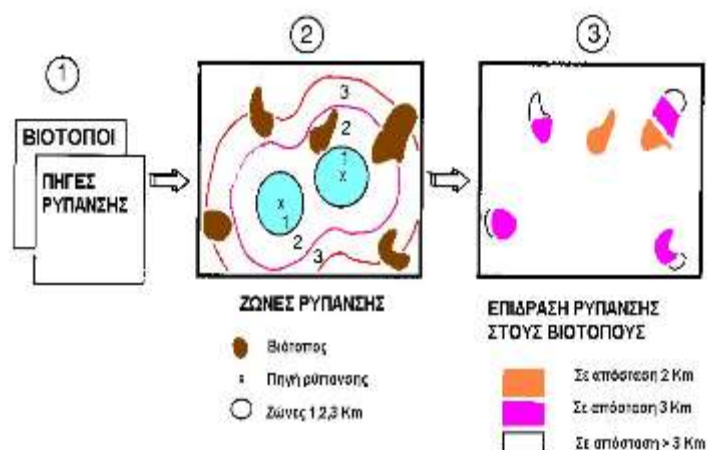
Παράδειγμα 1: Οργάνωση ενεργειών απορρύπανσης σε θαλάσσια περιοχή με τη βοήθεια ΓΣΠ



- Ποιο λιμάνι είναι πιο κοντά στην κηλίδα;
- Απόσταση μεταξύ κηλίδας και λιμανιού;
- Ποιο λιμάνι έχει πληρέστερο εξοπλισμό απορρύπανσης;
- Ποια είναι η απόσταση από την κοντινότερη ακτογραμμή;
- Ποια είναι η ταχύτητα και διεύθυνση της εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας (όταν στο ΓΣΠ έχουν καταχωρηθεί μοντέλα των θαλασσιών χαρακτηριστικών);

Παράδειγμα 2: Διερεύνηση της επίδρασης πηγών ρύπανσης σε βιότοπους με τη βοήθεια ενός ΓΣΠ

Ζητείται να διερευνηθεί η επίδραση δύο σημαντικών πηγών ρύπανσης στον περιβάλλοντα χώρο, ο οποίος περιλαμβάνει έναν αριθμό χαρακτηρισμένων και οριοθετημένων βιότοπων σε διάφορες αποστάσεις από τις πηγές ρύπανσης.



Ανάλυση χωρικών δικτύων

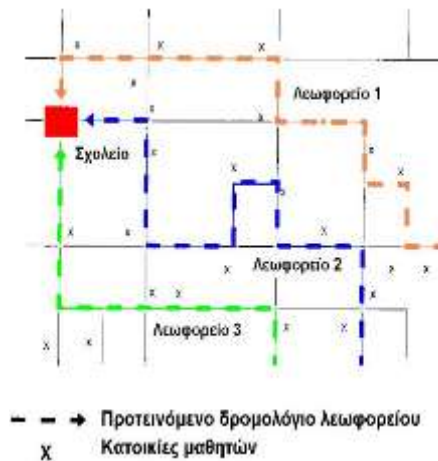
Μια ιδιαίτερα σημαντική δυνατότητα την οποία παρέχουν τα ΓΣΠ που χρησιμοποιούν το διανυσματικό μοντέλο γραφικών είναι η ανάλυση χωρικών δικτύων. Τα χωρικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται στα ΓΣΠ αποτελούνται από τοπολογικά ορισμένες γραμμές και κόμβους, γεγονός που δίνει πολλές

δυνατότητες ανάλυσης με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων. Είναι δυνατή η συσχέτιση με άλλα στοιχεία, όπως οικολογικές επιδράσεις, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προσβασιμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο, οικονομικές και δημογραφικές πληροφορίες κλπ. Ιδιαίτερες δυνατότητες ανάλυσης στα χωρικά δίκτυα, οι πιο συνηθισμένες από τις οποίες είναι:

- Η εύρεση της συντομότερης διαδρομής μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου είτε από πλευράς απόστασης, είτε από πλευράς χρόνου.
- Ο έλεγχος της οργάνωσης της δομής του δικτύου.
- Ο υπολογισμός περιοχών του δικτύου που αναφέρονται και συσχετίζονται με μια θέση, σύμφωνα με κάποια κριτήρια.
- Ο καθορισμός τοπολογικά ορισμένων διαδρομών που αναφέρονται σε δρομολόγια εντός του δικτύου που πληρούν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

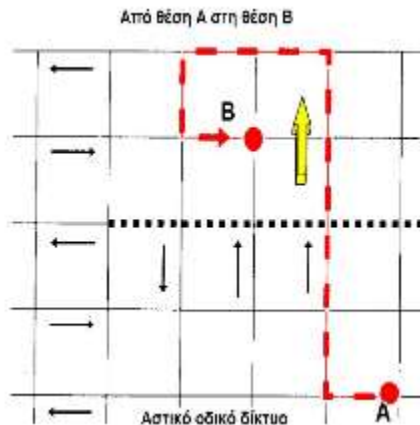
Παράδειγμα 1: Βελτιστοποίηση των δρομολογίων

Βελτιστοποίηση των δρομολογίων τριών σχολικών λεωφορείων σε αστικό οδικό δίκτυο για τη μεταφορά των μαθητών στο σχολείο. Τα δρομολόγια σχεδιάζονται έτσι, ώστε με το συντομότερο δρόμο κάθε λεωφορείο να συγκεντρώνει τους μαθητές που του αναλογούν.



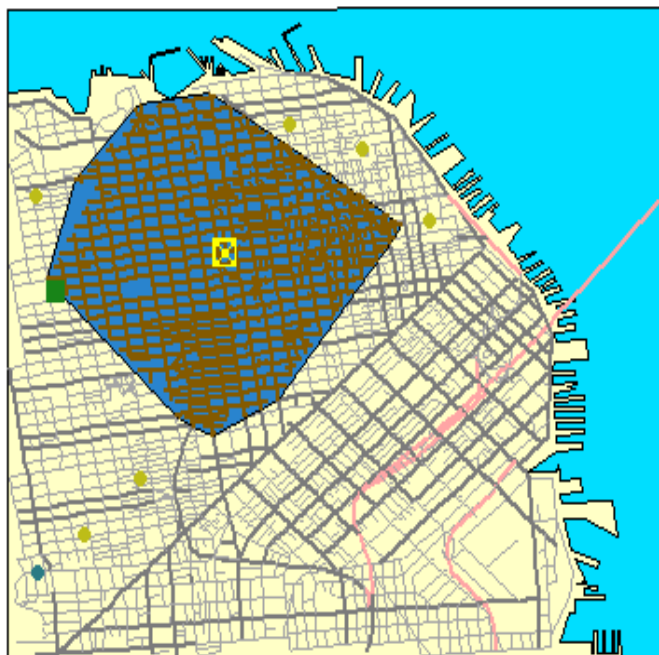
Παράδειγμα 2: Εύρεση συντομότερης διαδρομής

Εύρεση συντομότερης διαδρομής (ως προς την απόσταση) σε αστικό οδικό δίκτυο για τη μετάβαση από το σημείο Α στο σημείο Β. Πρέπει να σημειωθεί ότι λαμβάνονται υπόψη η μονοδρόμηση των οδών και οι πεζόδρομοι.



Παράδειγμα 3: Καθορισμός περιοχής εξυπηρέτησης

Καθορισμός περιοχής εξυπηρέτησης, μέσω του δικτύου, θέσεων που απέχουν ορισμένη οδική απόσταση ή ορισμένο χρόνο μετακίνησης από έναν κόμβο του δικτύου.



Ο υπολογισμός συντομότερων διαδρομών σε ένα δίκτυο γίνεται με τη βοήθεια αλγορίθμων της Θεωρίας Γραφημάτων (Graph Theory). Πολλά γενικά προγράμματα ΓΣΠ διαθέτουν ενσωματωμένους τέτοιους αλγορίθμους ή άλλα συντάσσονται με κύριο σκοπό τη διαχείριση δικτύων (ΓΣΠ για Facility Management, FM).

3.5.3.7 Χωρική ανάλυση με το ψηφιδωτό μοντέλο

Τα προγράμματα ΓΣΠ διαθέτουν ένα μεγάλο αριθμό εργαλείων χωρικής ανάλυσης που αφορούν την περιγραφή των χαρακτηριστικών κάθε εικονοστοιχείου (ψηφίδας), βοηθούν στην ανάλυση και στον εντοπισμό συσχετίσεων μεταξύ raster γραφικών τοπικά, σε γειτονικές θέσεις, σε ζώνες και σε διαφορετικά επίπεδα (layers) ενός χάρτη. Οι διαδικασίες ανάλυσης αναφέρονται στον υπολογισμό στατιστικών ή άλλων δεδομένων από τα περιεχόμενα (τιμές) των εικονοστοιχείων :

- Στο ίδιο επίπεδο (πχ. μέσες τιμές, περισσότερο συναντώμενη τιμή κλπ.)
- Σε δύο διαφορετικά επίπεδα (πχ. συσχετίζεται το σχήμα των περιοχών του ενός επιπέδου με το σχήμα των περιοχών του άλλου επιπέδου)
- Σε ζώνες στο ίδιο επίπεδο (πχ. εμβαδόν ζώνης, μικρότερες ή μεγαλύτερες τιμές εντός ζώνης κλπ.).

Οι εργασίες ανάλυσης που είναι δυνατό να γίνουν σε ένα επίπεδο αφορούν την παραγωγή ενός νέου επιπέδου από τα στοιχεία ενός ή περισσότερων άλλων υπάρχοντων επιπέδων. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή κάθε εικονοστοιχείου στο νέο επίπεδο προκύπτει με τη βοήθεια της τιμής του αντίστοιχου εικονοστοιχείου στο υπάρχον (υπάρχοντα) επίπεδο (επίπεδα), χωρίς να επηρεάζεται από τις τιμές των γειτονικών ή των πιο μακρινών εικονοστοιχείων. Με τα δεδομένα ενός μόνο

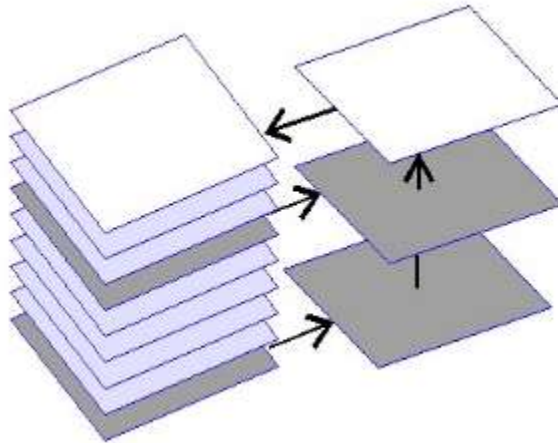
υπάρχοντος επιπέδου μπορεί να γίνει επανα-υπολογισμός των τιμών των εικονοστοιχείων στο νέο επίπεδο (recoding) σε διάφορες περιπτώσεις:

- Με πολλαπλασιασμό των παλιών τιμών με ένα σταθερό αριθμό, κάτι χρήσιμο, όταν οι τιμές αυτές είναι πολύ μικρές.
- Με την εισαγωγή μιας μαθηματικής σχέσης (μοντέλου) που υπολογίζει τις νέες τιμές από τις υπάρχουσες, π.χ. Νέα τιμή = $2 \times (\text{Παλιά τιμή} / 5 + 3)$. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική, όταν οι τιμές των εικονοστοιχείων προκύπτουν από κάποιο μαθηματικό (θεωρητικό ή εμπειρικό) μοντέλο.
- Με τη δημιουργία νέων τιμών που προκύπτουν από ομαδοποίηση παλαιότερων τιμών, π.χ. οι τιμές 0 – 199 γίνονται 1, οι τιμές 200 – 399 γίνονται 3, τιμές μεγαλύτερες από 400 γίνονται 3.
- Με τη δημιουργία νέας ταξινόμησης των τιμών, όπου π.χ. οι παλιές τιμές 0, 2, 7, ... γίνονται αντίστοιχα 1, 2, 3,

Προφανώς επιτρέπονται οι αριθμητικές πράξεις μόνο μεταξύ τιμών που αντιστοιχούν σε ποσοτικά δεδομένα. Σε περίπτωση τιμών που αντιστοιχούν σε κάποια κωδικοποίηση ποιοτικών χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων, τέτοιες πράξεις δεν έχουν νόημα. Για παράδειγμα, δεν μπορεί να βρεθεί ο μέσος όρος του 6 και του 8, όταν το 6 αντιστοιχεί σε καλλιέργεια δημητριακών και το 8 σε δάσος.

Δημιουργία νέου επιπέδου από τα δεδομένα υπάρχοντων επιπέδων

Με τα δεδομένα δύο ή περισσότερων (εάν το επιτρέπει το λογισμικό) υπάρχοντων επιπέδων μπορεί να γίνει συνδυασμός των τιμών των ίδιων εικονοστοιχείων και να προκύψουν οι νέες τιμές στο νέο επίπεδο. Η λογική αυτού του υπολογισμού είναι παρόμοια με τις αντίστοιχες διαδικασίες στα διανυσματικά μοντέλα (επικάλυψη πολυγώνων) και θυμίζει τη λογική της χρήσης των επάλληλων χαρτών).



Η τιμή της ψηφίδας στο νέο επίπεδο προκύπτει από τη μαθηματική σχέση μεταξύ των αρχικών επιπέδων. Για παράδειγμα, εάν a και b είναι οι τιμές στα αρχικά επίπεδα, η νέα ψηφίδα θα έχει τιμή:

$$c = a + b$$

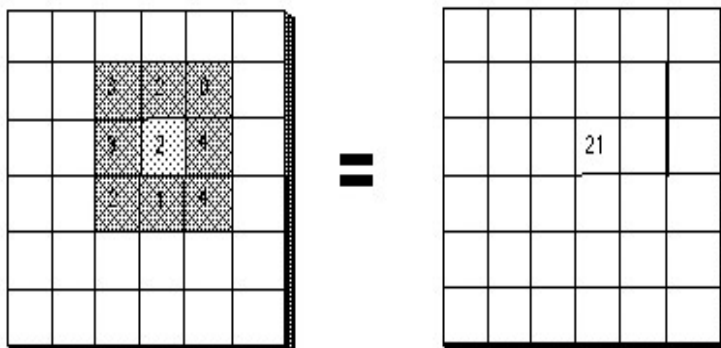
$$\text{ή } c = a * b$$

.....

και κάθε άλλη σχέση: μέσος όρος, min, max κλπ.

Εργασίες ανάλυσης από δεδομένα γειτονικών εικονοστοιχείων

Πολλές φορές χρειάζεται να υπολογισθεί η νέα τιμή ενός εικονοστοιχείου με τη βοήθεια και των τιμών των γειτονικών εικονοστοιχείων. Αυτή η ομάδα γειτονικών εικονοστοιχείων μπορεί να έχει σχήμα τετράγωνο, ορθογώνιο, κυκλικό κλπ. ή ακόμη και ιδιαίτερο κάθε φορά σχήμα που ορίζεται από το χρήστη.

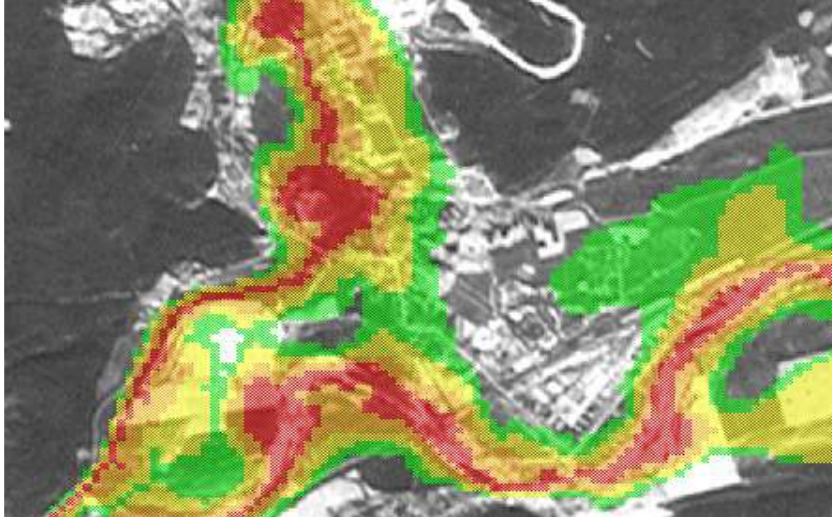


Στη δυνατότητα αυτή βασίζεται η χρήση φίλτρων για την εξομάλυνση (smoothing) των raster γραφικών στοιχείων ενός επιπέδου, για να διαπιστωθούν γενικές τάσεις κατανομής ενός φαινομένου ή τον τονισμό των διαχωριστικών γραμμών περιοχών (edge enhancement), για να καταστούν κατανοητές κάποιες λεπτομέρειες. Μια τέτοια εργασία βασίζεται στη μετακίνηση ενός «διαφανούς» παραθύρου, συνήθως σχήματος τετραγώνου αποτελούμενου από 3×3 εικονοστοιχεία, πάνω από όλη την επιφάνεια των raster γραφικών. Σε κάθε θέση το κεντρικό εικονοστοιχείο λαμβάνει ως τιμή τον κεντροβαρικό μέσο όρο των τιμών των γειτονικών εικονοστοιχείων. Με τη χρησιμοποίηση διαφορετικών βαρών είναι δυνατό να πετύχουμε είτε την εξομάλυνση (γενίκευση) των γραφικών, είτε τον τονισμό των διαχωριστικών γραμμών. Οι υπολογισμοί αυτής της μορφής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για διάφορες αναλύσεις κατανομής ή μετάδοσης χαρακτηριστικών και φαινομένων με το γεωγραφικό χώρο.

Ζώνες επιρροής

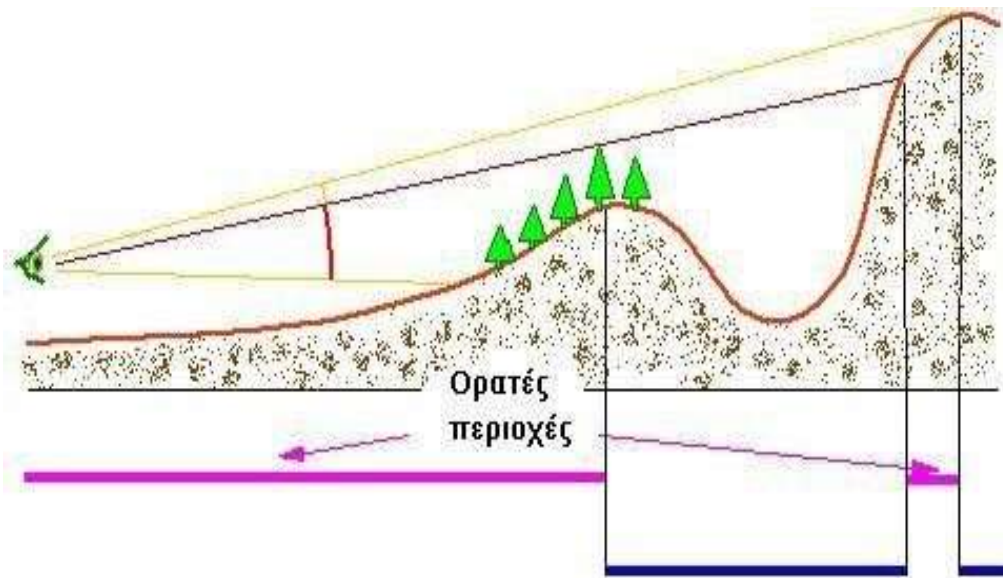
Η χρήση των ζωνών επιρροής (buffer zones) δίνει στα ψηφιδωτά μοντέλα ακόμη μεγαλύτερες δυνατότητες ανάλυσης. Οι ζώνες επιρροής στα raster γραφικά λειτουργούν παρόμοια, όπως και στα vector. Οι ζώνες επιρροής υλοποιούνται με μια παράλληλη μετατόπιση των οριογραμμών (σε pixel) ενός γραφικού αντικειμένου ή περιοχής κατά δοθείσα απόσταση και χρησιμοποιούνται για να ορίζουν περιοχές που πρέπει να πληρούν κάποια συνθήκη, πχ. η ζώνη επιρροής γύρω από ένα σχολείο ορίζει την περιοχή κοντά στο σχολείο μέσα στην οποία δεν επιτρέπεται η λειτουργία καταστημάτων τυχερών παιχνιδιών. Στα ψηφιδωτά μοντέλα η χρήση ζωνών επιρροής σε συνδυασμό με άλλα επίπεδα καταλήγει στη δημιουργία νέου επιπέδου, όπου οι τιμές των εικονοστοιχείων μπορεί να είναι:

- 0, εάν το εικονοστοιχείο είναι έξω από τη ζώνη επιρροής.
- 1, εάν το εικονοστοιχείο είναι πάνω στο όριο ή μέσα στη ζώνη επιρροής.
- 2, εάν το εικονοστοιχείο είναι πάνω στο όριο ή μέσα στο αντικείμενο γύρω από το οποίο ορίσθηκε η ζώνη.



Υπολογισμός ορατότητας

Μια άλλη δυνατότητα που δίνουν τα ψηφιδωτά μοντέλα είναι ο προσδιορισμός των περιοχών της επιφάνειας του εδάφους οι οποίες είναι ορατές από ένα σημείο (παρατηρητή), λαμβάνοντας υπόψη το ανάγλυφο του εδάφους. Η παρουσία βλάστησης και ειδικότερα δάσους μπορεί να διαφοροποιήσει τις ορατές περιοχές, όπως και το ύψος από το οποίο ο παρατηρητής παρατηρεί την επιφάνεια του εδάφους. Το ύψος της δασοκάλυψης δίνεται συνήθως ως τιμή στα εικονοστοιχεία ενός επιπέδου, ανά κατηγορία δέντρου.



Ο υπολογισμός της ορατότητας είναι σημαντικός μεταξύ άλλων για τη λειτουργία radar, μετάδοση ραδιοφωνικών κυμάτων και κάλυψη δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Στα raster γραφικά, με τη σύγκριση των υψομέτρων του εδάφους και τη θέση του παρατηρητή, προκύπτει ένα νέο επίπεδο, όπου οι νέες τιμές των εικονοστοιχείων μπορεί να είναι:

- 0, εάν το εικονοστοιχείο είναι αόρατο.

- 1, εάν το εικονοστοιχείο είναι ορατό.

Εργασίες ανάλυσης ανά ζώνη ή τάξη

Στα ψηφιδωτά μοντέλα, οι ζώνες σε κάθε επίπεδο ορίζονται από συνεχή, γειτονικά εικονοστοιχεία με την ίδια τιμή ή ιδιότητα. Ζώνες με ίδιες τιμές για τα εικονοστοιχεία τους σχηματίζουν μια κατηγορία ή τάξη (class). Η ύπαρξη ζωνών δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο κάθε επιπέδου. Στα raster γραφικά υπάρχουν δυνατότητες ανάλυσης που αφορούν τις ζώνες, μερικές από τις οποίες είναι δύσκολο ή και αδύνατο να γίνουν με τα γραφικά vector:

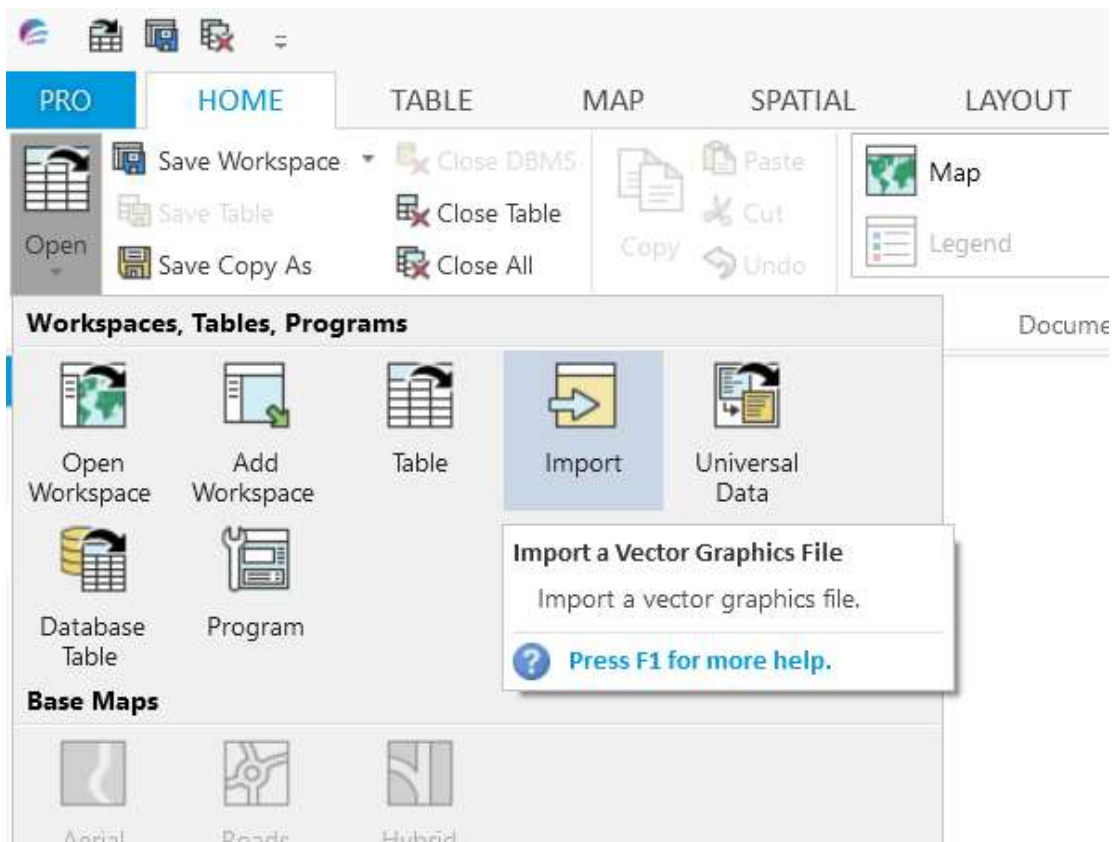
- Ο υπολογισμός του εμβαδού της ζώνης.
- Ο υπολογισμός της περιμέτρου της ζώνης.
- Ο υπολογισμός της απόστασης κάθε εικονοστοιχείου από τα όρια της ζώνης.
- Ο προσδιορισμός του γεωμετρικού σχήματος προς το οποίο προσομοιάζει περισσότερο το σχήμα της ζώνης. Για το σκοπό αυτό υπολογίζεται ο συντελεστής:

$$k = [(\text{περίμετρος ζώνης}) / (\text{εμβαδό ζώνης})^2] / 3.54$$

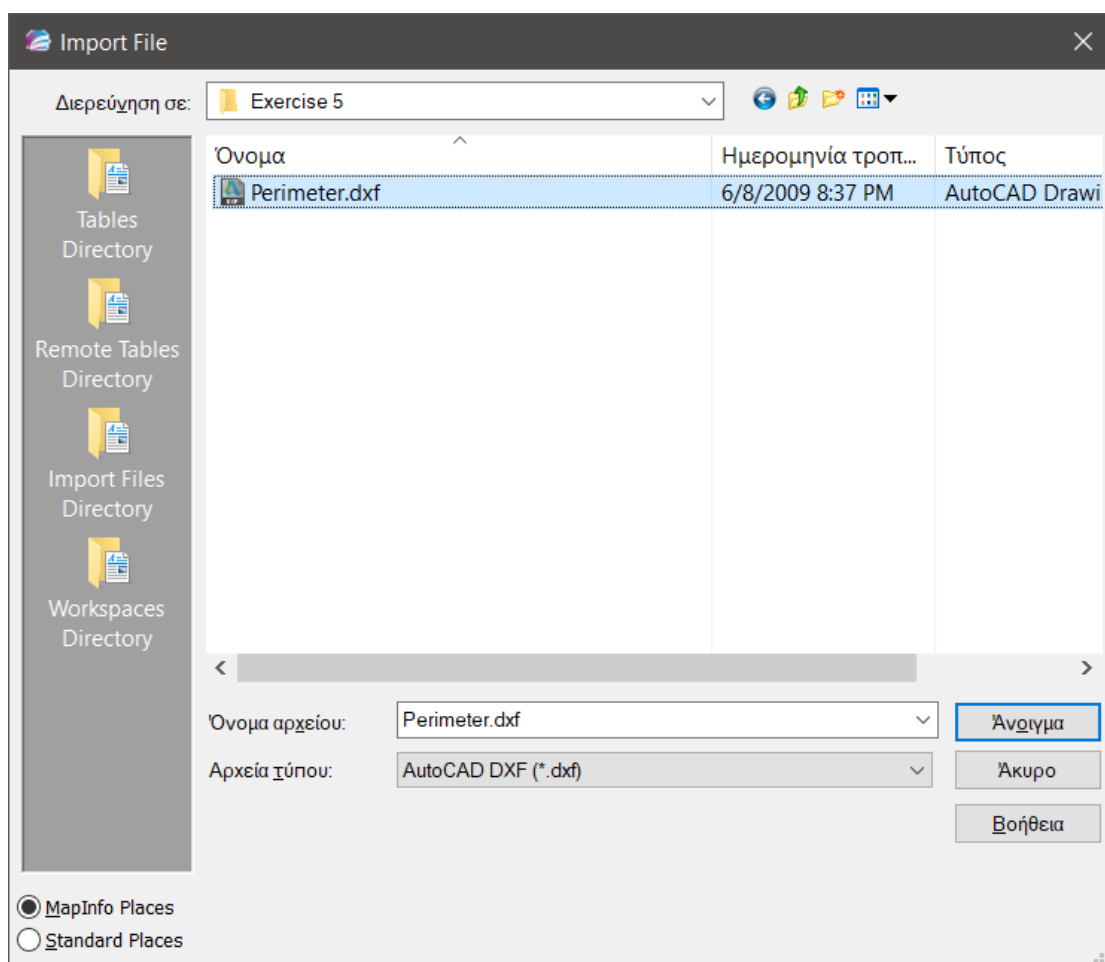
Άσκηση 5 – Εισαγωγή Χωρικών Δεδομένων

Τα διάφορα λογισμικά ΓΣΠ έχουν την δυνατότητα εισαγωγής χωρικών δεδομένων από πολλές πηγές όπως ψηφιακά αρχεία διαφορετικής μορφής και προέλευσης, μετρήσεις GPS, κλπ. Στην άσκηση αυτή θα εισάγουμε στο MapInfo Professional την περίμετρο της νήσου Σύρου από αρχείο DXF. Τα αρχεία DXF (Data eXchange Format) είναι ιδιαίτερα δημοφιλή για ανταλλαγή χωρικών πληροφοριών ανάμεσα σε λογισμικά CAD, GIS και άλλα συστήματα που διαχειρίζονται χωρικές πληροφορίες. Τα αρχεία DXF ανοίγουν άμεσα με το σχεδιαστικό λογισμικό AutoCAD.

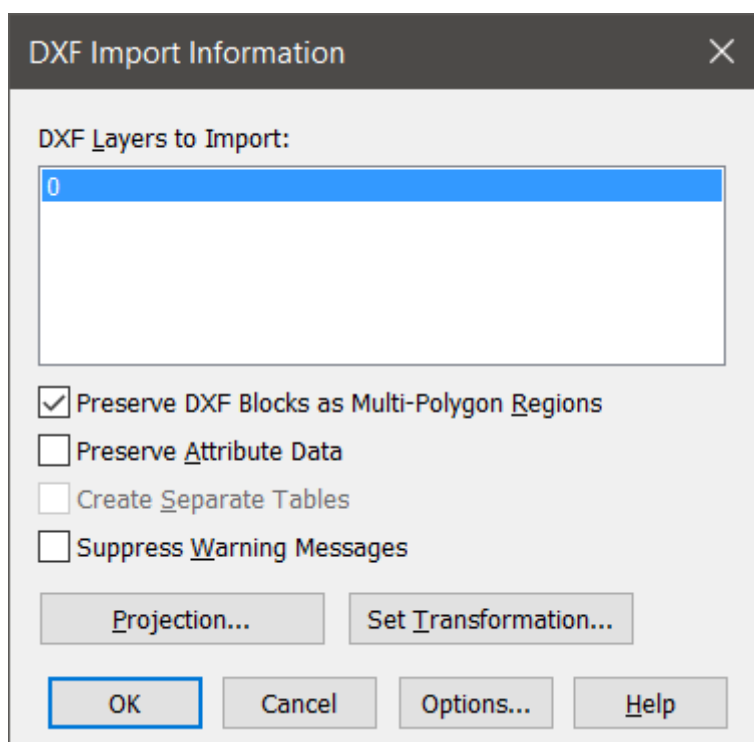
1. Επιλέξτε τη λειτουργία Open > Import στη λωρίδα HOME.



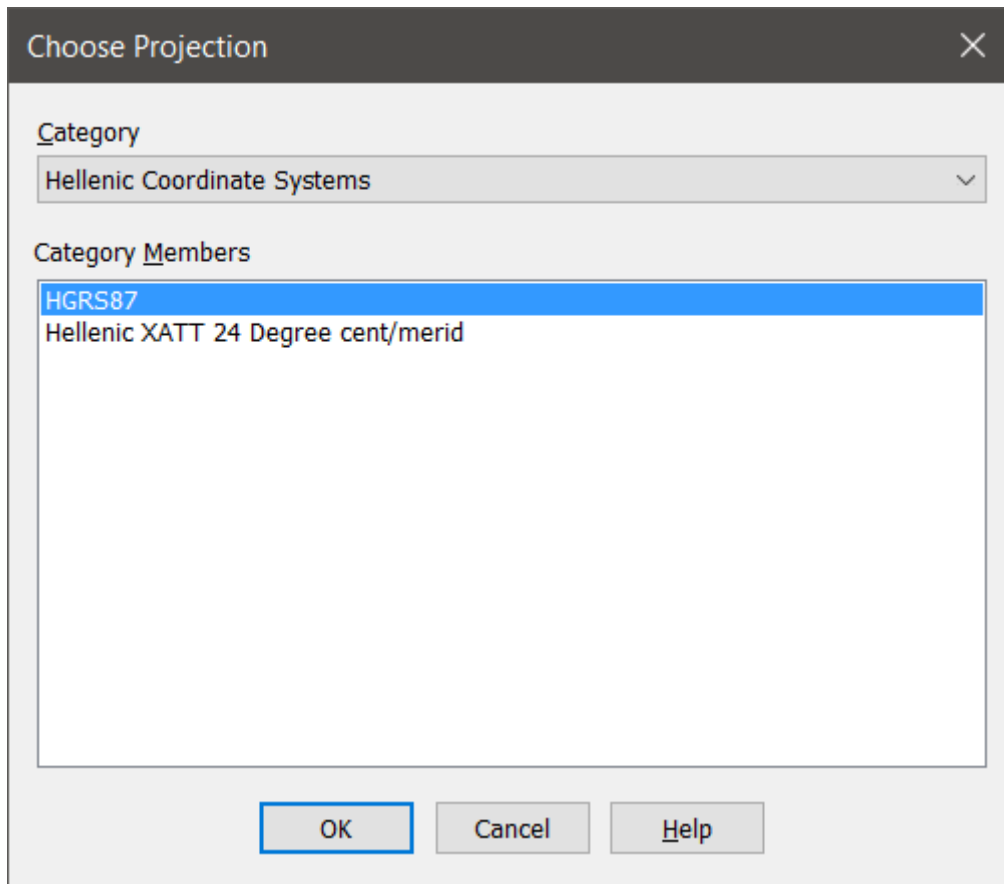
2. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέξτε τύπο αρχείου AutoCAD DXF (*.dxf) και το αρχείο Perimeter.dxf από το φάκελο της άσκησης 5, Exercise 5.



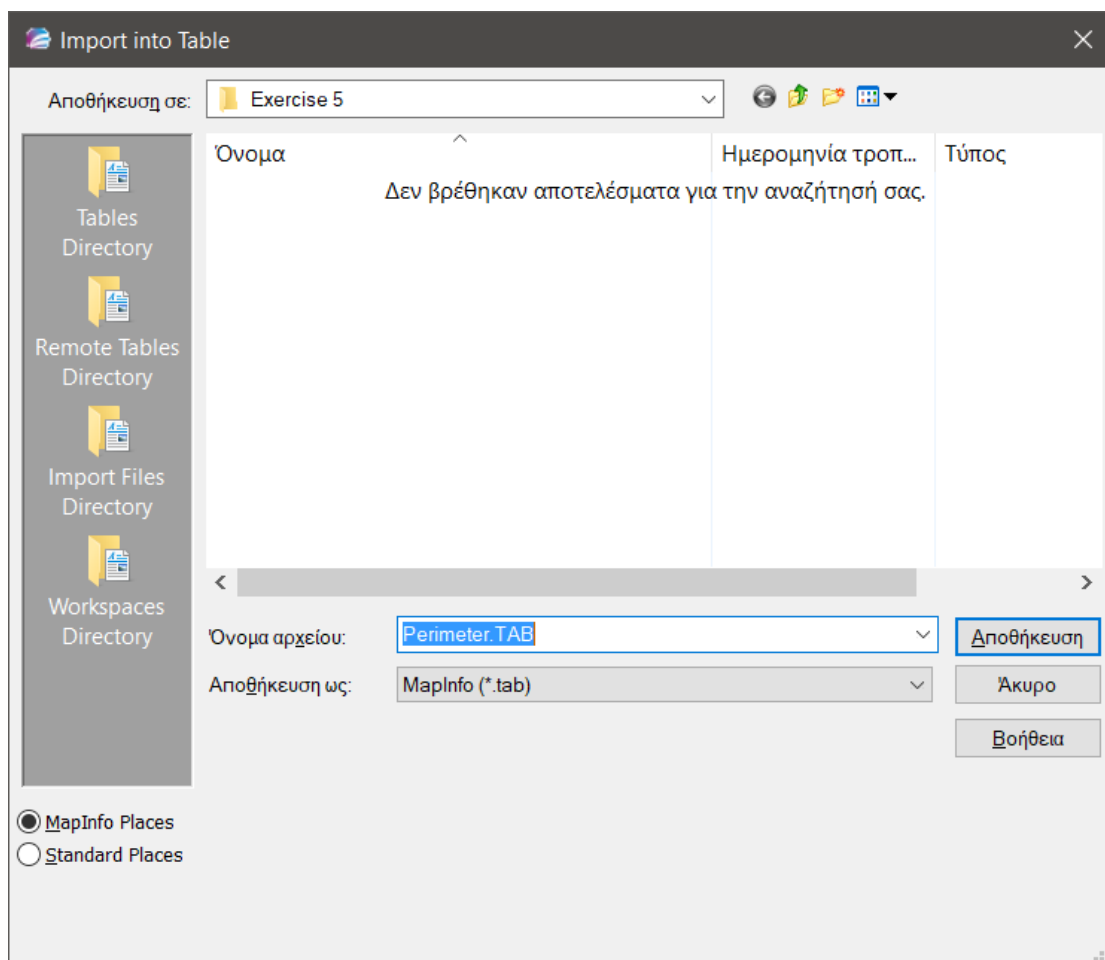
3. Κάντε κλικ στο πλήκτρο **Άνοιγμα**. Εμφανίζεται το παράθυρο DXF Import Information.



4. Κάντε κλικ στο πλήκτρο Projection για να επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα αναφοράς και προβολής.
5. Στο παράθυρο Choose Projection επιλέξτε κατηγορία Hellenic Coordinate Systems και το μέλος HGRS87.



6. Πατήστε το **OK** για να επιστρέψετε στο αρχικό παράθυρο εισαγωγής.
7. Πατήστε και εδώ το **OK**.
8. Εμφανίζεται το παράθυρο Import into Table. Το MapInfo Professional αυτομάτως θα αποθηκεύσει τα χωρικά δεδομένα που περιέχονται στο αρχείο DXF σε αρχείο πίνακα. Δεχτείτε την ονομασία που σας προτείνει (Perimeter.tab) και πατήστε το **Αποθήκευση**.



9. Κάντε κλικ στο εικονίδιο Map στη λωρίδα HOME για να εμφανιστεί ο χάρτης με την περίμετρο όπως φαίνεται παρακάτω.

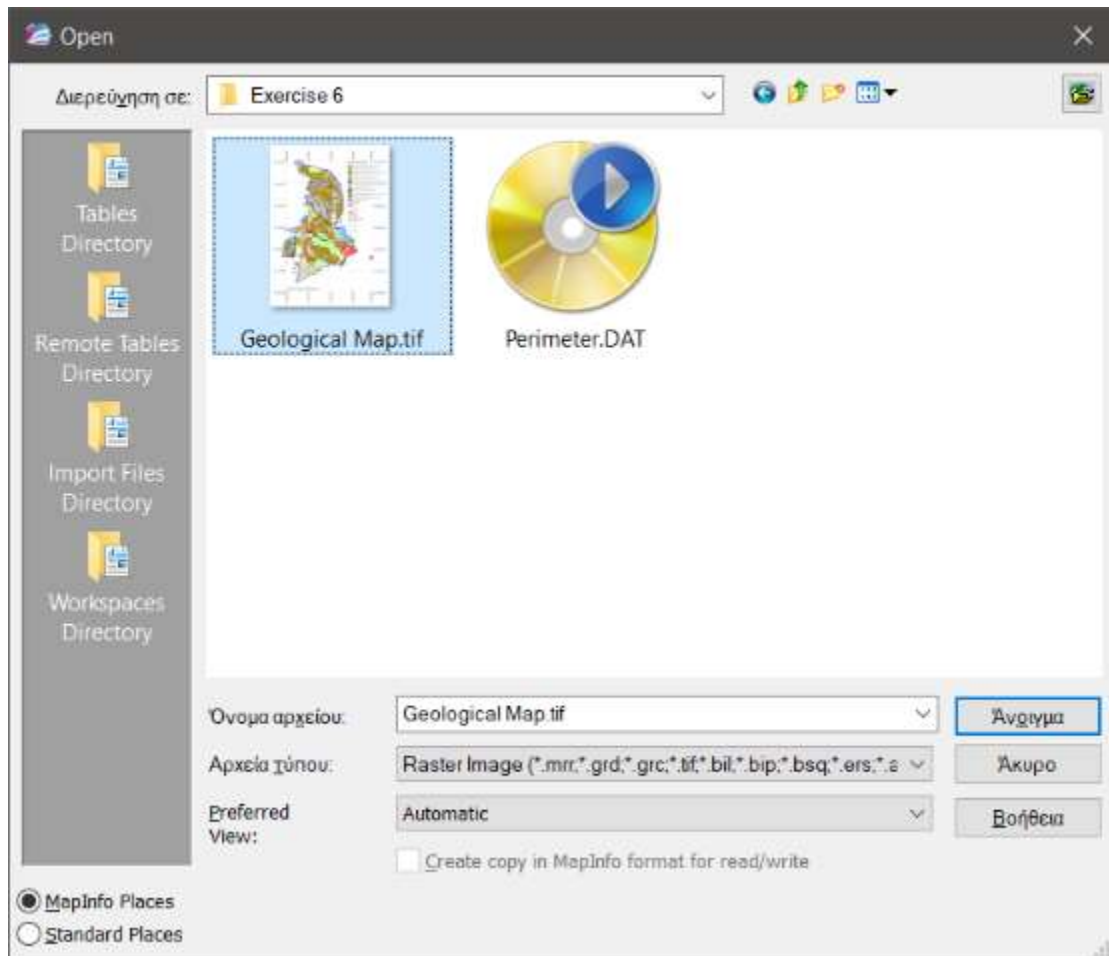


Εδώ ολοκληρώνεται η άσκηση αυτή. Μπορείτε να κλείσετε τον σχετικό πίνακα.

Άσκηση 6 – Εισαγωγή Ψηφιδωτών Δεδομένων

Στην άσκηση αυτή θα εισάγουμε έναν γεωλογικό χάρτη της νήσου Σύρου στο MapInfo. Η διαδικασία που θα ακολουθήσουμε είναι παρόμοια με αυτήν της Άσκησης 1 η οποία εκτελέστηκε επίσης στο MapInfo και της Άσκησης 2 η οποία εκτελέστηκε στο Raster Design.

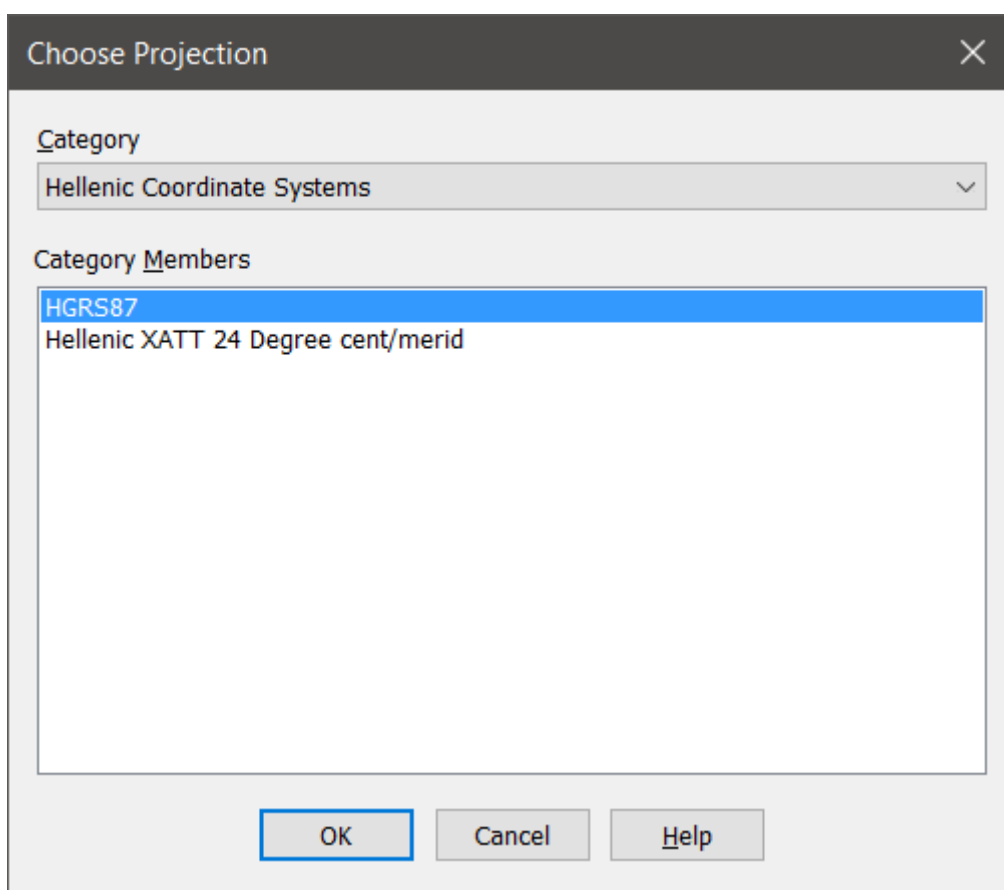
1. Με τη λειτουργία Open > Table από τη λωρίδα HOME ανοίξετε το αρχείο Geological Map.tif το οποίο βρίσκεται στο φάκελο Exercise 2. Θα πρέπει να επιλέξετε τύπο αρχείου Raster image.



2. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέξτε το πλήκτρο Register για να κάνουμε την γεωαναφορά του χάρτη.



3. Στο παράθυρο Image Registration που εμφανίζεται επιλέξτε το πλήκτρο Projection για να επιλέξουμε το σύστημα αναφοράς.



4. Επιλέξτε κατηγορία Hellenic Coordinate Systems και το μέλος αυτής της κατηγορίας HGRS87. Κάντε κλικ στο **OK** για να επιστρέψετε στο προηγούμενο παράθυρο.
5. Ο γεωλογικός χάρτης εμπεριέχει και το πλέγμα των συντεταγμένων. Θα δείξουμε τέσσερα σημεία ελέγχου στις τέσσερις γωνίες της εικόνας, εκεί

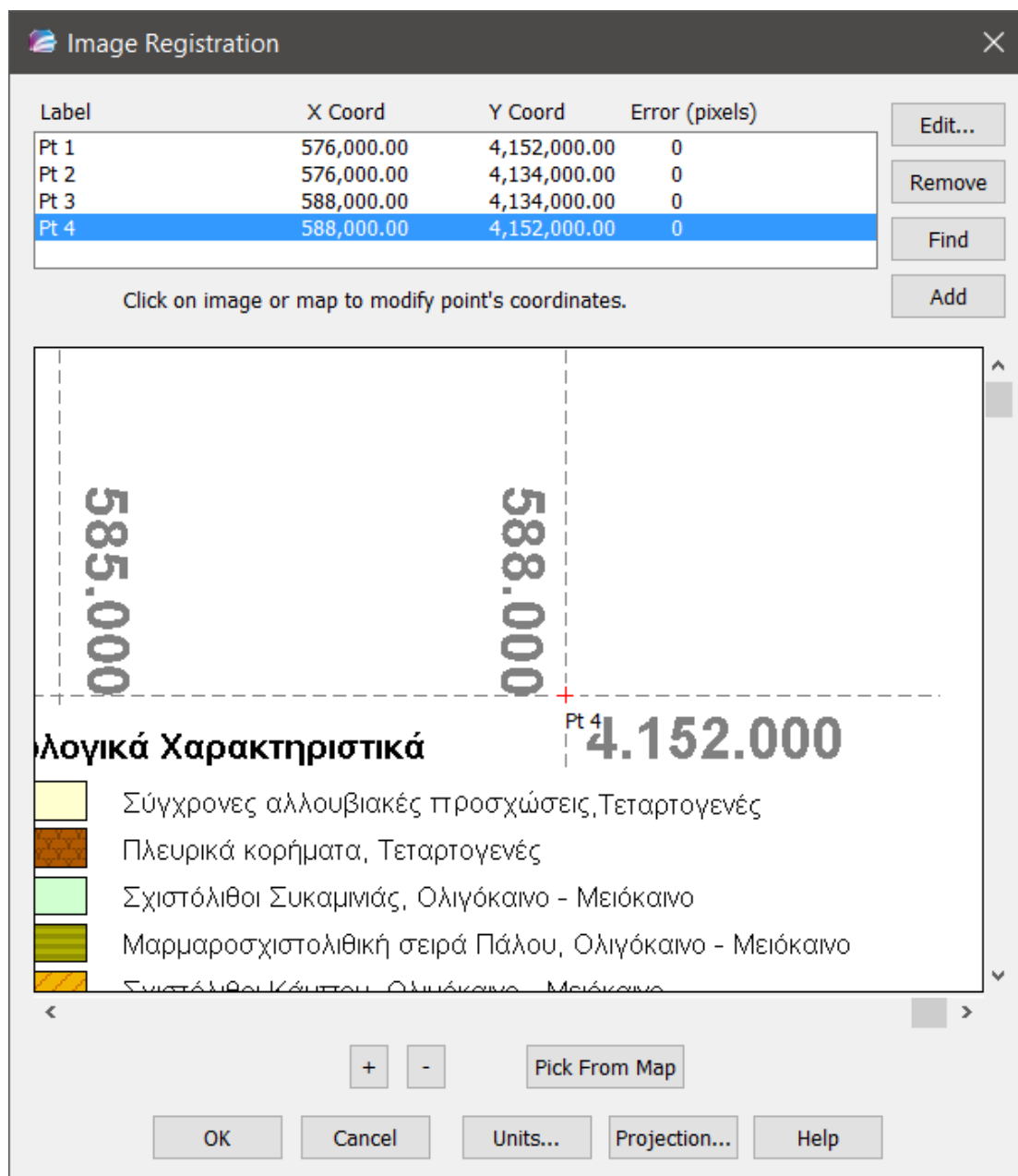
όπου δίνονται και οι συντεταγμένες. Μετά την εισαγωγή του πρώτου, κάνουμε κλικ στο Add πριν δείξουμε το επόμενο.

The image displays four sequential dialog boxes for adding and editing control points. Each dialog box has a title bar with a close button (X) and a subtitle 'Edit the information for this control'. The fields are as follows:

Dialog Title	Label	Map X (m)	Map Y (m)	Image X	Image Y
Add Control Point	Pt 1	576000	4152000	208	206
Edit Control Point	Pt 2	576000	4134000	208	2,010
Edit Control Point	Pt 3	588000	4134000	1,411	2,010
Edit Control Point	Pt 4	588000	4152000	1,411	206

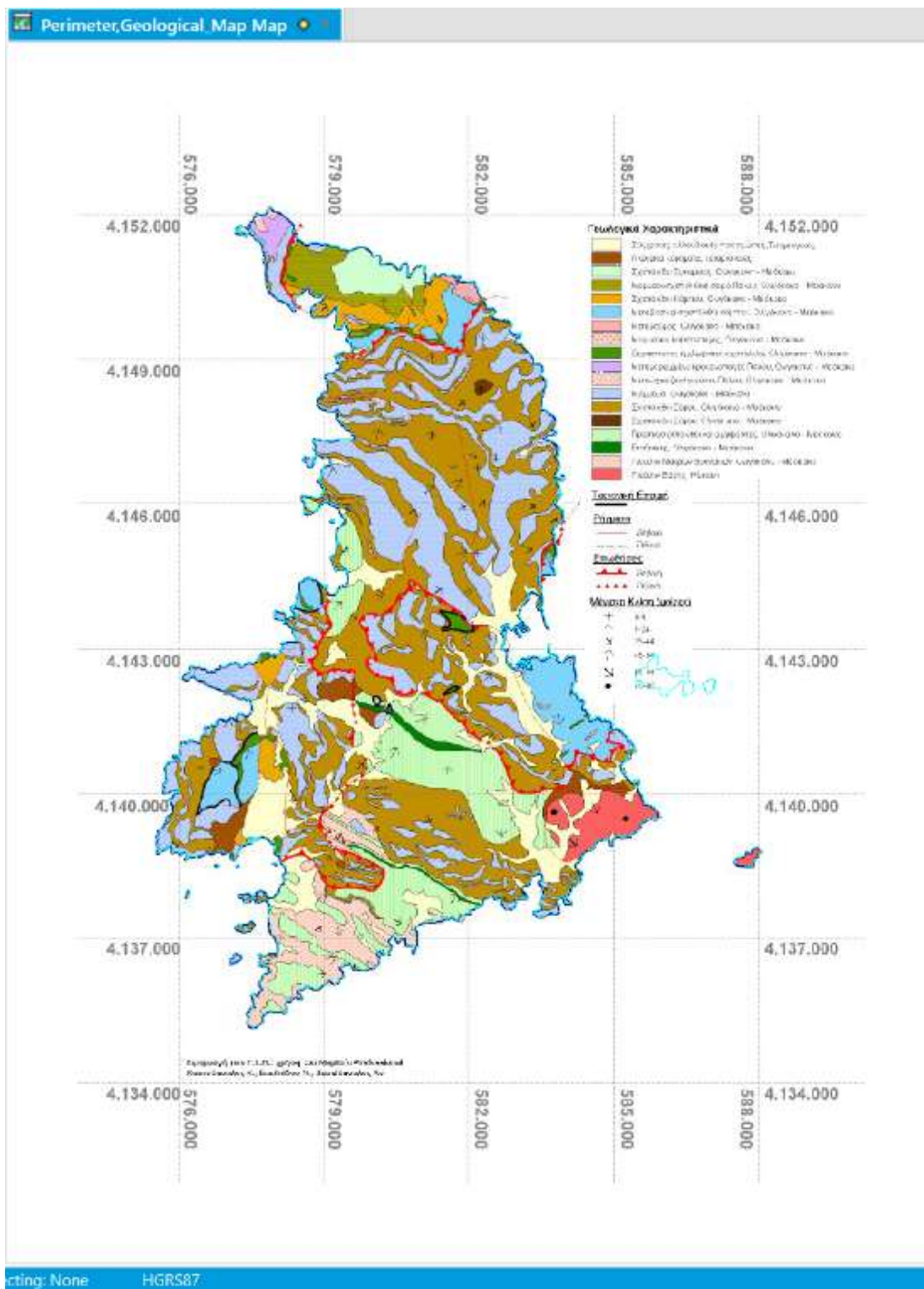
Each dialog box includes 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Μετά την εισαγωγή τεσσάρων σημείων ελέγχου, τα αρχικό παράθυρο θα καταγράψει τις συντεταγμένες εικόνας και τις πραγματικές συντεταγμένες για κάθε ένα από αυτά. Το σφάλμα (Error) έχει να κάνει με την συμφωνία των σημείων που δείξαμε. Επειδή η ψηφιδωτή εικόνα του γεωλογικού χάρτη είναι απόλυτα σωστά ψηφιοποιημένη, είναι δυνατή η εισαγωγή σημείων ελέγχου τα οποία να δίνουν σφάλμα 0 όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



6. Πατήστε το **OK** για να γίνει η εισαγωγή της εικόνας. Τώρα θα ανοίξουμε και τον πίνακα με την περίμετρο της νήσου για να δούμε πόσο καλά θα συμπίπτουν.
7. Επιλέξτε το εικονίδιο Open > Table και ανοίξτε τον πίνακα Perimeter.tab. Όπως βλέπετε τώρα υπάρχει και ένας πίνακας Geological Map.tab ο οποίος περιέχει την γεωαναφορά του γεωλογικού χάρτη που μόλις εισάγαμε.

Αν η εισαγωγή έγινε σωστά τότε το αποτέλεσμα θα είναι όπως στην παρακάτω εικόνα.

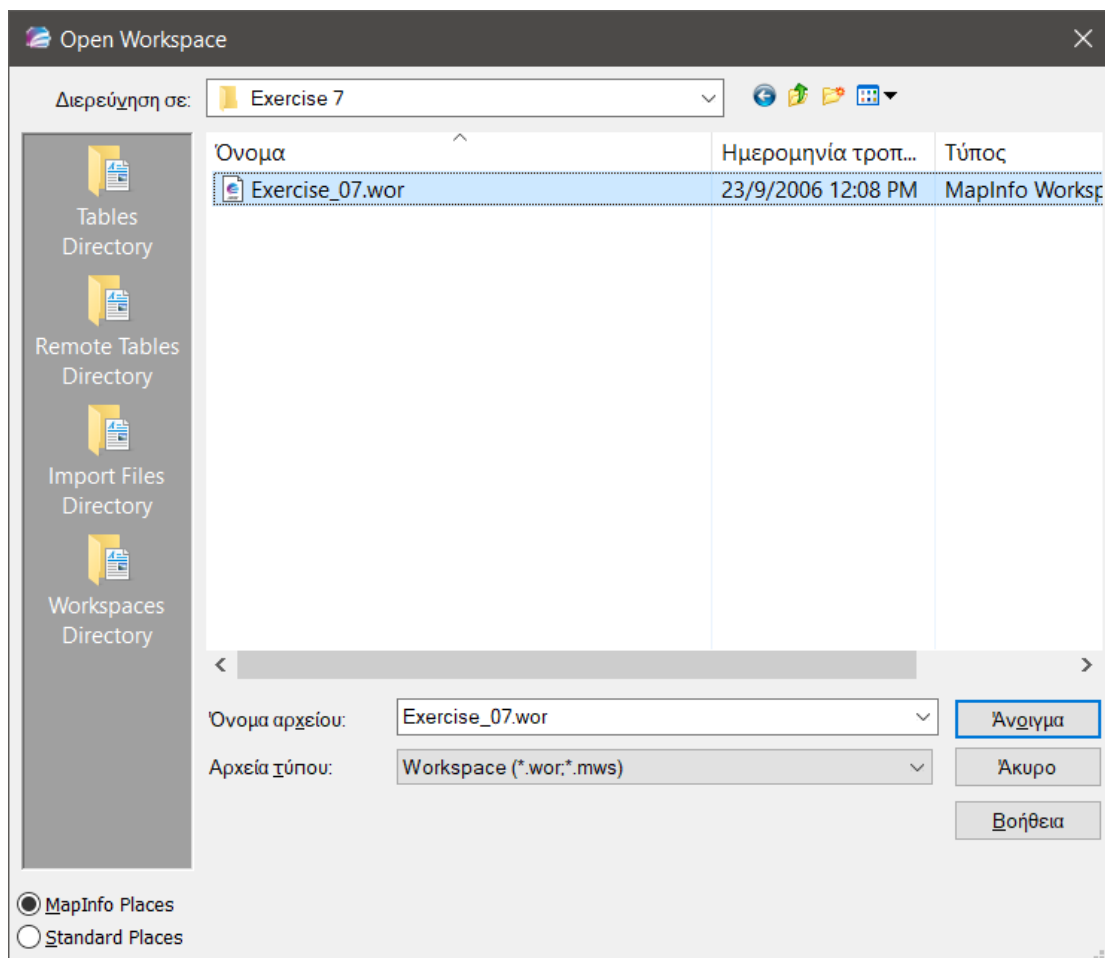


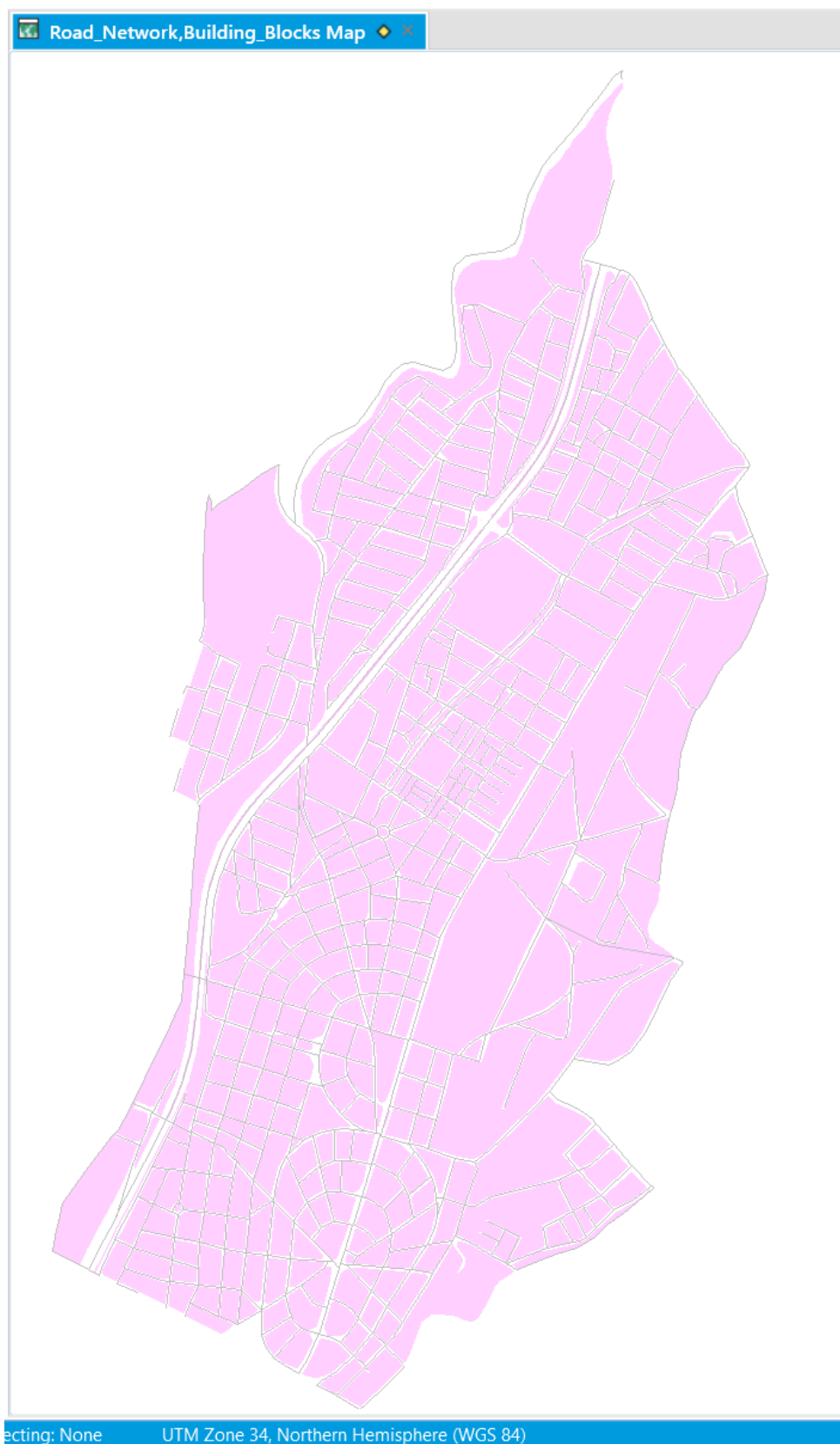
Μπορείτε να κλείσετε τους πίνακες και να προχωρήσετε στην επόμενη άσκηση.

Άσκηση 7 – Εισαγωγή Περιγραφικών Δεδομένων

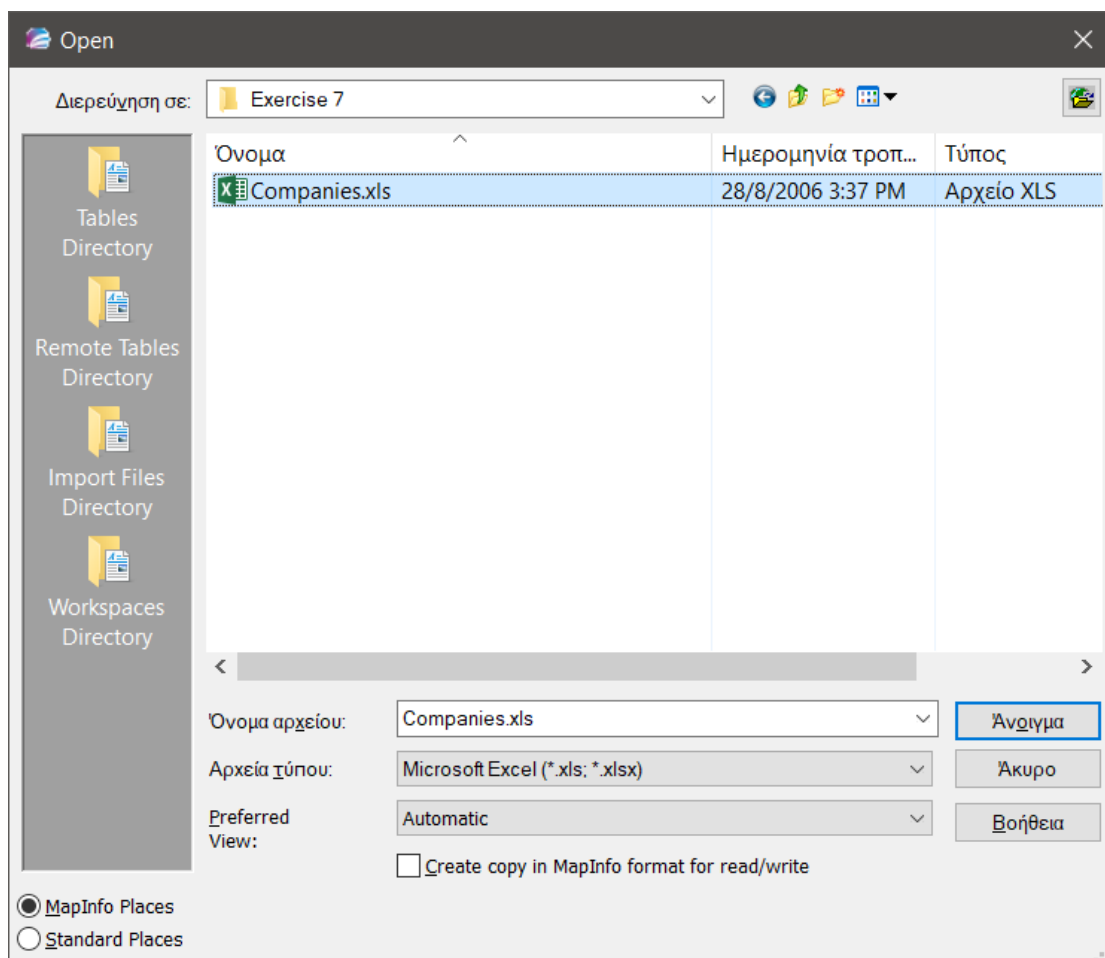
Στην άσκηση αυτή θα εισάγουμε περιγραφικά δεδομένα εταιρειών των οποίων η έδρα βρίσκεται στο δήμο της Νέας Φιλαδέλφειας. Την εισαγωγή των δεδομένων αυτών θα ακολουθήσει η γεωκωδικοποίησή τους με βάση υπάρχοντα στρώματα του πολεοδομικού χάρτη του δήμου.

1. Επιλέξτε το εικονίδιο Open > Open Workspace.
2. Επιλέξτε το αρχείο Exercise_07.wor που υπάρχει στο φάκελο της άσκησης 7, Exercise 7 και πατήστε το **Άνοιγμα**.

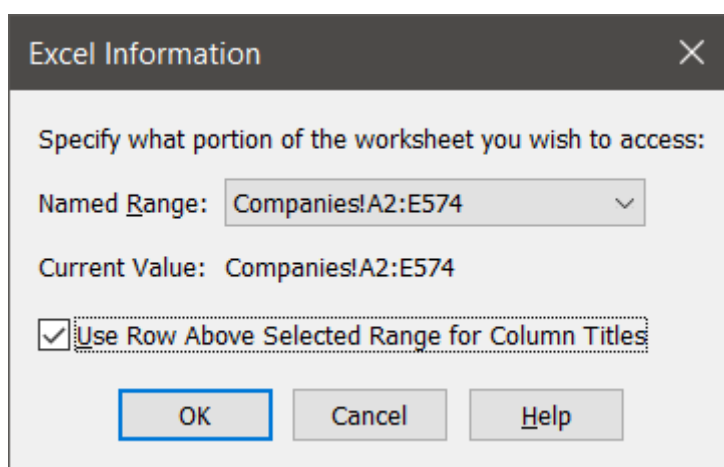




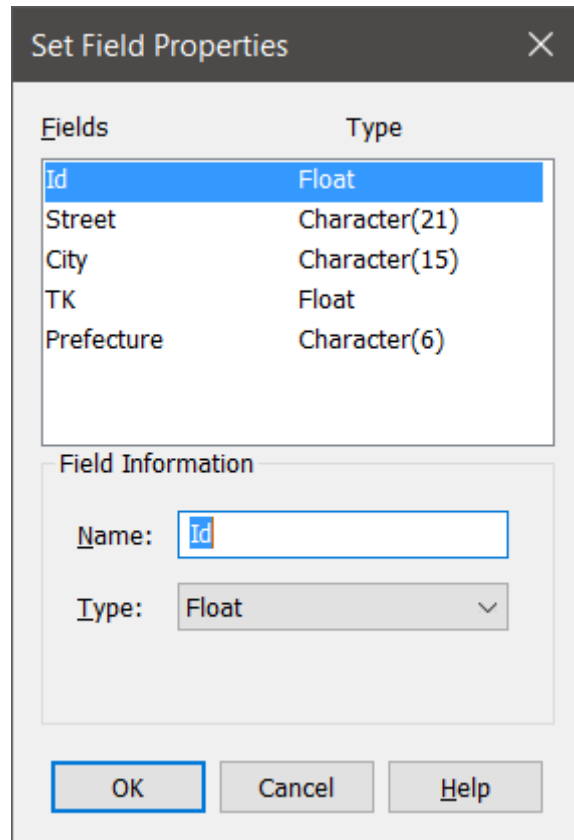
3. Επιλέξτε το εικονίδιο Open > Table και επιλέξτε τύπο αρχείου Microsoft Excel (*.xls). Επιλέξτε το αρχείο Companies.xls που υπάρχει στο φάκελο της άσκησης 7, Exercise 7.
4. Κάντε κλικ στο **Άνοιγμα**.



5. Στο παράθυρο Excel Information εμφανίζεται η περιοχή του φύλλου που περιέχει δεδομένα. Τσεκάρετε την επιλογή Use Row Above Selected Range for Column Titles καθώς η πρώτη γραμμή του φύλλου περιέχει τους τίτλους των πεδίων που περιέχει.
6. Κάντε κλικ στο **OK** για να γίνει η εισαγωγή.



7. Εμφανίζεται ένα παράθυρο που επιτρέπει την εξέταση των πεδίων και των τύπων τους καθώς και την τροποποίηση των τελευταίων.



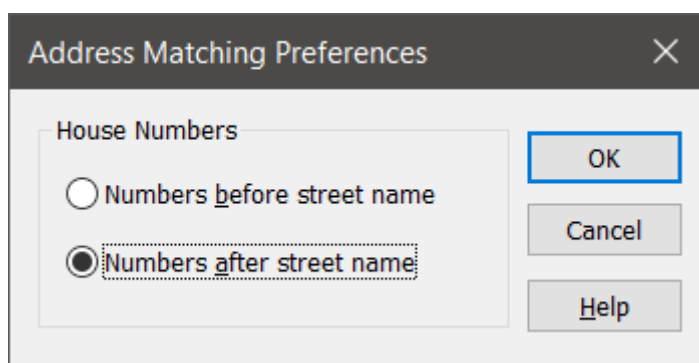
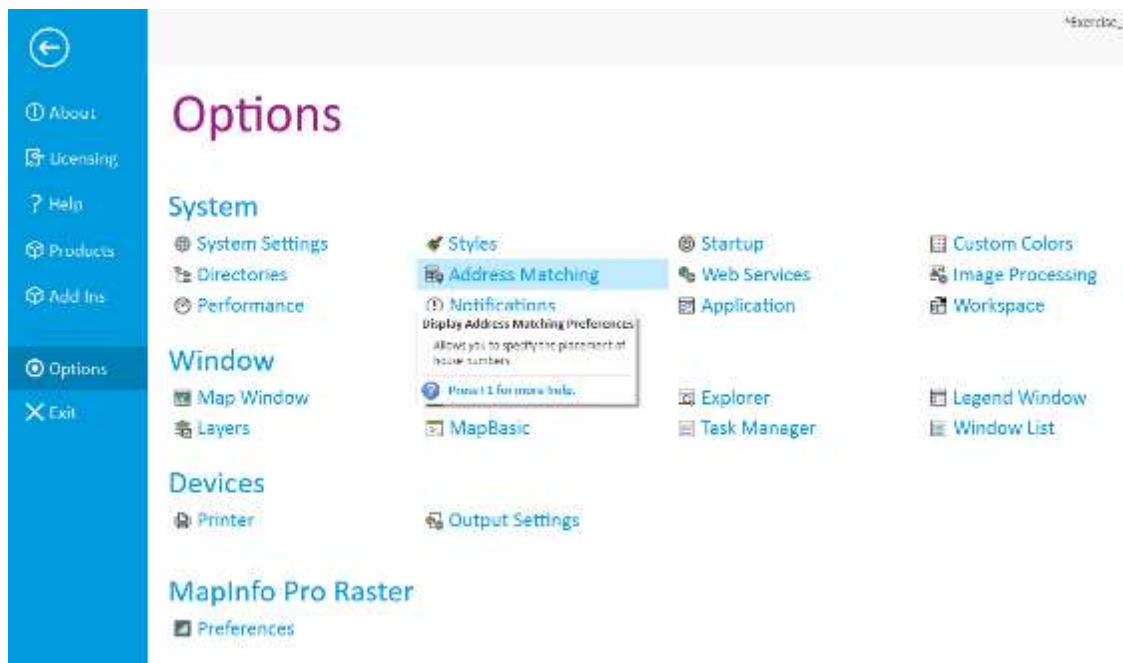
8. Παρατηρήστε τους διάφορους τύπους των πεδίων. Όταν τελειώσετε κάντε κλικ στο **OK**.

Id	Street	City	TK	Prefecture
1	ΑΝΤΙΟΧΕΙΑΣ 6	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
2	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 1	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
3	ΑΝΤΙΟΧΕΙΑΣ 36	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
4	ΑΝΤΙΟΧΕΙΑΣ 16	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
5	ΑΝΤΙΟΧΕΙΑΣ 18	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
6	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 4	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
7	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 17	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
8	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 29	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
9	ΑΔΡΙΑΝΟΥ 33	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ
10	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 18	ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	14,341	ΑΘΗΝΩΝ

Στόχος μας είναι τώρα να προστεθεί ο πίνακας με τις εταιρείες στον πολεοδομικό χάρτη. Για να γίνει αυτό όμως θα πρέπει πρώτα να κάνουμε την γεωκωδικοποίηση των περιγραφικών δεδομένων.

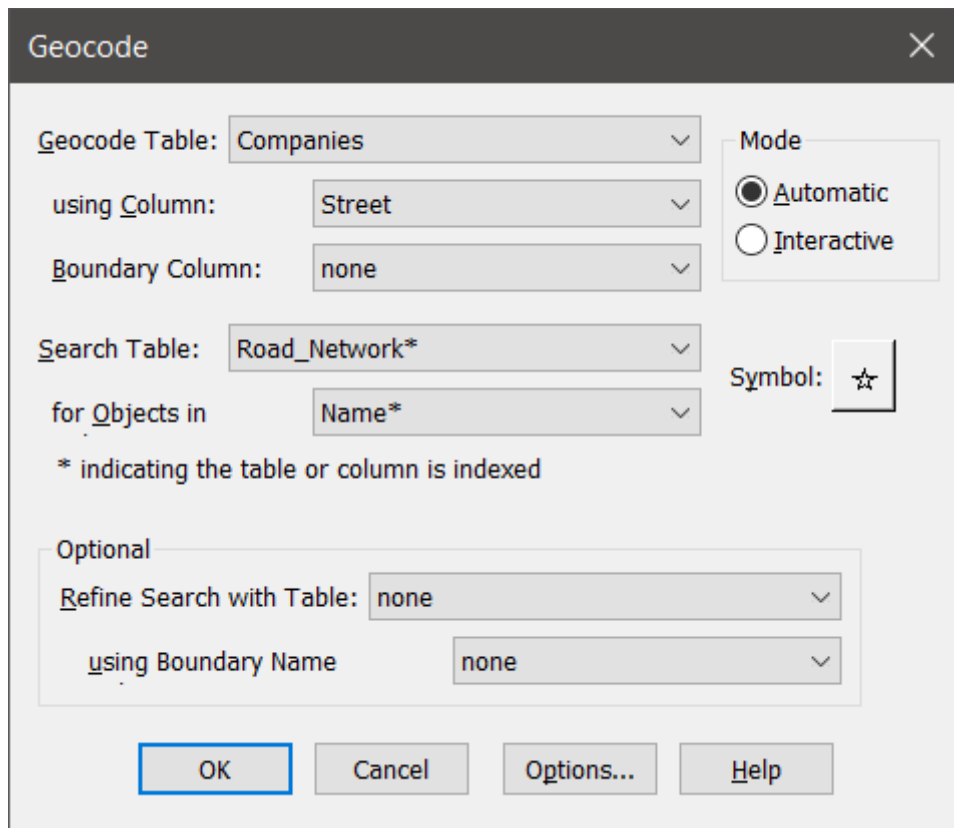
Η γεωκωδικοποίηση θα γίνει με βάση τις διευθύνσεις των εταιρειών. Θα πρέπει πρώτα να κάνουμε μια ρύθμιση στο MapInfo Professional για τον τρόπο που γράφονται οι διευθύνσεις στην Ελλάδα.

9. Επιλέξτε τη λειτουργία Options > Address Matching από τη λωρίδα PRO.

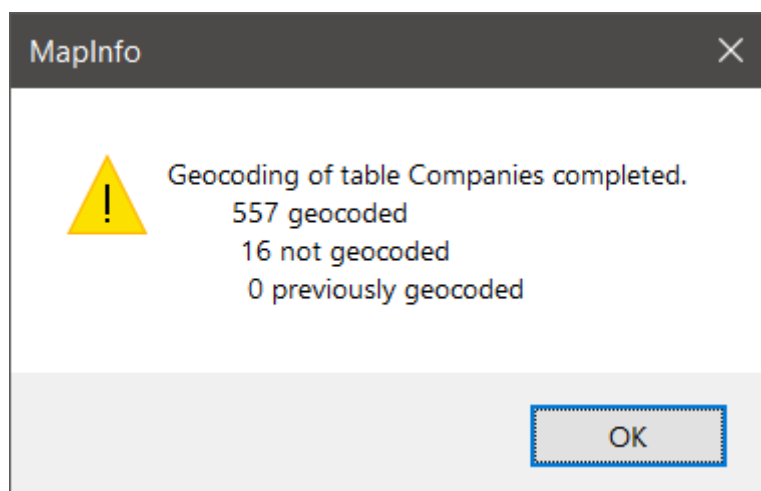


10. Τσεκάρτε την επιλογή Numbers after street name καθώς οι διευθύνσεις στην Ελλάδα έχουν τον αριθμό μετά την ονομασία της οδού, και στη συνέχεια πατήστε το **OK**.
11. Πατήστε το εικονίδιο με το βέλος πάνω αριστερά. Μπορούμε να προχωρήσουμε στην γεωκωδικοποίηση.
12. Επιλέξτε τη λειτουργία Spatial > Geocode από τη λωρίδα SPATIAL. Εμφανίζεται το παράθυρο Geocode.
13. Στο πεδίο Geocode Table επιλέγουμε τον πίνακα που πρόκειται να γεωκωδικοποιήσουμε, δηλαδή τον πίνακα Companies.
14. Επιλέγουμε την στήλη που θα χρησιμοποιήσουμε για την γεωκωδικοποίηση στο πεδίο using Column, δηλαδή την στήλη Street.

15. Στο πεδίο Search Table επιλέγουμε τον πίνακα Road Network στον οποίο θα αντιστοιχήσουμε τις εταιρείες. Ο πίνακας αυτός περιέχει όλους τους δρόμους.
16. Στο πεδίο for objects in Column επιλέγουμε τη στήλη Name.
17. Τέλος επιλέγουμε να γίνει η γεωκωδικοποίηση αυτόματα τσεκάροντας τη σχετική επιλογή: Mode Automatic.



18. Κάνουμε κλικ στο **OK**. Γίνεται η γεωκωδικοποίηση και εμφανίζεται ένα παράθυρο αναφοράς με τα αποτελέσματα. Παρατηρείστε ότι δεν έγινε η γεωκωδικοποίηση όλων των εταιρειών. Αυτό οφείλεται σε ελλιπή ή διαφορετική αναφορά της διεύθυνσης τους.



Θα πρέπει τις εταιρείες που δεν έγινε η γεωκωδικοποίηση τους να τις αντιμετωπίσουμε λίγο διαφορετικά.

19. Επιλέξτε και πάλι τη λειτουργία Spatial > Geocode.
20. Επιλέξτε μη-αυτόματη γεωκωδικοποίηση τσεκάροντας το Mode Interactive.

Geocode

Geocode Table: Companies

using Column: Street

Boundary Column: none

Search Table: Road_Network*

for Objects in: Name*

* indicating the table or column is indexed

Mode

Automatic

Interactive

Symbol: ☆

Optional

Refine Search with Table: none

using Boundary Name: none

OK Cancel Options... Help

21. Επίσης κάντε κλικ στο Options.
22. Επιλέξτε επιπρόσθετη στήλη αντιστοίχησης (Display Additional Column) τον ταχυδρομικό κώδικα **TK**.
23. Τσεκάρετε επίσης την επιλογή Use the Closest Address Number για να γίνει γεωκωδικοποίηση στον πλησιέστερο αριθμό οδού.
24. Πατήστε το **OK** σε αυτό και στο προηγούμενο παράθυρο.

Geocode Options

Display Additional Column: TK

Put Result Code in Column: none

Skip Records that already failed to Geocode

Offset Address Location

10 metres back from street

Inset Address Location

15 percent from ends of

10 metres from ends of

When an exact match cannot be found:

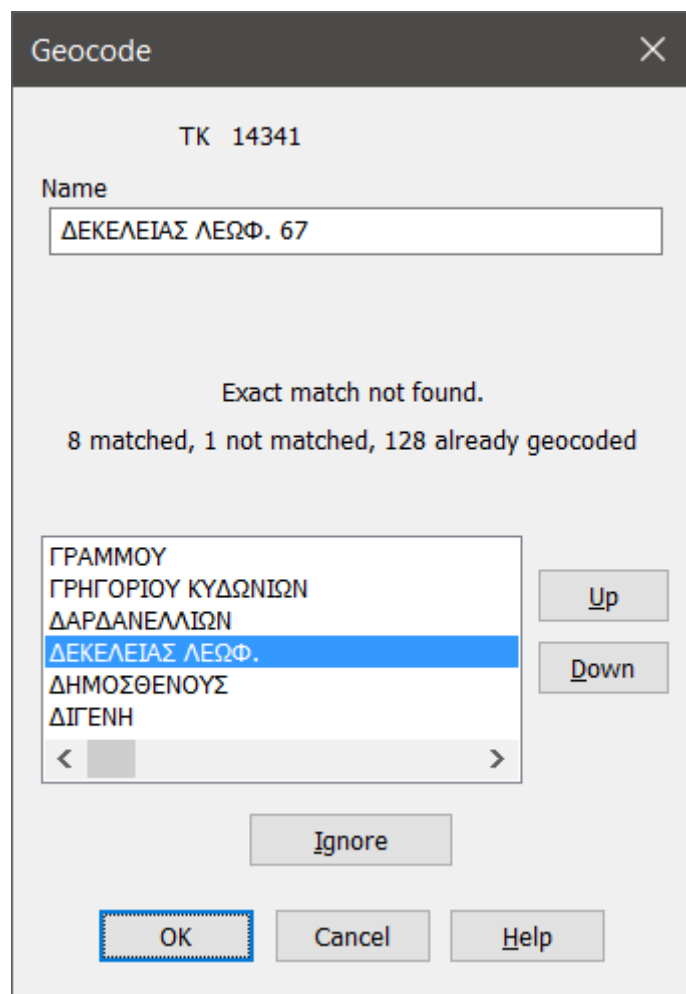
Try Substitutions from "MAPINFOW.ABB"

Use the Closest Address Number

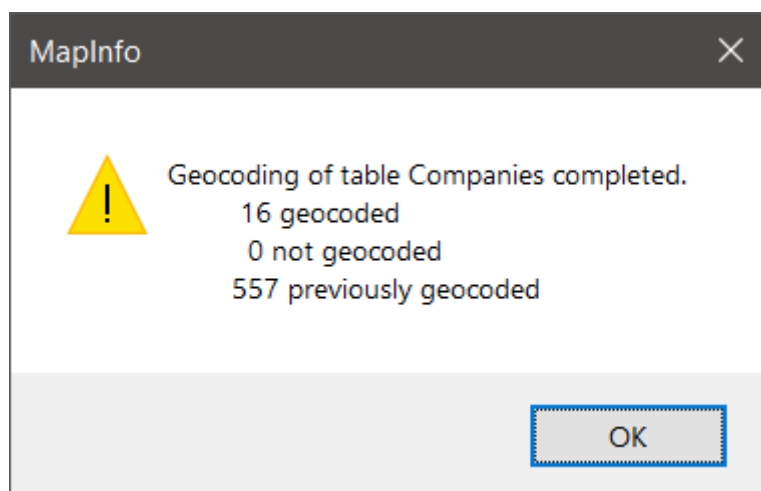
Use a Match Found in a Different Boundary

OK Cancel Help

25. Εμφανίζονται μία-μία οι εταιρείες που δεν είχαν γεωκωδικοποιηθεί αυτόματα και εμείς επιβεβαιώνουμε την μη-αυτόματη γεωκωδικοποίηση τους πατώντας το **OK**.

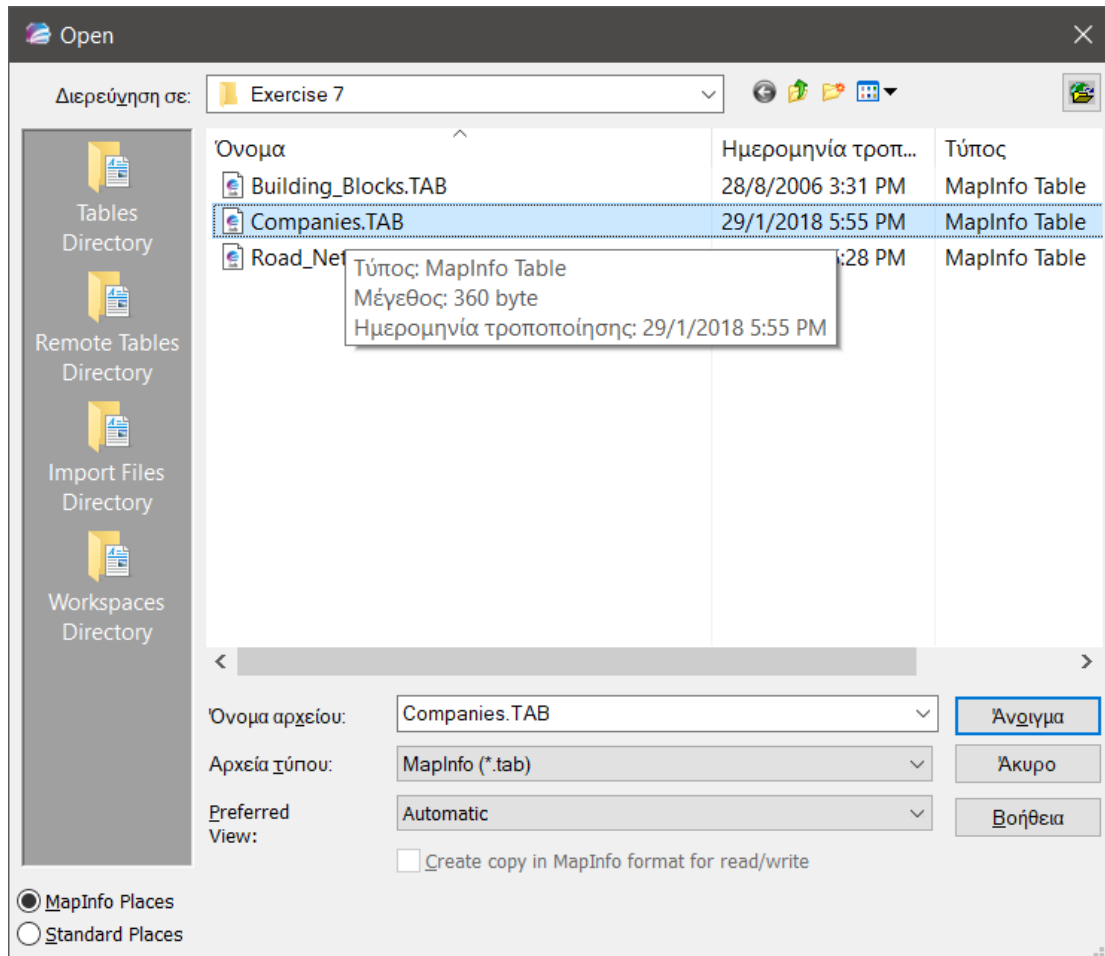


26. Όταν ολοκληρωθεί η μη-αυτόματη γεωκωδικοποίηση μπορούμε να προχωρήσουμε στην εμφάνιση του χάρτη του δήμου με τις εταιρείες.

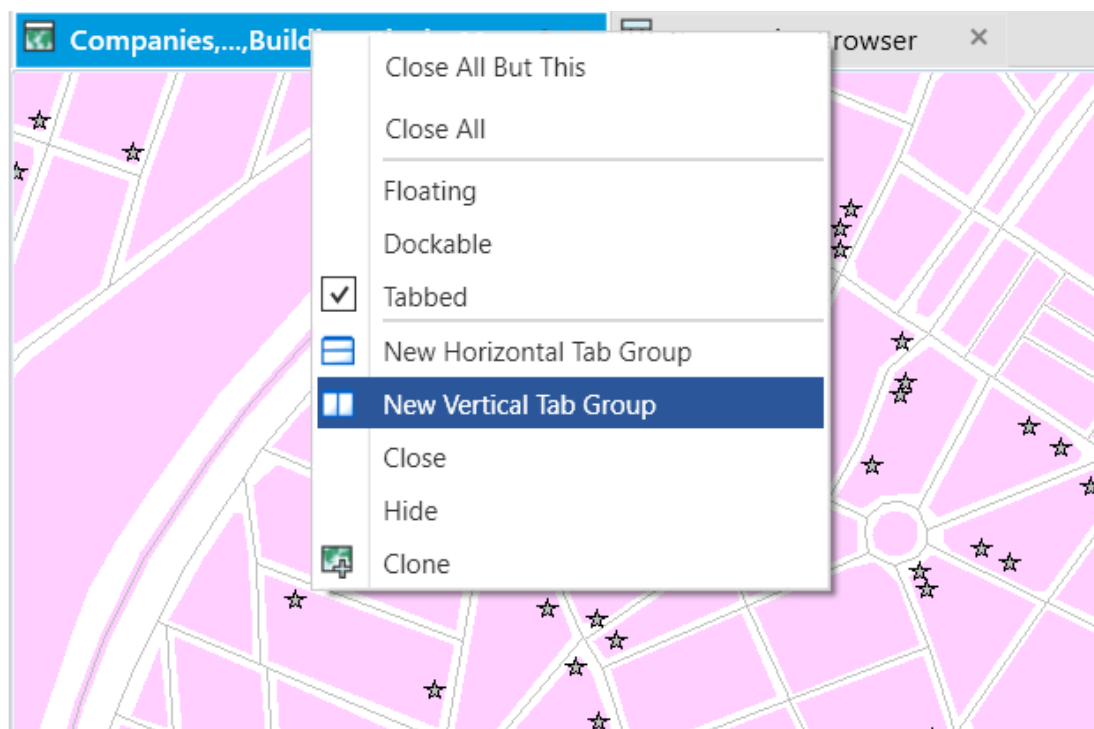


27. Πατήστε το **OK** στο μήνυμα που εμφανίζεται.
28. Πηγαίστε στο παράθυρο με τον χάρτη και επιλέξτε το εικονίδιο Open > Table από την λωρίδα HOME για να ανοίξετε το νέο στρώμα

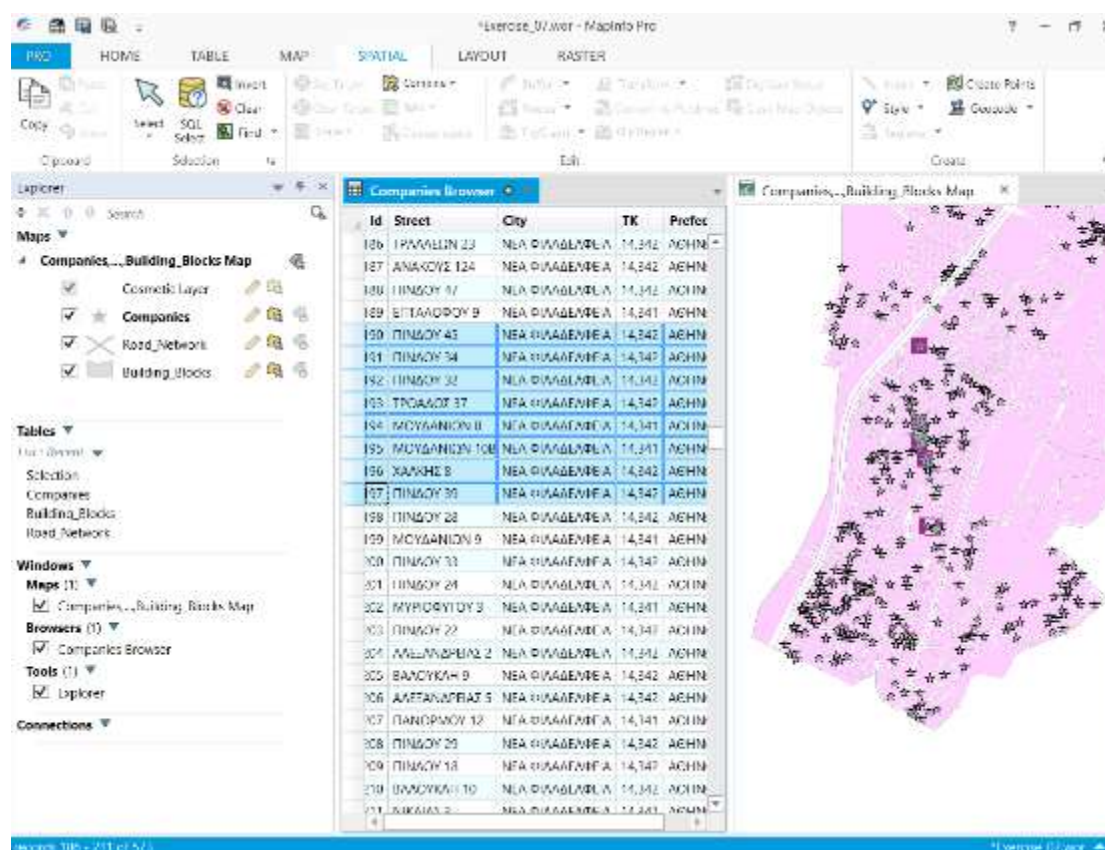
Companies.tab με τα σημεία που έχουν δημιουργηθεί μετά την γεωκωδικοποίηση.



29. Πατήστε το **Άνοιγμα** – τα σημεία θα προστεθούν στον ήδη υπάρχοντα χάρτη.
30. Κάντε δεξί κλικ πάνω στην επικεφαλίδα του χάρτη και επιλέξτε τη λειτουργία New Vertical Tab Group. Έτσι θα εμφανιστούν τα δύο παράθυρα το ένα δίπλα στο άλλο.



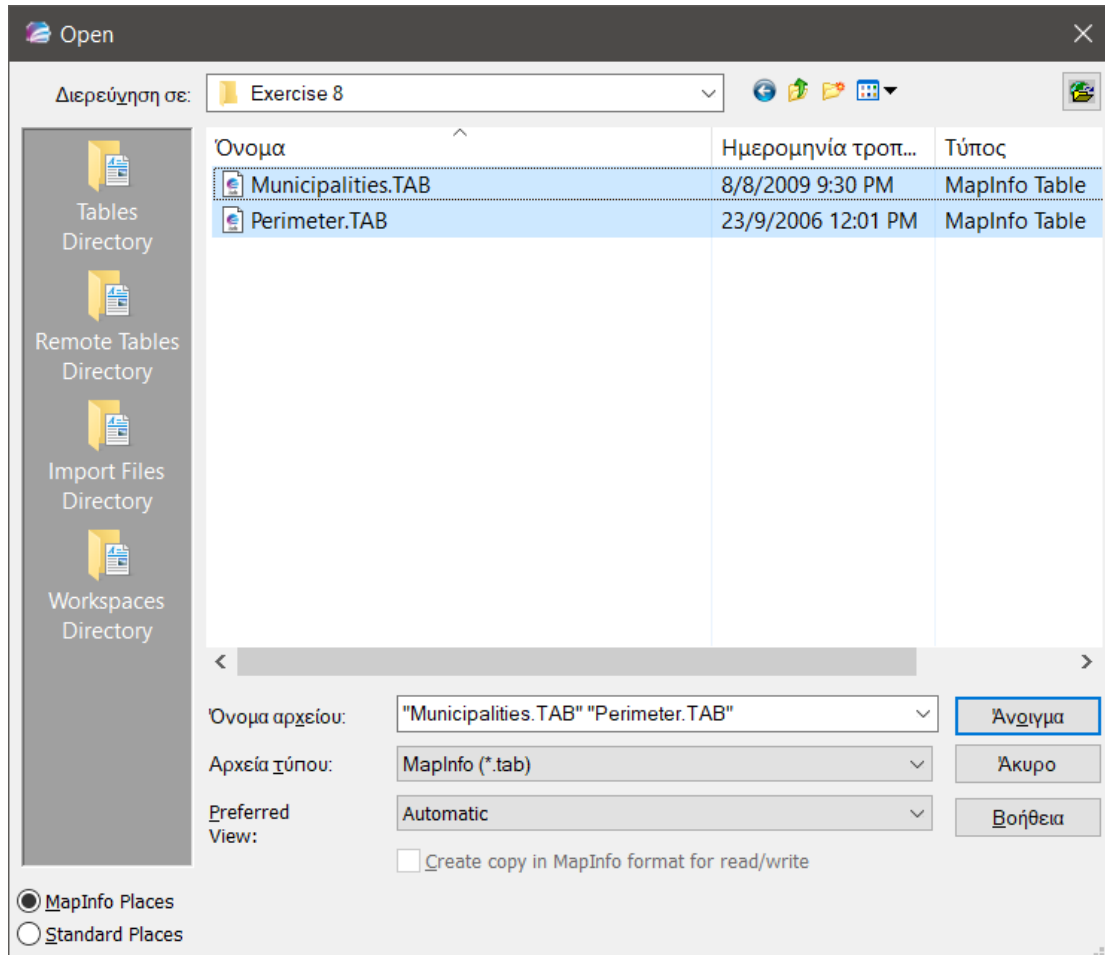
Εμφανίζεται ο χάρτης του δήμου με τις εταιρείες. Επιλέξτε κάποιες από αυτές στο χάρτη και δείτε πως επιλέγονται και στον σχετικό πίνακα. Δοκιμάστε και το αντίστροφο.



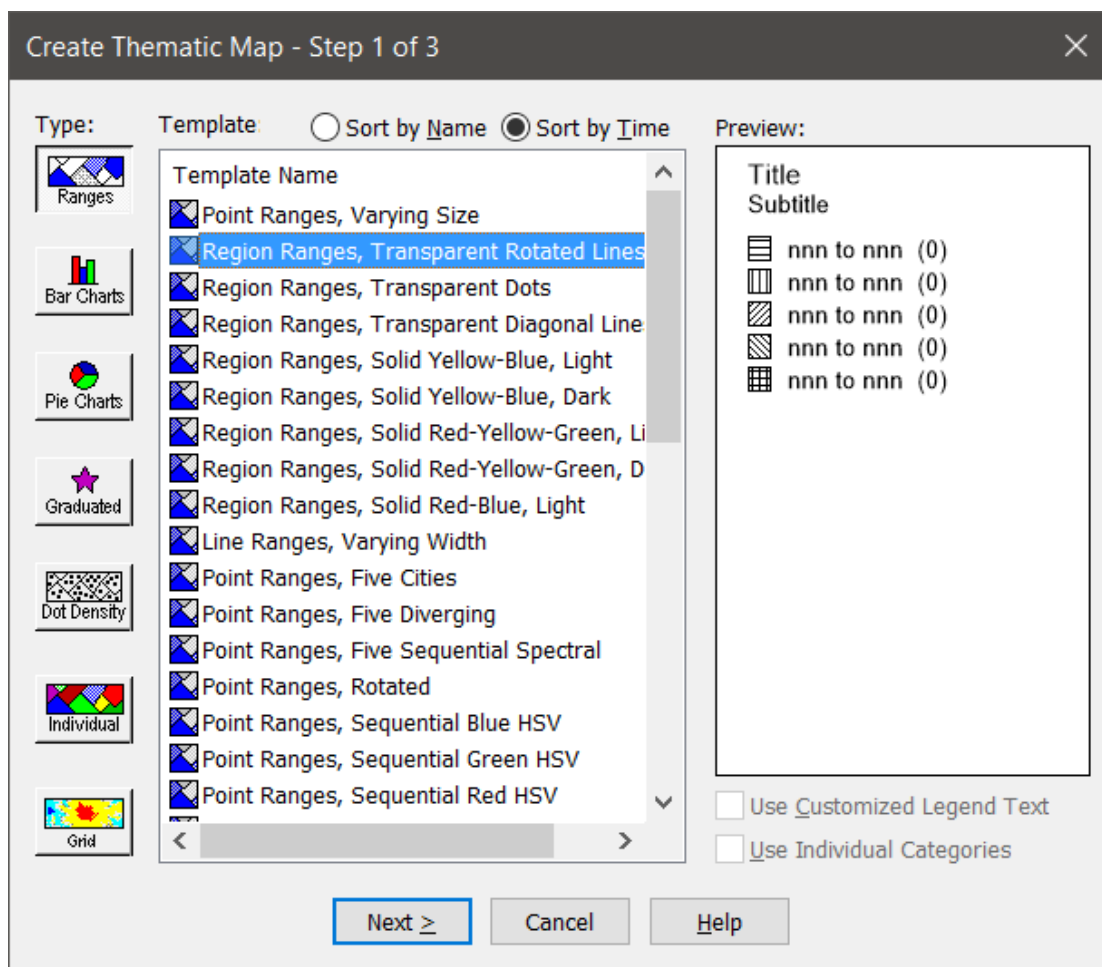
Άσκηση 8 – Θεματικοί Χάρτες

Στην άσκηση αυτή θα κατασκευάσουμε θεματικό χάρτη ο οποίος θα περιέχει πληροφορίες για τον πληθυσμό της νήσου Λέσβου.

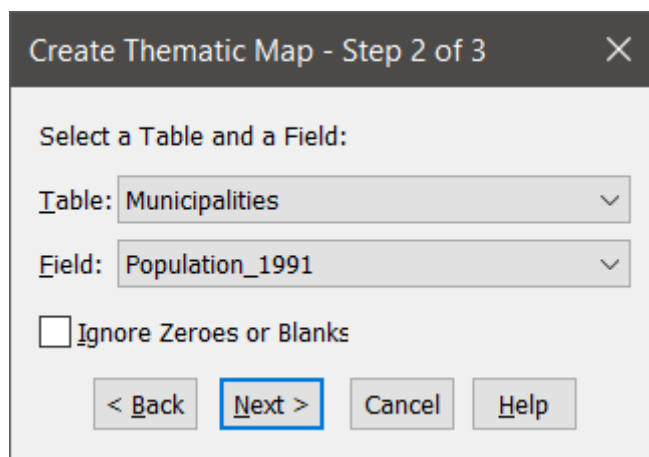
1. Από το φάκελο της άσκησης 8, ανοίξτε τα δύο επίπεδα Perimeter και Municipalities με τη λειτουργία Open > Table.



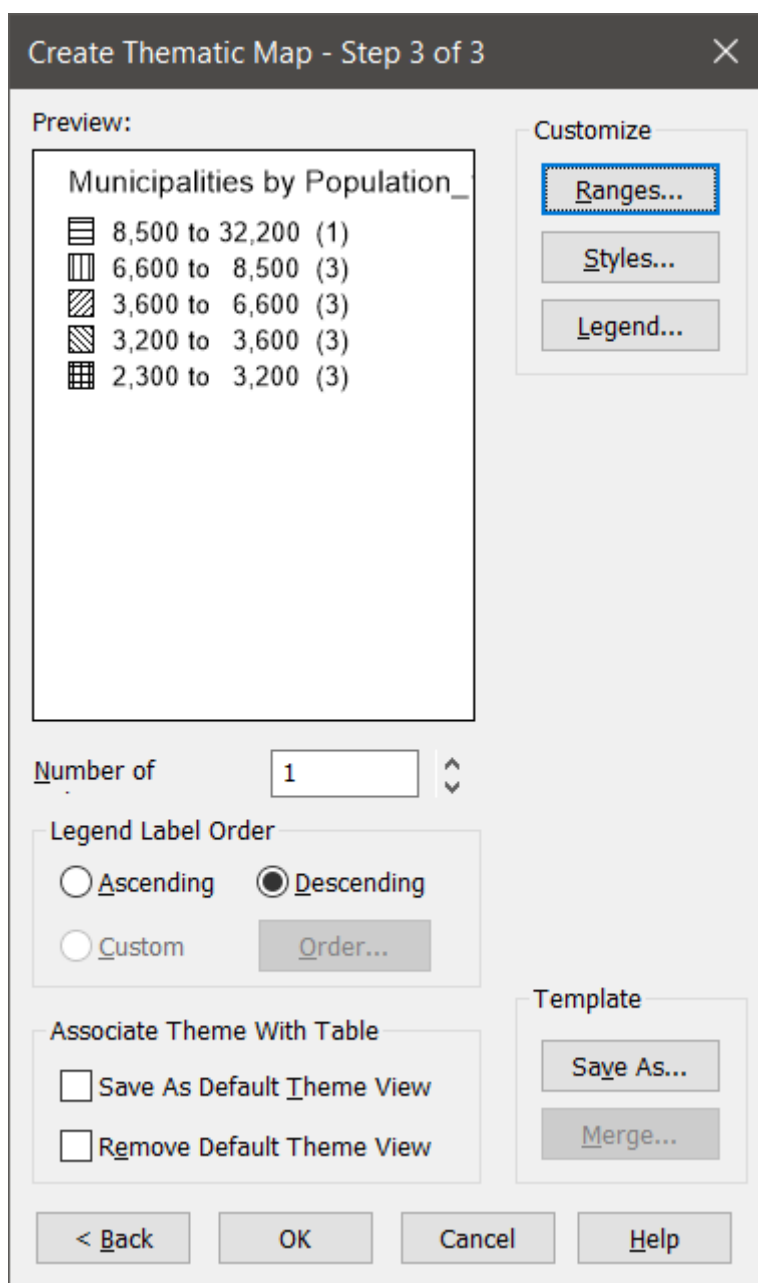
2. Στη συνέχεια επιλέξτε τη λειτουργία Add Theme από την λωρίδα MAP. Εμφανίζεται το σχετικό παράθυρο.
3. Επιλέξτε τύπο Ranges και Template Name, Region Ranges, Transparent Rotated Lines. Ο τύπος αυτός θεματικού επιπέδου γεμίζει περιοχές με γραμμικά σχήματα ανάλογα με διάφορα εύρη τιμών μιας μεταβλητής.



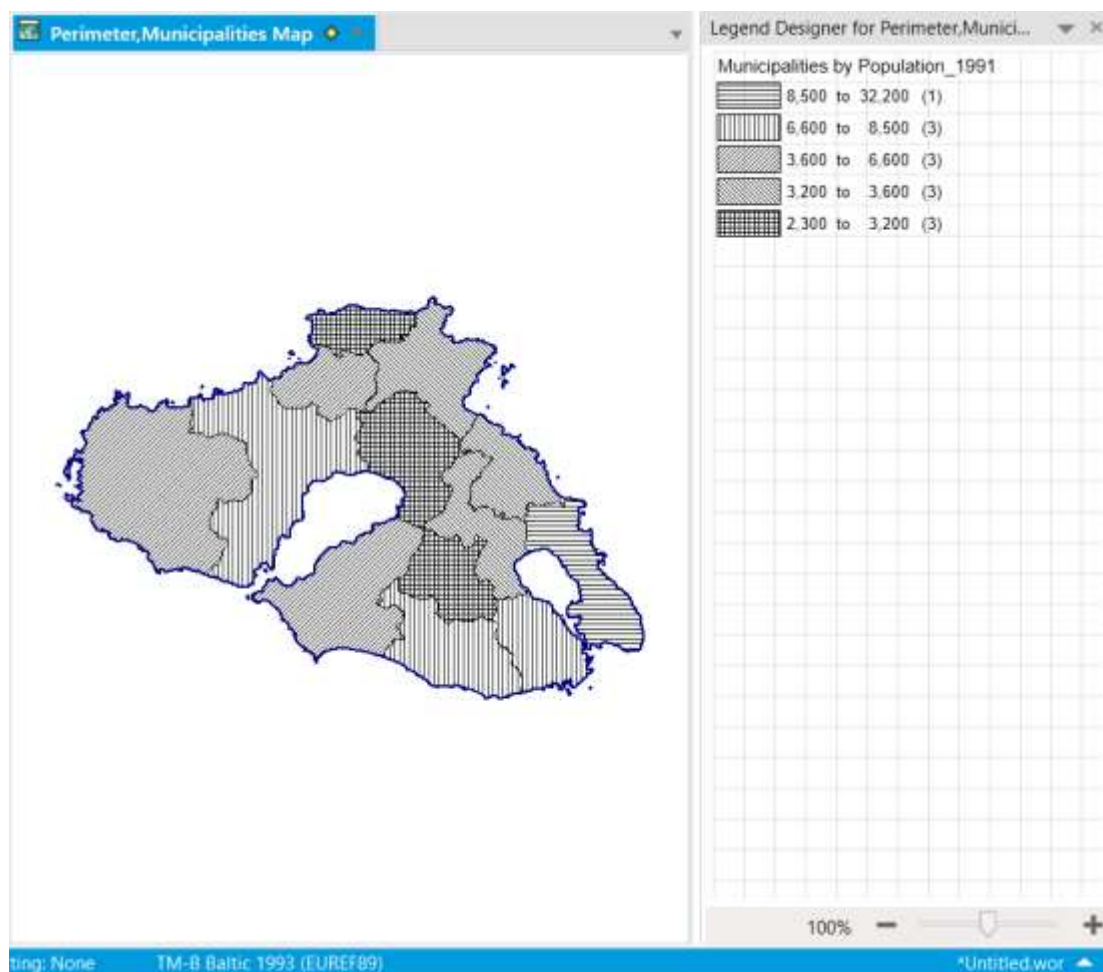
4. Πατήστε το Next. Στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέξτε τον πίνακα Municipalities και το πεδίο Population_1991 που αφορά τον πληθυσμό της νήσου ανά δήμο το 1991.



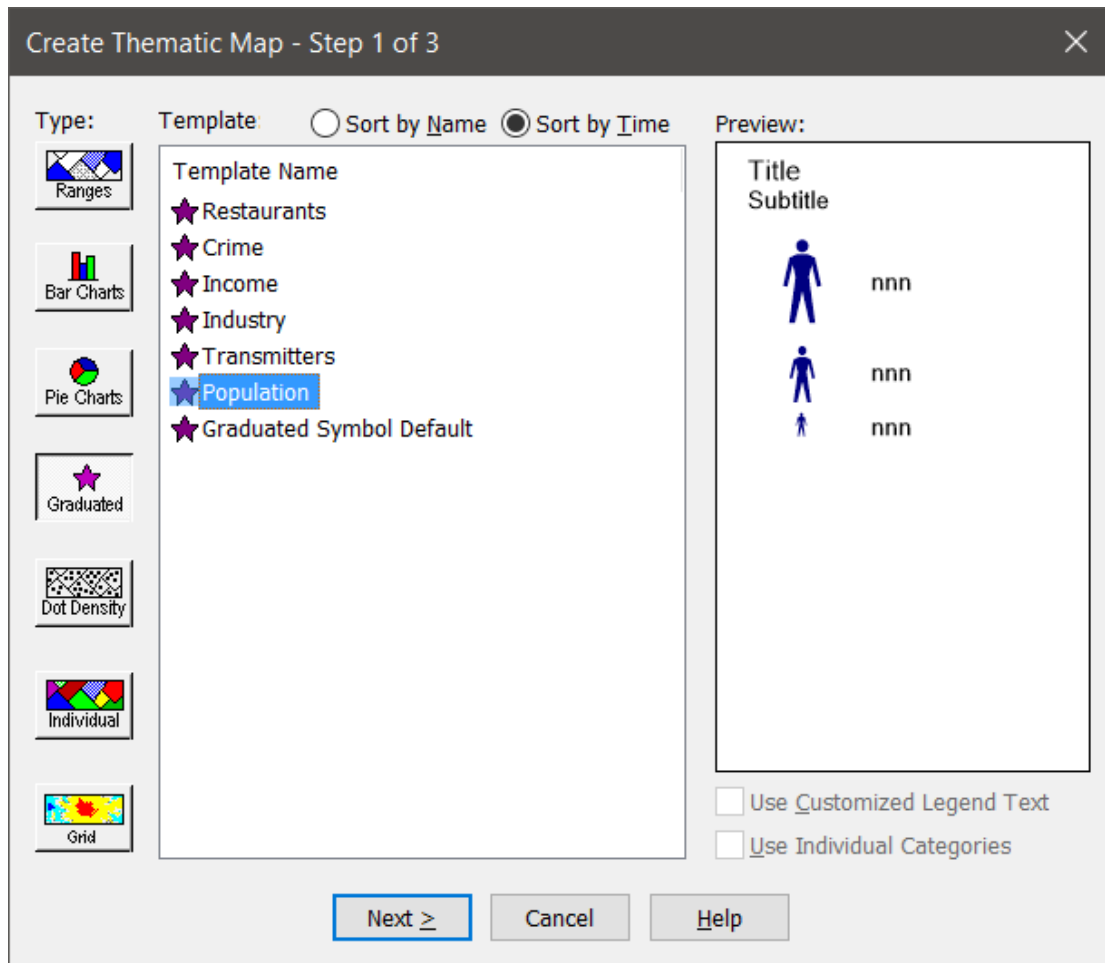
5. Πατήστε το Next. Στο παράθυρο που ακολουθεί βλέπετε τις διάφορες κατηγορίες πληθυσμού και τα όρια τους καθώς και το πόσοι δήμοι πέφτουν σε κάθε κατηγορία.



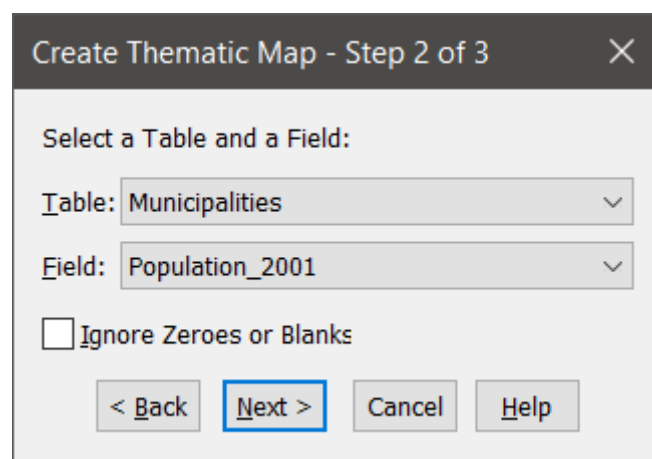
6. Πατήστε το **OK**. Εμφανίζεται ο παρακάτω θεματικός χάρτης και το σχετικό υπόμνημα.



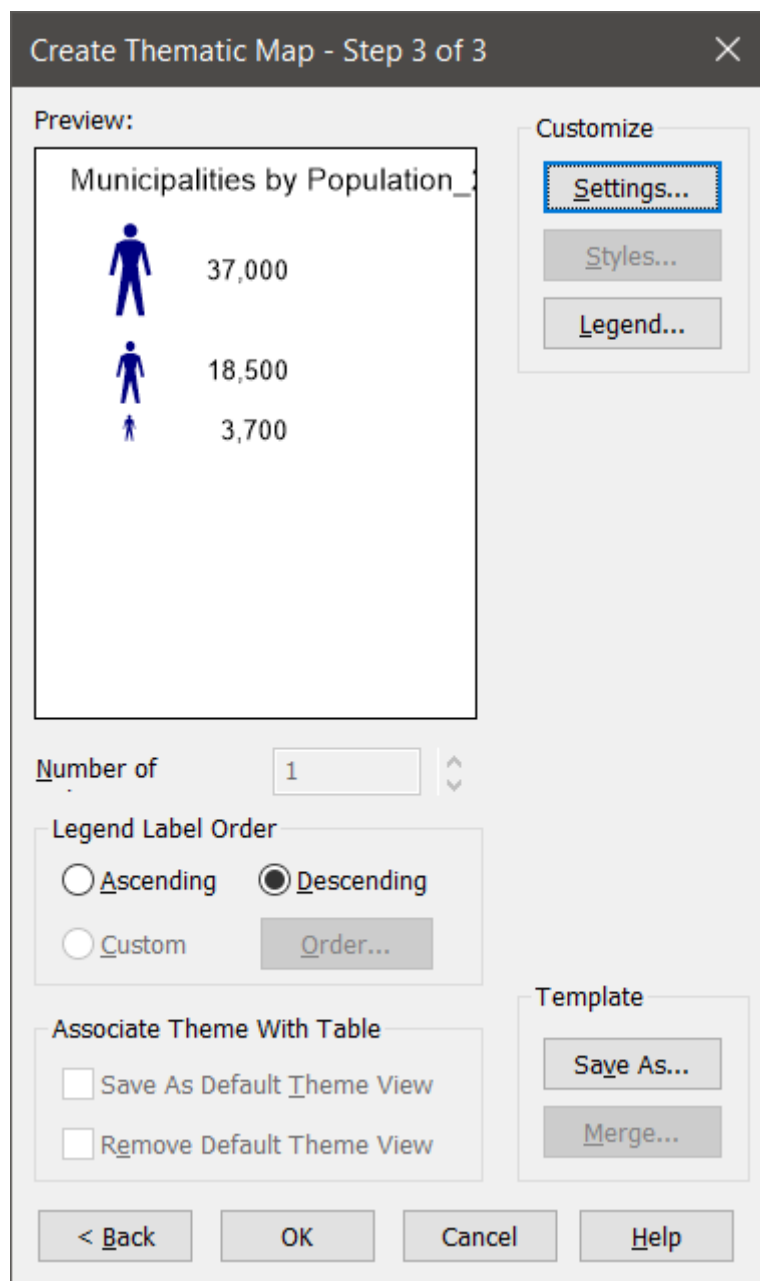
7. Στο επόμενο βήμα θα προσθέσουμε σύμβολα στο χάρτη μας τα οποία θα διαφέρουν σε διαστάσεις ανάλογα με τον πληθυσμό του κάθε δήμου το 2001. Επιλέξτε και πάλι τη λειτουργία Add Theme.
8. Επιλέξτε το τύπο Graduated και το πρότυπο Population.



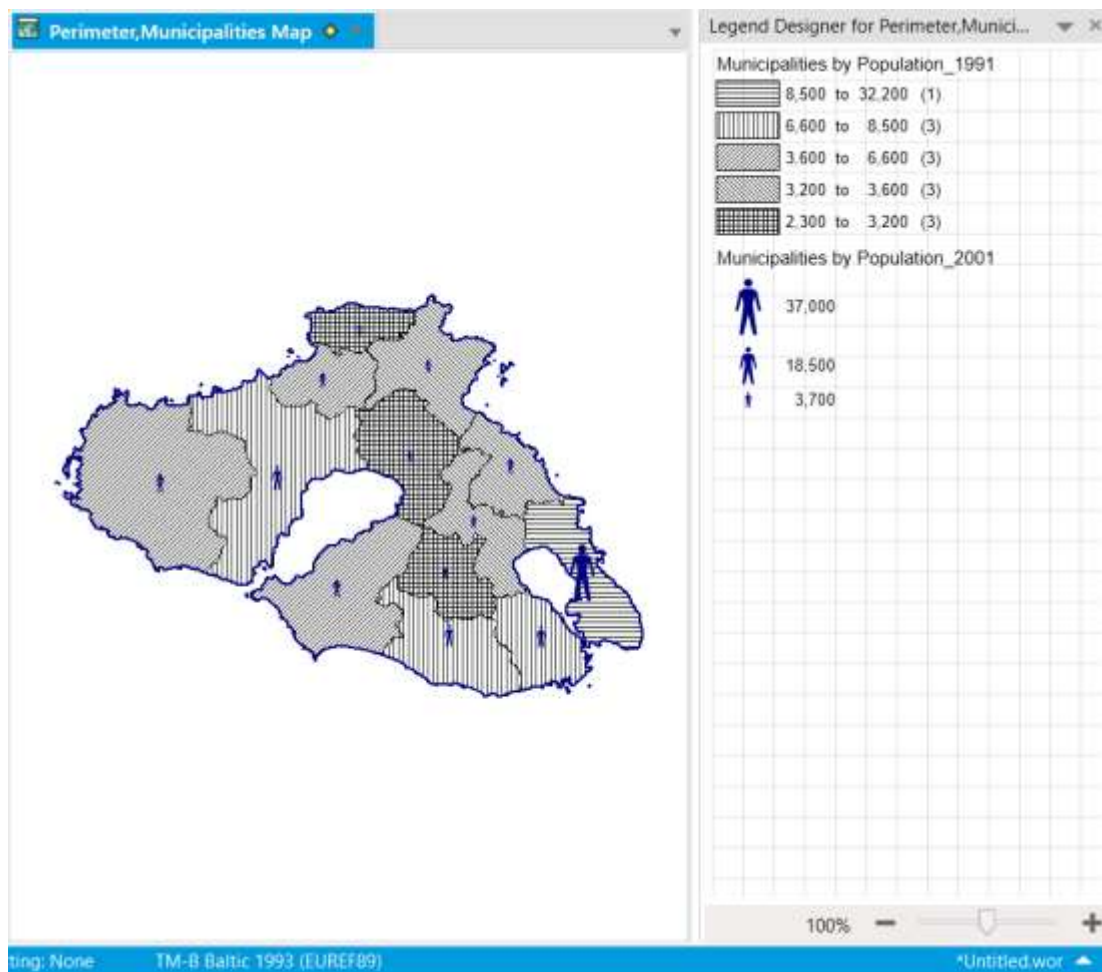
9. Πατήστε το Next. Επιλέξτε τον πίνακα Municipalities και το πεδίο Population_2001.



10. Πατήστε το Next. Στο επόμενο παράθυρο πατήστε το **OK**.

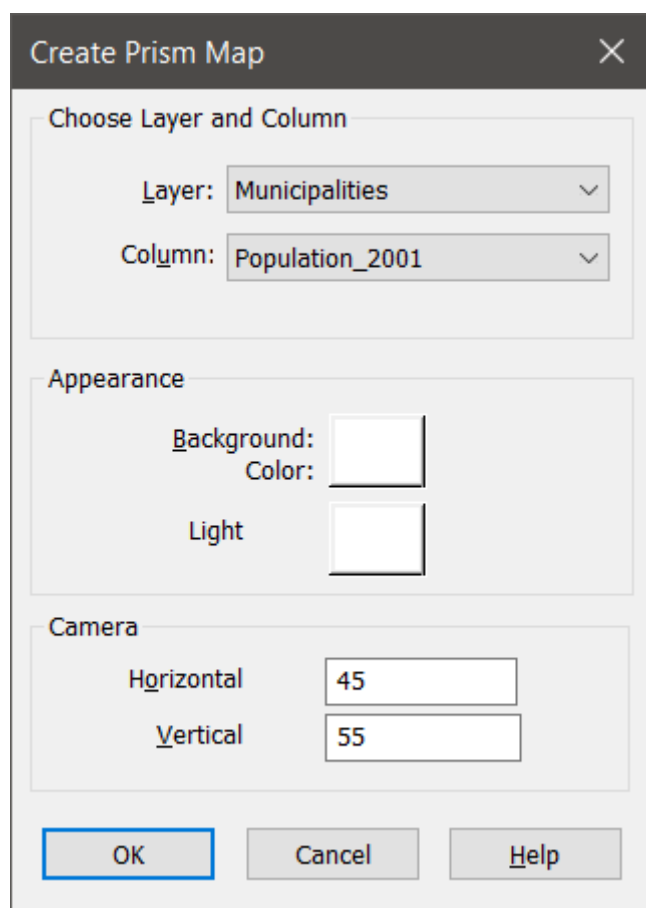


Εμφανίζονται και τα σύμβολα στο χάρτη μας. Μπορείτε να πειραματιστείτε όσο θέλετε με τους διάφορους τύπους θεματικών επιπέδων και τα διάφορα πρότυπα. Τα πρότυπα μπορούν επίσης να διαμορφωθούν μέσω της επιλογής Settings που υπάρχει στο τελευταίο από τα τρία παράθυρα δημιουργίας θεματικού επιπέδου.

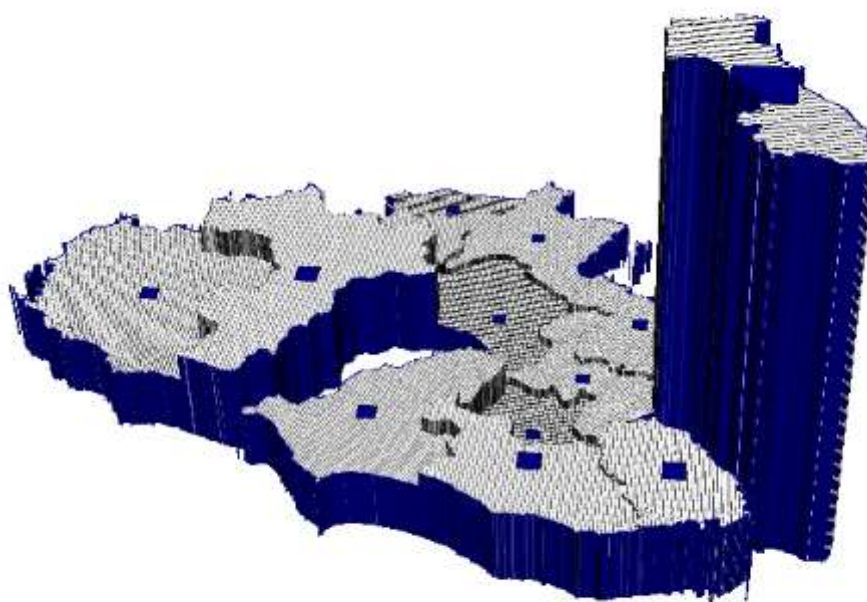


Ένας άλλος τρόπος να εξετάσει κανείς τον πληθυσμό των δήμων και τις διαφορές που υπάρχουν είναι με την κατασκευή ενός πρισματικού χάρτη.

11. Επιλέξτε τη λειτουργία Prism Map από τη λωρίδα HOME.
12. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέξτε τον πίνακα Municipalities και το πεδίο Population_2001. Κάντε κλικ στο **OK**.



Εμφανίζεται και ο πρισματικός χάρτης.



Άσκηση 9 – Σύνθετα Ερωτήματα

Στην άσκηση αυτή θα χρησιμοποιήσουμε την γλώσσα αναζήτησης SQL (Structured Query Language) για να θέσουμε σύνθετα ερωτήματα προς τη βάση γεωγραφικών δεδομένων. Η απάντηση στα ερωτήματα που θέτουμε ή το αποτέλεσμα μιας αναζήτησης είναι ουσιαστικά ένα υποσύνολο των δεδομένων της βάσης. Τα ερωτήματα μπορούν να έχουν αρκετά πολύπλοκη δομή και να εκμεταλλεύονται τόσο το αριθμητικό και αλφαριθμητικό περιεχόμενο των πεδίων όσο και τη γεωγραφική θέση των αντικειμένων. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι γεωγραφικοί τελεστές του MapInfo Professional και μια μικρή επεξήγηση της λειτουργίας τους. Πέραν αυτών, υπάρχουν και οι κλασσικοί λογικοί, αριθμητικοί και αλφαριθμητικοί τελεστές οι οποίοι δεν απαιτούν ιδιαίτερη ανάλυση.

Γεωγραφικοί Τελεστές

Contains	Το αντικείμενο A περιέχει το αντικείμενο B εάν το κέντρο βάρους του B είναι εντός των ορίων του A.
Contains Entire	Το αντικείμενο A περιέχει ολόκληρο το αντικείμενο B εάν το όριο του B είναι εντελώς εντός του ορίου του A.
Contains Part	Το αντικείμενο A περιέχει μέρος του αντικειμένου B εάν το όριο του B είναι μερικώς εντός του ορίου του A.
Within	Το αντικείμενο A είναι εντός του αντικειμένου B εάν το κέντρο βάρους του είναι εντός του ορίου του B.
Entirely Within	Το αντικείμενο A είναι εντελώς εντός του αντικειμένου B εάν το όριο του A είναι εντελώς εντός του ορίου του B.
Partly Within	Το αντικείμενο A είναι μερικώς εντός του B εάν το όριο του A είναι μερικώς εντός του ορίου του B.
Intersects	Το αντικείμενο A τέμνει το αντικείμενο B εάν έχουν τουλάχιστον ένα κοινό σημείο.

Στα ερωτήματα μπορούμε επίσης να χρησιμοποιούμε μια σειρά από συναρτήσεις, ορισμένες εκ των οποίων βοηθούν στον υπολογισμό γεωγραφικών πληροφοριών.

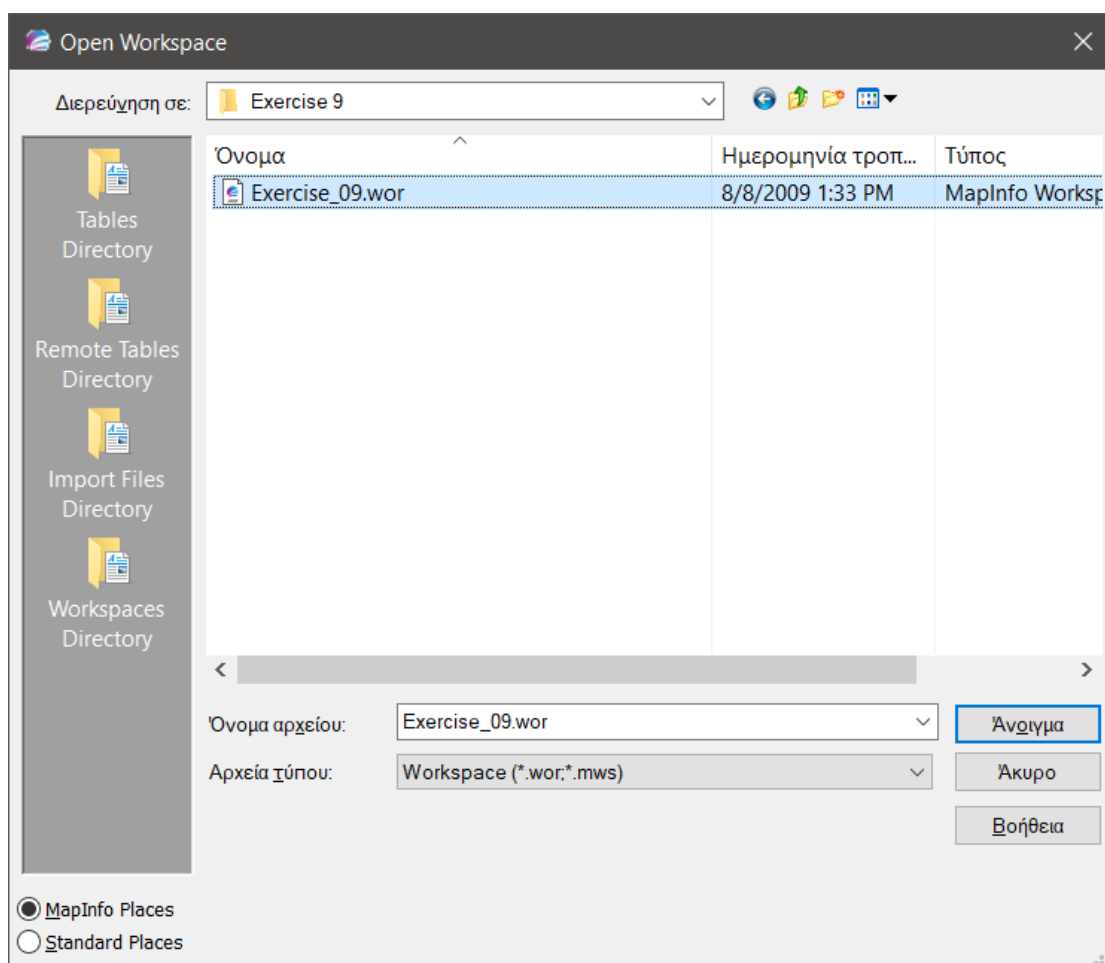
Γεωγραφικές Συναρτήσεις

Συνάρτηση	Περιγραφή
Area(<i>obj</i> , <i>str</i>)	Επιστρέφει το εμβαδό ενός αντικειμένου. Η παράμετρος <i>str</i> καθορίζει τη μονάδα μέτρησης όπως "sq mi" ή "sq km".
CentroidX(<i>obj</i>)	Επιστρέφει τη συντεταγμένη X του κέντρου βάρους του αντικειμένου.
CentroidY(<i>obj</i>)	Επιστρέφει τη συντεταγμένη Y του κέντρου βάρους του αντικειμένου.

Distance(<i>num_x</i> , <i>num_y</i> , <i>num_x2</i> , <i>num_y2</i> , <i>str</i>)	Επιστρέφει την απόσταση μεταξύ δύο θέσεων που ορίζονται από τις συντεταγμένες τους. Η παράμετρος <i>str</i> καθορίζει τη μονάδα μέτρησης, όπως "mi" ή "km".
ObjectLen(<i>obj</i> , <i>str</i>)	Επιστρέφει το μήκος ενός αντικειμένου. Η παράμετρος <i>str</i> καθορίζει τη μονάδα μέτρησης, όπως "mi" ή "km". Μόνο οι γραμμές, οι πολυγραμμές και τα τόξα έχουν μη-μηδενικά μήκη.
Perimeter(<i>obj</i> , <i>str</i>)	Επιστρέφει την περίμετρο ενός αντικειμένου. Η παράμετρος <i>str</i> καθορίζει τη μονάδα μέτρησης, όπως "mi" ή "km". Μόνο αντικείμενα περιοχής, έλλειψης, και ορθογώνια έχουν μη-μηδενικές περιμέτρους.

Ας προχωρήσουμε στο πρώτο σύνθετο ερώτημα. Ανοίξτε το χώρο εργασίας της άσκησης 9.

1. Επιλέξτε τη λειτουργία Open > Open Workspace και ανοίξτε το χώρο εργασίας Exercise_09.wor από το φάκελο της άσκησης 9, Exercise 9.



2. Ανοίγουν τέσσερις πίνακες με χωρικά και περιγραφικά δεδομένα.
3. Επιλέξτε τη λειτουργία SQL Select από τη λωρίδα TABLE.

Εμφανίζεται το παράθυρο SQL Select. Το παράθυρο αυτό αποτελείται από διάφορα τμήματα. Στο πάνω δεξιά τμήμα, δίνονται λίστες με όλους τους διαθέσιμους πίνακες, τις στήλες, τους τελεστές, τα σύνολα, και τις συναρτήσεις που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να συνθέσουμε ερωτήματα. Οι λίστες αυτές επιτρέπουν την εισαγωγή όλων αυτών σε ένα ερώτημα χωρίς πληκτρολόγηση, οπότε μπορούμε να αποφεύγουμε σχετικά σφάλματα.

4. Στο χώρο Select Columns αφήνουμε το χαρακτήρα * επιτρέποντας έτσι τη συμμετοχή όλων των στηλών στο ερώτημα.
5. Βάζουμε τον κέρσορα στο χώρο from Tables και επιλέγουμε από τη σχετική λίστα στα δεξιά τους πίνακες Geological_Formations και Tectonic_lines. Το κόμμα μπαίνει αυτόματα ανάμεσα τους.
6. Στο χώρο where Condition εισάγουμε το ερώτημα μας. Θέλουμε να βρούμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς που είναι μάρμαρα και τέμνονται με τεκτονικά στοιχεία. Δηλαδή, θέλουμε να βρούμε τα αντικείμενα του πίνακα Geological_Formations που τέμνονται με αντικείμενα του πίνακα Tectonic_lines. Πέρα από τις στήλες που περιέχει κάθε πίνακας, τα επιμέρους αντικείμενα δίνονται στη λίστα Columns ως όνομα_πίνακα.obj, δηλαδή για τους γεωλογικούς σχηματισμούς έχουμε τα αντικείμενα

Geological_Formations.obj και για τα τεκτονικά στοιχεία έχουμε τα αντικείμενα Tectonic_Lines.obj. Έτσι το ερώτημα μας διαμορφώνεται ως εξής:

```
Tectonic_lines.obj Intersects Geological_Formations.obj  
And Geological_Formations.Description = "Μάρμαρα"
```

SQL Select

Select Columns: *

from Tables: Geological_Formations, Tectonic_lines

where Condition: Tectonic_lines.obj Intersects Geological_Formations.obj
And Geological_Formations.Description = "Μάρμαρα"

Group by Columns: |

Order by Columns:

into Table Named: Selection

Browse Results Find Results In Current Map Window
 Add Results To Current Map Window

OK Cancel Clear Verify Help

Tables ↓
Columns ↓
Operators ↓
Aggregates ↓
Functions ↓

Save Template
Load Template

- Μπορείτε να επαληθεύσετε την σύνταξη του ερωτήματος με το πλήκτρο Verify. Πατήστε το **OK** για να εκτελεστεί η αναζήτηση. Εμφανίζεται ένας νέος πίνακας ο οποίος περιέχει τα αποτελέσματα της αναζήτησης.

Id	Description	Name	Area_sqKm	Id	Description	Type	Length_Km
2	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.0532301	9	Ρήγμα	Βέβαιο	0.941402
7	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.00992125	11	Επώθηση	Βέβαιη	2.30046
8	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.00787734	11	Επώθηση	Βέβαιη	2.30046
19	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.136485	20	Επώθηση	Βέβαιη	0.367486
19	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.136485	21	Ρήγμα	Βέβαιο	0.112591
22	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.107476	5	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0791946
22	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.107476	6	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0771825
23	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.0161171	12	Επώθηση	Βέβαιη	0.96828
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	2	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0860388
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	3	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0703828
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	4	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0927209
36	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.0607526	17	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0749325
42	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	1.69818	7	Ρήγμα	Βέβαιο	1.29217
42	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	1.69818	16	Τεκτονική Επαφή	Βέβαιη	0.0915712
42	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	1.69818	11	Επώθηση	Βέβαιη	2.30046
42	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	1.69818	14	Τεκτονική Επαφή	Βέβαιη	0.575211
48	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.115433	19	Επώθηση	Βέβαιη	1.20115
1	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.383214	8	Ρήγμα	Πιθανό	0.628148

Παρατηρήστε ότι ο πίνακας με τα αποτελέσματα συνδυάζει τα δεδομένα των αντικειμένων και των δύο πινάκων. Ας κάνουμε λίγο πιο σύνθετο το ερώτημα μας.

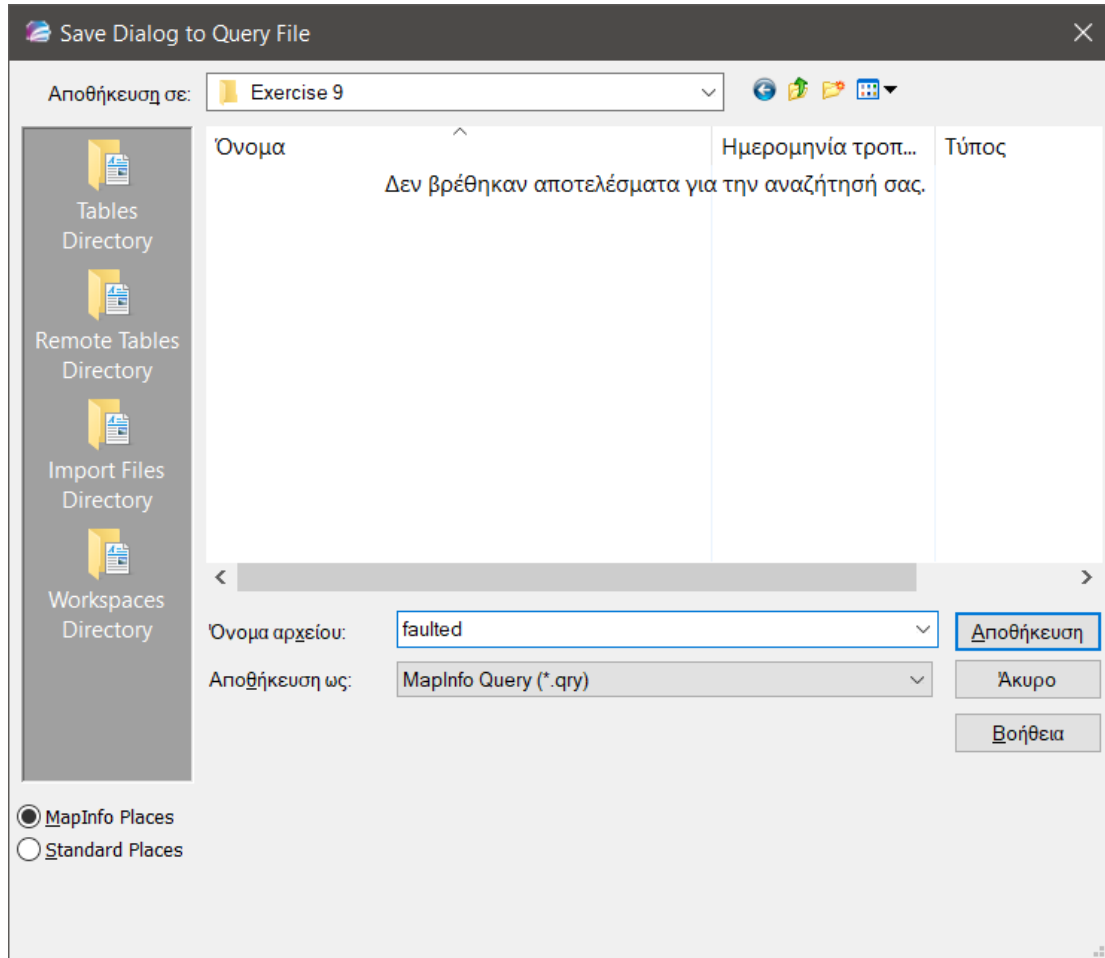
- Επιλέξτε και πάλι τη λειτουργία SQL Select και προσθέστε μια ακόμα συνθήκη στο ερώτημα ώστε το αποτέλεσμα να περιοριστεί σε τεκτονικά στοιχεία που είναι ρήγματα.

```
Tectonic_lines.obj Intersects Geological_Formations.obj
And Geological_Formations.Description = "Μάρμαρα" And
Tectonic_lines.Description = "Ρήγμα"
```

The image shows a 'SQL Select' dialog box with the following content:

- Select Columns:** *
- from Tables:** Geological_Formations, Tectonic_lines
- where Condition:** Tectonic_lines.obj Intersects Geological_Formations.obj And Geological_Formations.Description = "Μάρμαρα" And Tectonic_lines.Description = "Ρήγμα"
- Group by Columns:** (empty)
- Order by Columns:** (empty)
- into Table Named:** Selection
- Options:**
 - Browse Results
 - Find Results In Current Map Window
 - Add Results To Current Map Window
- Buttons:** OK, Cancel, Clear, Verify, Help
- Right Panel:** Tables, Columns, Operators, Aggregates, Functions (all with dropdown arrows)
- Additional Buttons:** Save Template, Load Template

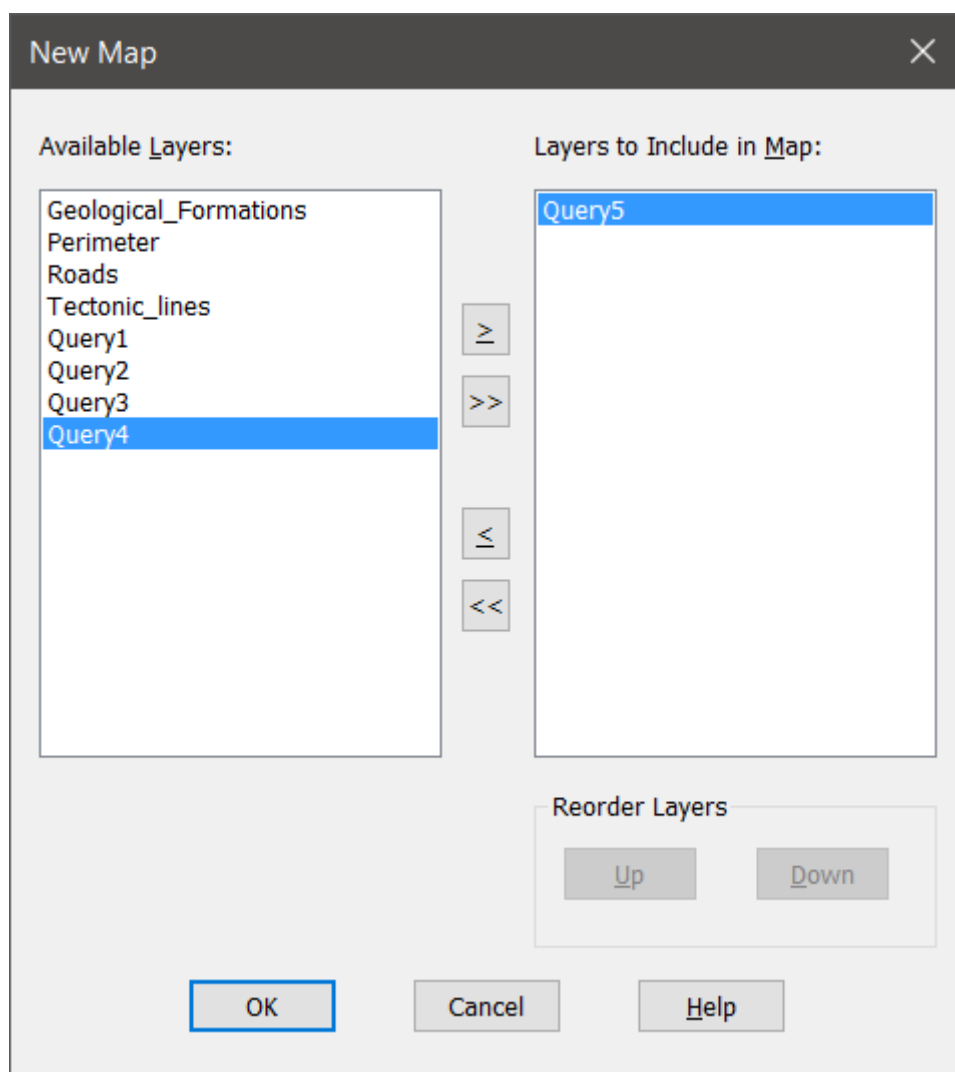
9. Πριν προχωρήσουμε στην εκτέλεση της νέας αναζήτησης, ας αποθηκεύσουμε το ερώτημα με το πλήκτρο Save Template. Εμφανίζεται το σχετικό παράθυρο όπου δίνουμε μια ονομασία στο ερώτημα. Παρατηρείστε την κατάληξη του σχετικού αρχείου (*.qry). Κάντε κλικ στο **Αποθήκευση** και στη συνέχεια στο **OK** στο αρχικό παράθυρο SQL Select.



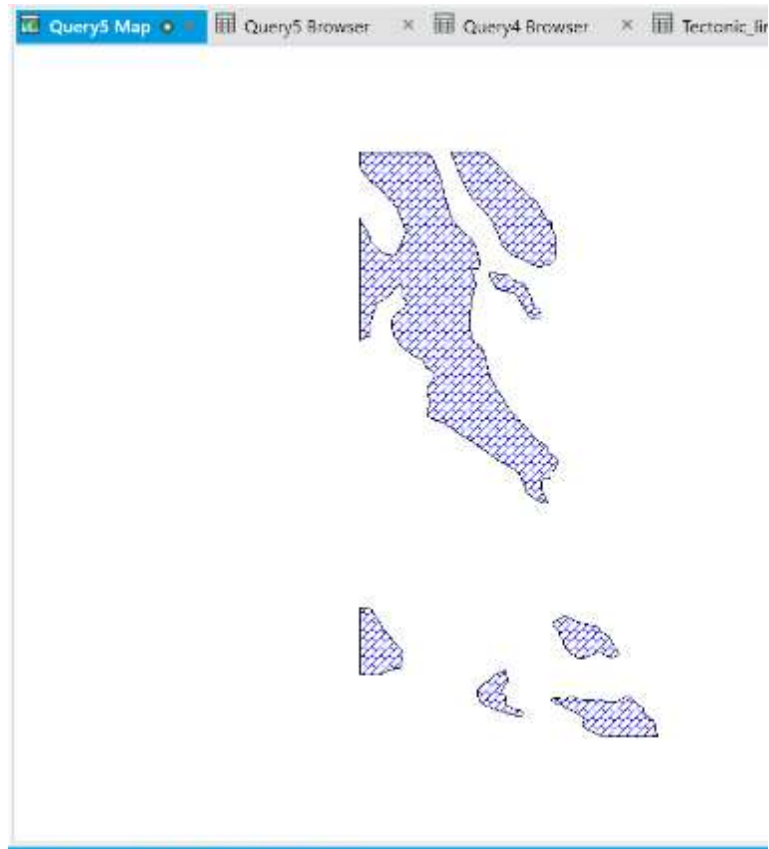
Εμφανίζεται ο νέος πίνακας με τα αποτελέσματα. Φυσικά περιέχει λιγότερες εγγραφές από τον προηγούμενο καθώς θέσαμε μια ακόμα συνθήκη.

Id	Description	Name	Area_sqKm	Id	Description	Type	Length_Km
2	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.0532301	9	Ρήγμα	Βέβαιο	0.941402
19	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.136485	21	Ρήγμα	Βέβαιο	0.112591
22	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.107476	5	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0791946
22	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.107476	6	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0771825
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	2	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0860388
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	3	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0703828
35	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.17734	4	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0927209
36	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.0607526	17	Ρήγμα	Βέβαιο	0.0749325
42	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	1.69818	7	Ρήγμα	Βέβαιο	1.29217
1	Μάρμαρα	Ολιγόκαινο - Μειόκαινο	0.383214	8	Ρήγμα	Πιθανό	0.628148

- Μπορούμε να προβάλουμε γραφικά τα αποτελέσματα της αναζήτησης σε ξεχωριστό παράθυρο χάρτη. Επιλέξτε το εικονίδιο Map στη λωρίδα HOME και τον πίνακα με το αποτέλεσμα της αναζήτησης.



Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με τα αντικείμενα που περιέχονται στον πίνακα αναζήτησης.

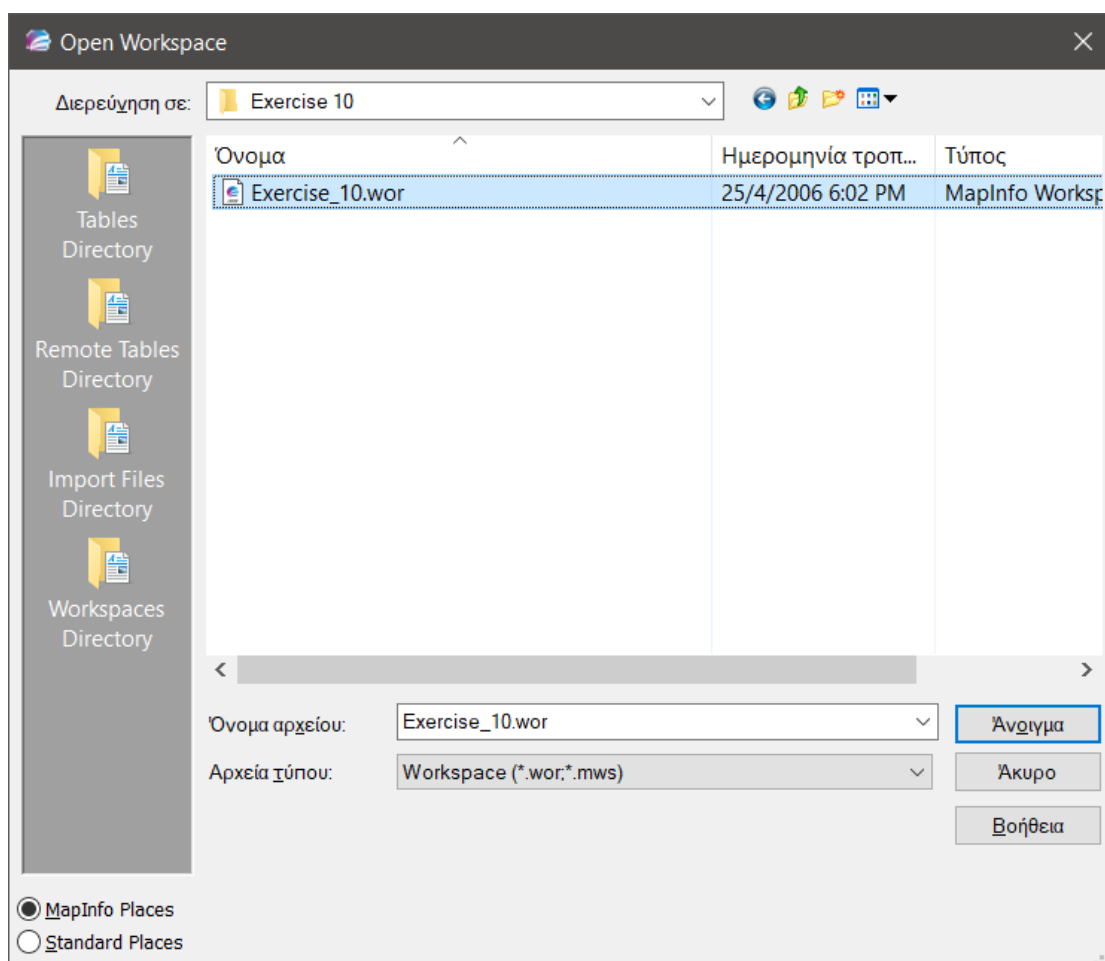


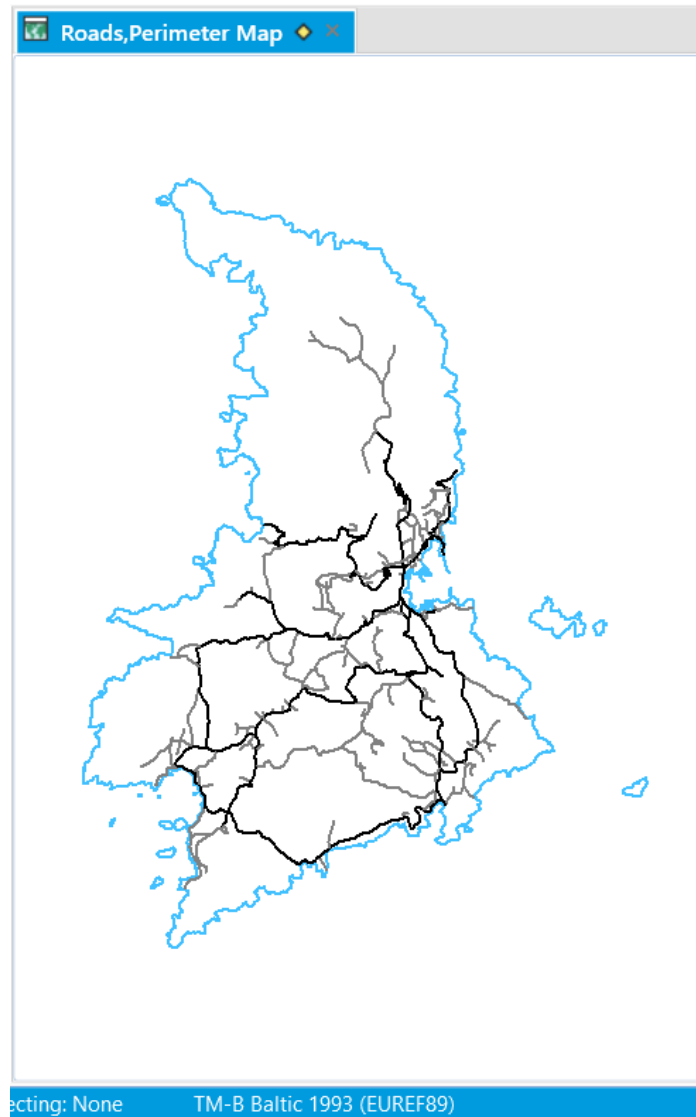
Τα αντικείμενα αυτά είναι επιλεγμένα και στο αρχικό παράθυρο χάρτη. Μπορείτε πλέον να κλείσετε όλους τους πίνακες.

Άσκηση 10 – Χωρική Ανάλυση / Ζώνες Επιρροής

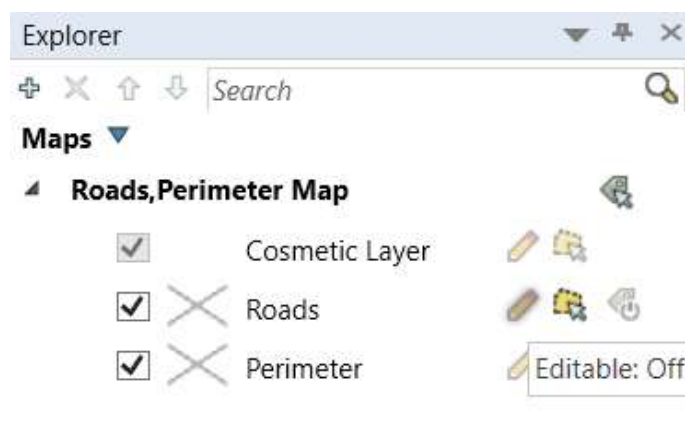
Οι ζώνες επιρροής (buffers) δημιουργούνται έτσι ώστε η περίμετρος τους να έχει μια προκαθορισμένη απόσταση από μία ή περισσότερες οντότητες. Μπορούν να περιβάλλουν μία γραμμή, μία επιφάνεια ή ακόμα και ένα σημείο. Στην άσκηση αυτή θα δημιουργήσουμε ζώνες επιρροής γύρω από το οδικό δίκτυο της νήσου Σύρου.

1. Ανοίξτε το αρχείο Exercise_10.wor από τον φάκελο Exercise 10.

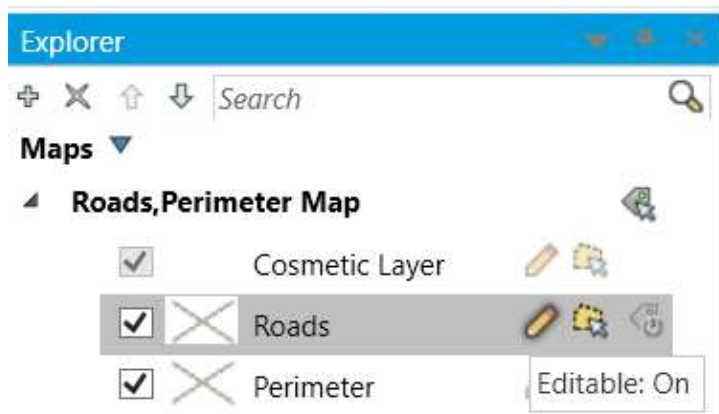




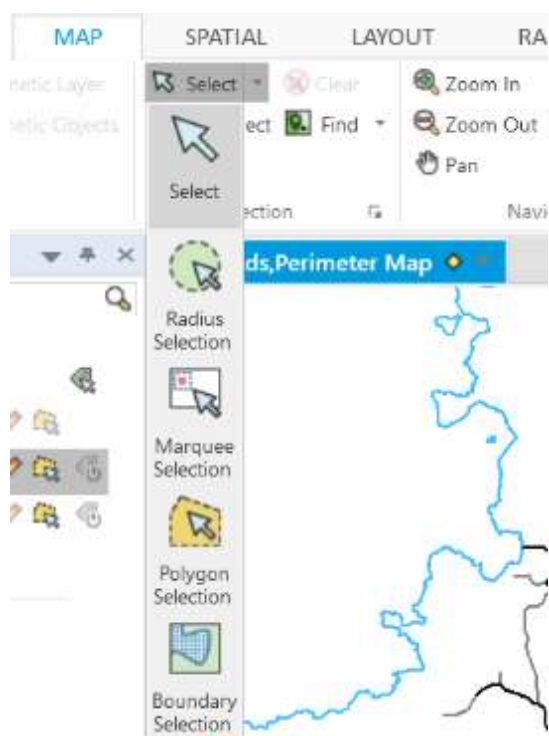
2. Για να δημιουργηθεί μια ζώνη επιρροής θα πρέπει πρώτα να έχετε θέσει ένα θεματικό επίπεδο ως διαμορφώσιμο μέσω της περιοχής Map στο παράθυρο Explorer και του σχετικού εικονιδίου.



3. Κάντε κλικ πάνω μολύβι στο θεματικό επίπεδο Roads. Έτσι πλέον θα είναι διαμορφώσιμο.



4. Επιλέξτε από τον χάρτη τις οντότητες (μία ή περισσότερες) γύρω από τις οποίες επιθυμείτε να δημιουργήσετε τη ζώνη επιρροής, χρησιμοποιώντας ένα από τα εργαλεία επιλογής στη λωρίδα MAP και την επιλογή Select.



5. Επιλέξτε τη λειτουργία Buffer στη λωρίδα SPATIAL για να ενεργοποιηθεί το παράθυρο Buffer Objects στο οποίο θα καθορίσετε τις παραμέτρους της ζώνης επιρροής. Το παράθυρο αυτό χωρίζεται στην περιοχή Radius που αφορά τις διαστάσεις της ζώνης επιρροής, το πεδίο Smoothness που καθορίζει την ομαλότητα της ζώνης, τις επιλογές για μια ζώνη για όλα τα αντικείμενα ή μια ζώνη για κάθε αντικείμενο, και την επιλογή μεθόδου μέτρησης της απόστασης.

Buffer Objects

Radius

Value

From Column

Units:

Smoothness: segments per circle

One buffer of all objects

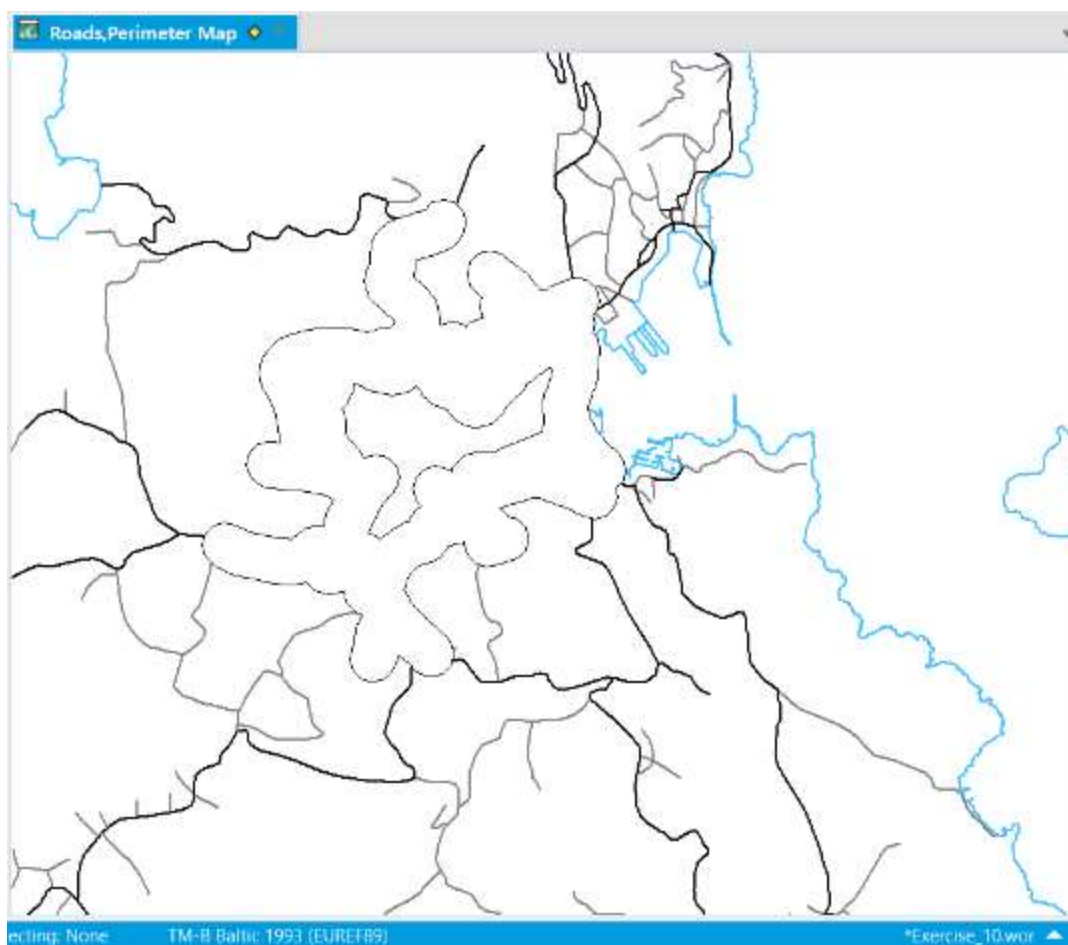
One buffer for each object

Buffer Width Distance using:

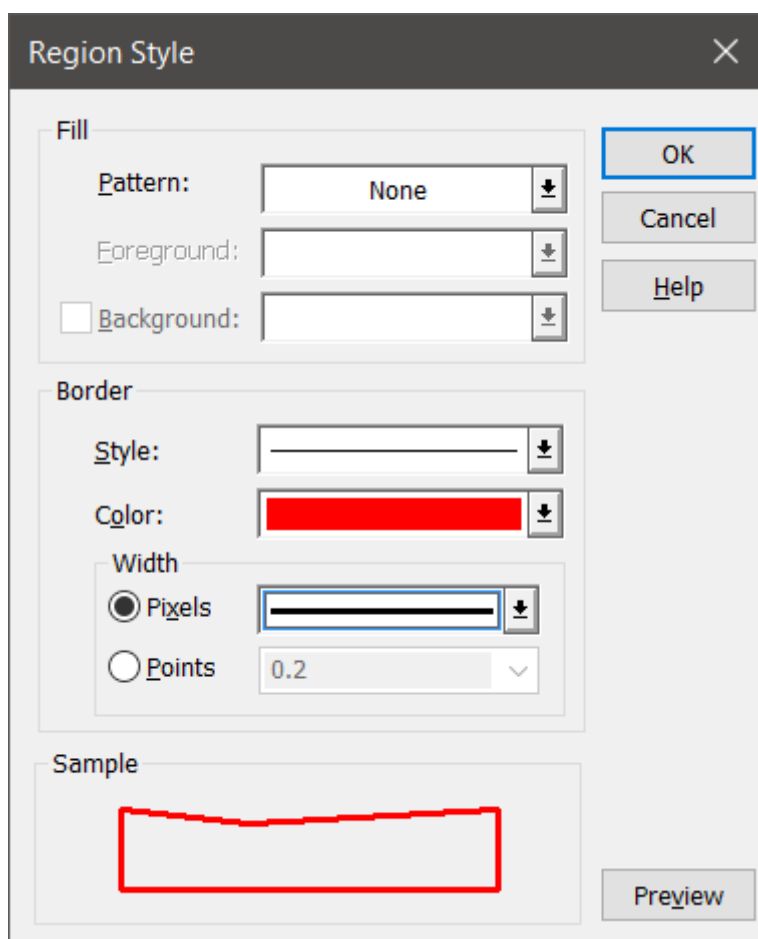
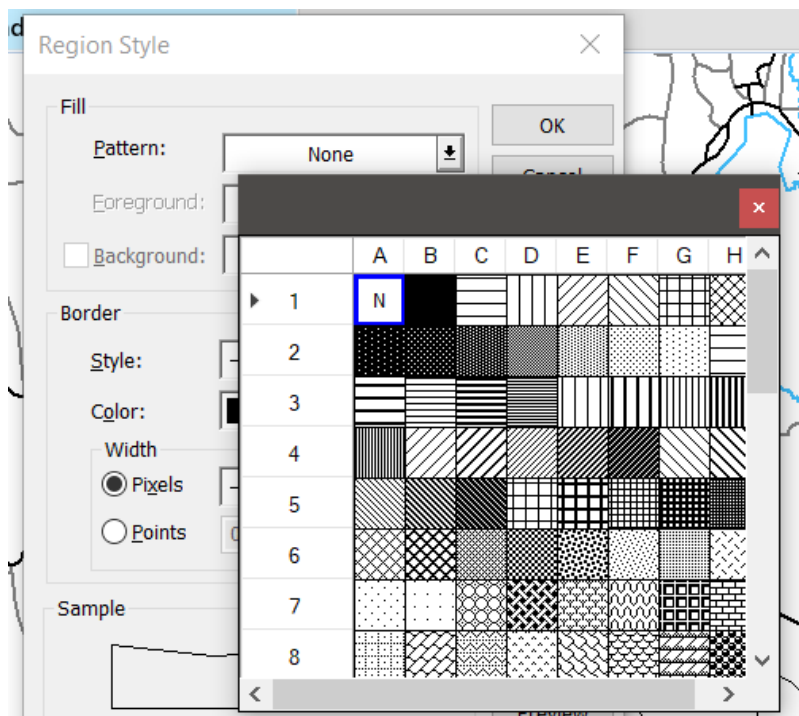
Spherical

Cartesian

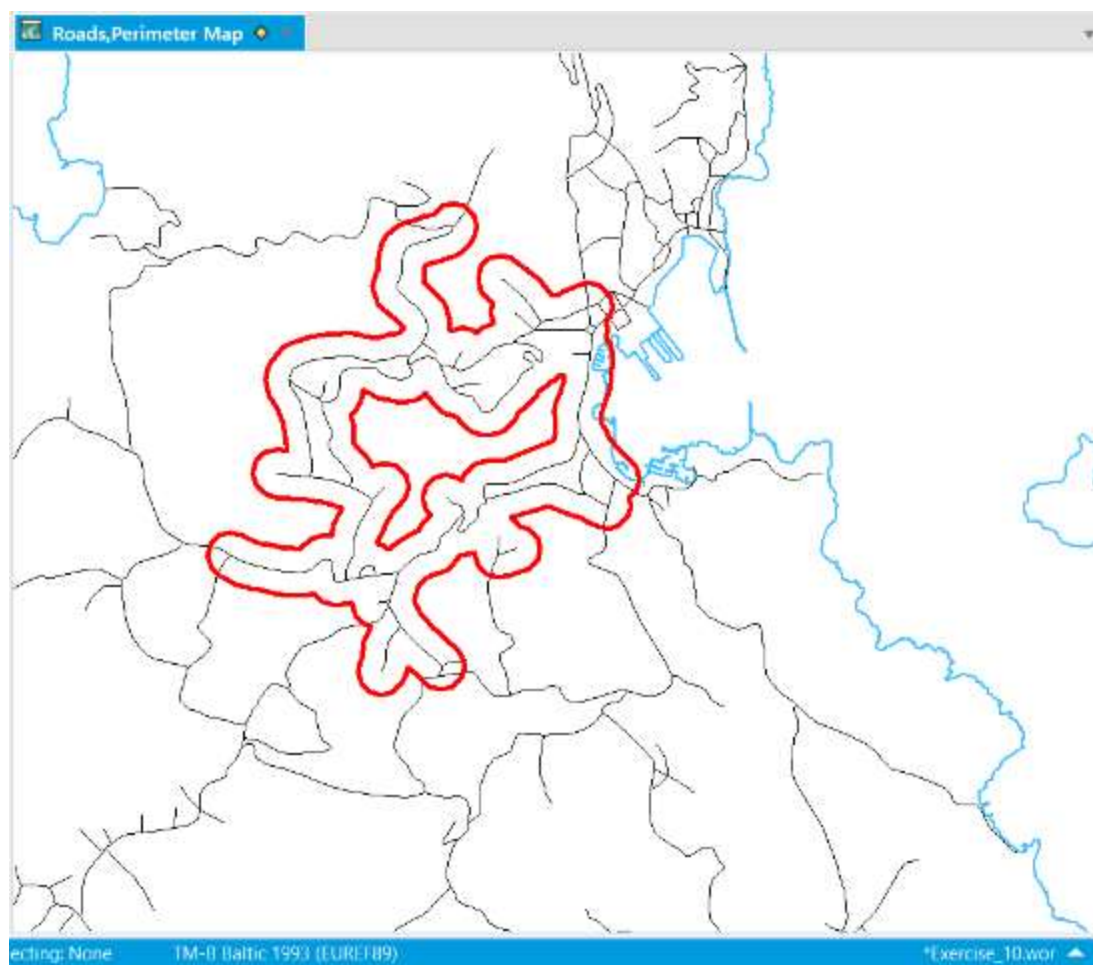
6. Δώστε ακτίνα **150 μέτρων** και τσεκάρετε την επιλογή One buffer for all objects και Spherical για να δημιουργηθεί μια ζώνη για όλα τα αντικείμενα μετρώντας την απόσταση σφαιρικά.
7. Πατήστε το Next και στη συνέχεια το **OK**. Το αποτέλεσμα θα είναι όπως στην παρακάτω εικόνα.



8. Επειδή οι ζώνες επιρροής έχουν λευκό γέμισμα, καλύπτουν τα αρχικά αντικείμενα γύρω από τα οποία δημιουργήθηκαν. Για να μπορούμε να τα δούμε και αυτά κάνουμε κλικ στο εικονίδιο Style και επιλέγουμε το κενό γέμισμα, άλλο χρώμα και πάχος γραμμής όπως παρακάτω.



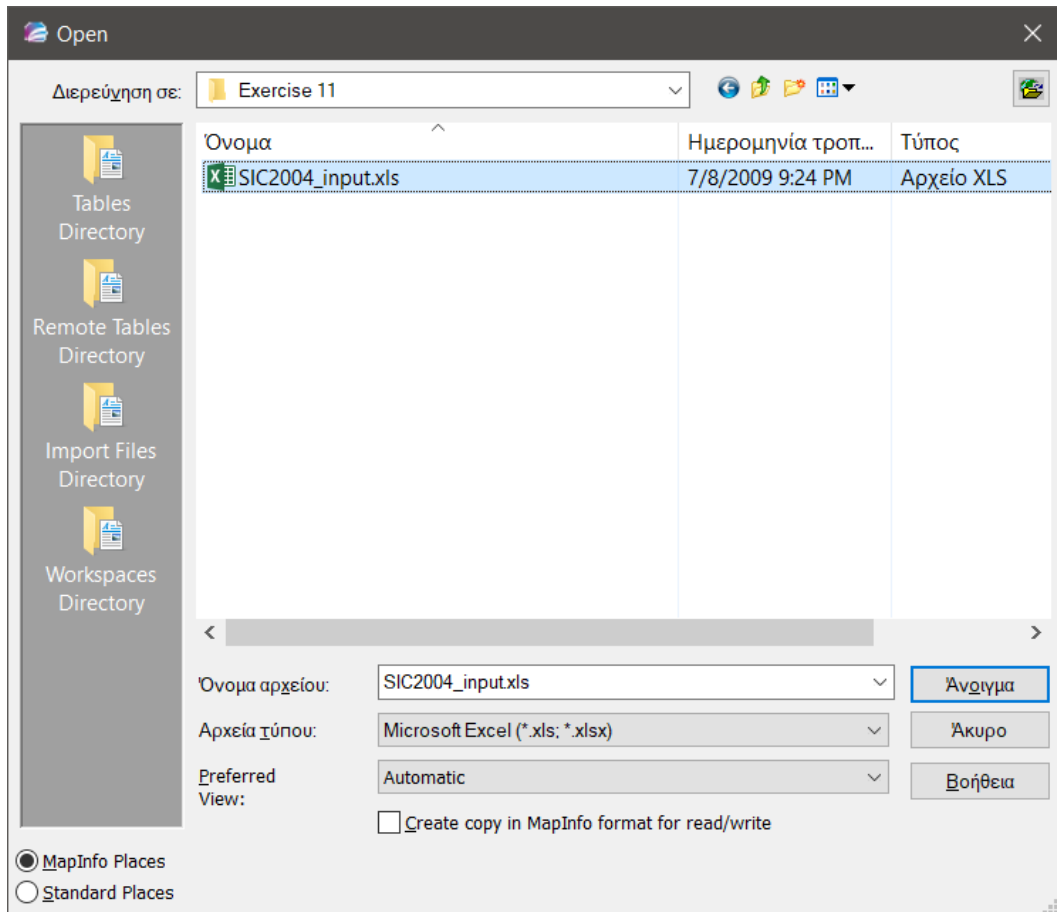
Τώρα πλέον εμφανίζονται και τα αρχικά αντικείμενα.



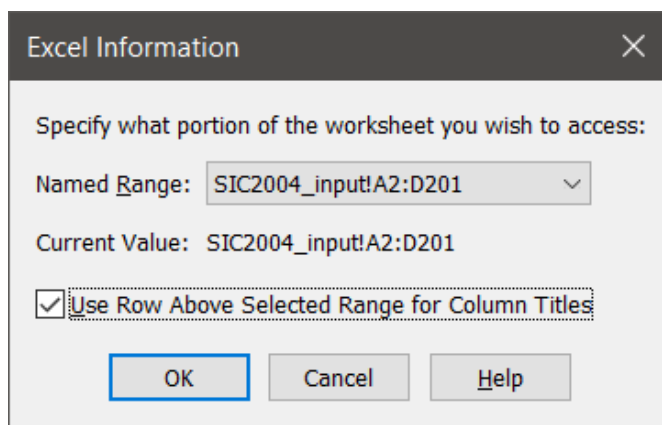
Άσκηση 11 – Χωρική Ανάλυση / Συνεχείς Επιφάνειες

Στην άσκηση αυτή θα κατασκευάσουμε ένα μοντέλο συνεχούς επιφάνειας από σημειακές μετρήσεις. Τα δεδομένα αφορούν μετρήσεις ακτινοβολίας Γ από μια περιοχή στη Γερμανία.

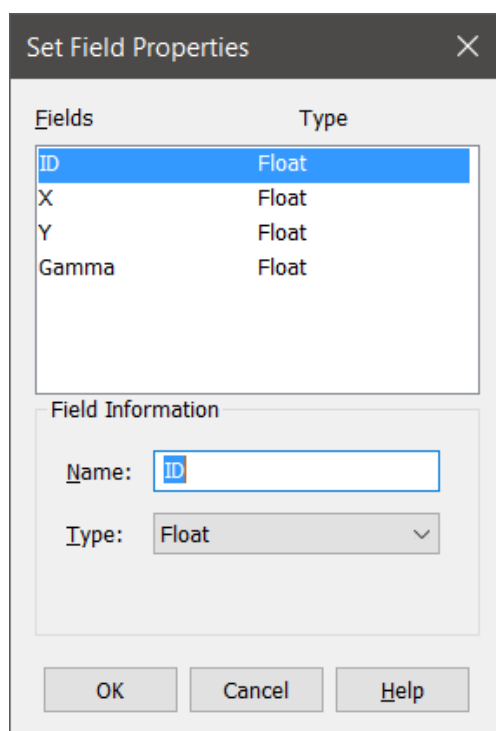
1. Με τη λειτουργία Open > Table και τύπο αρχείου Microsoft Excel (*.xls) ανοίγουμε το αρχείο SIC2004_input.xls από το φάκελο της άσκησης 11, Exercise 11.



2. Τσεκάρουμε την επιλογή Use Row Above Selected Range for Column Titles και πατάμε το **OK**.

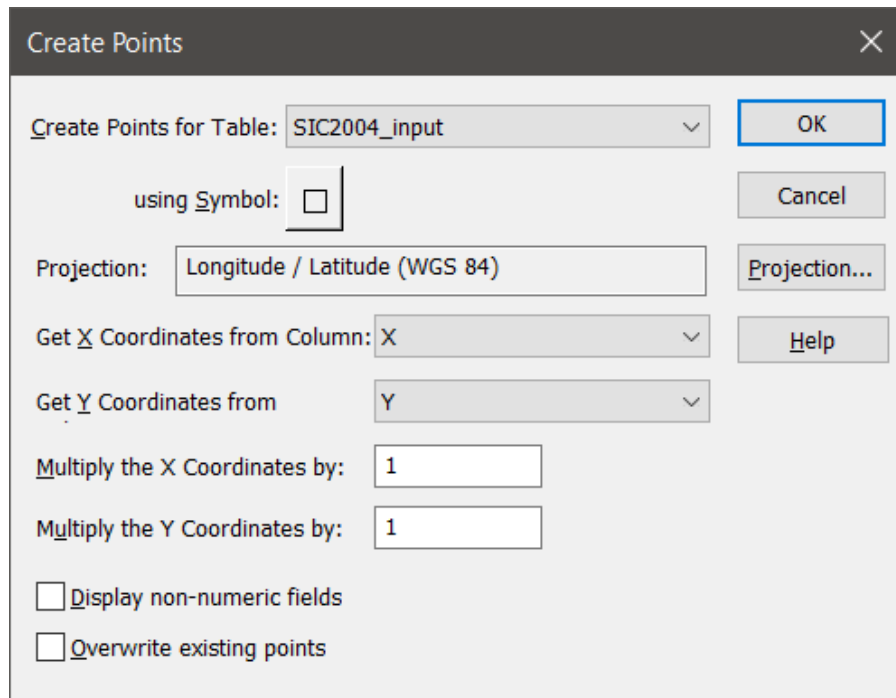


3. Εξετάζουμε τα πεδία που περιέχει το αρχείο και τον τύπο τους. Έχουμε έναν δείκτη (ID) μέτρησης, συντεταγμένες X και Y του σημείου μέτρησης και την τιμή της μέτρησης (Gamma).
4. Κάντε κλικ στο **OK**.

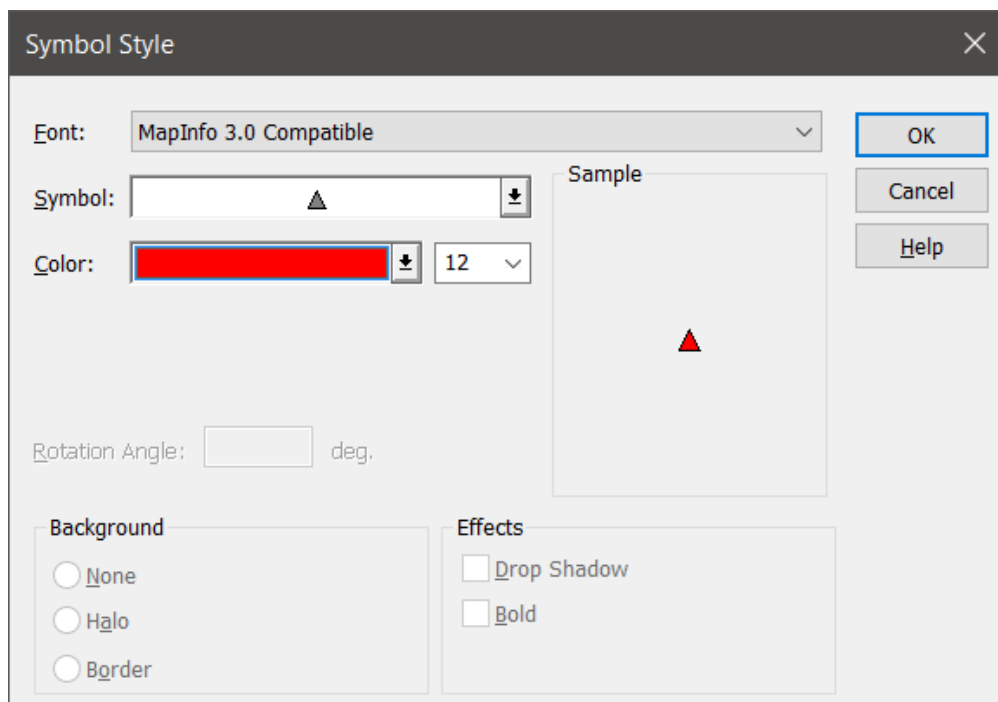


Ανοίγει ο πίνακας με τα δεδομένα. Μπορούμε από αυτά να κατασκευάσουμε εύκολα έναν χάρτη με τα σημεία.

5. Επιλέξτε τη λειτουργία Create Points στη λωρίδα SPATIAL. Εμφανίζεται το παράθυρο Create Points.
6. Επιλέξτε τον πίνακα SIC2004_input και τα πεδία X και Y όπως φαίνεται παρακάτω.

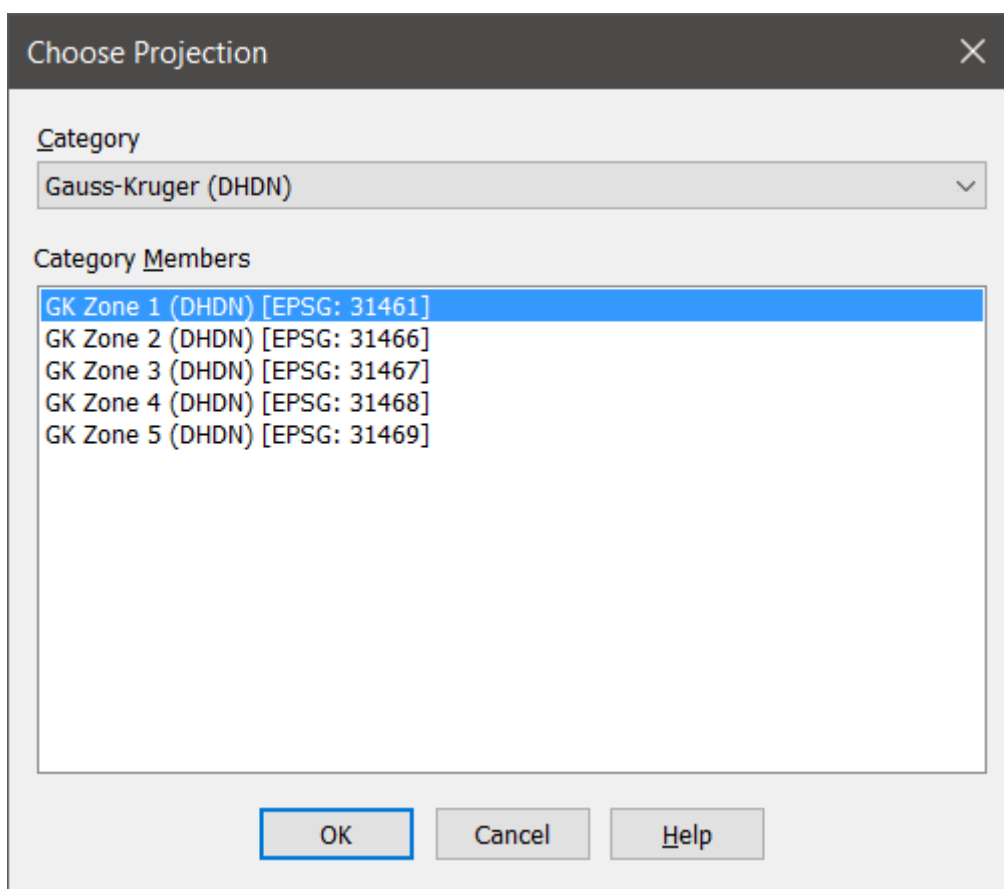


7. Κάντε κλικ στο εικονίδιο using Symbol για να καθορίσετε τα οπτικά χαρακτηριστικά των συμβόλων που θα χρησιμοποιηθούν για τα σημεία μέτρησης. Μπορείτε να επιλέξετε το σύμβολο και το χρώμα που φαίνεται παρακάτω ή κάποιο άλλο που θέλετε εσείς.

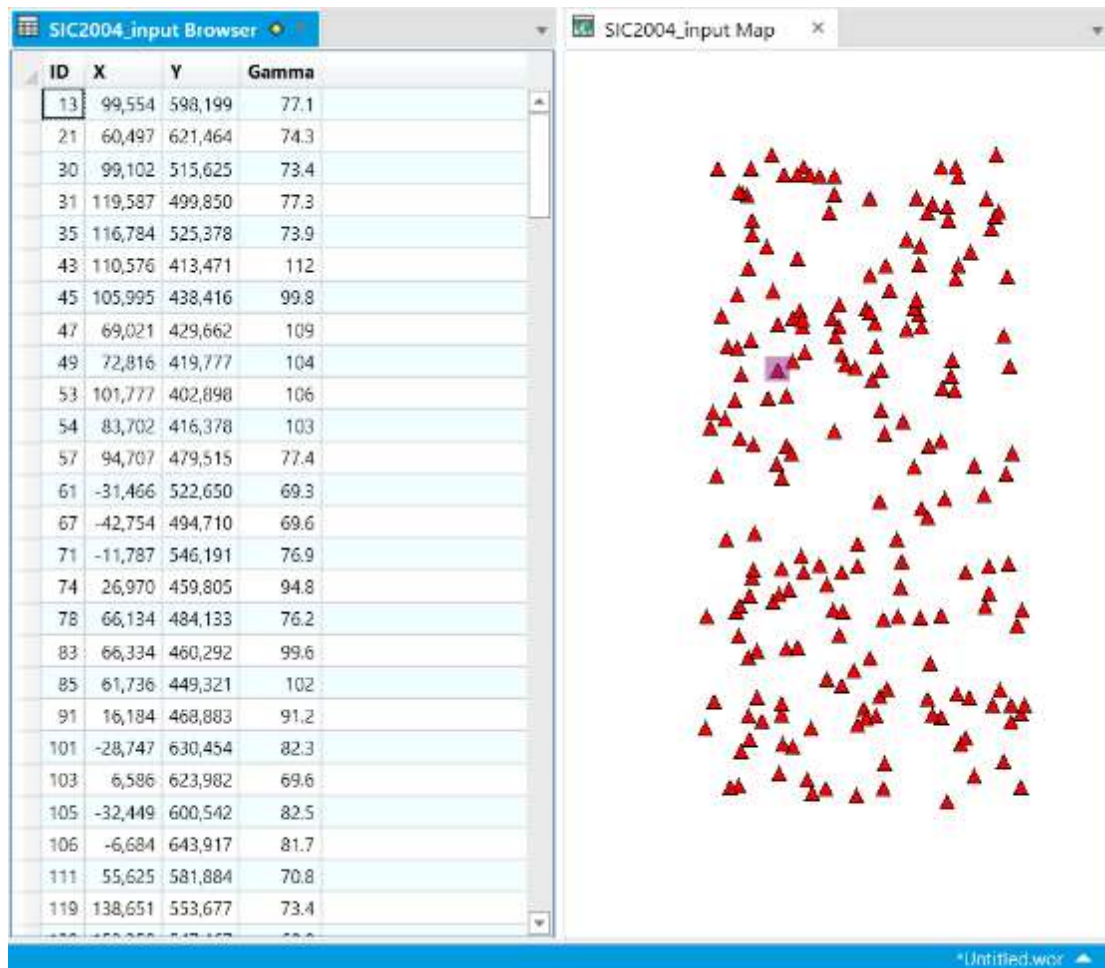


8. Πατήστε το **OK** για να επιστρέψετε στο παράθυρο Create Points. Κάντε κλικ στο πλήκτρο Projection για να καθορίσουμε το προβολικό σύστημα.
9. Επιλέξτε την κατηγορία Gauss-Kruger (DHDN) και το μέλος GK Zone 1(DHDN).

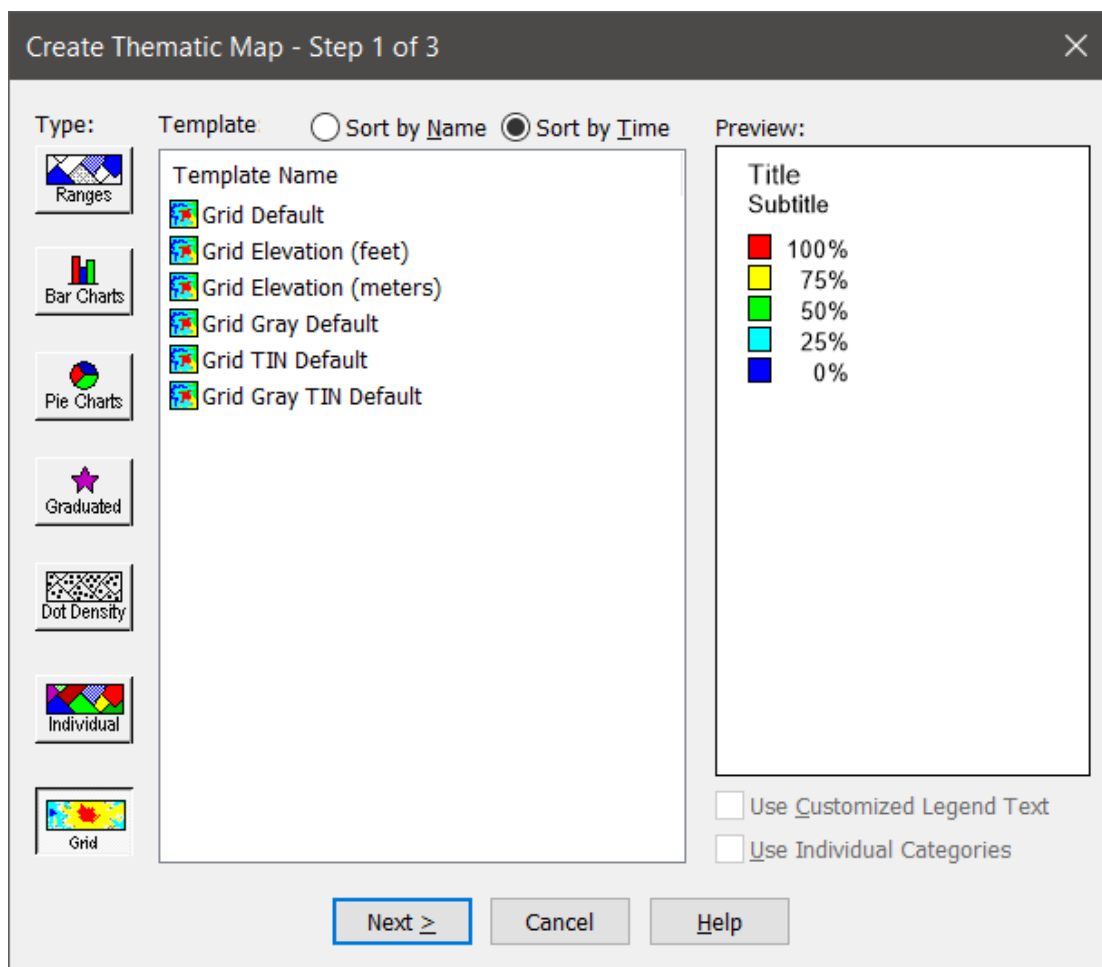
10. Κάντε κλικ στο **OK** στο παράθυρο Choose Projection και στο Create Points.



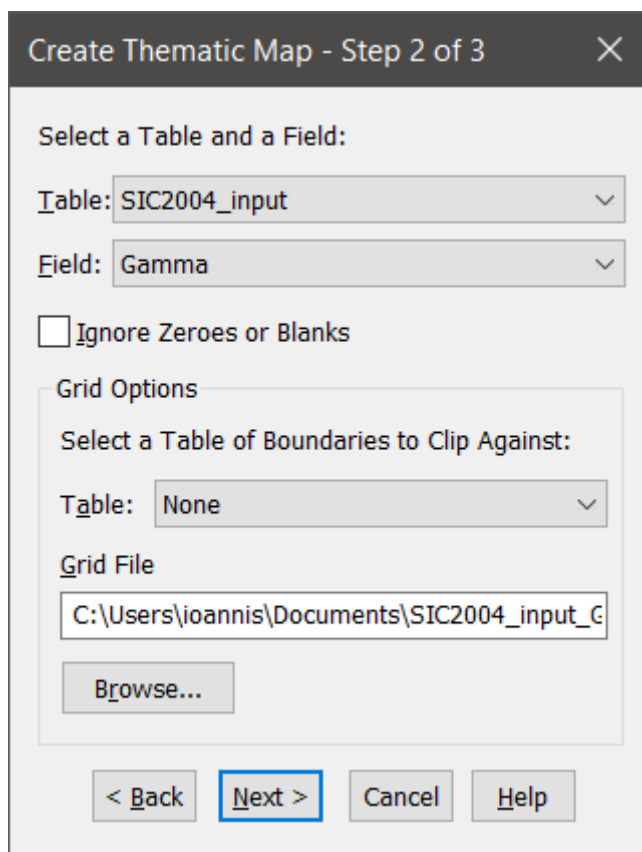
11. Επιλέξτε τη λειτουργία Map στη λωρίδα HOME για να εμφανιστεί ο χάρτης με τα σημεία.
12. Κάντε δεξί κλικ στην επικεφαλίδα της καρτέλας του χάρτη και επιλέξτε τη λειτουργία New Vertical Tab Group. Έτσι θα εμφανιστούν τα δύο παράθυρα το ένα δίπλα στο άλλο.



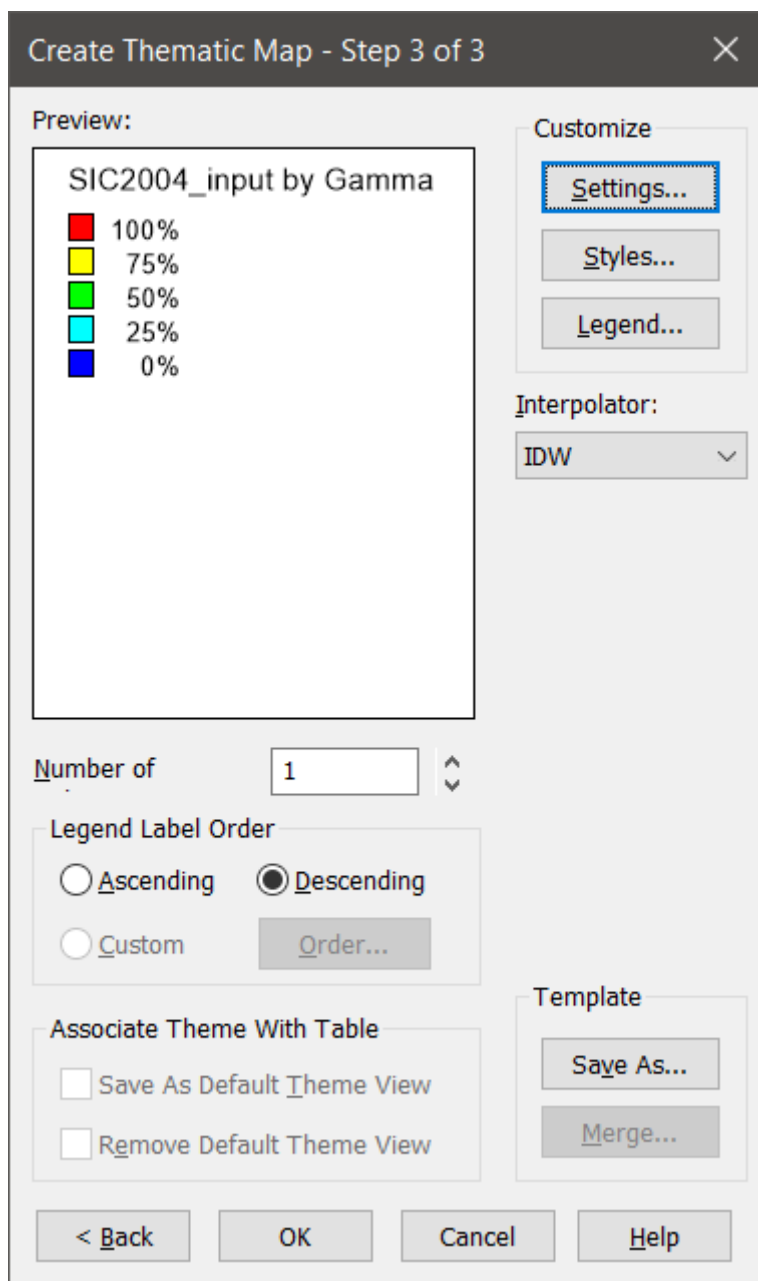
13. Στο επόμενο βήμα θα δημιουργήσουμε ένα μοντέλο συνεχούς επιφάνειας από τα σημεία μας. Επιλέξτε τη λειτουργία Add Theme από τη λωρίδα MAP. Εμφανίζεται το παράθυρο Create Thematic Map – Step 1 of 3.
14. Κάντε κλικ στο πλήκτρο Grid στο κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου. Η συνεχής επιφάνεια που θα κατασκευάσουμε θα είναι ένα μοντέλο πλέγματος.
15. Επιλέξτε το πρότυπο Grid Default.



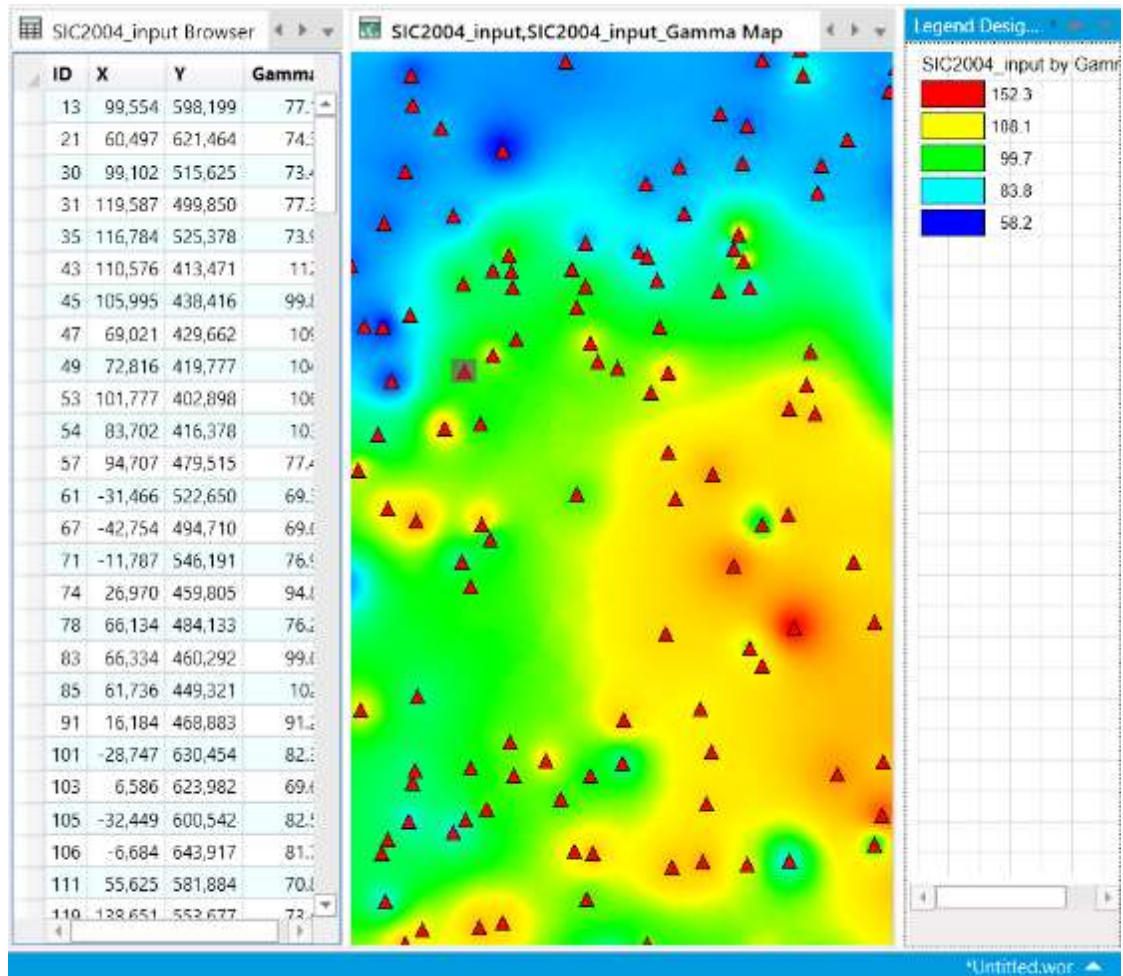
16. Πατήστε το Next. Εμφανίζεται το παράθυρο Create Thematic Map – Step 2 of 3.
17. Επιλέξτε τον πίνακα SIC2004_input και το πεδίο Gamma.
18. Επίσης κάντε κλικ στο Browse και επιλέξτε το φάκελο στον οποίο θα αποθηκευτεί το μοντέλο. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το φάκελο της άσκησης.



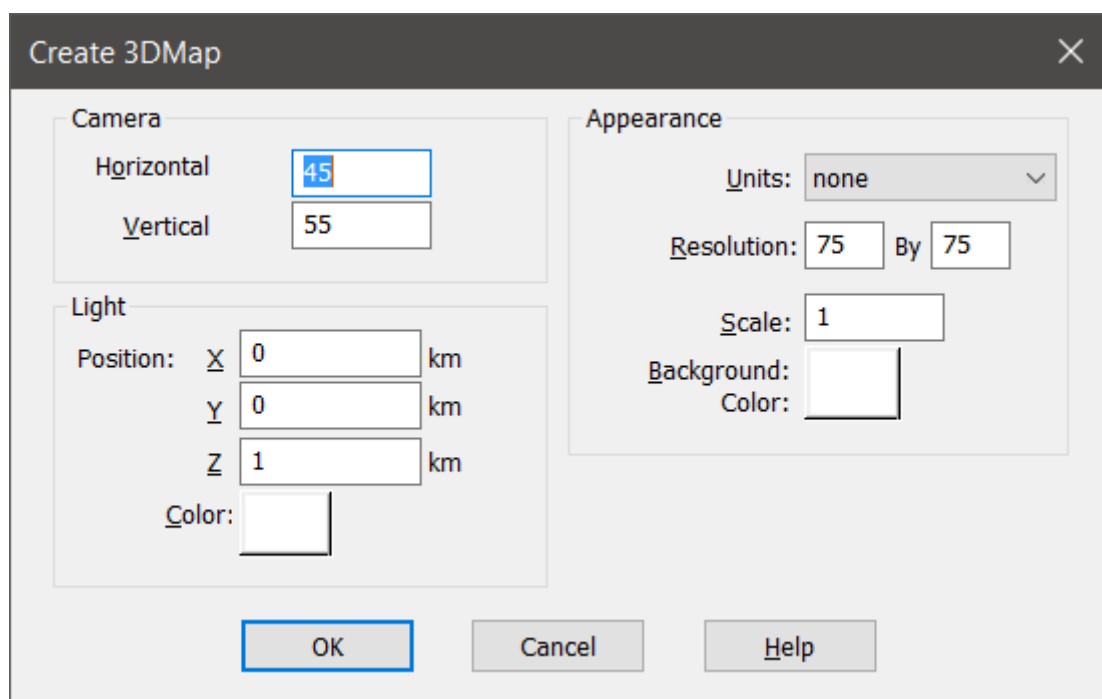
19. Πατήστε το Next. Εμφανίζεται το παράθυρο Create Thematic Map – Step 3 of 3.
20. Στο πεδίο Interpolator είναι επιλεγμένη η μέθοδος παρεμβολής IDW. Πρόκειται για τη μέθοδο παρεμβολής αντιστρόφου αποστάσεως.



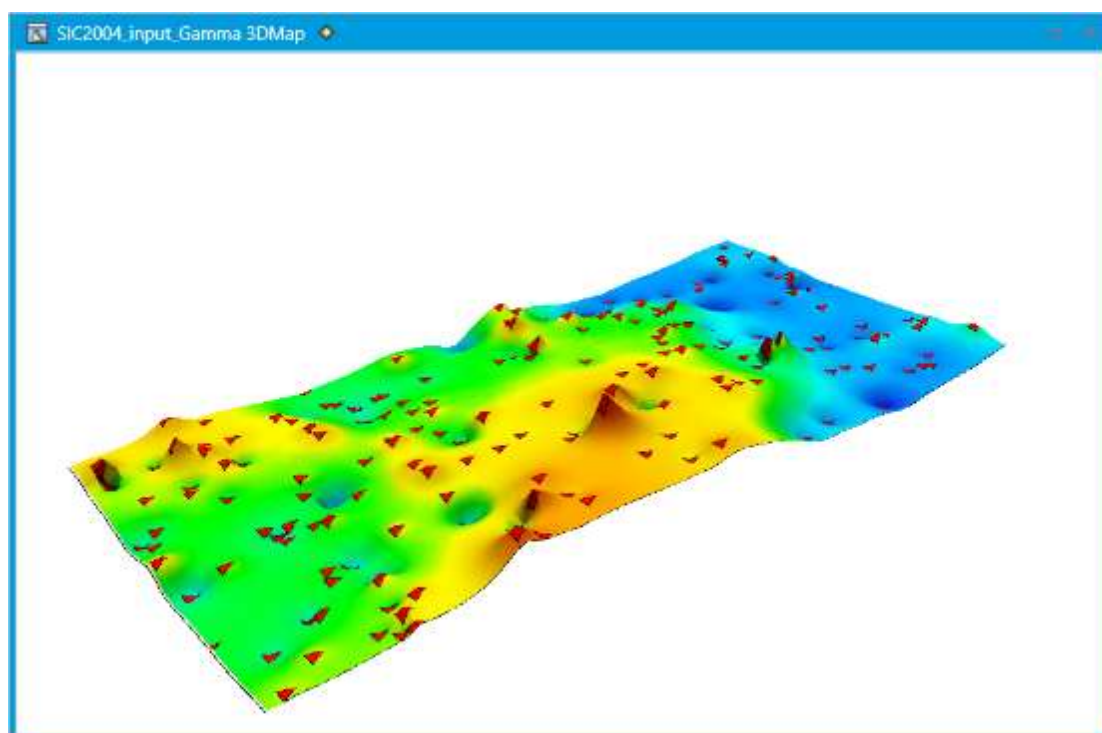
21. Πατώντας το OK εμφανίζεται ο χάρτης με τα χρώματα που αντιστοιχούν στις τιμές που εκτιμήθηκαν από τα αρχικά δείγματα.



22. Μπορούμε επίσης να λάβουμε και μια τρισδιάστατη απεικόνιση της επιφάνειας του μοντέλου. Επιλέξτε τη λειτουργία 3D Map από τη λωρίδα HOME. Η λειτουργία αυτή είναι ενεργή εφόσον είμαστε στην καρτέλα του χάρτη.
23. Πατήστε απλά το **OK** χωρίς να αλλάξετε τις ρυθμίσεις του τρισδιάστατου μοντέλου.



Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με μια στερεοσκοπική προβολή της επιφάνειας που κατασκευάσαμε.



Μπορείτε να κλείσετε τώρα όλους τους πίνακες.

Κεφάλαιο 4 – Συστήματα Εντοπισμού Στίγματος



4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε τα κυριότερα δορυφορικά συστήματα εντοπισμούς στίγματος και τις εφαρμογές τους. Ο παρακάτω πίνακας δίνει συνοπτικά στοιχεία για τα συστήματα αυτά.

Σύστημα	Χώρα	Κωδικοποίηση	Ύψος και περίοδος τροχιάς	Αριθμός δορυφόρων	Κατάσταση
GPS	ΗΠΑ	CDMA	22,200km, 12.0h	≥ 24	Σε λειτουργία
GLONASS	Ρωσία	FDMA	19,100km, 11.3h		Σε λειτουργία με περιορισμούς
Galileo	Ευρώπη	CDMA	23,222km, 14.1h	≥ 27	Σε προετοιμασία
COMPASS	Κίνα	CDMA	21,150km, 12.6h		Σε προετοιμασία

4.2 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System) GPS

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης (Global Positioning System, GPS) είναι ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης, ταχύτητας και διανομής χρόνου. Ο βασικός προορισμός του συστήματος αυτού από το 1978, οπότε έγινε η εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου, είναι ο έλεγχος της κίνησης πλοίων, οχημάτων και αεροπλάνων σε παγκόσμια κλίμακα και αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ραδιοσήματα από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Το GPS αποτελείται από τρία τμήματα: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης. Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους (21 σε κανονική λειτουργία και 3 εφεδρικούς, αλλά σε λειτουργία) που κατανέμονται σε έξι τροχιακά επίπεδα κλίσης 55ο σε ύψος 20.200 χλμ πάνω από την επιφάνεια της Γης.



Σχήμα 4.1: Γραφική αναπαράσταση του αστερισμού δορυφόρων του συστήματος GPS της Navstar.

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά σήματα στη συχνότητα $L1 = 1575,42$ MHz (μήκος κύματος περίπου 19 cm) και στη συχνότητα $L2 = 1227,60$ MHz (μήκος κύματος περίπου 24 cm). Η συχνότητα $L1$ φέρει τον κώδικα C/A (Coarse Acquisition Code, C/A code). Η συχνότητα $L2$ φέρει τον ακριβή κώδικα P (Precise code) ο οποίος χρησιμοποιείται για τη διόρθωση της καθυστέρησης των σημάτων κατά τη μετάδοσή τους μέσα στην ιονόσφαιρα. Υπάρχει και ο κώδικας D (Data code) που περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία για τη γνώση της τροχιάς των δορυφόρων κάθε χρονική στιγμή.

Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή τους ταχύτητα και υψόμετρο και στην κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές είναι οι εξής: α) Κολοράντο (Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής) β) Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός) γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός) δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός) ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός). Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.

Το τμήμα χρήσης αποτελείται από τους δέκτες GPS. Οι δέκτες μπορούν να παρακολουθούν όλους τους ορατούς κάθε στιγμή δορυφόρους (all in view) και να υπολογίζουν έτσι θέση και ταχύτητα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Υπάρχουν δέκτες που λαμβάνουν μόνο τη συχνότητα $L1$ και τον C/A κώδικα και δέκτες που λαμβάνουν και τις δύο συχνότητες $L1$ και $L2$ και τους δύο κώδικες C/A και P. Με την ταυτόχρονη μέτρηση τεσσάρων ψευδοαποστάσεων προς τέσσερις δορυφόρους μπορούμε για κάθε δεδομένη στιγμή να υπολογίζουμε τη θέση του δέκτη, ως προς το σύστημα αναφοράς του GPS, που είναι το γεωκεντρικό, γεωσταθερό σύστημα αναφοράς WGS 84.

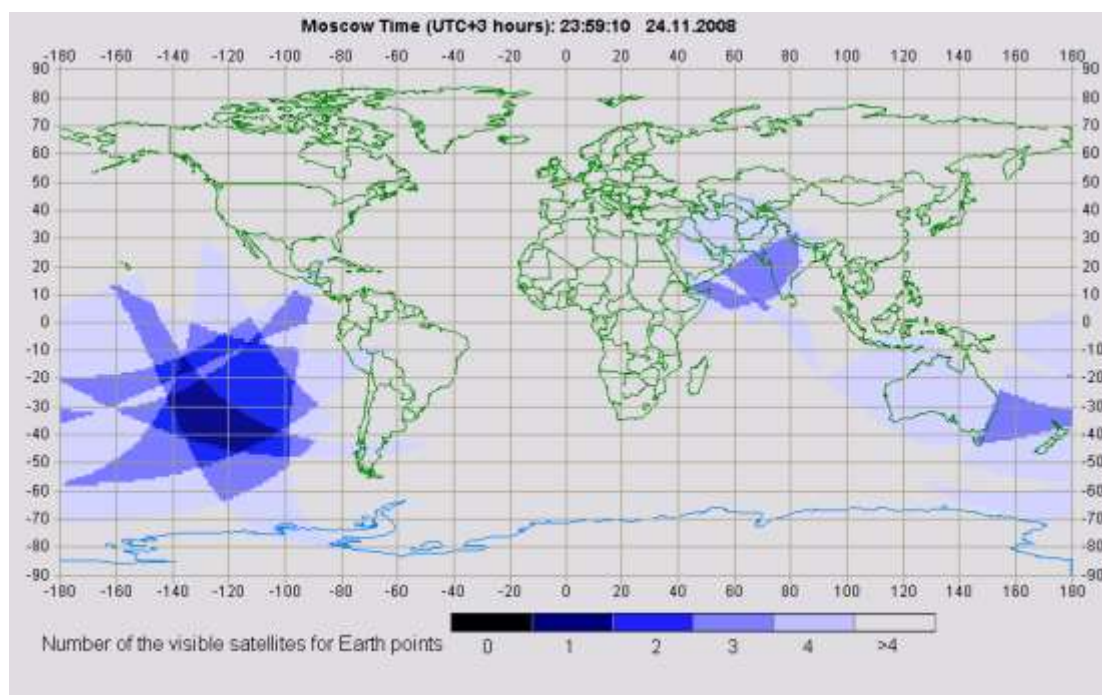
Οι μετρήσεις με το σύστημα GPS υπόκεινται σε διάφορα σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα από την Ιονόσφαιρα και την Τροπόσφαιρα, καθώς και σε σφάλματα των χρονομέτρων των δορυφόρων και των δεκτών. Το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. έχει την ευχέρεια εισαγωγής ενός τεχνητού σφάλματος στα χρονόμετρα που επηρεάζει όσους (πολιτικούς) δέκτες δεν έχουν δυνατότητα διόρθωσης (Selective Availability, SA). Επίσης μπορεί να προχωρήσει σε κρυπτογράφηση του P κώδικα. Για γεωδαιτική χρήση χρησιμοποιούμε πάντοτε δύο δέκτες και αυτός ο σχετικός προσδιορισμός θέσης μπορεί να δώσει ακρίβεια της τάξης του ± 1 cm. Το GPS χρησιμοποιείται συνεχώς και περισσότερο στη γεωδαιτική πρακτική:

- Ίδρυση και πύκνωση τριγωνομετρικών δικτύων
- Πολυγωνομετρία με την ίδρυση οδεύσεων
- Αποτύπωση κυρίως υπαίθριων περιοχών

Η αυτονομία που παρέχει το GPS το καθιστά πολύ χρήσιμο για τη δημιουργία ψηφιακών υποβάθρων για εφαρμογές ΓΣΠ ή τη συμπλήρωση υπαρχόντων χαρτογραφικών στοιχείων με γρήγορο (ακόμη και σε πραγματικό χρόνο) και ακριβή τρόπο (για τα συνήθη επίπεδα ακριβείας ενός ΓΣΠ).

4.3 Ρωσικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GLONASS

Το GLONASS αναπτύχθηκε για να παρέχει καθορισμό θέσης και ταχύτητας πραγματικού χρόνου, αρχικά για χρήση από το Σοβιετικό στρατό για πλοήγηση των βαλλιστικών πυραύλων. Ξεκίνησε ως το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης δεύτερης γενιάς της Σοβιετικής Ένωσης, βελτιώνοντας το αρχικό σύστημα Tsiklon το οποίο απαιτούσε μία με δύο ώρες επεξεργασία σήματος για να υπολογίσει μια θέση με υψηλή ακρίβεια. Σε αντίθεση, μόλις ένας δέκτης GLONASS ανιχνεύσει τα δορυφορικά σήματα, η θέση δίνεται άμεσα. Αναφέρεται ότι στο μέγιστο της αποτελεσματικότητας του, η τυπική υπηρεσία εντοπισμού θέσης και χρονισμού του συστήματος παρέχει οριζόντια ακρίβεια θέσης μεταξύ 57–70 μέτρα, και κατακόρυφη ακρίβεια θέσης εντός των 70 μέτρων, ακρίβεια μέτρησης διανύσματος ταχύτητας 15 cm/s, και χρόνου 1 μ s (με πιθανότητα 99.7%).



Σχήμα 4.2: Πλήθος ορατών δορυφόρων σε κάθε σημείο της γης.

Ένας πλήρως λειτουργικός αστερισμός GLONASS αποτελείται από 24 δορυφόρους, οι 21 εκ των οποίων χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση σημάτων και οι τρεις ως εφεδρικοί σε τροχιά, σε τρία τροχιακά επίπεδα. Τα άνω σημεία των τριών τροχιακών επιπέδων χωρίζονται ανά 120° και το καθένα από αυτά περιέχει οκτώ δορυφόρους σε ίσες αποστάσεις. Οι τροχίες είναι σχεδόν κυκλικές, με κλίση περίπου 64.8°, και κινούνται γύρω από τη Γη σε ύψος 19,100 χλμ, δίνοντας μια τροχιακή περίοδο 11 ωρών και 15 λεπτών. Τα επίπεδα διαχωρίζονται κατά γεωγραφικό πλάτος 15°, το οποίο οδηγεί τους δορυφόρους να περνούν τον

ισημερινό ένας-ένας και όχι τρεις μαζί. Η όλη διάταξη διασφαλίζει ότι όταν ο αστερισμός είναι πλήρης, το ελάχιστο πέντε δορυφόροι είναι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο οποιαδήποτε στιγμή (με κάποιες εξαιρέσεις – Σχήμα 4.2).

4.4 Ευρωπαϊκό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GALILEO

Το Galileo είναι η προσπάθεια της Ευρώπης για ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης τελευταίας τεχνολογίας, το οποίο να παρέχει μια υπηρεσία παγκόσμιου εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας και εγγυημένου υπό πολιτικό έλεγχο. Παρόλο που θα παρέχει αυτόνομες υπηρεσίες πλοήγησης και εντοπισμού στίγματος, το Galileo θα συνεργάζεται επίσης με τα συστήματα GPS και GLONASS, τα άλλα δύο παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης. Το πλήρες σύστημα Galileo θα αποτελείται από 30 δορυφόρους και την σχετική υποδομή εδάφους. Το πρόγραμμα Galileo έχει δομηθεί σύμφωνα με τις παρακάτω φάσεις:

- Φάση επικύρωσης σε-τροχιά (In-Orbit Validation - IOV) για την ανάπτυξη του συστήματος Galileo και την επικύρωση της απόδοσης του σε τροχιά.
- Φάση πλήρους λειτουργικής ικανότητας (Full Operational Capability - FOC) για την πλήρη ανάπτυξη της υποδομής εδάφους και διαστήματος όπως απαιτείται για την επίτευξη πλήρους λειτουργικής ικανότητας.
- Φάση παροχής λειτουργιών και υπηρεσιών για την λειτουργία της υποδομής FOC και την παροχή υπηρεσιών πλοήγησης για το υπόλοιπο της ζωής του συστήματος.

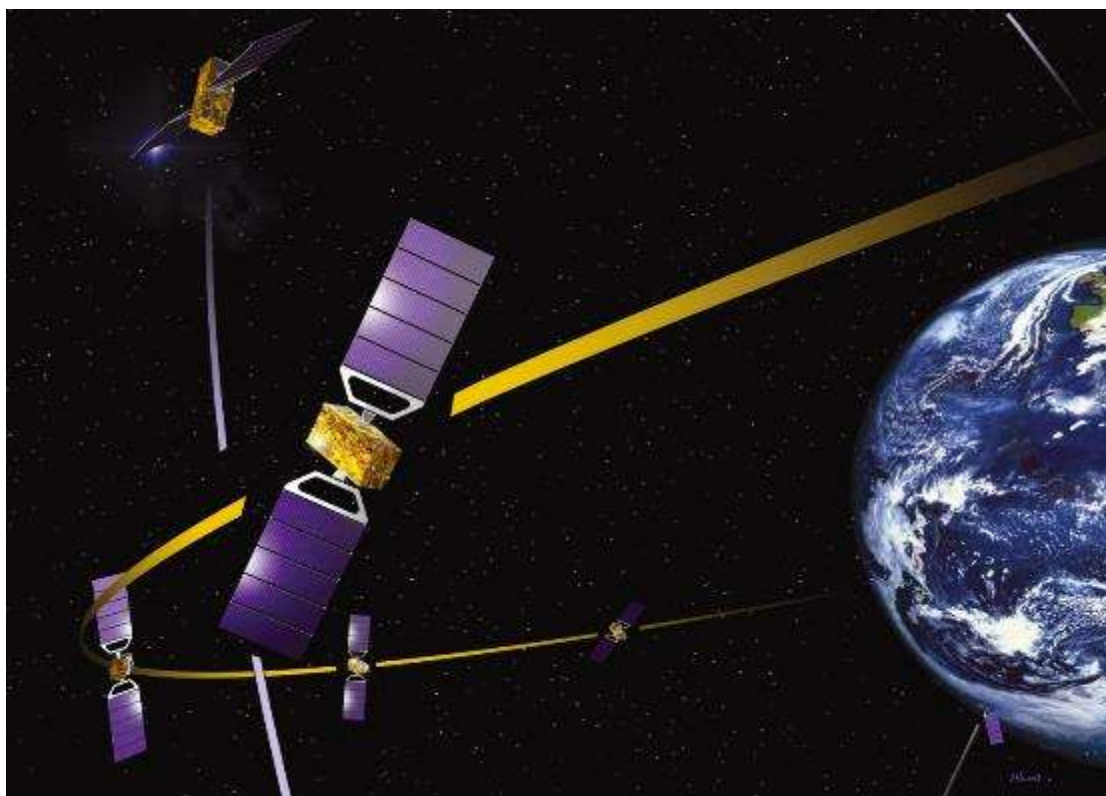
Η αποστολή και οι υπηρεσίες Galileo εξετάστηκαν με λεπτομέρεια κατά την φάση αρχικού ορισμού σε συνεργασία με τις κοινότητες χρηστών και τα Κράτη Μέλη. Οι κύριες υπηρεσίες που σχεδιάζεται να παρέχονται από το Galileo είναι οι εξής:

- Ανοικτή Υπηρεσία (Open Service) η οποία επιτυγχάνεται μέσω δύο σημάτων πλοήγησης που διαχωρίζονται κατά συχνότητα. Η Ανοικτή Υπηρεσία παρέχει εντοπισμό θέσης και χρονισμό δωρεάν για τους χρήστες. Η υπηρεσία αυτή θα είναι ανταγωνιστική αλλά και συμπληρωματική στο GPS και θα επιτρέπει την χρήση και των δύο αστερισμών.
- Υπηρεσία Ασφάλειας Ζωής (Safety of Life Service). Η υπηρεσία αυτή παρέχει παγκόσμια ακεραιότητα με ένα ορισμένο χρονικό διάστημα προειδοποίησης. Δεδομένα ακεραιότητας, με πιθανή κωδικοποίηση, περιλαμβάνονται ως μέρος των σημάτων της ανοικτής υπηρεσίας.
- Εμπορική Υπηρεσία (Commercial Service). Παρέχονται κωδικοποιημένα δεδομένα στα ανοιχτά σήματα για την παροχή μιας εμπορικής υπηρεσίας. Η υπηρεσία αυτή θα παρέχει, επίσης, πρόσβαση σε ένα τρίτο σήμα πλοήγησης σε άλλη συχνότητα από τα άλλα σήματα (πιθανών κωδικοποιημένο), για να επιτρέπει στους χρήστες την χρήση τεχνικών υψηλής ανάλυσης τριών σημάτων για βελτίωση της ακρίβειας.
- Δημόσια Ρυθμιζόμενη Υπηρεσία (Public Regulated Service). Η υπηρεσία αυτή παρέχει εντοπισμό θέσης σε συγκεκριμένους κυβερνητικούς χρήστες που απαιτούν υψηλή συνέχεια στην υπηρεσία. Δύο κωδικοποιημένα σήματα θα παρέχονται. Η πρόσβαση στην υπηρεσία θα είναι ελεγχόμενη.

- Υπηρεσίες Έρευνας και Διάσωσης (Search and Rescue Services). Το Galileo θα βελτιώσει το χρόνο έρευνας και την ακρίβεια θέσης των σημάτων πανικού από τις υπάρχουσες υπηρεσίες Έρευνας και Διάσωσης που παρέχονται από το σύστημα COSPAS-SARSAT. Θα παρέχει επίσης και αποδεικτικό λήψης στον χρήστη του μηνύματος πανικού.
- Τοπικές Υπηρεσίες (Local Component-related Services). Μερικές κατηγορίες χρηστών έχουν τοπικές απαιτήσεις πιο μεγάλες από αυτές που μπορεί να καλύψει το παγκόσμιο σύστημα. Αυτές οι προηγμένες υπηρεσίες θα εξασφαλίζονται με τοπικά τμήματα.
- Επικοινωνιακές Υπηρεσίες Πλοήγησης (Navigation Related Communications Services). Η εμπορική εκμετάλλευση των δεδομένων πλοήγησης και των συστημάτων επικοινωνίας αναγνωρίζεται ως μια μεγάλη ευκαιρία. Η βάση για την υπηρεσία αυτή είναι η συνδυασμένη χρήση του Galileo με τα υπάρχοντα επίγεια ή δορυφορικά ραδιοφωνικά δίκτυα.

Η παγκόσμια υποδομή του Galileo θα αποτελείται από:

- Έναν αστερισμό 30 δορυφόρων σε τροχιά γύρω από τη γη. Κάθε δορυφόρος θα περιλαμβάνει ένα φορτίο πλοήγησης και έναν μεταδότη έρευνας και διάσωσης.
- 30-40 σταθμούς αισθητήρων.
- Κέντρα ελέγχου
- 9 σταθμούς Mission Uplink
- 5 σταθμούς TT&C



Σχήμα 4.3: Γραφική απεικόνιση των δορυφόρων του συστήματος GALILEO.

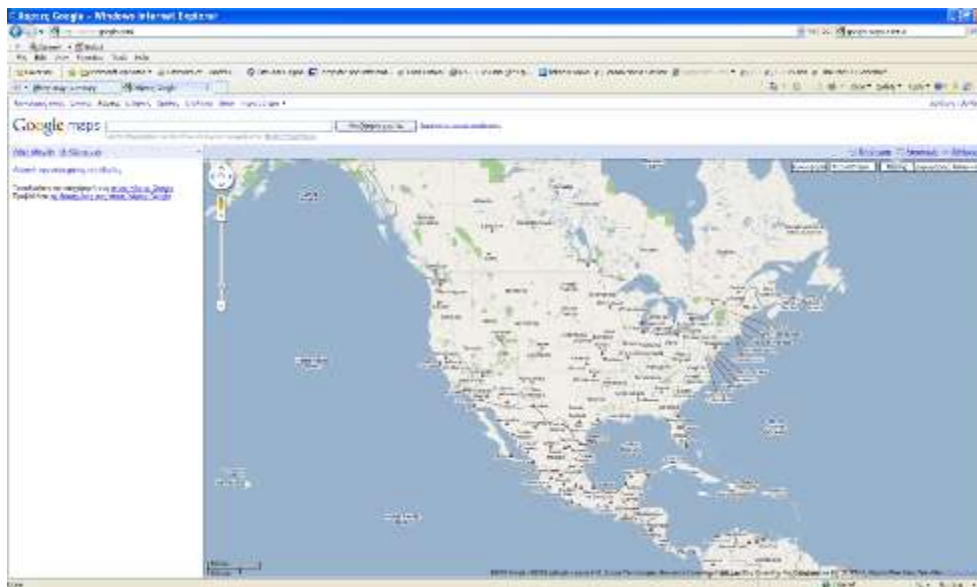
Το εύρος των πιθανών εφαρμογών του GALILEO είναι εξαιρετικά μεγάλο. Πέρα από τις μεταφορές, όπου θα βελτιώσει την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την άνεση, τα προηγμένα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του GALILEO και οι εμπορικές υπηρεσίες του θα το καταστήσουν ένα πολύτιμο εργαλείο για σχεδόν όλους τους οικονομικούς τομείς. Η ολοκλήρωση του με άλλες τεχνολογίες όπως την κινητή τηλεφωνία ή τα παραδοσιακά βοηθήματα πλοήγησης θα αυξήσει ακόμα περισσότερο το δυναμικό του.

Άσκηση 12 – Χρήση του Google Maps

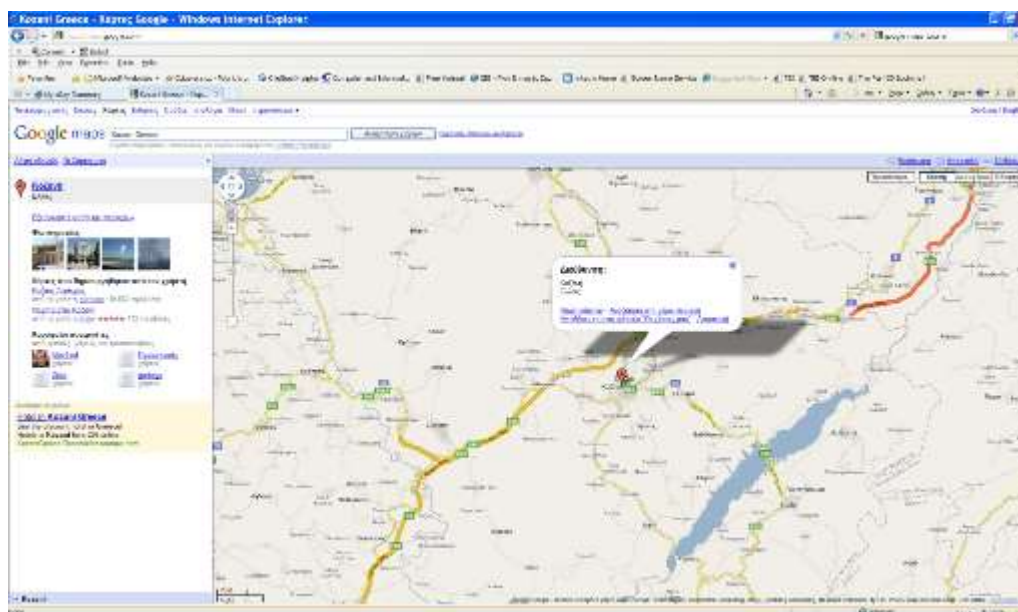
Αναζήτηση Σημείου Ενδιαφέροντος

Στην άσκηση αυτή θα εξετάσουμε κάποιες βασικές λειτουργίες της διαδικτυακής εφαρμογής Google Maps. Θα πρέπει φυσικά να έχετε πρόσβαση στο διαδίκτυο και ο υπολογιστής σας να έχει εγκατεστημένο πλοηγό διαδικτύου.

1. Επισκεφτείτε την διεύθυνση <http://maps.google.com/>. Αρχικά η εφαρμογή μας προβάλλει τις ΗΠΑ.



2. Στο πεδίο αναζήτησης σημείου πληκτρολογήστε με λατινικούς ή Ελληνικούς χαρακτήρες τις λέξεις Kozani Greece και κάντε κλικ στο **Αναζήτηση Χαρτών**. Ο χάρτης μετατοπίζεται και προβάλλεται η Κοζάνη στο κέντρο του χάρτη.

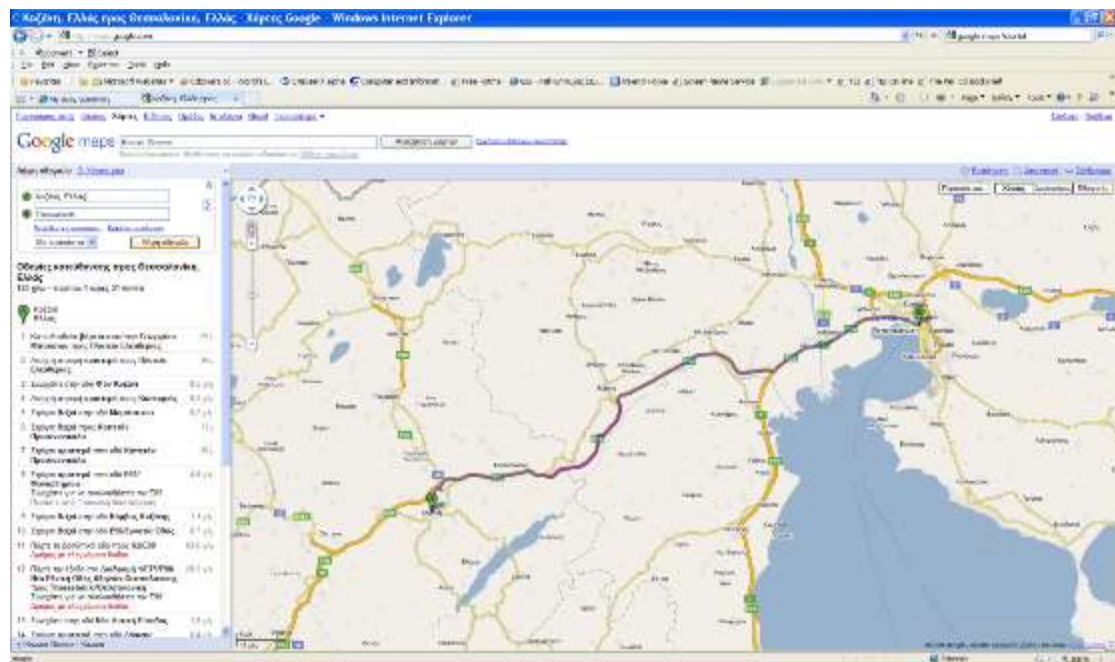


Μπορείτε να δοκιμάσετε και άλλες πόλεις ή διευθύνσεις που θέλετε να προβάλλετε. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το ποντίκι για να μετατοπίσετε το χάρτη προς όλες τις διευθύνσεις – αρκεί πατήσετε το αριστερό πλήκτρο και να το κρατήσετε πατημένο ενώ παράλληλα μετακινείτε το ποντίκι. Επίσης μπορείτε να κάνετε ζουμ με το περιστρεφόμενο πλήκτρο του ποντικιού.

Υπολογισμός Διαδρομής

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε μια διαδρομή ανάμεσα στην Κοζάνη και τη Θεσσαλονίκη.

3. Κάντε δεξί κλικ πάνω στο κόκκινο σύμβολο που εμφανίζεται πάνω στην Κοζάνη με το γράμμα Α. Επιλέξτε τη λειτουργία **Οδηγίες από εδώ**. Παρατηρείστε ότι το σύμβολο γίνεται πράσινο ενώ εμφανίζεται στα αριστερά ένα κενό πεδίο με το γράμμα Β. Εκεί μπορούμε να εισάγουμε τον προορισμό της διαδρομής.
4. Πληκτρολογήστε τη λέξη Thessaloniki στο πεδίο Β και κάντε κλικ στο **Λήψη οδηγιών**. Γίνεται ο υπολογισμός της διαδρομής η οποία εμφανίζεται στο χάρτη.

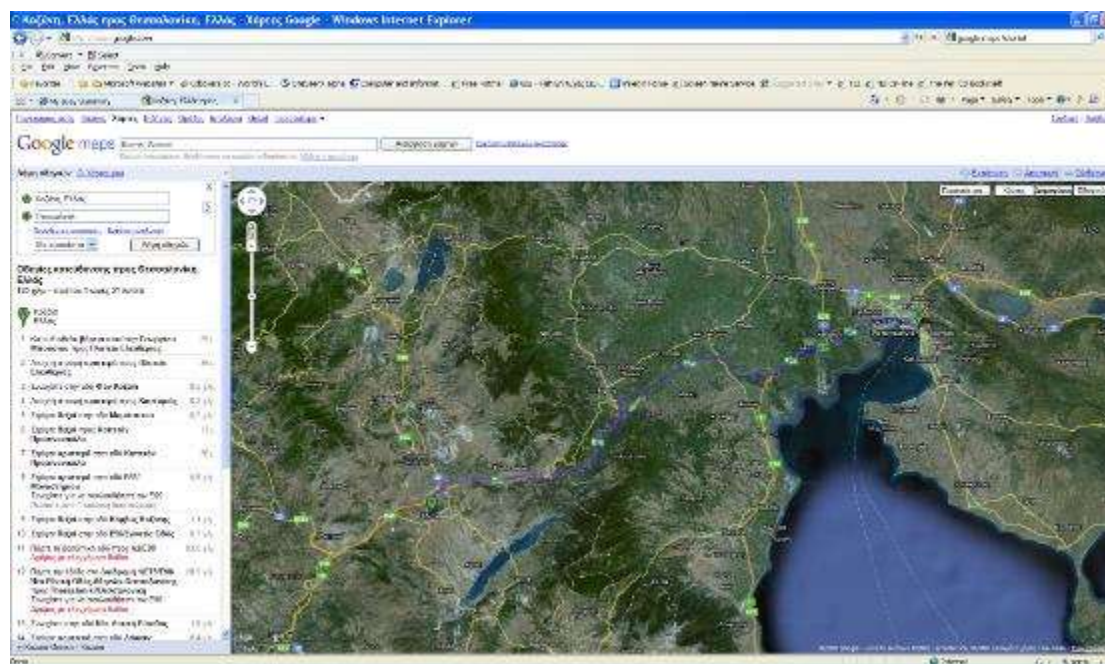


Επίσης στα αριστερά εμφανίζονται οι οδηγίες πλοήγησης για χρήση με αυτοκίνητο καθώς και η χιλιομετρική απόσταση και η διάρκεια του ταξιδιού – τηρώντας βέβαια τον ΚΟΚ!

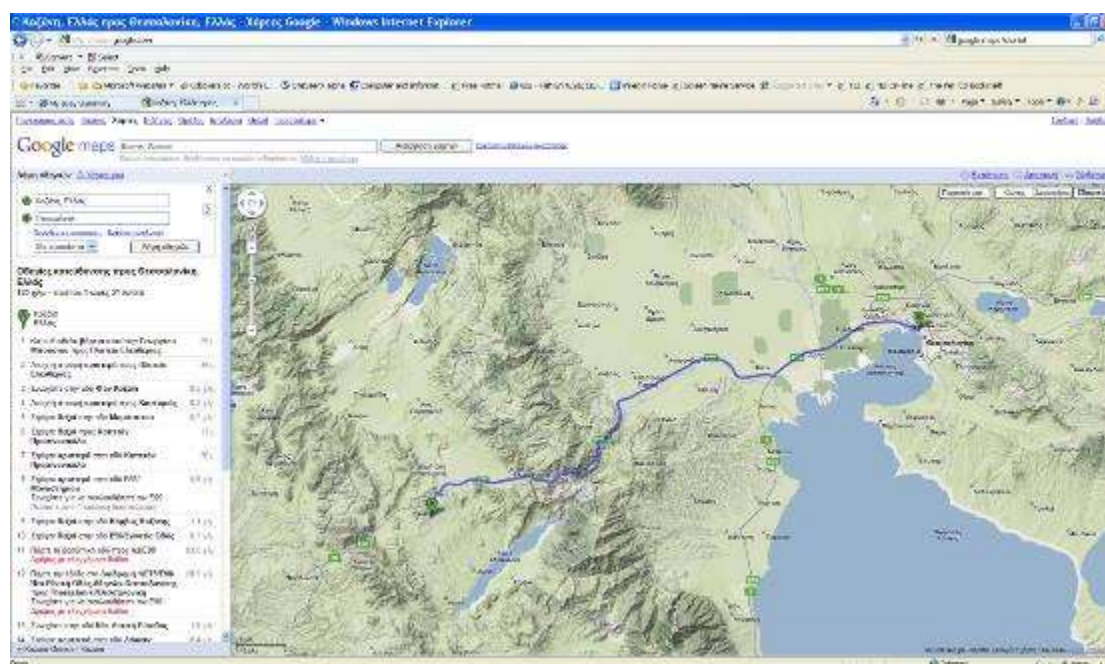
Αλλαγή Τύπου Προβολής

Εκτός του βασικού οδικού χάρτη που εμφανίζεται αρχικά στο Google Maps, υπάρχει πλέον η δυνατότητα προβολής δορυφορικής εικόνας και του σκιασμένου ανάγλυφου του εδάφους.

5. Κάντε κλικ στο πλήκτρο **Δορυφόρος**. Εμφανίζεται κάτω από τον οδικό χάρτη, η δορυφορική εικόνα της περιοχής.



6. Κάντε κλικ στο πλήκτρο **Εδαφικός**. Εμφανίζεται ένα σκιασμένο μοντέλο του ανάγλυφου της περιοχής ανάμεσα στην Κοζάνη και τη Θεσσαλονίκη.

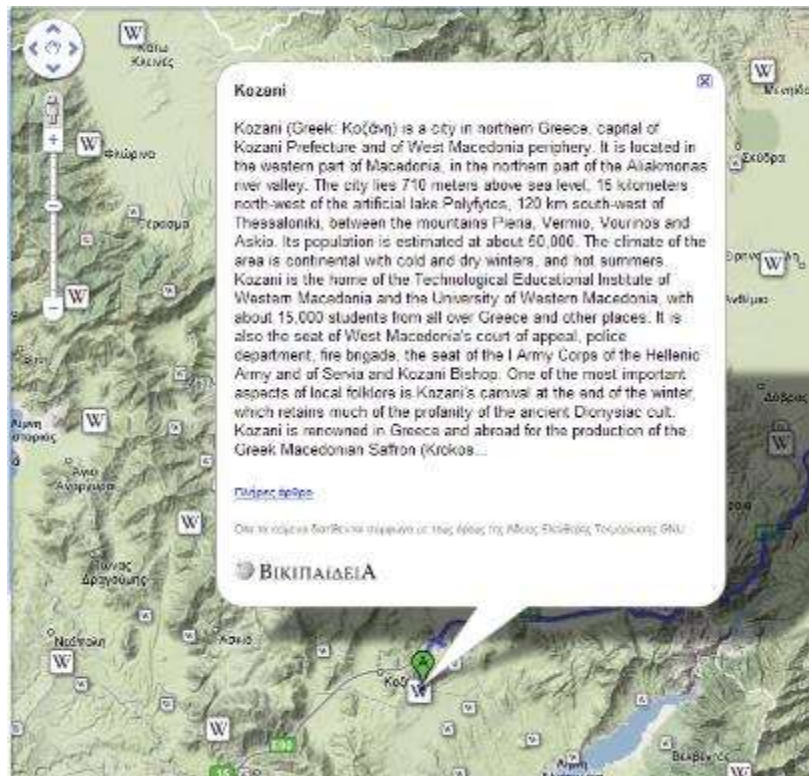


Στο κάτω αριστερό μέρος του χάρτη δίνεται η κλίμακα της εκάστοτε προβολής.

Προβολή Στρώματος Πληροφοριών

Το Google Maps διαθέτει και κάποιες επιπλέον πληροφορίες οργανωμένες σε στρώματα.

7. Κάντε κλικ στο πλήκτρο **Περισσότερα** και τσεκάρετε το στρώμα Wikipedia. Εμφανίζονται στο χάρτη πολλά σύμβολα με το γράμμα W.
8. Κάντε αριστερό κλικ στο αντίστοιχο σύμβολο πάνω στην Κοζάνη. Εμφανίζεται ένα πλαίσιο με πληροφορίες σχετικές με την περιοχή της Κοζάνης στα Αγγλικά.

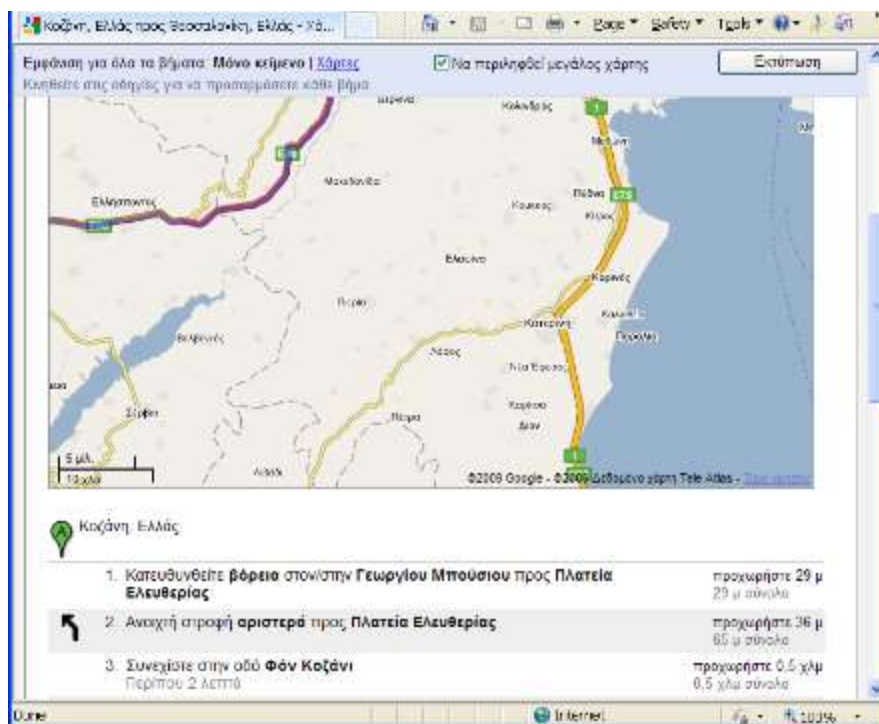


9. Μπορείτε να κλείσετε το πλαίσιο κάνοντας κλικ στο **X** στο πάνω δεξί μέρος του πλαισίου.

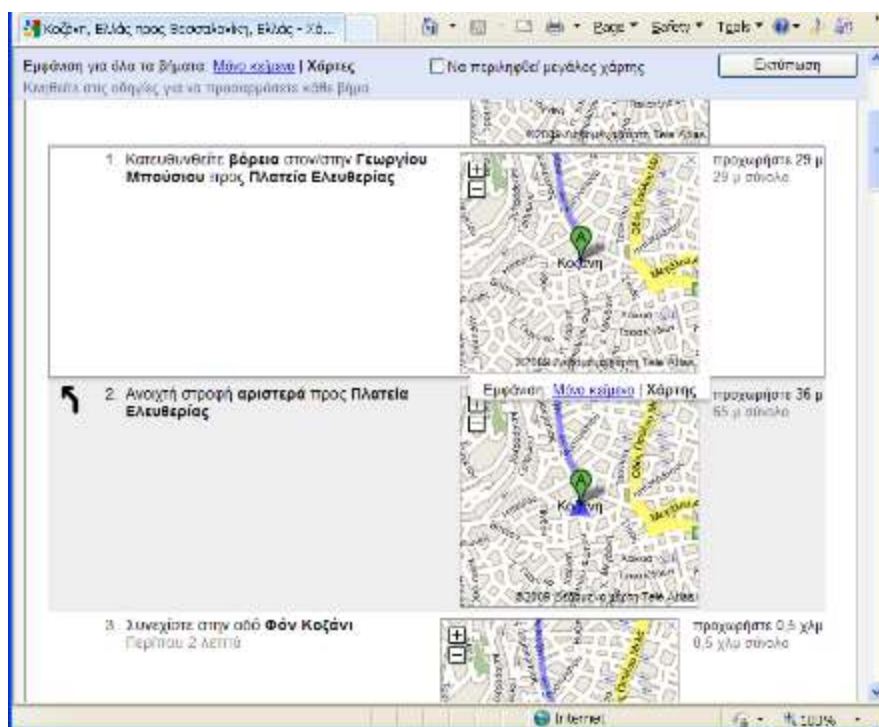
Εκτύπωση Χάρτη και Οδηγιών

Το Google Maps δίνει τη δυνατότητα εκτύπωσης των οδηγιών της διαδρομής και του χάρτη σε βολική μορφή για χρήση στο αυτοκίνητο – με τη βοήθεια συνοδηγού φυσικά.

10. Επιλέξτε τη λειτουργία **Εκτύπωση** πάνω δεξιά από το χάρτη. Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο πλοηγού διαδικτύου.
11. Τσεκάρετε την επιλογή **Να περιληφθεί μεγάλος χάρτης**. Εμφανίζεται πριν τις οδηγίες και ο σχετικός χάρτης.



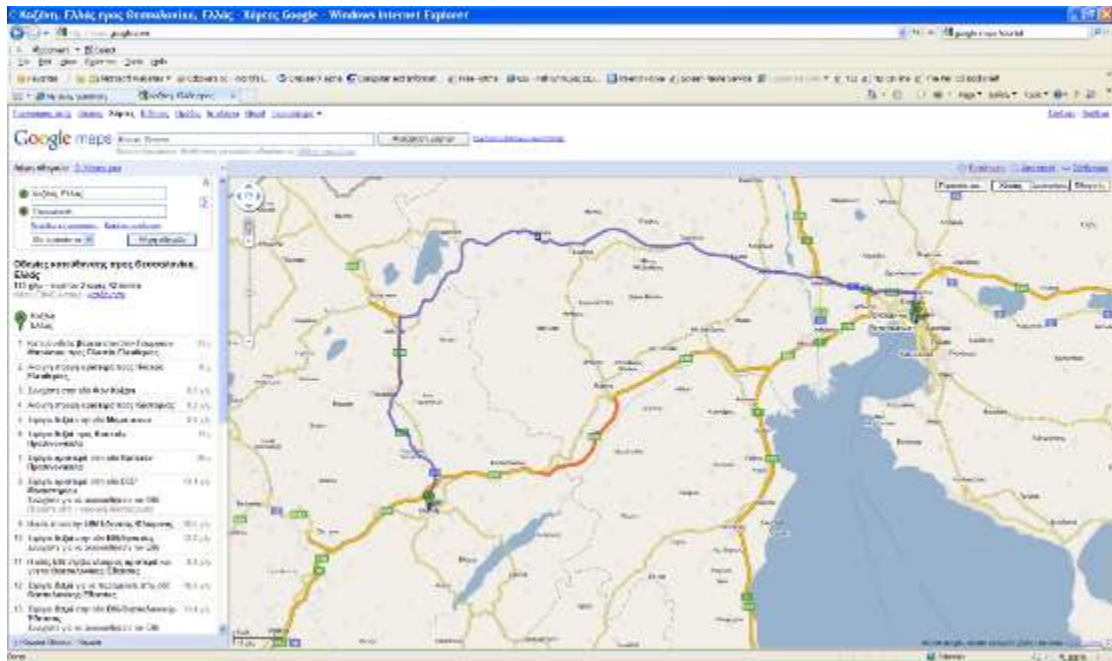
12. Μπορείτε επίσης να λάβετε τις οδηγίες και σε γραφική μορφή κάνοντας κλικ στην επιλογή **Χάρτες** στο επάνω μέρος του νέου παράθυρου.



Αλλαγή Διαδρομής στο Χάρτη

Στο αρχικό παράθυρο του Google Maps, θα δοκιμάσουμε τώρα να τροποποιήσουμε την διαδρομή, αναγκάζοντας την να περάσει από ένα άλλο ενδιαμέσο σημείο.

13. Κάντε αριστερό κλικ σε κάποιο ενδιαμέσο σημείο της διαδρομής, ας πούμε κοντά στη Βέροια, και κρατήστε το πλήκτρο πατημένο.
14. Μεταφέρετε το σημείο σε ένα νέο ενδιαμέσο σημείο, ας πούμε στην Έδεσσα. Αφήστε το πλήκτρο του ποντικιού. Η διαδρομή αλλάζει ώστε να περνά από το νέο ενδιαμέσο σημείο. Ενημερώνονται παράλληλα και οι οδηγίες στο αριστερό τμήμα του παράθυρου.



Εδώ ολοκληρώνεται η γνωριμία μας με το Google Maps.

Άσκηση 13 – Χρήση του Google Earth

Βλέποντας την υδρόγειο

Κάθε φορά που ξεκινάτε το Google Earth, η Γη εμφανίζεται στο κύριο παράθυρο. Η περιοχή που εμφανίζει τη Γη ονομάζεται *Προβολή 3D*. Η προβολή 3D εμφανίζεται πάντα στο Google Earth και εμφανίζει εικόνες, έδαφος και πληροφορίες για τα μέρη ανά τον κόσμο.



Μεγέθυνση και σμίκρυνση

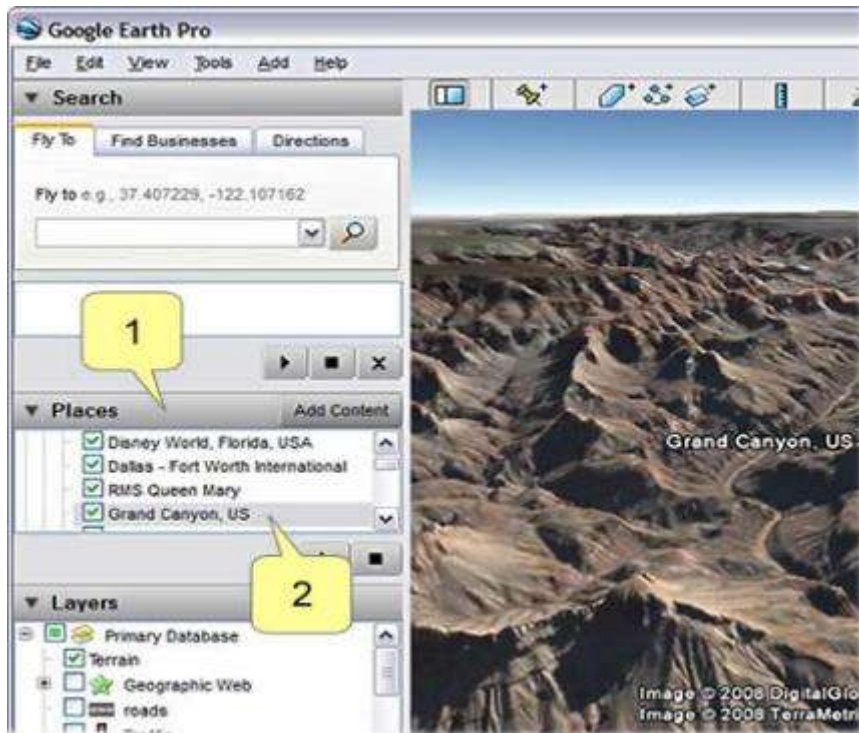
Σε αυτές τις ασκήσεις, θα πραγματοποιήσετε μεγέθυνση και σμίκρυνση στο Γκραντ Κάνιον. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να το πετύχετε. Για να εξοικειωθείτε με το Google Earth, δοκιμάστε και τους τρεις:

- Μεγέθυνση χρησιμοποιώντας μία σήμανση μέρους
- Μεγέθυνση και σμίκρυνση χρησιμοποιώντας το ποντίκι
- Μεγέθυνση και σμίκρυνση χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης

Μεγέθυνση χρησιμοποιώντας μία σήμανση μέρους

Στο Google Earth, μία σήμανση μέρους είναι μια οπτική παράσταση που επισημαίνει μια τοποθεσία. Κάθε σήμανση μέρους εμφανίζεται ως πινέζα με ετικέτα. Για να κάνετε ζουμ στο Γκραντ Κάνιον χρησιμοποιώντας μία υπάρχον σήμανση μέρους:

1. Στον πίνακα Τοποθεσίες (δείτε το παρακάτω διάγραμμα), εντοπίστε τον φάκελο Αξιοθέατα. Μπορεί να χρειαστεί να πραγματοποιήσετε κύλιση προς τα κάτω για να δείτε αυτόν τον φάκελο.
2. Αναπτύξτε τον φάκελο Αξιοθέατα κάνοντας κλικ στο +.
3. Κάντε διπλό κλικ στην καταχώρηση της τοποθεσίας Γκραντ Κάνιον. Το Google Earth κάνει ζουμ στο Γκραντ Κάνιον



1. Πίνακας Τοποθεσίες
2. Καταχώρηση της τοποθεσίας Γκραντ Κάνιον.

Μεγέθυνση και σμίκρυνση χρησιμοποιώντας το ποντίκι

Μόλις πραγματοποιήσετε μεγέθυνση χρησιμοποιώντας μία σήμανση μέρους, είστε έτοιμοι για να πραγματοποιήσετε μεγέθυνση και σμίκρυνση χρησιμοποιώντας το ποντίκι. Για να το πραγματοποιήσετε:

1. Πραγματοποιήστε σμίκρυνση στο Γκραντ Κάνιον κάνοντας ένα από τα ακόλουθα:
 2. Κυλίστε τη ρόδα του ποντικιού προς τα κάτω (προς τα εσάς) πολλές φορές.
 3. Κρατήστε πατημένο το κουμπί του ποντικιού, σύρετε το ποντίκι προς τα επάνω και αφήστε το κουμπί. Κάντε αυτήν την κίνηση πολλές φορές.
4. Πραγματοποιήστε μεγέθυνση στο Γκραντ Κάνιον ξανά κάνοντας το αντίθετο. Με άλλα λόγια, κάντε ένα από τα παρακάτω:
 5. Κυλίστε τη ρόδα του ποντικιού προς τα επάνω (μακριά από εσάς) πολλές φορές.
 6. Κρατήστε πατημένο το κουμπί του ποντικιού, σύρετε το ποντίκι προς τα κάτω και αφήστε το κουμπί. Κάντε αυτήν την κίνηση πολλές φορές.



Μεγέθυνση και σμίκρυνση χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης

Τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης εμφανίζονται στην επάνω δεξιά γωνία της προβολής 3D. Προσφέρουν τον ίδιο τύπο ενέργειας πλοήγησης που μπορείτε να επιτύχετε με την πλοήγηση με το ποντίκι, συν κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά.



Για να προβάλετε και να χρησιμοποιήσετε τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης, μετακινήστε τον δρομέα πάνω από το εικονίδιο της πυξίδας στην επάνω δεξιά γωνία της προβολής 3D. Τα στοιχεία πλοήγησης εμφανίζονται αυτόματα κάθε φορά που κάνετε αυτήν την κίνηση - εξαφανίζονται σταδιακά όταν μετακινείτε τον δρομέα αλλού.

Για την ώρα, θα κάνουμε εξάσκηση στη μεγέθυνση και σμίκρυνση με τα στοιχεία ελέγχου. Για να το πραγματοποιήσετε:

1. Αν τα στοιχεία ελέγχου δεν εμφανίζονται στα δεξιά (και εμφανίζεται η πυξίδα), μεταβείτε με το ποντίκι πάνω από την πυξίδα. Εμφανίζονται τα στοιχεία ελέγχου.
2. Πραγματοποιήστε σμίκρυνση κάνοντας κλικ στο κουμπί σμίκρυνση .
3. Πραγματοποιήστε μεγέθυνση κάνοντας κλικ στο κουμπί μεγέθυνση .

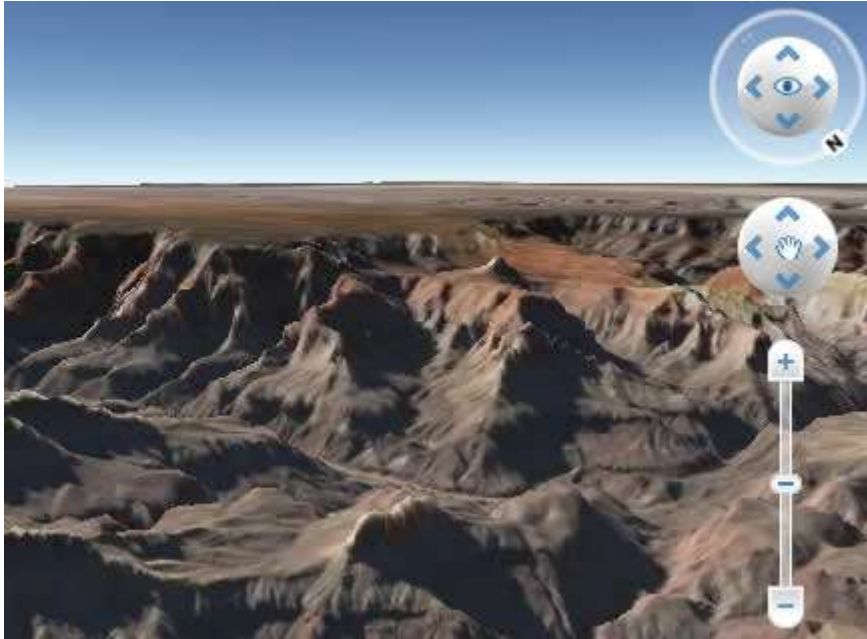
Μπορείτε επίσης να κάνετε κλικ και να κρατήσετε πατημένα αυτά τα κουμπιά για να κάνετε ζουμ συνεχώς ή να κάνετε διπλό κλικ στα κουμπιά για να κάνετε ζουμ όσο το δυνατόν περισσότερο.

Σημείωση - Μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε το ρυθμιστικό ζουμ για να πραγματοποιήσετε μεγέθυνση ή σμίκρυνση (δείτε το παραπάνω διάγραμμα).

Δείτε με κλίση την προβολή

Τώρα που γνωρίζετε πώς να πραγματοποιείτε μεγέθυνση ή σμίκρυνση, είστε έτοιμοι να δείτε τη γη σε τρεις διαστάσεις. Για να το πραγματοποιήσετε, δίνετε κλίση στην οπτική σας γωνία, ώστε να μπορείτε να βλέπετε τις αλλαγές στην

ανύψωση της επιφάνειας της γης. Η λειτουργία αυτή του Google Earth είναι εξαιρετικά διασκεδαστική, ιδιαίτερα όταν βλέπετε λοφώδες και ορεινό έδαφος.



Απόκρημνο έδαφος του Γκραντ Κάνιον όπως εμφανίζεται στο Google Earth.

Όπως και κατά το ζουμ, υπάρχουν πολλοί τρόποι για να δώσετε κλίση στην προβολή. Δοκιμάστε και τους δύο:

- Δώστε κλίση χρησιμοποιώντας το ποντίκι
- Δώστε κλίση χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης



Δώστε κλίση χρησιμοποιώντας το ποντίκι

Για να δώσετε κλίση στην οπτική σας γωνία χρησιμοποιώντας το ποντίκι:

1. Στον πίνακα Επιστρώσεις, βεβαιωθείτε ότι είναι επιλεγμένο το πλαίσιο Έδαφος.
2. Πραγματοποιήστε ζουμ στο Γκραντ Κάνιον . Η άσκηση αυτή λειτουργεί καλύτερα αν πραγματοποιήσετε ζουμ στην οπτική σας γωνία περίπου 35.000 πόδια (δείτε το Ύψ ματιού στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης).
3. Αν το ποντίκι σας έχει είτε μεσαίο κουμπί είτε ρόδα κύλισης που πιέζεται, δείτε με κλίση την προβολή πιέστε το κουμπί και γυρίζοντας το ποντίκι προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Προσέξτε ότι βλέπετε τις πλευρές του Γκραντ Κάνιον και ο ποταμός Κολοράντο εμφανίζεται στο κάτω μέρος του φαραγγίου.
4. Αν το ποντίκι σας έχει ρόδα κύλισης, μπορείτε να δώσετε κλίση στην προβολή πιέζοντας το κουμπί SHIFT και κυλώντας προς τα ΚΑΤΩ για να δείτε τη γη σε προβολή "από πάνω προς τα κάτω", ή κυλώντας προς τα ΕΠΑΝΩ για να δείτε τη γη σε προβολή οριζοντα.

Δώστε κλίση χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης

Για να δώσετε κλίση στην οπτική σας γωνία χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου ώστε να μπορείτε να βλέπετε το έδαφος του Γκραντ Κάνιον:

1. Στον πίνακα Επιστρώσεις, βεβαιωθείτε ότι είναι επιλεγμένο το πλαίσιο Έδαφος.
2. Αν δεν εμφανίζονται τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης, μετακινήστε τον δρομέα πάνω από το εικονίδιο της πυξίδας στην επάνω δεξιά γωνία της προβολής 3D.
3. Κάντε κλικ στο κουμπί κλίση προς τα επάνω  για να δείτε με κλίση προς τα επάνω την προβολή (κάθετη προβολή) του φαραγγιού.
4. Κάντε κλικ στο κουμπί κλίση προς τα κάτω  για να δείτε με κλίση προς τα κάτω την προβολή (οριζόντια προβολή) του φαραγγιού.
5. Τώρα δοκιμάστε με το ρυθμιστικό. Βρίσκετε μαζί με τα στοιχεία ελέγχου ανάμεσα στα κουμπιά Κλίση προς τα πάνω και Κλίση προς τα κάτω. Κάντε κλικ και σύρετε το ρυθμιστικό προς τα επάνω για να δώσετε κλίση προς τα επάνω στην προβολή (κάθετη προβολή) του φαραγγιού.
6. Κάντε κλικ και σύρετε το ρυθμιστικό προς τα κάτω για να δώσετε κλίση προς τα κάτω στην προβολή (οριζόντια προβολή) του φαραγγιού.

Σημείωση - Το Ύψος ματιού στο κάτω μέρος της προβολής 3D αναφέρεται στο ύψος ματιού (ανύψωση της οπτικής σας).



Περιστροφή της προβολής

Μπορείτε να περιστρέψετε την υδρόγειο για να προβάλετε διαφορετικές τοποθεσίες. Για παράδειγμα, αν κοιτάτε συγκεκριμένη κορυφογραμμή του Γκραντ Κάνυον, μπορείτε να περιστρέψετε την προβολή για να κοιτάξετε το φυσικό χαρακτηριστικό από διαφορετική οπτική. Μπορείτε να το πραγματοποιήσετε με έναν από τους δύο τρόπους. Βεβαιωθείτε ότι δοκιμάσατε και τις δύο μεθόδους:

- Περιστροφή χρησιμοποιώντας το ποντίκι
- Περιστροφή χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης

Περιστροφή χρησιμοποιώντας το ποντίκι

Για να περιστρέψετε την οπτική σας χρησιμοποιώντας το ποντίκι:

1. Τοποθετήστε το δρομέα του ποντικιού στην προβολή και πατήστε το ΑΡΙΣΤΕΡΟ/κύριο κουμπί του ποντικιού. Προσέξτε ότι το εικονίδιο του δρομέα αλλάζει από ανοιχτό χέρι  σε κλειστό χέρι . Τραβήξτε την προβολή 3D όπως όταν ο δρομέας-χέρι είναι σαν χέρι επάνω στον πλανήτη και επιθυμείτε να σύρετε ένα νέο μέρος της γης σε προβολή.
2. Αν επιθυμείτε να σύρετε συνεχώς σε οποιαδήποτε κατεύθυνση (κατά πλάτος του φαραγγιού για παράδειγμα), κρατήστε πατημένο το αριστερό/κύριο κουμπί του ποντικιού. Έπειτα, μετακινήστε σύντομα το ποντίκι και ελευθερώστε το κουμπί, σα να "πετάτε" το στιγμιότυπο. Κάντε κλικ μία φορά στην προβολή 3D για να σταματήσετε την κίνηση.

Περιστροφή χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης

Για να περιστρέψετε την οπτική σας χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης:

1. Αν δεν εμφανίζονται τα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης, μετακινήστε τον δρομέα πάνω από το εικονίδιο της πυξίδας στην επάνω δεξιά γωνία της προβολής 3D.
2. Στα στοιχεία ελέγχου πλοήγησης, κάντε κλικ και σύρετε το joystick στην κατάλληλη κατεύθυνση. (δείτε το παρακάτω διάγραμμα).
3. Κάντε κλικ στα βέλη εκτός του joystick για να μετακινηθείτε στην κατάλληλη κατεύθυνση. (δείτε το παρακάτω διάγραμμα).

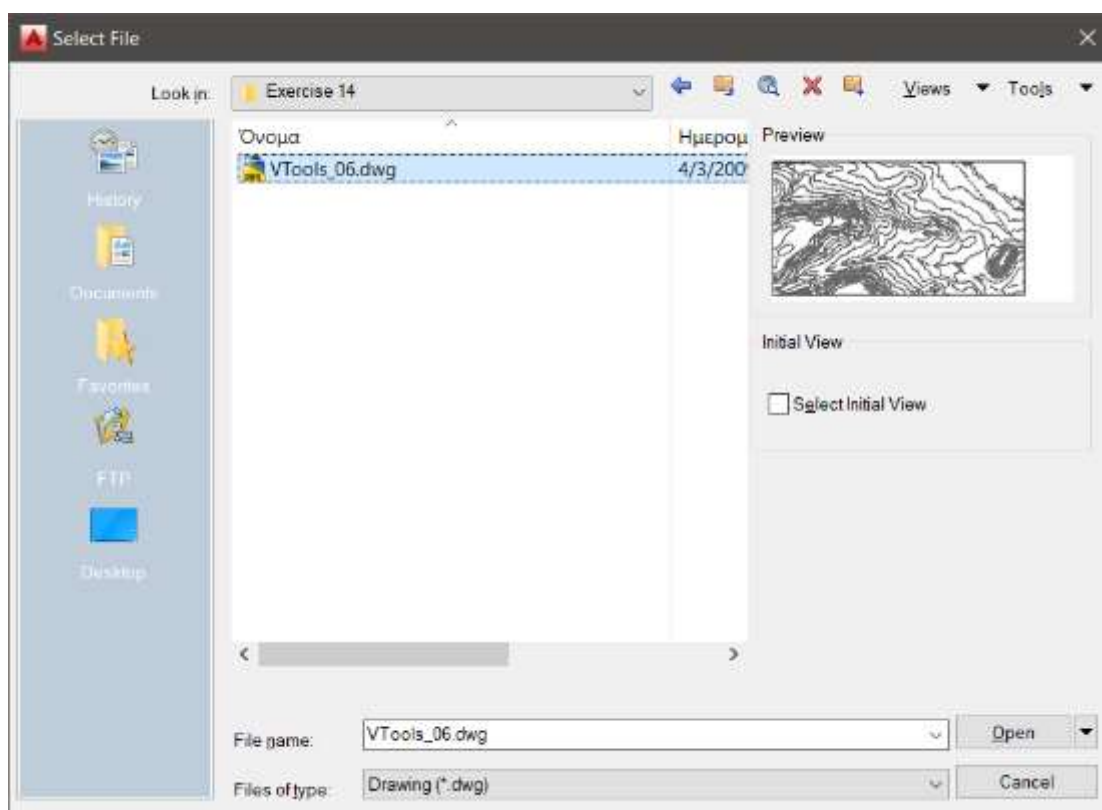


1. Joystick
2. Βέλη εκτός του joystick

Άσκηση 14 – Ψηφιοποίηση Χάρτη Ισοϋψών

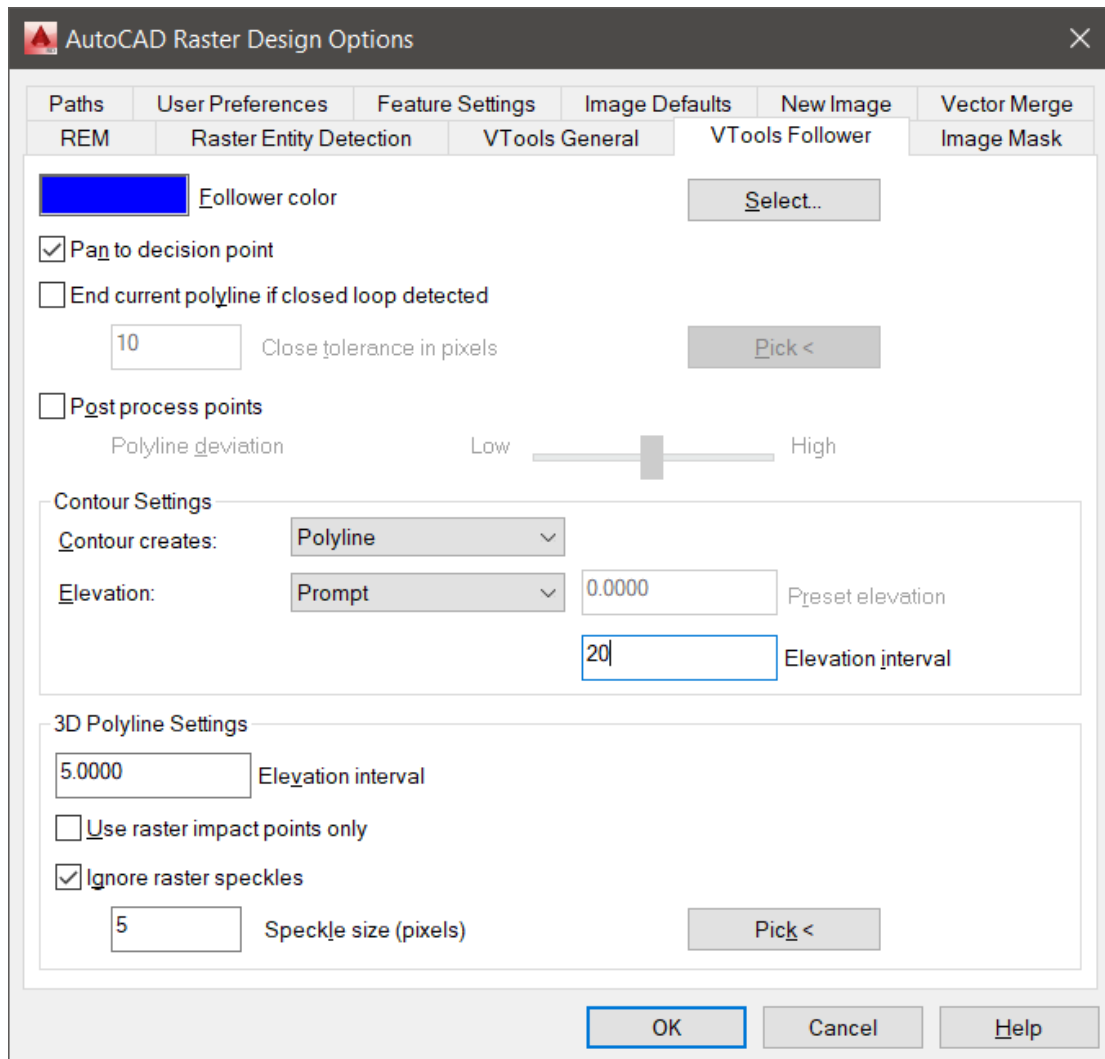
Στην άσκηση αυτή χρησιμοποιείτε τον ανιχνευτή ισοϋψών για να μετατρέψετε ψηφιδωτές ισοϋψείς σε διανυσματικές με υψόμετρα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον ανιχνευτή ισοϋψών για να μετατρέψετε ψηφιδωτές ισοϋψείς σε διανυσματικές με υψόμετρα χρησιμοποιώντας ρυθμίσεις για την απόδοση υψομέτρων, διαχείριση στρωμάτων, και τη συμπεριφορά κρίσιμων σημείων. Τα υψομετρικά επίπεδα μπορούν να αποδίδουν υψόμετρο εδάφους ή άλλη ιδιότητα του, όπως θερμοκρασία ή πυκνότητα πληθυσμού.

1. Ξεκινήστε το Raster Design.
2. Στο φάκελο Exercise 14, ανοίξτε το σχέδιο VTools_06.dwg.

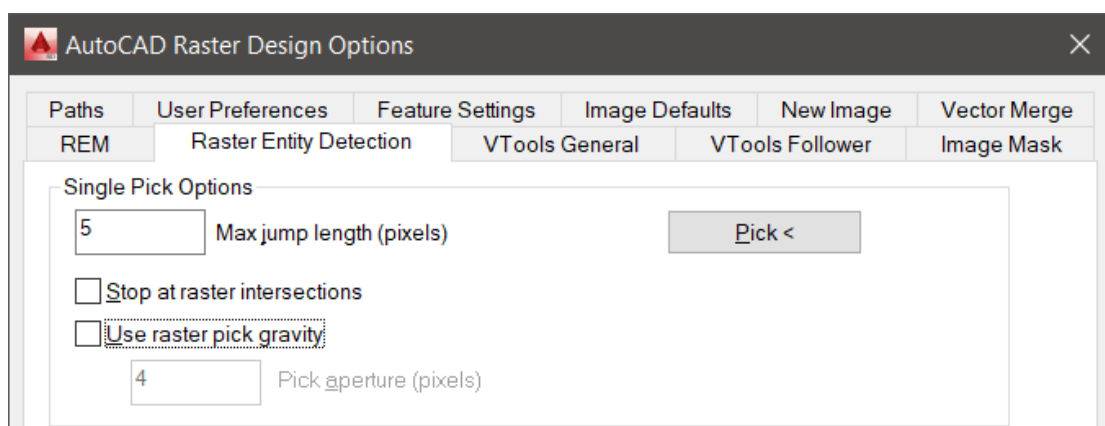


Πρόσβαση στις επιλογές μετατροπής ψηφιδωτού σε διανυσματικό

3. Πληκτρολογήστε την εντολή IOPTIONS για να ανοίξει το παράθυρο με τις επιλογές του Raster Design.
4. Στην καρτέλα V Tools Follower, αλλάξτε την ισοδιάσταση των ισοϋψών σε 20 μέτρα.



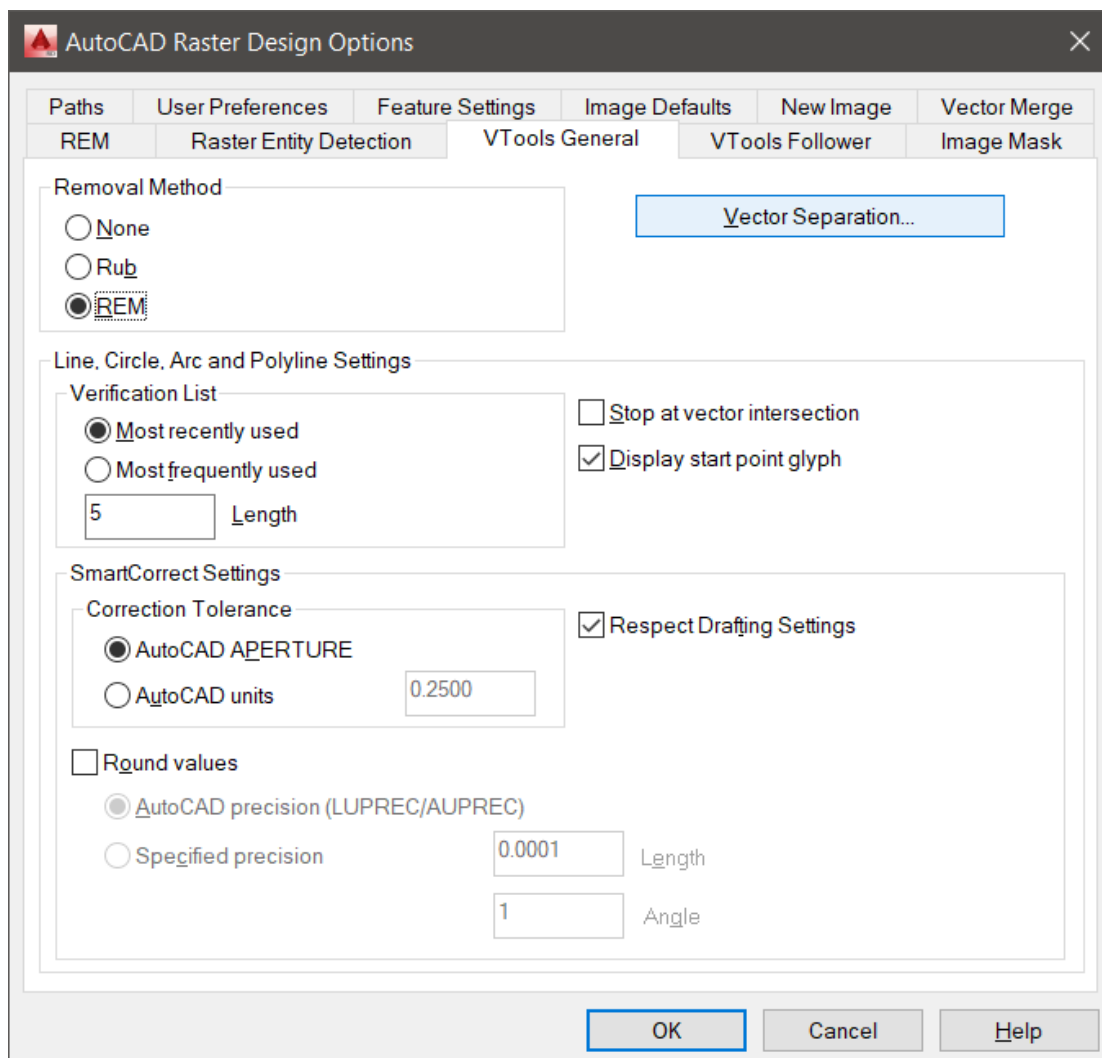
5. Στην καρτέλα Raster Entity Detection αλλάξετε το Max Jump Length σε 5 (pixels).



Η ρύθμιση αυτή ελέγχει το πως το Raster Design ακολουθεί μια ψηφιδωτή γραμμή με κενά. Χρησιμοποιείται συνήθως για ισοϋψείς γραμμές με ετικέτες υψομέτρων ή γραμμές παροχής με ετικέτες τύπου ή μεγέθους. Το μήκος αυτό είναι σε ψηφίδες και μπορεί να επιλεγεί από την οθόνη με το πλήκτρο Pick. Στην περίπτωση αυτή, το

μήκος ορίζεται στο 5 ώστε ο ανιχνευτής να μην περνά αυτόματα τις ετικέτες των ισούψών.

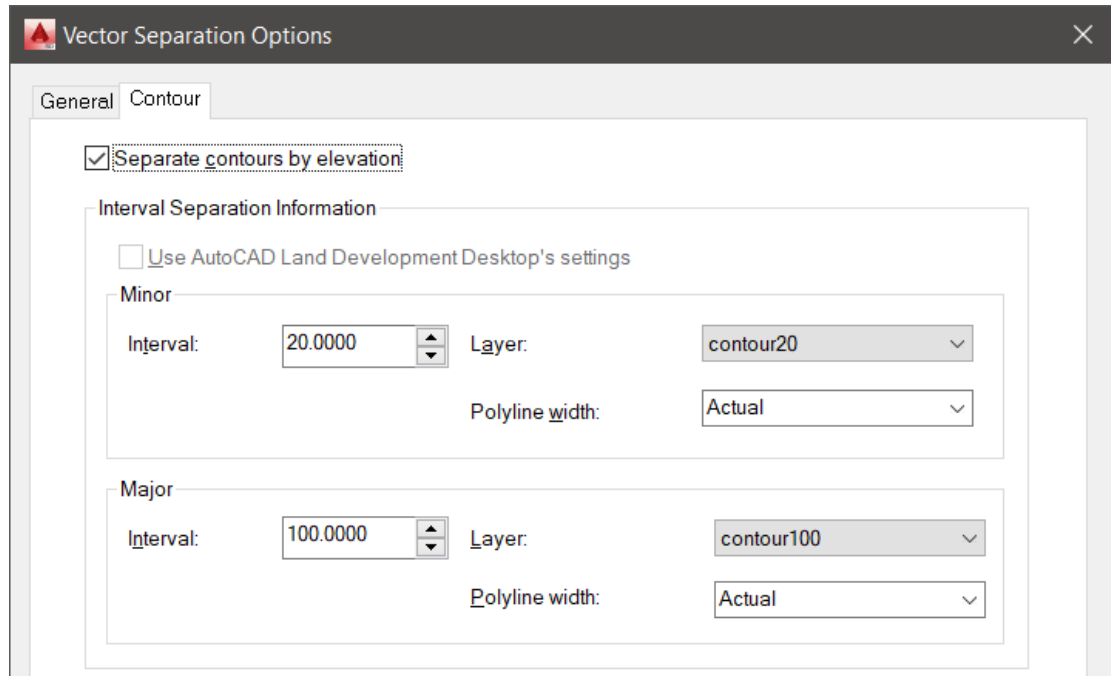
6. Στην καρτέλα V Tools Follower επιλέξτε τη λειτουργία Vector Separation και επιλέξτε την καρτέλα Contour στο παράθυρο που εμφανίζεται.



Στην καρτέλα αυτή θα δώσουμε την ισοδιάσταση των ισούψών καθώς και τα στρώματα στα οποία προκαθορισμένα υψόμετρα που δίνονται στις ισούψεις όπως αυτές μετατρέπονται.

7. Τσεκάρετε την επιλογή Separate contours by elevation.
8. Ρυθμίστε το Minor Interval στο 20 και το Major Interval στο 100 (ισοδιάσταση δευτερευόντων και κύριων ισούψών). Χρησιμοποιήστε το στρώμα contour20 για τις Minor contours και το contour100 για τις Major contours. Χρησιμοποιήστε την επιλογή Actual για τα πάχη των Minor και των Major.

Όλες οι ισοϋψείς με υψόμετρο που διαιρείται με το 100 τοποθετούνται στο στρώμα contour100 αυτόματα. Όλες οι ισοϋψείς με υψόμετρο που διαιρείται με το 20, αλλά όχι το 100, τοποθετούνται στο στρώμα contour20. Όλες οι γραμμές χρησιμοποιούν πλάτος ίδιο με αυτό των ψηφιδωτών δεδομένων.



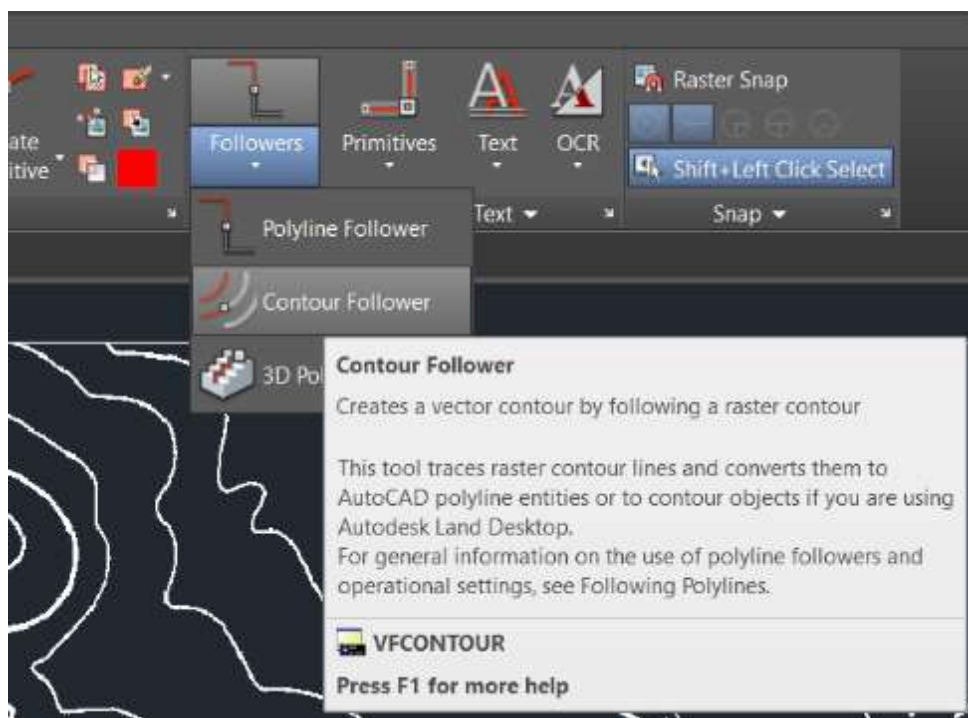
9. Πατήστε το OK για να βγείτε από το παράθυρο Vector Separation Options και πατήστε το OK ξανά για να βγείτε από το παράθυρο Raster Design Options.

Δημιουργία ισοϋψούς από ψηφιδωτές πληροφορίες

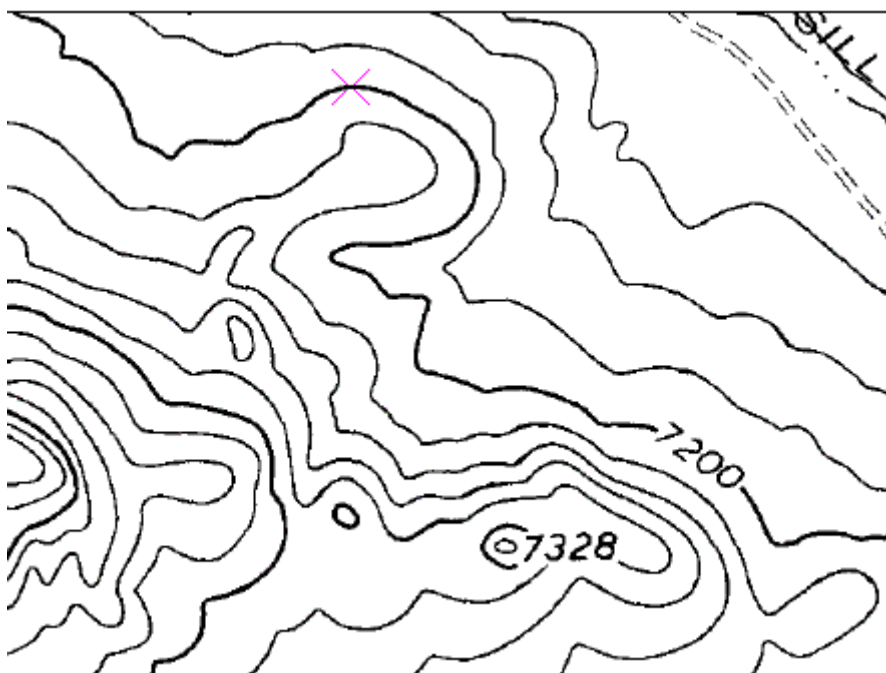
10. Επιλέξτε τη λειτουργία Contour Follower για να δημιουργήσετε ισοϋψείς.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις παρακάτω επιλογές κατά τη διάρκεια της ψηφιοποίησης πατώντας το γράμμα που είναι κεφαλαίο και στη συνέχεια το Enter:

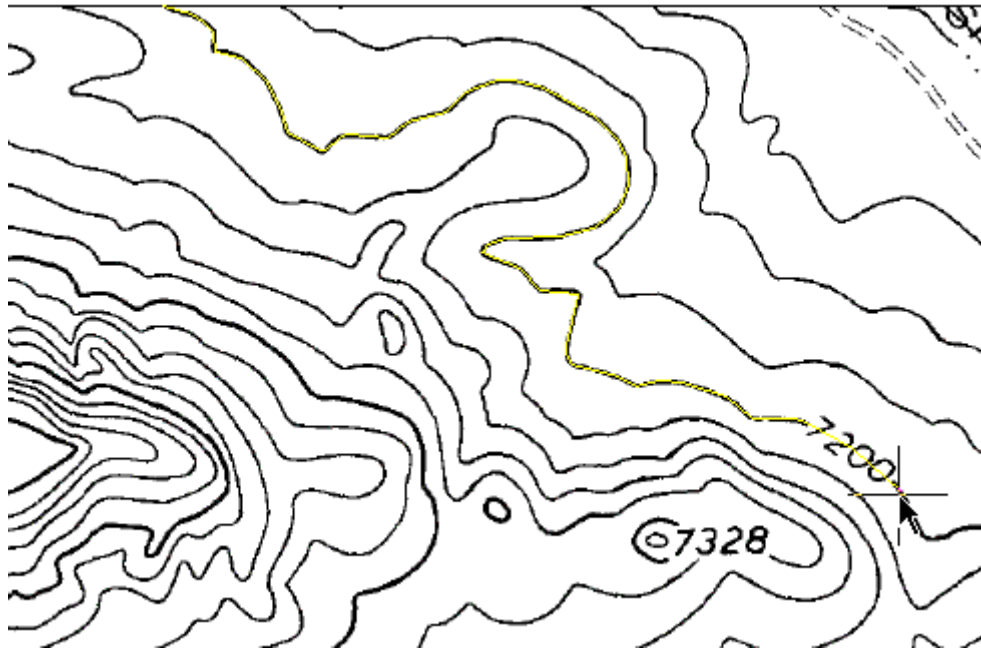
- Switch: αλλάζει την άκρη τη γραμμής από όπου συνεχίζουμε την ψηφιοποίηση
- cOntinue: συνεχίζει την ψηφιοποίηση εφόσον βρισκόμαστε και πάλι μέσα στη ψηφιδωτή γραμμή
- Rollback: επιτρέπει την επιστροφή σε προηγούμενο σημείο, σβήνοντας τα σημεία που ακολουθούν



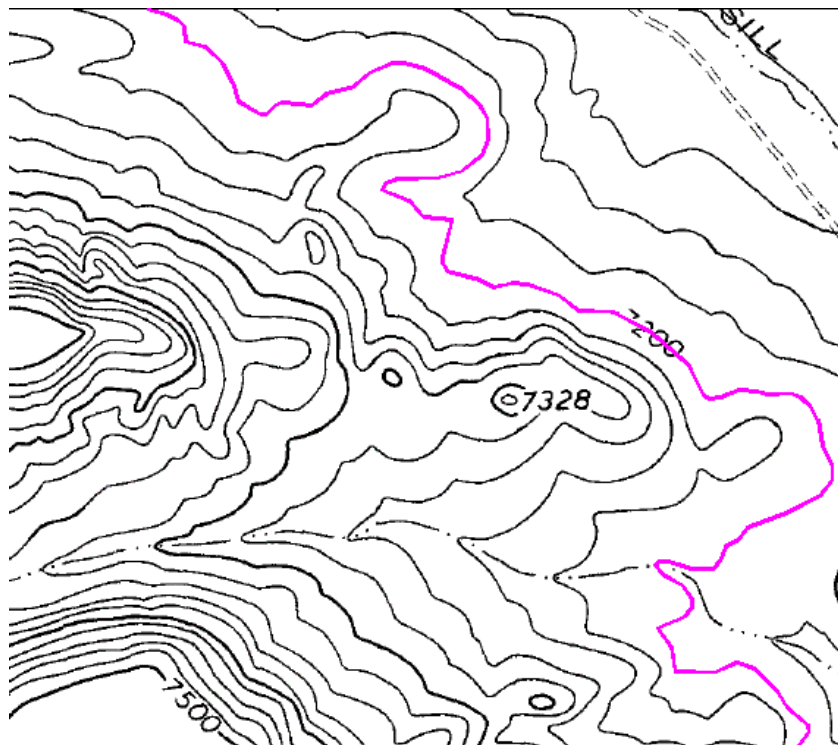
11. Επιλέξτε το πάνω μισό της ισοϋψούς 7200 όπως στο παρακάτω παράδειγμα.



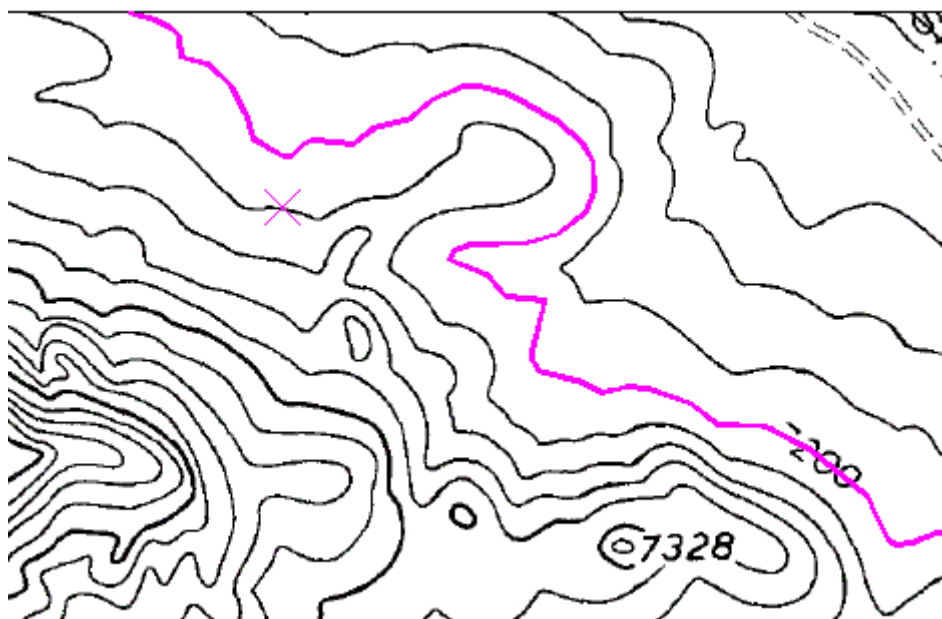
12. Όταν ο ανιχνευτής φτάσει στη διακοπή με την ετικέτα, προσθέστε εσείς σημεία κατά μήκος της, όπως στο παρακάτω παράδειγμα.



13. Πατήστε το 0 για να συνεχίσετε να ανιχνεύετε την ισούψη.
14. Όταν ο ανιχνευτής φτάσει στο τέλος της ισούψους, πατήστε το Enter για να σταματήσετε τη διαδικασία ανίχνευσης.
15. Δώστε 7200 για να ορίσετε το υψόμετρο της νέας ισούψους. Η νέα ισούψης τοποθετείται στο στρώμα contour100 και το πλάτος της γραμμής καθορίζεται από το αρχικό ψηφιδωτό.

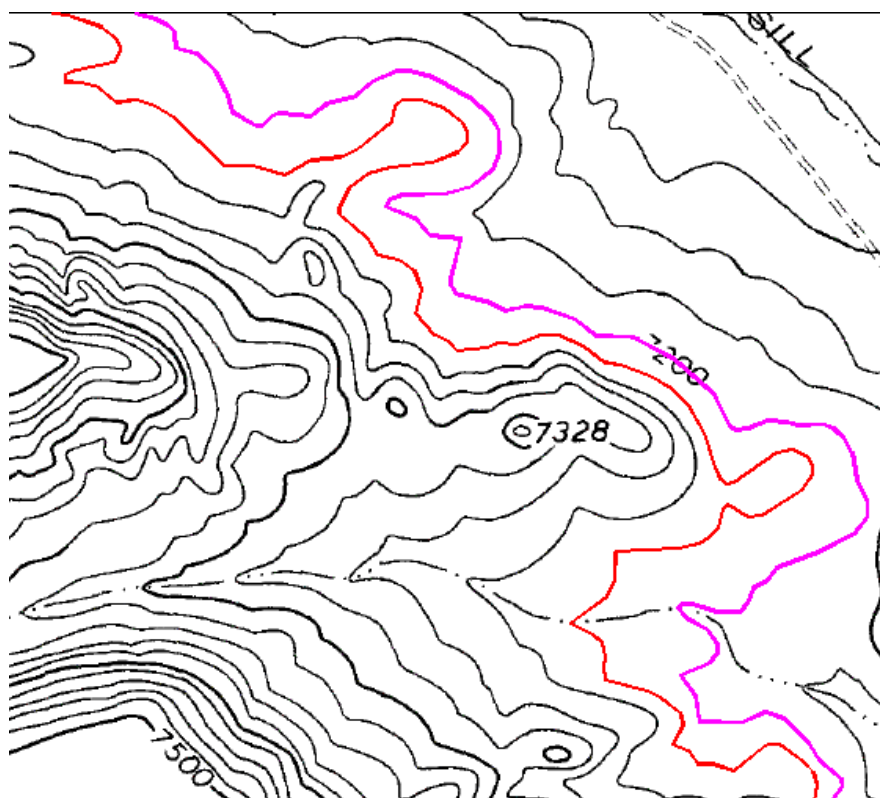


16. Επιλέξτε την ισούψη 7220 όπως στο παρακάτω παράδειγμα.



17. Όταν ο ανιχνευτής φτάσει στο τέλος της γραμμής, πατήστε το Enter για να σταματήσετε τη διαδικασία.
18. Πατήστε το Enter για να αποδεχτείτε το προκαθορισμένο υψόμετρο 7220 για τη νέα ισούψη.

Η νέα ισούψης τοποθετείται στο στρώμα contour20 και το πλάτος της καθορίζεται από το αρχικό ψηφιδωτό. Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πως θα είναι το σχέδιο μετά τη μετατροπή των δύο ισούψών.



19. Κλείστε το σχέδιο χωρίς να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.

Άσκηση 15 – Ψηφιοποίηση 3D Στοιχείων

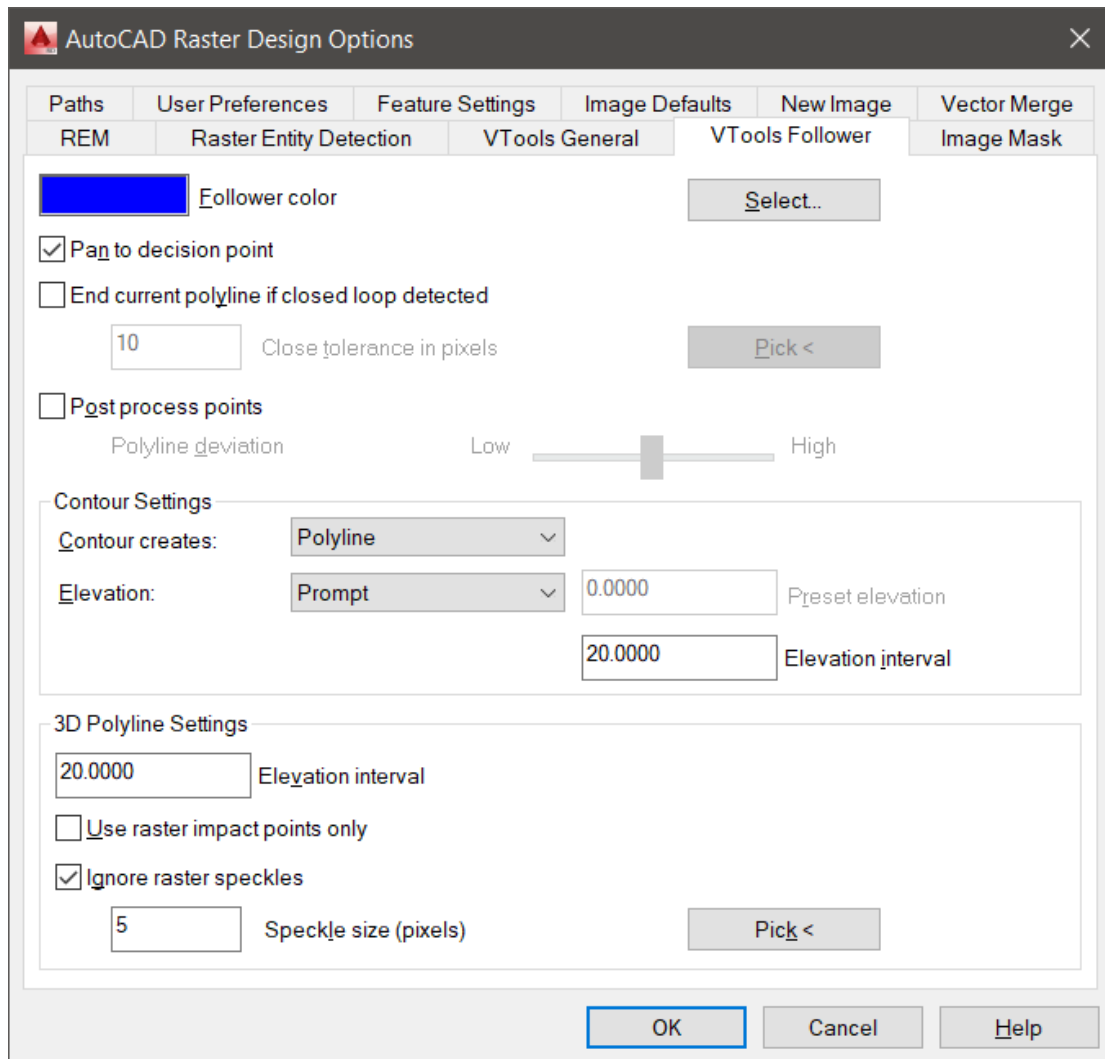
Στην άσκηση αυτή, ακολουθείτε μια διαδρομή που ορίζεται από ένα διάνυσμα, σταματώντας κατά διαστήματα για την εισαγωγή υψομέτρων. Ο ανιχνευτής 3-D τεθλασμένης γραμμής διαφέρει από τους άλλους ανιχνευτές στο ότι δεν προσπαθεί να ψηφιοποιήσει υπάρχον ψηφιδωτό. Τα κρίσιμα σημεία για τον ανιχνευτή αυτό μπορεί να είναι είτε σημεία στη διαδρομή ή ψηφιδωτά σημεία. Σε κάθε κρίσιμο σημείο ζητούνται υψομετρικές πληροφορίες. Μπορείτε να τις εισάγετε απευθείας, να τις αποδώσετε αυτόματα με βάση κάποιο διάστημα ή τομή με διανυσματικά δεδομένα, ή να το υψόμετρο να παρεμβάλλεται γραμμικά μεταξύ γνωστών σημείων.

1. Ξεκινήστε το Raster Design.
2. Από τον φάκελο Exercise 15, ανοίξτε το αρχείο VTools_07.dwg.

Πρόσβαση στο παράθυρο Raster Design Options

3. Πληκτρολογήστε την εντολή IOPTIONS για να ανοίξει το παράθυρο με τις επιλογές του Raster Design.
4. Επιλέξτε τη σελίδα VTools Follower, βεβαιωθείτε ότι η επιλογή Use raster impact points only είναι απενεργοποιημένη, και αλλάξτε το διάστημα Elevation interval στις ρυθμίσεις 3D Polyline Settings σε 20.

Οι ρυθμίσεις αυτές ελέγχουν το πως δημιουργείται η νέα διανυσματική γραμμή και τα προκαθορισμένα υψόμετρα που χρησιμοποιούνται όταν συναντώνται ψηφιδωτές ισοΰψεις. Απενεργοποιώντας την επιλογή Use raster impact points only, όλα τα σημεία τις υπάρχουσας διανυσματικής γραμμής χρησιμοποιούνται για τη νέα 3D τεθλασμένη γραμμή διακοπής. Εάν η επιλογή είναι ενεργή, μόνο τα σημεία όπου τέμνεται το διάνυσμα με το ψηφιδωτό θα συμπεριληφθούν στη νέα τεθλασμένη γραμμή.



5. Πατήστε το OK για να βγείτε από το παράθυρο Raster Design Options.

Δημιουργία μιας 3D γραμμή διακοπής

6. Επιλέξτε την 3D Polyline Follower από την καρτέλα Vectorize & Recognize Text για να δημιουργήσετε μια γραμμή διακοπής της ροής του νερού.
7. Δώστε *n* για να επιλέξετε μια υπάρχουσα διανυσματική γραμμή 2D που αποδίδει τη διαδρομή που θα χρησιμοποιηθεί από τον ανιχνευτή.
8. Επιλέξτε την υπάρχουσα γραμμή κοντά στο δεξιό άκρο όπως στο παρακάτω παράδειγμα.



9. Δώστε 7155 για το πρώτο υψόμετρο.
10. Δώστε i για να παρεμβάλετε το υψόμετρο του σημείου της γραμμής.
11. Δώστε 7160 για το υψόμετρο στο σημείο που η γραμμή τέμνει την ψηφιδωτή ισούψη.
12. Για τα υπόλοιπα σημεία εκτός του τελευταίου, χρησιμοποιήστε το i για να παρεμβάλετε τα υψόμετρα όπου δεν υπάρχουν ψηφιδωτά δεδομένα, και πατήστε το Enter για να δεχτείτε το υψόμετρο που υπολογίζεται από το πρόγραμμα όπου τέμνεται το διάνυσμα με το ψηφιδωτό. Παρακολουθήστε τη γραμμή εντολών για να δείτε τα υψόμετρα που χρησιμοποιούνται από αυτήν την ρουτίνα.

Εάν το υψόμετρο είναι μηδέν, πρόκειται για σημείο της αρχικής γραμμής και θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε την επιλογή παρεμβολής για τον υπολογισμό του υψομέτρου του σημείου. Εάν εμφανίζεται κάποιο υψόμετρο στη γραμμή εντολών, τότε το σημείο είναι στη τομή ψηφιδωτού και διανύσματος και το πρόγραμμα χρησιμοποιεί το διάστημα που ορίζεται στις ρυθμίσεις για τον καθορισμό του υψομέτρου του σημείου. Μπορείτε να εισάγετε γνωστά υψόμετρα σε κάθε περίπτωση.

13. Όταν φτάσετε στο τέλος της γραμμής, δώστε 7342 για να καθορίσετε το υψόμετρο στο τέλος της γραμμής διακοπής. Υπάρχει πλέον μια νέα 3D γραμμή σχεδιασμένη στο ενεργό στρώμα.

Εάν εξετάσετε αυτή τη γραμμή θα δείτε ότι κάθε σημείο έχει υψόμετρο. Πολλά από τα σημεία έχουν υψόμετρα παρεμβολής, ενώ τα υπόλοιπα έχουν υψόμετρα όπου τέμνουν οι ψηφιδωτές ισούψεις την αρχική διαδρομή της γραμμής. Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πως θα φαίνεται το σχέδιο μετά την δημιουργία της 3D γραμμής διακοπής.



14. Κλείστε το σχέδιο χωρίς να αποθηκεύσετε τις αλλαγές.

Βιβλιογραφία

- Autodesk, *Raster Design Getting Started Guide*, Autodesk Inc, 2009, σελ. 122.
- Burrough, P.A., and McDonell, R.A. *Principles of Geographical Information Systems, Spatial Information Systems and Geostatistics*, Oxford University Press, 1998.
- Dubois G., and Galmarini S. (2005). *Introduction to the Spatial Interpolation Comparison (SIC) 2004 exercise and presentation of the data sets*. Applied GIS, 1(2): 09_1 - 09-11.
- Eastman, J.R., *IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing*, Clark Labs, 2006, σελ. 328.
- ESRI, *GIS for Emergency Management*, White paper, Environmental Systems Research Institute Inc, 1999.
- Ζήσου, Α., *Εισαγωγή στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS/ArcView – Θεωρία & Εφαρμογές*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2007, σελ. 269.
- Καπαγερίδης, Ι., *Εισαγωγή στη Γεωστατιστική*, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2006, σελ. 238.
- Καρτάλης, Κ., Φειδάς, Χ., *Αρχές & Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*, Β.Γκιούρδας Εκδοτική, 2006, σελ. 672.
- Κουτσόπουλος, Κ., Ευελπίδου, Ν., Βασιλόπουλος, Α., *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Χρήση του MapInfo Professional*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2006, σελ. 278.
- Li, J., Zlatanova, S., Fabbri, A., *Geomatics Solutions for Disaster Management*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 3rd International Symposium on Geomatics Solutions for Disaster Management, Springer-Verlag, 2007, σελ. 444.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, Wiley, 1994
- Μερτίκας, Σ.Π., *Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας*, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1999, σελ. 499