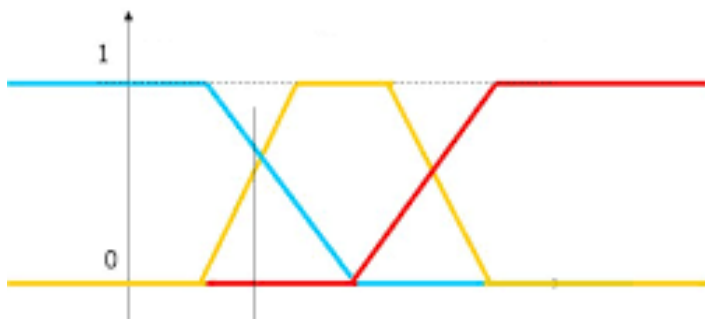




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΔΠΜΣ «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α. ΣΙΟΛΑΣ

**ΑΘΗΝΑ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2011**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	10
2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ	10
2.2 ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΓΠΣ	11
2.2.1 Τεχνικός Εξοπλισμός.....	11
2.2.2 Λογισμικό.....	11
2.2.3 Διαθέσιμα	12
2.3 ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΓΠΣ	13
2.4 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΓΠΣ.....	14
2.4.1 Καθορισμός του προβλήματος.....	15
2.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία	15
2.4.3 Συμπεράσματα	16
2.5 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΠΣ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	19
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	20
3.1.1 Επιλογή	20
3.1.2 Ανάλυση Εγγύτητας.....	21
3.1.3. Επικάλυψη.....	23
3.1.4 Διαχείριση.....	24
3.1.5 Ανάλυση Ορίων	26
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΝΝΑΒΟΥ	27
3.2.1 Τοπικές ή Σημειακές Λειτουργίες (Local).....	28
3.2.2 Εστιακές Λειτουργίες (Focal).....	29
3.2.3 Λειτουργίες Ζωνών (Zonal)	31
3.2.4 Γενικευμένες Λειτουργίες (Global).....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ	33
4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	33
4.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ	35
4.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ	36
4.3.1 Ασαφή Σύνολα.....	36
4.3.2 Ασαφείς Αριθμοί	38
4.3.3 Λεκτικές Μεταβλητές.....	39
4.3.4 Πράξεις Συνόλων	40
4.3.5 Ασαφή Συστήματα	41
4.4 Η ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ ΚΑΤΑ RAINES, SAWATZKY, BONHAM -CARTER	43
4.4.1 Γενικά	43
4.4.2 Ασαφοποίηση	43
4.4.2 Εξαγωγή Συμπεράσματος	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ.....	52
5.1. ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ.....	52
5.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	54
5.3. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	55
5.3.1. Γενικά	55
5.3.2. Διαδικασία εντοπισμού κατάλληλων περιοχών	55
5.3.3. Προετοιμασία δεδομένων.....	56
5.3.4. Ανάλυση δεδομένων	59

5.4. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ	
ΑΣΑΦΕΙΑΣ	76
5.4.1. Γενικά	76
5.4.2. Προετοιμασία δεδομένων.....	76
5.4.3. Ανάλυση Δεδομένων.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΧΑΡΤΕΣ	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χωροθέτηση δραστηριοτήτων είναι ένα σύνθετο ζήτημα της Ανάλυσης του Χώρου, με κοινωνικές, περιβαντολλογικές και οικονομικές συνέπειες και προεκτάσεις.

Για την επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης δραστηριότητας, έχουν εφαρμοστεί διάφορες μεθοδολογίες (έμπειρα συστήματα, πολυκριτηριακή ανάλυση, εμπειρικές μέθοδοι, κλπ). Τις τελευταίες δύο σχεδόν δεκαετίες έχουν καθιερωθεί και χρησιμοποιούνται συστηματικά εργαλεία της Υπολογιστικής Νοημοσύνης και πιο συγκεκριμένα η Λογική της Ασάφειας, σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΠΣ).

Αφετηρία για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας αποτέλεσε το γεγονός πως για πρώτη φορά το πλέον εμπορικό λογισμικό ΓΠΣ της αγοράς (ArcGIS, ESRI) στην πιο πρόσφατη έκδοσή του συμπεριέλαβε τη Λογική της Ασάφειας στα αναλυτικά του εργαλεία.

Έτσι, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αναπτύσσεται το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό για τη χωροθέτηση δραστηριότητας με χρήση της Λογικής της Ασάφειας, το οποίο περιλαμβάνει εργαστηριακή άσκηση και οδηγίες επίλυσής της, ώστε:

- α) να γίνει κατανοητή η διαδικασία της χωροθέτησης δραστηριότητας με τη χρήση της Λογικής της Ασάφειας, αξιοποιώντας το ενιαίο περιβάλλον του λογισμικού
- β) να αξιολογηθεί ο τρόπος ενσωμάτωσης της Λογικής της Ασάφειας στο λογισμικό και η λειτουργικότητα των σχετικών αναλυτικών εργαλείων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Χωροθέτηση δραστηριότητας, υπολογιστική νοημοσύνη, λογική της ασάφειας, GIS, ARCGIS, εκπαιδευτικό υλικό, εγχειρίδιο χρήσης.

ABSTRACT

Site selection is a complex issue of Spatial Analysis, with social, environmental and economic consequences and extensions.

In order to solve activity location problems, various methodologies have been applied (expert systems, multicriteria analysis, empirical methods, etc.). In the last two decades, systematic tools of Computational Intelligence are applied such as Fuzzy Logic in combination with the Geographic Information Systems (GIS) Technology.

The starting point for the preparation of this thesis was the fact that for the first time the most commercial GIS software on the market (ArcGIS, ESRI) in its most recent version, included Fuzzy Logic in its analytical tools

Thus, in the context of the present work, the necessary educational material (tutorial) is developed, in order to be used for site selection using Fuzzy Logic tools, which includes a laboratory exercise and instructions for solving it, in order to:

- (a) understand the process of locating an activity using Fuzzy Logic and utilizing the unified environment of the software
- b) evaluate the way in which Fuzzy is integrated in the software as well as the functionality of the relevant analytical tools.

KEY WORDS

Activity location, computational intelligence, fuzzy logic, GIS, ARCGIS, educational material, tutorial.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη χωροθέτηση δραστηριότητας, με χρήση της Λογικής της Ασάφειας.

Η χωροθέτηση δραστηριοτήτων είναι ένα σύνθετο ζήτημα της Ανάλυσης του Χώρου, με κοινωνικές, περιβαντολλογικές και οικονομικές συνέπειες και προεκτάσεις. Η επίλυση ενός προβλήματος χωροθέτησης, απαιτεί να ληφθεί υπόψη μεγάλος αριθμός παραμέτρων, γι'αυτό και προϋποθέτει διεπιστημονική προσέγγιση.

Για την επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης δραστηριότητας, διάφορες μεθοδολογίες έχουν εφαρμοστεί όπως τα έμπειρα συστήματα (Jehng – Jung K., 1996), πολυκριτηριακή ανάλυση (Jehng – Jung K., 1996) καθώς και εμπειρικές μέθοδοι σε συνδυασμό με προγραμματισμό (Jehng – Jung K., 1996). Τα αποτελέσματα όπως που παράγουν οι παραπάνω μέθοδοι είναι αληθή ή ψευδή και τα όρια των επιλεγμένων περιοχών ευκρινώς καθορισμένα, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με την πραγματικότητα, μιας και είναι αδύνατον να προσδιοριστούν με 100% βεβαιότητα τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά «σύνορα» ενός χώρου. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια περίπου, χρησιμοποιούνται συστηματικά εργαλεία της Υπολογιστικής Νοημοσύνης και πιο συγκεκριμένα η Λογική της Ασάφειας, σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΠΣ).

Η Λογική της Ασάφειας αντιμετωπίζει καταστάσεις όπου οι τιμές για την αλήθεια βρίσκονται μεταξύ του “απόλυτα αληθινού” και του “απόλυτα μη-αληθινού” (Klir & Yuan, 1995). Χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της ασάφειας και της αοριστίας στη μαθηματική ή θεωρητική αναπαράσταση των φαινομένων στο χώρο, με δεδομένο ότι οι χωρικές διαδικασίες αλληλεπιδρούν μέσα σε ένα

μεγάλο διάστημα χωρικών κλιμάκων με τρόπο που δε μπορούν να εκτιμηθούν απόλυτα. (Κ. Κουτσόπουλος, 2002)

Αφορμή για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού αποτέλεσε το γεγονός πως για πρώτη φορά ένα ΓΠΣ ενσωματώνει εργαλεία χωρικής ανάλυσης που αξιοποιούν τη Λογική της Ασάφειας.

Μέχρι σήμερα, για να είναι δυνατή η επίλυση χωρικών προβλημάτων με χρήση της Λογικής της Ασάφειας, έπρεπε να συνδυάζεται ένα ΓΠΣ με κάποιο λογισμικό το οποίο να επιτρέπει την ανάλυση των δεδομένων αξιοποιώντας ευφυείς τεχνικές όπως είναι η Λογική της Ασάφειας. Ένα τέτοιο λογισμικό είναι **Data Engine**, το οποίο μπορεί να συνεργάζεται με ένα ΓΠΣ μέσω των αρχείων της μορφής ASCII και Excel που διαχειρίζεται.

Τον τελευταίο χρόνο όμως, το πλέον εμπορικό λογισμικό της αγοράς στην πιο πρόσφατη έκδοση (**ArcGIS 10, ESRI**), συμπεριέλαβε τη Λογική της Ασάφειας στα αναλυτικά του εργαλεία. Αυτό σημαίνει πως για πρώτη φορά είναι δυνατή η ανάλυση του χώρου με χρήση της Λογικής της Ασάφειας **σε ενιαίο περιβάλλον**, αυτό ενός ΓΠΣ. Ωστόσο, το λογισμικό προσεγγίζει τη Λογική της Ασάφειας με μία απλοποιημένη θεώρηση. Η προσέγγιση αυτή περιγράφεται από τους Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter (**Gary L.Raines, Don L. Sawatzky, Graeme F. Bonham-Carter, 2010, Incorporating Expert Knowledge, ArcUser vol. Spring 2010**).

Έτσι, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αναπτύσσεται το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό το οποίο περιλαμβάνει εργαστηριακή άσκηση και οδηγίες επίλυσής της, ώστε:

α) να γίνει κατανοητή η διαδικασία της χωροθέτησης δραστηριότητας με τη χρήση της Λογικής της Ασάφειας, αξιοποιώντας το ενιαίο περιβάλλον του λογισμικού

β) να αξιολογηθεί η προσέγγιση της Λογικής της Ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter.

Το πρόβλημα καθώς και η γεωγραφική βάση που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού προέρχεται από το βιβλίο της **ESRI**, [Understanding GIS: The ARC/INFO Method](#) (Σεπτέμβρης 1999).

Η δομή της εργασίας είναι η εξής:

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία αναφορά σε ορισμούς, μέρη, στάδια και διαδικασίες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται περιληπτικά οι μέθοδοι ανάλυσης του χώρου, κάποιες από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του προβλήματος της χωροθέτησης.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται βασικές έννοιες γύρω από τη Λογική της Ασάφειας, καθώς και η προσέγγιση της Λογική της Ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter, με βάση την οποία αναπτύχθηκαν τα σχετικά αναλυτικά εργαλεία του λογισμικού.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η επίλυση του προβλήματος, τόσο με χρήση των εργαλείων Λογικής της Ασάφειας όσο και με τη συμβατική μέθοδο, και αξιολογούνται τα αποτελέσματα.

Στο Κεφάλαιο 6 σχολιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στο Παράρτημα I, παρουσιάζεται υπόδειγμα εργαστηριακής άσκησης με εκφώνηση, ζητούμενα και οδηγίες, το οποίο συνοψίζει ουσιαστικά το Κεφάλαιο 5.

Στο Παράρτημα II, περιγράφονται συνοπτικά βασικές λειτουργίες των κυριότερων επιμέρους εφαρμογών του λογισμικού ArcGIS.

Στο Παράρτημα III, περιλαμβάνονται οι χάρτες που προκύπτουν από την εκπόνηση της άσκησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Ως Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΠΣ) ορίζεται ένα σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, διαχείριση και την απεικόνιση χωρικών δεδομένων και το οποίο υποστηρίζει τη διαδικασία του σχεδιασμού, παρέχοντας τη δυνατότητα στον χρήστη να αναλύει γεωγραφικές πληροφορίες για κάποιον αντικειμενικό σκοπό, σύμφωνα με το δικό του μοντέλο λήψης αποφάσεων (Burrough P., 1986). Γενικά τα ΓΠΣ μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα σύνολο προγραμμάτων που λειτουργούν πάνω σε μια χωρική βάση δεδομένων (Goodchild M., 1992).

Οι παραπάνω ορισμοί δεν είναι οι μοναδικοί. Υπάρχουν τόσοι πολλοί ορισμοί όσες και οι χρήσεις, ή οι επιστήμες που αναμειγνύονται με τα ΓΠΣ: γεωγραφία, αστικός σχεδιασμός, αρχιτεκτονική του τοπίου, περιβαλλοντικές επιστήμες κλπ. Επίσης, ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών προσφέρει “εργαλεία” τα οποία, επαγγελματίες σ’ αυτούς τους τομείς, χρησιμοποιούν για να βελτιώσουν τον τρόπο εργασίας τους. Όπως τα τηλέφωνα, οι υπολογιστές και οι επεξεργαστές κειμένων είναι εργαλεία για να κάνουν την εργασία πιο εύκολη, πιο γρήγορη και πιο ουσιαστική, έτσι και τα ΓΠΣ χορηγούν “εργαλεία” σε επαγγελματίες για να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της εργασίας τους, με γεωγραφικά ή με περιγραφικά δεδομένα (Huxhold W., 1992).

2.2 ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΓΠΣ

Τα ΓΠΣ έχουν τρία βασικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι: ο απαραίτητος τεχνικός εξοπλισμός (hardware), το λογισμικό (software) και τα διαθέσιμα (resourceware)

2.2.1 Τεχνικός Εξοπλισμός

Ο τεχνικός εξοπλισμός αποτελείται από τρία μέρη: την κεντρική μονάδα (cpu), τα περιφερειακά και το τερματικό (vdu). Η κεντρική μονάδα ενός ΓΠΣ δε διαφέρει σε τίποτα από αυτή οποιουδήποτε άλλου γενικής χρήσης συστήματος πληροφοριών, ενώ τα πιο γνωστά λειτουργικά συστήματα (WINDOWS, UNIX, κλπ) χρησιμοποιούνται και από τα ΓΠΣ. Τα περιφερειακά διαφοροποιούνται σε αυτά της εισόδου τα οποία επιτρέπουν την είσοδο των στοιχείων (π.χ. ψηφιοποιητές και σαρωτές), της εξόδου τα οποία συμμετέχουν στην παρουσίαση των στοιχείων (π.χ. σχεδιαστές) και της διαχείρισης τα οποία βοηθούν στην αποθήκευση και διαχείριση των στοιχείων (disk drives).

2.2.2 Λογισμικό

Το λογισμικό ενός ΓΠΣ περιλαμβάνει τα εξής “υποσυστήματα” για:

- Εισαγωγή δεδομένων και έλεγχο / επαλήθευση τους, που καλύπτει τις ανάγκες μετασχηματισμού των στοιχείων από την αρχική τους μορφή (χάρτες, τηλεπισκοπικά προϊόντα κλπ) σε αναγνωρίσιμη ψηφιακή μορφή.
- Διαχείριση της γεωγραφικής βάσης δεδομένων, που αναφέρεται στον τρόπο που δομούνται και οργανώνονται τα χωρικά και μη-χωρικά στοιχεία.
- Εξαγωγή πληροφοριών και παρουσίαση, που εστιάζεται στην παρουσίαση στοιχείων και αποτελεσμάτων των αναλυτικών διαδικασιών.
- Μετασχηματισμό των δεδομένων, που στοχεύει στον συντονισμό και την ανάλυση των στοιχείων.
- Αναζήτηση, που βοηθά τον χρήστη να επικοινωνεί με τον Η/Υ αναζητώντας λύση μέσα από μια σειρά ερωτήσεων.
- Εργαλεία χωρικής ανάλυσης αναγκαία για την κάλυψη των αναγκών για εμπειρικές εφαρμογές, που ουσιαστικά αναφέρονται στην ανάλυση χώρου.

Γενικά τα ΓΠΣ θα μπορούσαν να παραλληλιστούν με μια εργαλειοθήκη (Carver, 1992). Μερικά από τα εργαλεία ή συνδυασμοί τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιλύσουν αρκετά χωρικά προβλήματα. Σύμφωνα με τον P. Burrough (1986), τα κυριότερα χωρικά προβλήματα που επιλύει ένα ΓΠΣ είναι τα εξής:

- ✓ Τι είναι στη θέση A;
- ✓ Πού είναι τα X_1, X_2 ;
- ✓ Πού είναι το A σε σχέση με το B;
- ✓ Πόσο μεγάλο είναι το A (εμβαδόν, περίμετρος);
- ✓ Ποιο είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίθεσης μεταξύ δύο ή περισσότερων επιπέδων (overlay);
- ✓ Πόσες εμφανίσεις τύπου A βρίσκονται σε απόσταση P από το B;
- ✓ Προσδιόρισε τη ζώνη σε απόσταση P από το A (buffering).

Τα κυριότερα εργαλεία που είναι ενσωματωμένα στα περισσότερα ΓΠΣ σήμερα, παραμένουν η αλληλεπίθεση και η δημιουργία ζώνης. Σε κάποιες ελάχιστες εξαιρέσεις (π.χ. ARCINFO grid, IDRISI, SPANS κλπ), υπάρχουν περισσότερα και πιο ευέλικτα εργαλεία. Πάντως, όπως και όλες οι εργαλειοθήκες, έχουν περιορισμένο αριθμό εργαλείων και σίγουρα όχι πλήρες (Openshaw 1992, 1991b, 1993a, Carver 1992, Fotheringham 1991, 1993). Για παράδειγμα, κανένα πακέτο λογισμικού δεν επιτρέπει την ανάλυση των δεδομένων με λογικές εκτός της στατιστικής, όπως είναι η λογική της ασάφειας και εργαλεία της υπολογιστικής νοημοσύνης γενικότερα (Χατζηχρήστος Θ., 1999).

2.2.3 Διαθέσιμα

Τα διαθέσιμα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εγγύηση ότι οι διαδικασίες των ΓΠΣ είναι οι πλέον κατάλληλες και αποδοτικές. Η αγορά ενός υπολογιστικού συστήματος με το αναγκαίο λογισμικό δεν εξασφαλίζει καμία επιτυχία σε

οποιαδήποτε περίπτωση, εάν δεν υπάρχουν τα κατάλληλα στοιχεία (Κουτσόπουλος Κ., 2002).

2.3 ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΓΠΣ

Ο πραγματικός κόσμος παριστάνεται σε ένα ΓΠΣ από έναν αριθμό λογικών επιπέδων (για παράδειγμα οι οντότητες κατοικία, δρόμος, έδαφος ανήκουν σε τρία διαφορετικά επίπεδα). Η αντίληψη της πραγματικότητας γενικεύεται σε δύο κυρίως μοντέλα:

- τα διανυσματικά μοντέλα (vector)
- τα μοντέλα μορφής καννάβου (raster)

Στα διανυσματικά μοντέλα, η βασική λογική μονάδα στο γεωγραφικό χώρο είναι η γραμμή, εκφρασμένη από μια σειρά σημείων με συντεταγμένες x , y . Τέτοια μπορεί να είναι μια ισαριθμική καμπύλη, ένας ποταμός, ένας δρόμος, το όριο μιας περιοχής ή τμήμα των παραπάνω. Μεμονωμένα σημεία σε μια τέτοιου είδους οργάνωση μπορούν να εκφραστούν σαν γραμμές μηδενικού μήκους (ένα σημείο με συντεταγμένες x , y), ενώ οι επιφάνειες εκφράζονται σαν σύνολο διαδοχικών γραμμών οι οποίες και τις προσδιορίζουν (Burrough P., 1986).

Στα μοντέλα μορφής καννάβου, ο γεωγραφικός χώρος έχει χωριστεί σε χωρία κανονικού σχήματος (φατνία), το κάθε ένα από τα οποία αποτελεί βασική λογική μονάδα και όλα μαζί έναν κάνναβο. Αντί του τετραγώνου, που είναι ο πλέον συνήθης τύπος λογικής μονάδας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραλληλόγραμμο ή οποιοδήποτε άλλο κανονικό πολύγωνο (ή πολυέδρο, αν το μοντέλο είναι τρισδιάστατο). Η απλούστερη δομή δεδομένων στο πλαίσιο των μοντέλων με μορφή καννάβου είναι η σειριακή (μονοδιάστατη) απόδοση των φατνίων. Κάθε φατνίο προσδιορίζεται με το ζεύγος γραμμής – στήλης του αντίστοιχου πίνακα και έναν αριθμό που προσδιορίζει το είδος ή την τιμή του χαρακτηριστικού που απεικονίζει.

Συνοπτικά, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε κάποια χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δύο μοντέλων σε σχέση με περιβαλλοντικά γεωγραφικά δεδομένα (Burrough P. 1986, Tomlin D.1990). Τα πλεονεκτήματα των διανυσματικών μοντέλων είναι η συμπαγής δομή και η αποτελεσματική γενίκευση των γεωμετρικών δεδομένων, ενώ στα μειονεκτηματά τους είναι η πολύπλοκη δομή δεδομένων και η δυσκολία στη μαθηματική προσομοίωση, αφού κάθε μονάδα έχει διαφορετικό μέγεθος.

Τα πλεονεκτήματα των μοντέλων μορφής καννάβου είναι η απλή δομή δεδομένων, η εύκολη σύνδεση γεωγραφικών και τηλεπισκοπικών δεδομένων, η ευκολία μαθηματικής προσομοίωσης και απόδοσης συνεχών φαινομένων. Είναι προφανές πως η δομή αυτή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για διαχείριση από σύστημα σε περιβάλλον γλώσσας προγραμματισμού (π.χ. Fortran, C, κλπ), λόγω της ευκολίας αποθήκευσης, επεξεργασίας και απόδοσης. Τα μειονεκτηματά της είναι ο μεγάλος όγκος δεδομένων, η σχέση μεγέθους καννάβου – πληροφορίας και η χρονοβόρα διαδικασία των προβολικών μετασχηματισμών.

Αν και πριν από μερικά χρόνια η επιλογή ενός από τα δύο μοντέλα υπαγόρευε και την αγορά αντίστοιχου λογισμικού, η σύγχρονη τάση είναι το λογισμικό να συνδυάζει και τα δύο μοντέλα καθώς και λειτουργίες μετασχηματισμού από το ένα στο άλλο (Χατζηχρήστος Θ. 1999).

2.4 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΓΠΣ

Τα στάδια και οι διαδικασίες σε ένα ΓΠΣ περιληπτικά τα εξής:

- ▶ Καθορισμός του προβλήματος
- ▶ Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία, που αποτελείται από τέσσερα στάδια:
 - Είσοδος
 - Διαχείριση
 - Ανάλυση
 - Έξοδος
- ▶ Συμπεράσματα

Αναλυτικότερα:

2.4.1 Καθορισμός του προβλήματος

Η λογική αφετηρία στη δημιουργία ενός παραδεκτού αλλά και σωστού ΓΠΣ, είναι η αναγνώριση των υπευθύνων που παίρνουν τις αποφάσεις και των χρηστών του συστήματος και πώς αυτές οι αποφάσεις ή χρήστες επιδρούν, διαμορφώνοντας τα χωρικά πρότυπα και τις διαδικασίες, τις σχετικές με το πρόβλημα που χρειάζεται να επιλυθεί.

Είναι γνωστό πως τα υπάρχοντα προβλήματα μπορούν να λυθούν διαφορετικά, όταν εξεταστούν από διαφορετική σκοπιά και κυρίως με διαφορετικές προθέσεις. Με άλλα λόγια, η σκοπιά από την οποία θεωρούμε την πραγματικότητα και τα προβλήματά της, καθορίζουν το πρόγραμμα που σχεδιάζουμε και τις ενέργειες που κάνουμε. Επομένως, το πρώτο βήμα στη δημιουργία ενός ΓΠΣ είναι η αναγνώριση των διαφορετικών στρωμάτων των υπευθύνων των αποφάσεων και των χρηστών. Ωστόσο, έχει δειχθεί από τον MacCutcheon (1978) πως “οι αντικειμενικοί σκοποί και επιδιώξεις σπάνια συγκρούονται”. Αντίθετα, οι πραγματικές συγκρούσεις συμβαίνουν όταν βάλουμε σε εφαρμογή και αρχίσει να λειτουργεί το σύστημα, που έχει στόχο να επιτύχει αυτούς τους σκοπούς και τις επιδιώξεις. Οι συγκρούσεις όμως δεν είναι μεταξύ συστημάτων. Οι πιο σπουδαίες συγκρούσεις είναι μεταξύ του συστήματος (προγραμμάτων) και του περιβάλλοντος. Επομένως, η θέση του υπεύθυνου των αποφάσεων σε σχέση με τις κριτικές περιβαλλοντικές περιοχές, είναι εκείνη που στο τέλος θα καθορίσει τα προβλήματα και θα αρχίσει τη διαδικασία του προγραμματισμού.

2.4.2 Διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία

Αρχικά, *στοιχεία* είναι μια σειρά από αριθμητικά, ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συνόλου, σε μη επεξεργασμένη για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης μορφή, ενώ όταν περάσουν από μια διαδικασία επεξεργασίας και απαντούν σε κάποιο ερώτημα, έχουμε *πληροφορία* (Κουτσόπουλος Κ., 1990). Η

διαφοροποίηση αφορά κάθε συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης, που σημαίνει πως οι πληροφορίες σε ένα στάδιο, μπορεί να αποτελέσουν στοιχεία για ένα επόμενο.

Έτσι, η διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία σαν βήμα ακολουθεί αυτό του καθορισμού του προβλήματος και είναι νευραλγικό κέντρο κάθε ΓΠΣ και αποτελείται από τέσσερα στάδια:

- ▶ την *είσοδο*, κατά την οποία τα χωρικά και μη χωρικά στοιχεία κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στον Η/Υ,
- ▶ τη *διαχείριση*, κατά την οποία τα χωρικά στοιχεία διαμορφώνονται κατάλληλα (Βάση Δεδομένων) για το επόμενο στάδιο,
- ▶ την *ανάλυση*, κατά την οποία ένα ΓΠΣ δίνει απαντήσεις που μπορούν να αφορούν τη γεωγραφία (Τι υπάρχει στη χωρική ενότητα...), την αναζήτηση βάσει κριτηρίων (Πού βρίσκεται...), τις τάσεις (Ποια είναι η μεταβολή...), τα πρότυπα (Από ποια χωρικά πρότυπα χαρακτηρίζεται...), και τις διαδικασίες (Τι θα συνέβαινε εάν...).
- ▶ την *έξοδο*, κατά την οποία η χωρική πληροφορία που προέκυψε από τη διαδικασία της ανάλυσης παρουσιάζεται σε κάποια από τις γνωστές μορφές

2.4.3 Συμπεράσματα

Η διαδικασία από Στοιχεία σε Πληροφορία δημιουργεί και αναλύει την απαραίτητη πληροφορία για τη λύση του προβλήματος που αρχικά προσδιορίστηκε. Στα συμπεράσματα, επομένως, πρέπει να καθρεπτίζεται η υλοποίηση του στόχου των ΓΠΣ και οι εναλλακτικές απόψεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρουσιάζονται συνοπτικά οι προτεινόμενες λύσεις και η σκοπιμότητά τους σαν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: τι είναι; τι πρέπει; τι είναι εφικτό;

Όμως, το πρωταρχικό μέλημα σε αυτό το στάδιο του ΓΠΣ είναι τα συμπεράσματα που προκύπτουν να είναι βασισμένα στην ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μέσα στο ΓΠΣ. Η σύγχυση της πραγματικότητας που υπάρχει (αποτέλεσμα της ανάλυσης) και της πραγματικότητας που θέλουμε

να υπάρχει (γνώμες και κρίσεις) πάντα δημιουργεί προβλήματα. Έτσι, στο στάδιο αυτό οφείλει να υπάρχει πάντα σαφής η διατύπωση των παραδοχών που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

2.5 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΠΣ

Η χρήση των ΓΠΣ γίνεται σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών, που έχουν σχέση με την ανάλυση και τον σχεδιασμό χώρου. Παρακάτω αναφέρονται μερικά επιστημονικά πεδία στα οποία τα ΓΠΣ μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού:

- Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός
- Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός
- Συγκοινωνίες – Μεταφορές
- Τεχνική υποδομή
- Περιβάλλον
- Φορολογία
- Εκπαίδευση και Υγεία – Πρόνοια
- Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία
- Ανάλυση Αγοράς
- Αγορά Εργασίας
- Δίκτυα Διανομών, Πωλήσεων και Χωροθετήσεις Κατανομών

Τα παραπάνω πεδία εφαρμογών αποδεικνύουν το μεγάλο φάσμα δυνατοτήτων ανάπτυξης των ΓΠΣ. Τα ΓΠΣ μπορούν να συμβάλλουν στην αστική και περιφερειακή ανάπτυξη, αλλά και να δημιουργήσουν προϋποθέσεις για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, μέσω της ενιαίας καταγραφής, οργάνωσης, διαχείρισης και ανάλυσης των διαφόρων κοινωνικο-οικονομικών δεδομένων. Τόσο στο Δημόσιο όσο και στον Ιδιωτικό τομέα, οι εφαρμογές των ΓΠΣ είναι σημαντικές σε συγκεκριμένα αντικείμενα ενδιαφέροντος (Κουτσόπουλος Κ., 2002).

Στο επόμενο Κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση στο στάδιο της ανάλυσης και στις αναλυτικές διαδικασίες, μιας και κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της εφαρμογής της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι ανάλυσης των ΓΠΣ που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της εφαρμογής που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία.

Η διεθνής βιβλιογραφία και εμπειρία έχουν δείξει ότι η ανάλυση των χωρικών προτύπων και των χωρικών σχέσεων των γεωγραφικών στοιχείων πρέπει και μπορεί να αποτελέσει την κεντρική λειτουργία κάθε ΓΠΣ. Άρα η στενή σχέση ανάμεσα στα ΓΠΣ και την ανάλυση χώρου όχι μόνο είναι αποδεκτή, αλλά με το πέρασμα του χρόνου συνεχώς ενδυναμώνει.

Η εξέταση των χωρικών προτύπων και οι μέθοδοι ανάλυσης των χωρικών σχέσεων μπορούν να εφαρμοστούν μέσα από διαφορετικές αναλυτικές προσεγγίσεις, που η κάθε μια τους προσαρμόζεται διαφορετικά στο πλαίσιο που δημιουργούν τα ΓΠΣ. Πιο συγκεκριμένα, ο Openshaw (1990) θεωρεί ότι υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις χωρικής ανάλυσης μέσα σε ένα πλαίσιο ΓΠΣ:

- ο έλεγχος υποθέσεων σχετικά με τα χωρικά πρότυπα και τις σχέσεις των χωρικών στοιχείων της Βάσης Δεδομένων των ΓΠΣ.
- η αποδοτική και αξιόπιστη διερεύνηση αυτών των προτύπων και σχέσεων
- η ανάλυση με στόχο τη λήψη αποφάσεων και τον σχεδιασμό.

Από τις προσεγγίσεις αυτές, η πρώτη αναφέρεται στη στατιστική ανάλυση των χωρικών και μη χωρικών στοιχείων και είναι σχετικά εύκολη και ευρέως διαδεδομένη. Η δεύτερη αφορά μια πιο σύνθετη διαδικασία που η συνολική ενσωμάτωσή της στο πλαίσιο των ΓΠΣ δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί, αλλά έχουν γίνει σημαντικά βήματα. Τέλος, στην τρίτη περίπτωση τα ΓΠΣ προσφέρουν ένα ιδανικό περιβάλλον για την επίτευξη της.

Όμως η πραγματικότητα μπορεί να μεταμορφωθεί σε στοιχεία μιας Βάσης Δεδομένων με πολλούς τρόπους, από τους οποίους οι βασικότεροι είναι η διανυσματική και η ψηφιδωτή. Και οι δύο μορφές κωδικοποίησης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα η χρήση της μιας ή της άλλης μορφής να εξαρτάται από τον στόχο της εφαρμογής. Αυτό σημαίνει πως το παραπάνω τρίπτυχο κατηγοριοποίησης των μεθόδων ανάλυσης αναφέρεται τόσο στην ανάλυση διανυσματικών στοιχείων όσο και σε αυτά που έχουν τη μορφή ψηφιδωτών, δημιουργώντας έτσι μια τέταρτη διάσταση κατηγοριοποίησης.

Αυτή η πολυπλοκότητα των διαστάσεων που καθορίζουν τις προσεγγίσεις ανάλυσης σε ένα ΓΠΣ οδηγεί σε ένα πολύπλοκο σύστημα ταξινόμησης τους που απλοποιείται αρκετά με τον διαχωρισμό των αναλυτικών διαδικασιών αρχικά σε δύο κατηγορίες που παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1.1 Επιλογή

Οι διαδικασίες χωρικής ανάλυσης αυτής της κατηγορίας αναφέρονται στη χρήση των ιδιοτήτων ενός θεματικού επιπέδου για την ανάληψη πληροφορίας που βασίζεται στις επιλεγμένες αυτές ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζεται ένα χαρακτηριστικό (ποσοτικό ή ποιοτικό) και επιλέγεται ένα υποσύνολο από τις πληροφορίες που συμπεριλαμβάνονται στη Βάση Δεδομένων το οποίο εμπεριέχει το χαρακτηριστικό αυτό. Οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιούνται με δύο τρόπους:

- α)** Τα κριτήρια Τύπου Boolean
- β)** Τις λογικές πράξεις

Στην πρώτη περίπτωση, οι οντότητες ενός ΓΠΣ μπορούν να επιλεγούν βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους με τη χρήση των γνωστών κανόνων της άλγεβρας Boolean. Στην άλγεβρα Boolean υπάρχουν 4 βασικές πράξεις (AND, OR, NOT, XOR), με βάση τις οποίες καθορίζεται αν μεταξύ δύο συνόλων μια συγκεκριμένη συνθήκη είναι αληθινή ή όχι. Θεωρώντας πως ένα χαρακτηριστικό ορίζει σύνολο A και ένα άλλο σύνολο B, η πράξη A AND B αποτελεί την τομή των συνόλων και η πράξη A OR B εκπροσωπεί την ένωση των A και B. Η πράξη A NOT B οριοθετεί τις οντότητες που ανήκουν στο σύνολο A αλλά όχι στο B και τέλος η πράξη A XOR B οριοθετεί τις οντότητες που ανήκουν είτε στο A είτε στο B, αλλά όχι και στα δύο.

Στη δεύτερη περίπτωση επιλέγεται ένα υποσύνολο των χωρικών στοιχείων με βάση κάποια λογική πράξη. Τέτοιες πράξεις είναι η “ίσο με”, η “διάφορο από”, η “μεγαλύτερο από”, η “μικρότερο από”, η “μεγαλύτερο ή ίσο από” κλπ. Στη διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνεται και αυτή της αντίστροφης επιλογής, όπου γίνεται αντίστροφη επιλογή του επιλεγμένου συνόλου (δηλαδή επιλέγεται το συμπληρωματικό του αρχικά επιλεγέντος συνόλου).

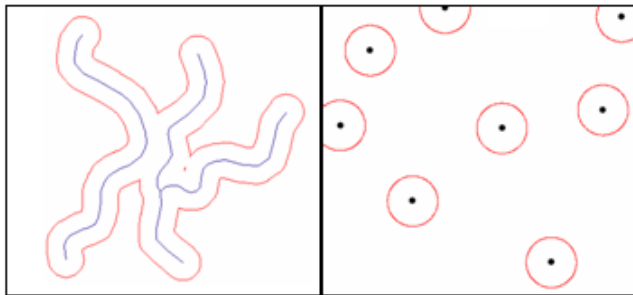
3.1.2 Ανάλυση Εγγύτητας

Αυτές οι διαδικασίες ανάλυσης εστιάζονται στη θέση των οντοτήτων. Ουσιαστικά αφορούν τη δημιουργία μιας περιφέρειας (ενός νέου πολυγώνου), η οποία ορίζεται με βάση την εγγύτητα σε μια υπάρχουσα οντότητα (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) και απαιτούν τέσσερις παραμέτρους (Aronoff 1989): τη θέση της οντότητας, τη μονάδα μέτρησης, μια συνάρτηση για τον υπολογισμό της εγγύτητας (π.χ. ευκλείδεια απόσταση) και την περιοχή ανάλυσης. Οι πιο σημαντικές είναι:

α) Η δημιουργία Ζωνών Επιρροής (Buffer) που αποσκοπεί στον σχηματισμό νέων πολυγώνων γύρω από τα βασικά γεωγραφικά στοιχεία (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) που υπάρχουν στη Βάση Δεδομένων. Ειδικότερα, γύρω από ένα σημείο μπορεί να υπολογιστεί ένα νέο πολύγωνο με τη μορφή κύκλου ή

τετραγώνου, γύρω από μια γραμμή ζώνες κάθε μεγέθους και τέλος, σε δοσμένο πολύγωνο εξωτερικά ή εσωτερικά νέα πολύγωνα.

Οι ζώνες επιρροής μπορεί να είναι σταθερού ή μεταβλητού εύρους.



Εικόνα 1: Δημιουργία Ζώνης Επιρροής

β) Η δημιουργία Πολυγώνων Thiessen η οποία, σε ένα σύνολο σημείων, κατανέμει κάθε θέση στο πλησιέστερο σημείο με το να δημιουργεί γύρω από το καθένα την περιοχή ευθύνης του. Η απόσταση μεταξύ θέσης και σημείου είναι ευκλείδεια απόσταση. Τα πολύγωνα γεωμετρικά ορίζονται με τη χάραξη των ευθειών που σχηματίζονται από όλα τα σημεία τα οποία ισαπέχουν από κάθε σημείο και το γειτονικό του.

γ) Η εγγύτητα, που αναγνωρίζει το πλησιέστερο σημείο ή γραμμή από ένα άλλο συγκεκριμένο σημείο και υπολογίζει την απόσταση μεταξύ τους. Η διαδικασία της εγγύτητας αναφέρεται σε δύο θεματικά επίπεδα. Το πρώτο περιέχει τα σημεία ή της γραμμές από τα οποία υπολογίζεται η απόσταση από συγκεκριμένο σημείο, που όμως βρίσκεται στο δεύτερο θεματικό επίπεδο.

δ) Ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ ενός σημείου και όλων των σημείων που βρίσκονται εντός μιας ορισμένης απόστασης. Σε αντίθεση με την προηγούμενη διαδικασία, η απόσταση από σημείο μπορεί να αφορά σημεία που βρίσκονται είτε στο ίδιο θεματικό επίπεδο είτε σε διαφορετικό από αυτό που βρίσκεται το σημείο που μας ενδιαφέρει.

Με συνδυασμό των δύο τελευταίων διαδικασιών προκύπτει η αναγνώριση και ο υπολογισμός αποστάσεων μεταξύ σημείων σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (ένα προς ένα, ένα προς πολλά, πολλά προς πολλά, πολλά προς ένα)

3.1.3. Επικάλυψη

Η επικάλυψη είναι ίσως η θεμελιωδέστερη διαδικασία ανάλυσης σε ένα ΓΠΣ, κι αυτό γιατί η έννοια των θεματικών επιπέδων και της επικάλυψης τους αποτελούν την πεμπτούσια των συστημάτων αυτών. Ουσιαστικά η επικάλυψη είναι μια επέκταση των κανόνων της άλγεβρας Boolean και αναφέρεται είτε στην επικάλυψη μεταξύ πολυγώνων είτε στην επικάλυψη σημείων ή γραμμών και πολύγωνα. Η επικάλυψη μπορεί να είναι:

1. Ένωση, που ουσιαστικά αναφέρεται στην πράξη OR της άλγεβρας Boolean. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται δύο θεματικά επίπεδα που επικαλύπτονται και προκύπτει ένα επίπεδο που διαθέτει τα χαρακτηριστικά και των δύο επιπέδων.



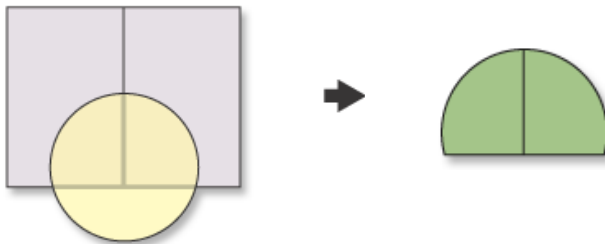
Εικόνα 2: Ένωση

2. Ταυτότητα, κατά την οποία το νέο επίπεδο περιλαμβάνει, όπως και στην ένωση όλα τα χαρακτηριστικά των δύο επιπέδων, μόνο που τα όριά του ορίζονται από τα όρια του επικαλυπτόμενου επιπέδου (στην προκειμένη περίπτωση του ορθογωνίου – **Εικόνα 2**)



Εικόνα 3: Ταυτότητα

3. Τομή, κατά την οποία το καινούριο επίπεδο εμπεριέχει μόνο εκείνα τα χαρακτηριστικά που είναι κοινά μεταξύ του επιτιθέμενου και του επικαλυπτόμενου επιπέδου (πράξη AND της άλγεβρας Boolean)

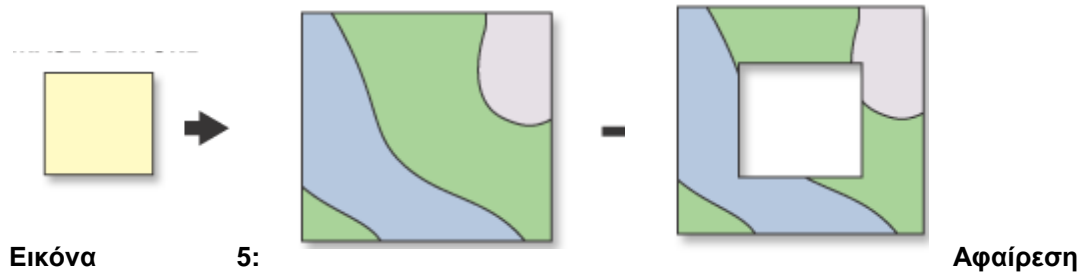


Εικόνα 4: Τομή

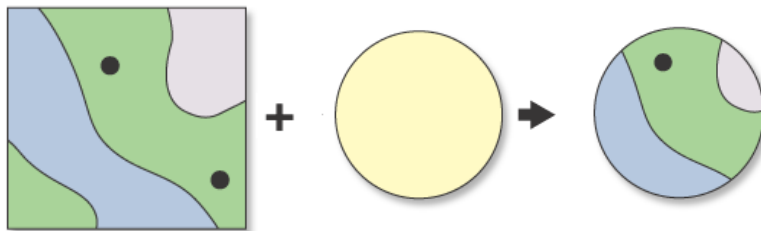
3.1.4 Διαχείριση

Σε κάθε ΓΠΣ τα χωρικά χαρακτηριστικά μπορούν να αναγνωριστούν, να επιλεγούν και να τροποποιηθούν ανάλογα με το αν βρίσκονται εντός ή εκτός των ορίων συγκεκριμένων επιπέδων. Παρόλο που οι διαδικασίες αυτής της κατηγορίας αφορούν ένα συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο του οποίου τα χωρικά στοιχεία υφίστανται μια σειρά διαδικασιών που οδηγούν σε διαφοροποίηση της Βάσης Δεδομένων, ουσιαστικά πρόκειται για επικάλυψη πολυγώνων που μπορεί να είναι:

1. Αφαίρεση, κατά την οποία το νέο επίπεδο περιέχει μόνο τα πολύγωνα και χαρακτηριστικά που βρίσκονται εκτός των ορίων του επιτιθέμενου επιπέδου (στην προκειμένη περίπτωση του τετραγώνου –**Εικόνα 4**)

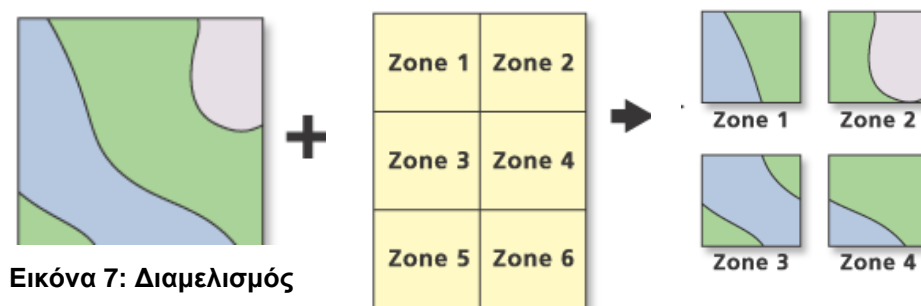


2. Αποκοπή, κατά την οποία το νέο θεματικό επίπεδο περιέχει τα πολύγωνα και τα χαρακτηριστικά που βρίσκονται εντός των ορίων του επιτιθέμενου επιπέδου δηλαδή του κύκλου στην **Εικόνα 5**



Εικόνα 6: Αποκοπή

3. Διαμελισμός, κατά τον οποίο στο νέο θεματικό επίπεδο, το επικαλυπτόμενο διαμελίζεται σε τόσα τμήματα όσα είναι τα τμήματα του επιτιθέμενου επιπέδου που εμπίπτουν στα όρια του επικαλυπτόμενου επιπέδου (**Εικόνα 6**)



4. Ενημέρωση, κατά την οποία τα όρια του επιτιθέμενου πολυγώνου – του κύκλου στην **Εικόνα 7**- ορίζουν τα όρια της περιοχής του επικαλυπτόμενου

επιπέδου που θα ενημερωθεί. Δηλαδή, μόνο οι περιοχές που ορίζονται από το επιτιθέμενο πολύγωνο μεταβάλλονται.

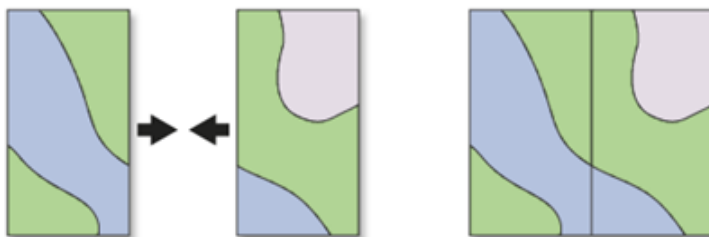


Εικόνα 8: Ενημέρωση

3.1.5 Ανάλυση Ορίων

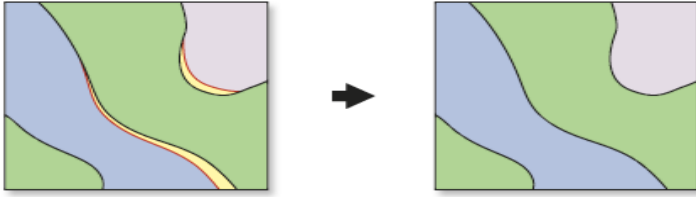
Οι διαδικασίες αυτές αναφέρονται στην επεξεργασία των οντοτήτων ενός θεματικού επιπέδου, οι οποίες οδηγούν στην αλλαγή συγκεκριμένων ορίων αυτού και είναι:

1. Ένωση γειτονικών πινακίδων, κατά την οποία ενώνονται οι πινακίδες στις οποίες μπορεί να είναι διαχωρισμένη η υπό ανάλυση περιοχή.



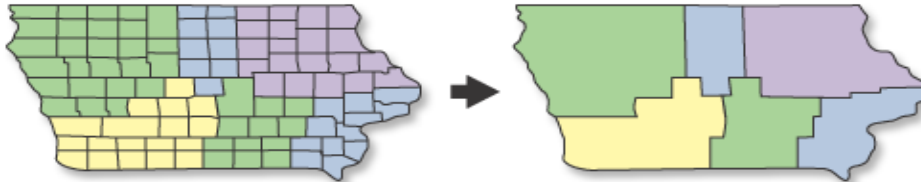
Εικόνα 9: Ένωση γειτονικών πινακίδων

2. Αφαίρεση επιμηκών πολυγώνων, κατά την οποία εξαλείφονται μικρά επιμήκη πολύγωνα (τα μικρά κίτρινα πολύγωνα στην **Εικόνα 9**) που εμφανίζονται όταν επικαλυπτόμενα επίπεδα δεν συμπίπτουν ακριβώς λόγω κακής ψηφιοποίησης.



Εικόνα 10: Αφαίρεση Επιμηκών Πολυγώνων

3. Αφαίρεση γραμμών, κατά την οποία αφαιρούνται τα όρια μεταξύ πολυγωνικών οντοτήτων ενός θεματικού επιπέδου, τα οποία παρουσιάζουν την ίδια τιμή για χαρακτηριστικά που διαφέρουν.



Εικόνα 11: Αφαίρεση Γραμμών

3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΝΝΑΒΟΥ

Ως γνωστόν, στα πλαίσια των ΓΠΣ πέρα από διανυσματικές μορφές στοιχείων, είναι δυνατόν να αναλυθούν και ψηφιδωτές μορφές στοιχείων. Μάλιστα, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία, σε περιπτώσεις όπου πρέπει να χρησιμοποιηθούν στοιχεία από μια σειρά γεωγραφικά επικαλυπτόμενων οντοτήτων, η διαχείριση της βάσης δεδομένων και ο υπολογισμός των νέων τιμών των χαρακτηριστικών είναι πιο εύκολα όταν τα στοιχεία αναφέρονται σε ένα κανναβικό σύστημα. Όπως όμως είναι φυσικό, μια τέτοια προσέγγιση ανάλυσης διαφοροποιείται σε επιμέρους λειτουργίες που συνοπτικά είναι οι εξής:

- **Τοπικές ή Σημειακές Λειτουργίες (Local)**, που αναφέρονται σε κάθε ένα φαντίο ξεχωριστά
- **Εστιακές Λειτουργίες (Focal)**, που διαχειρίζονται στοιχεία για κάθε φαντίο, τα οποία βασίζονται σε πληροφορίες μιας συγκεκριμένης περιοχής

- **Λειτουργίες Ζωνών (Zonal)**, που παρέχουν διαδικασίες που αφορούν κάθε σύνολο φατνίων που έχουν τις ίδιες τιμές
- **Γενικευμένες Λειτουργίες (Global)**, που επίσης αναφέρονται σε ένα φατνίο αλλά βασίζονται σε στοιχεία για όλη την κανναβική μήτρα.

Παρακάτω γίνεται εκτενέστερη αναφορά στις λειτουργίες αυτές.

3.2.1 Τοπικές ή Σημειακές Λειτουργίες (Local)

Οι τοπικές λειτουργίες προσεγγίζουν κάθε φατνίο του καννάβου ξεχωριστά, δηλαδή κάθε φατνίο υφίσταται οποιαδήποτε μορφή ανάλυσης χωρίς να γίνεται καμία αναφορά σε άλλα φατνία. Έτσι, στον τελικό κάνναβο (Χάρτης T) η τιμή του φατνίου είναι συνάρτηση των τιμών των αντίστοιχων φατνίων των επιμέρους καννάβων (Χάρτες A,B,.....). Δηλαδή ισχύει:

$$\text{Χάρτης T} = f(\text{Χάρτης A, Χάρτης B,.....Χάρτης N})$$

Η συνάρτηση **f** μπορεί θεωρητικά να είναι μια μαθηματική πράξη μεταξύ των υπό ανάλυση καννάβων ή ενός καννάβου με έναν αριθμό, ο υπολογισμός ενός στατιστικού μεγέθους (π.χ εύρεση μέγιστης ή ελάχιστης τιμής των αντίστοιχων φατνίων), η εφαρμογή μιας λογικής ή Boolean πράξης ή ακόμα και η δημιουργία ζώνης επιρροής.

Στο παρακάτω παράδειγμα ο Χάρτης T προκύπτει από το άθροισμα τριών άλλων χαρτών A,B,Γ. Η τιμή του κάθε φατνίου είναι ίση με το άθροισμα των αντίστοιχων φατνίων των αρχικών καννάβων.

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

Χάρτης Α

0	1	1	0
3	3	1	2
	0	0	2
3	2	1	0

=

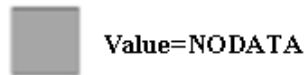
	3	1	0
	4	6	7
	0	3	6
8	3		1

Χάρτης Β

Χάρτης Τ

	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1		0

Χάρτης Γ



Εικόνα 12: Τοπικές Λειτουργίες (Χάρτης Τ = sum (Χάρτης Α, Χάρτης Β, Χάρτης Γ))

3.2.2 Εστιακές Λειτουργίες (Focal)

Οι εστιακές λειτουργίες αναφέρονται σε διαδικασίες όπου η τιμή του κάθε φατνίου καθορίζεται από τις τιμές των γειτονικών φατνίων, δηλαδή η τιμή του στον τελικό κάνναβο είναι συνάρτηση των τιμών των φατνίων που ορίζουν γύρω του ένα παράθυρο (Kernel). Δηλαδή το παράθυρο αυτό είναι κανονικής μορφής (π.χ 3×3) και στο κέντρο του βρίσκεται το φατνίο που εξετάζουμε.

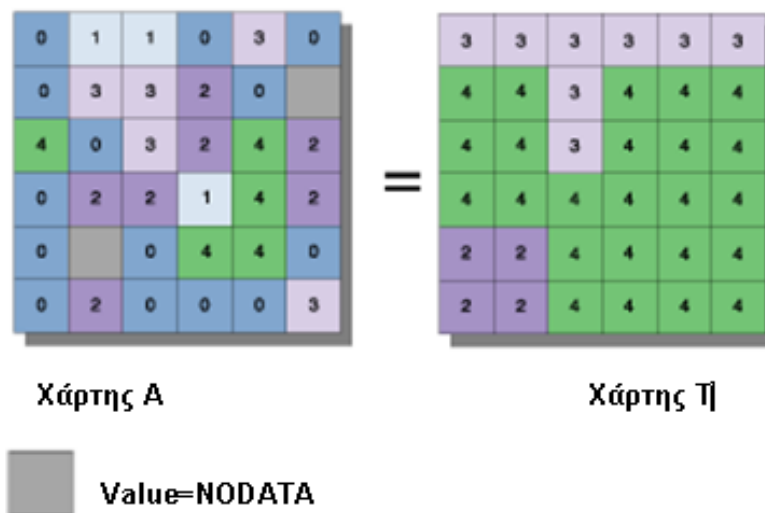
Γενικά ισχύει:

$$\Phi_{ij} = f \left(\sum_{i-m}^{i+m} \sum_{j-n}^{j+n} \Phi_{ij} \lambda_{ij} \right)$$

όπου f είναι η συνάρτηση που υπολογίζει το φατνίο Φ_{ij} το οποίο βρίσκεται στο κέντρο ενός παραθύρου με πλευρές $2m+1$ και $2n+1$ και λ_{ij} κάποιος συντελεστής βάρους για κάθε φατνίο.

Αυτή η συνάρτηση μπορεί να δίνει το συνολικό άθροισμα, το μέσο όρο, τη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή, την τυπική απόκλιση κ.λ.π

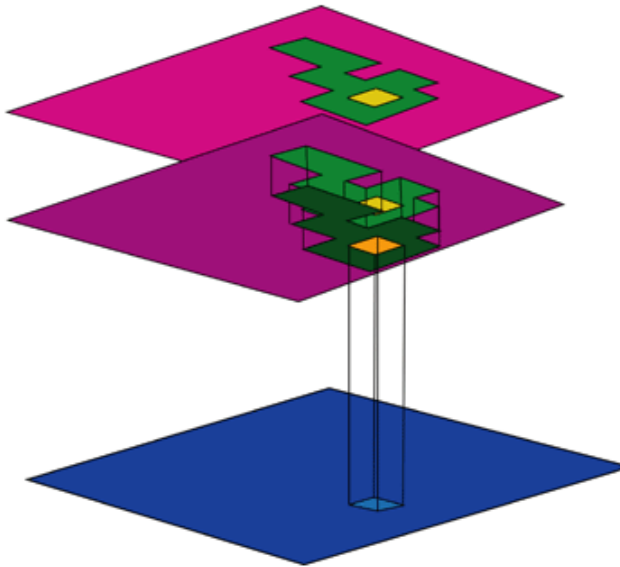
Στο παρακάτω παράδειγμα η συνάρτηση f υπολογίζει τη μέγιστη τιμή, δηλαδή το κεντρικό φατνίο παίρνει τη μέγιστη τιμή των φατνίων που το περιβάλλουν. Το κάθε φατνίο στον Χάρτη A θεωρείται ότι βρίσκεται στο κέντρο ενός παραθύρου διαστάσεων 3×3 .



Εικόνα 13: Εστιακές Λειτουργίες (Χάρτης Τ = max (Χάρτης Α, παράθυρο 3×3))

3.2.3 Λειτουργίες Ζωνών (Zonal)

Οι λειτουργίες ζωνών όταν εφαρμόζονται σε έναν κάνναβο υπολογίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά της γεωμετρίας για κάθε ζώνη (π.χ. περίμετρο ή εμβαδόν). Αν υπάρχουν δύο κάνναβοι, ο ένας από αυτούς ονομάζεται μήτρα ζωνών (zone grid) και ορίζει τις ζώνες στις οποίες θα εφαρμοστούν οι λειτουργίες. Ο άλλος κάνναβος ονομάζεται μήτρα τιμών (value grid) και περιέχει τις τιμές των φατνίων οι οποίες θα αναλυθούν μέσα στο πλαίσιο κάθε ζώνης. Η τελική τιμή για κάθε φατνίο είναι συνάρτηση των τιμών των φατνίων που ανήκουν στην ίδια ζώνη με αυτό. Έτσι, στην τελική μήτρα όλα τα φατνία κάθε ζώνης έχουν την ίδια τιμή που προκύπτει από την επιλεγείσα λειτουργία. Η λειτουργία αυτή μπορεί να είναι το άθροισμα, ο μέσος όρος η μέγιστη ή η ελάχιστη τιμή, η τυπική απόκλιση κ.λ.π.

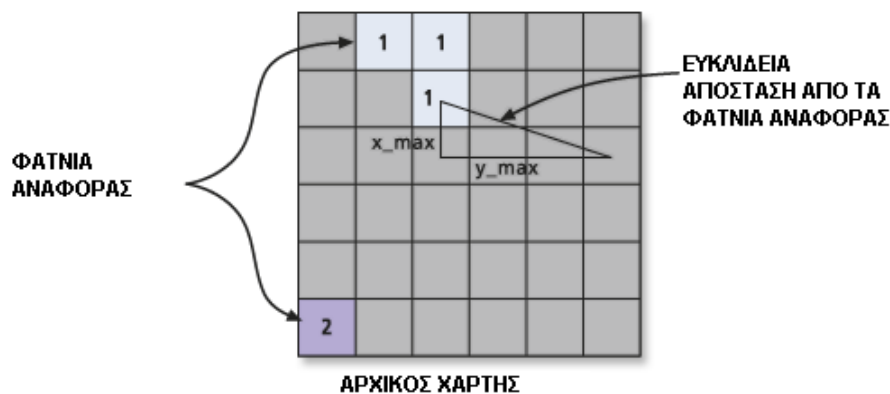


Εικόνα 14: Λειτουργίες Ζωνών

3.2.4 Γενικευμένες Λειτουργίες (Global)

Στην περίπτωση των γενικευμένων λειτουργιών, η τελική τιμή για το κάθε φατνίο είναι συνάρτηση των τιμών όλων των φατνίων της αρχικής μήτρας. Και στη διαδικασία αυτή ένας μεγάλος αριθμός λειτουργιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Πιο χαρακτηριστικές είναι αυτές που αναφέρονται στην απόσταση από, και στην κατανομή σε ένα σύνολο από επιλεγμένα φαντρία όλων των υπολοίπων φαντρίων με τη χρήση της ευκλείδειας γεωμετρίας. Πιο συγκεκριμένα, στη λειτουργία της ευκλείδειας κατανομής, με βάση μια αρχική μήτρα που περιέχει ένα ή περισσότερα επιλεγμένα σημεία (source cells), η τελική μήτρα περιέχει την κατανομή κάθε ενός φαντρίου στο πλησιέστερο επιλεγμένο φαντρίο. Στην ευκλείδεια απόσταση, η λειτουργία αναφέρεται στον υπολογισμό της απόστασης κάθε φαντρίου από το πλησιέστερο επιλεγμένο φαντρίο.



Εικόνα 15: Γενικευμένες Λειτουργίες (Υπολογισμός Ευκλείδειας Απόστασης)

Στο επόμενο Κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της Θεωρίας της Λογικής της Ασάφειας γενικά αλλά και της προσέγγισης κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter ειδικά, μιας και σε αυτή βασίζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο μια συνοπτική παρουσίαση της Θεωρείας της Λογικής της Ασάφειας γενικά αλλά και της προσέγγισης κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter ειδικά (**Gary L.Raines, Don L. Sawatzky, Graeme F. Bonham-Carter, 2010, Incorporating Expert Knowledge, ArcUser vol. Spring 2010**), μιας και σε αυτή βασίζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η Λογική της Ασάφειας, ως επιστήμη και ως μέθοδος προσεγγίζει με αληθοφάνεια τις συνθήκες του πραγματικού κόσμου. Μπορεί να ερμηνεύσει και συνεχείς, μη γραμμικές ή κατηγοριοποιημένες ιδιότητες δεδομένων, καθώς και δεδομένα με διαφορετικές κλίμακες μέτρησης όπως ποιοτική και ποσοτική (Odeh 1990).

Στις αρχές του 20ου αιώνα ο B. Russel, έθεσε τα θεμέλια της αόριστης - ασαφούς σήμερα λογικής. Στη συνέχεια ο Heisenberg ανακάλυψε στην κβαντική φυσική την αρχή της αβεβαιότητας, σύμφωνα με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε κάποια πράγματα με πολύ μεγάλη ακρίβεια, αλλά δεν μπορούμε να μετρήσουμε ταυτόχρονα κάποια άλλα πράγματα με την ίδια ακρίβεια. Η αρχή αυτή δηλώνει ότι στην πραγματικότητα ασχολούμαστε με την τρίτημη λογική: Οι προτάσεις είναι αληθείς, ψευδής ή ακαθόριστες. Ο Πολωνός Lukasiewicz τεμάχισε το ακαθόριστο σε πολλαπλά κομμάτια, εισάγοντας την πολύτιμη ή πλειότιμη λογική και στη συνέχεια όρισε στην ακαθοριστία ένα συνεχές σύνολο.

Το 1937, ο φιλόσοφος της Κβαντικής θεωρίας Max Black δημοσίευσε ένα άρθρο για τα αόριστα σύνολα, αυτά που σήμερα ονομάζουμε ασαφή σύνολα, το οποίο αγνοήθηκε από τον κόσμο της επιστήμης και της φιλοσοφίας.

Η ασαφής λογική επινοήθηκε από τον L. Zadeh, στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Σύμφωνα με τον Zadeh, η ασαφής λογική παρέχει μια μέθοδο εξήγησης και ταυτόχρονα μείωσης της πολυπλοκότητας των ασαφών συστημάτων. Κατά τον Zadeh, μεγάλο μέρος της πολυπλοκότητας των ασαφών συστημάτων προέρχονταν από τον τρόπο που αναπαρίστανται και χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές, καθώς μπορούσαν να αναπαραστήσουν την κατάσταση ενός φαινομένου, είτε ως υπάρχουσα, είτε ως μη υπάρχουσα, με αποτέλεσμα οι μαθηματικοί υπολογισμοί για την εκτίμηση πράξεων σε οριακές καταστάσεις να γίνονται ιδιαίτερα πολύπλοκοι. Την παραπάνω διαπίστωση τη δήλωσε με την αρχή της ασυμβατότητας:

«...καθώς η πολυπλοκότητα ενός συστήματος αυξάνεται, η ικανότητα για ακριβείς και ταυτόχρονα σημαντικές δηλώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του μειώνεται, μέχρι ένα σημείο πέρα από το οποίο η ακρίβεια και η σημαντικότητα αποτελούν σχεδόν αμοιβαία αποκλειόμενα χαρακτηριστικά...».

Κάτω από αυτό το πρίσμα μοντελοποίησης συστημάτων, οι βασικοί μηχανισμοί αναπαρίστανται με γλωσσικές και όχι μαθηματικές μεταβλητές. Σύμφωνα με τον Zadeh, οι άνθρωποι επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ασαφείς όρους και όχι σύμβολα ή αριθμούς. Οι ασαφείς αυτοί όροι αναπαριστούν γενικές κατηγορίες και όχι καθορισμένα εκ των προτέρων σύνολα. Η μετάβαση από μια κατηγορία – έννοια, ιδέα ή κατάσταση προβλήματος – στην επόμενη είναι σταδιακή, με κάποιες καταστάσεις να έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη συμμετοχή σε ένα σύνολο από ότι σε κάποιο άλλο.

Χρησιμοποιώντας αυτή την έννοια των ελάχιστων συνόλων και επηρεαζόμενος από τα έργα των Black και Lukaiseiwickz, πρότεινε την ιδέα των ασαφών συνόλων, εισάγοντας έτσι και την ασαφή λογική.

4.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ

Τα ασαφή συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εκτιμήσεις, στη λήψη αποφάσεων και σε μηχανικά συστήματα, όπως τα συστήματα κλιματισμού, ηλεκτρικοί υπολογιστές, ηλεκτρικές σκούπες, μηχανικά συστήματα αεροπλάνων και πολλές άλλες συσκευές.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης ασαφών μοντέλων σε συστήματα στήριξης αποφάσεων και έμπειρα συστήματα είναι τα ακόλουθα:

- Ικανότητα μοντελοποίησης ιδιαίτερα πολύπλοκων επιχειρηματικών προβλημάτων

Καθώς τα ασαφή συστήματα προσφέρουν γενικευμένες προσεγγίσεις και είναι κατάλληλα για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων προβλημάτων, έχουν την ικανότητα να προσεγγίζουν τη συμπεριφορά συστημάτων που διαθέτουν έναν αριθμό ελάχιστα γνωστών χαρακτηριστικών. Η ικανότητά τους να επεξηγούν τη συλλογιστική τους, προσφέρει έναν ιδανικό τρόπο αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων.

- Βελτιωμένη γνωστική μοντελοποίηση έμπειρων συστημάτων

Τα ασαφή συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης κωδικοποίησης της γνώσης με τρόπο παρόμοιο με εκείνο που αντιμετωπίζεται η διαδικασία απόφασης.

- Ικανότητα μοντελοποίησης συστημάτων που εμπλέκουν πολλούς ειδικούς

Τα ασαφή συστήματα είναι κατάλληλα να αναπαραστήσουν πολλούς συνεργαζόμενους ακόμη και διαφωνούντες ειδικούς.

- Μειωμένη πολυπλοκότητα μοντέλου

Καθώς τα ασαφή συστήματα απαιτούν λιγότερους κανόνες από τα παραδοσιακά συστήματα και αυτοί οι κανόνες βρίσκονται πιο κοντά στον τρόπο που εκφράζουμε τη γνώση στη φυσική γλώσσα, αφενός μπορούν να τροποποιηθούν με λιγότερα παραγόμενα λάθη και αφετέρου τα λογικά ή δομικά προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν και να επιλυθούν σε μικρό χρονικό διάστημα.

- Βελτιωμένος χειρισμός αβεβαιότητας και πιθανοτήτων

Η ασαφής λογική προσφέρει μια καλύτερη, πιο συνεπή και μαθηματικά ορθότερη

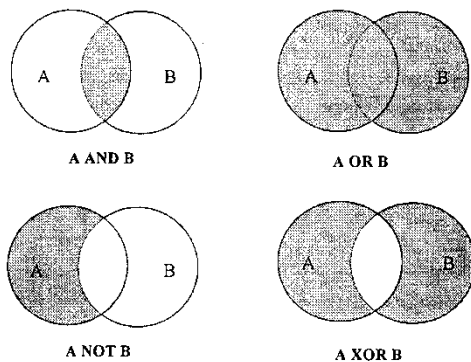
μέθοδο χειρισμού της αβεβαιότητας, παρόλο που αναπαριστά την αβεβαιότητα και την ανακρίβεια ως ένα ενδογενές κομμάτι του μοντέλου, καθώς και οι δυο αυτές εναλλακτικές προσεγγίσεις βασίζονται στην ανάθεση τιμών αβεβαιότητας έξω από το μοντέλο καθ'αυτό. (Χατζηνικολάου Ε, Χατζηχρήστος Θ.)

4.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ

4.3.1 Ασαφή Σύνολα

Η έννοια του συνόλου αποτελεί θεμελιώδη έννοια, με τη βοήθεια της οποίας δομείται το οικοδόμημα της επιστήμης των μαθηματικών και κατ' επέκταση των υπόλοιπων θετικών επιστημών. Δεν υπάρχει ένας μοναδικό τρόπος ορισμού της έννοιας του συνόλου, όπως και των εννοιών του αριθμού, ή της ευθείας (Black 1963). Ο παραδοσιακός ορισμός των συνόλων βασίζεται στο νόμο της διχοτομίας, ένα στοιχείο ανήκει ή δεν ανήκει σε ένα σύνολο, είναι εντός ή εκτός του συνόλου. Τις θεμελιώδεις αυτές έννοιες τις αντιλαμβανόμαστε συνήθως, μέσα από παραδείγματα.

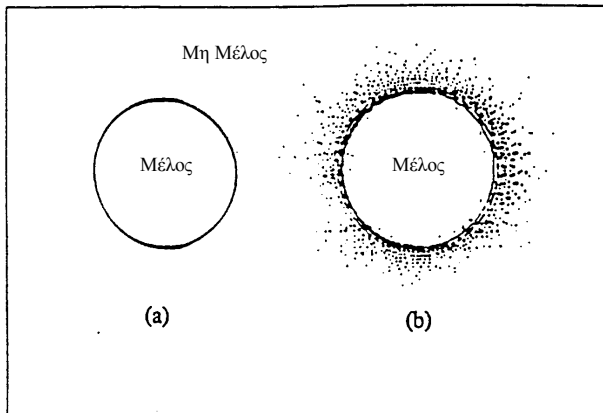
Οι κύριες πράξεις μεταξύ συνόλων, είναι οι επόμενες σύμφωνα με τον Bool:



Εικόνα 16: Πράξεις δυαδικών συνόλων

Τα σύνολα τα οποία είναι ασαφή, “σπάνε” σε κάποιο βαθμό το νόμο της διχοτομίας. Στοιχεία ανήκουν μερικώς σε κάποιο ασαφές σύνολο. Μπορούν επίσης να ανήκουν σε περισσότερα από ένα σύνολο. Π.χ. “Η χρήση της γης

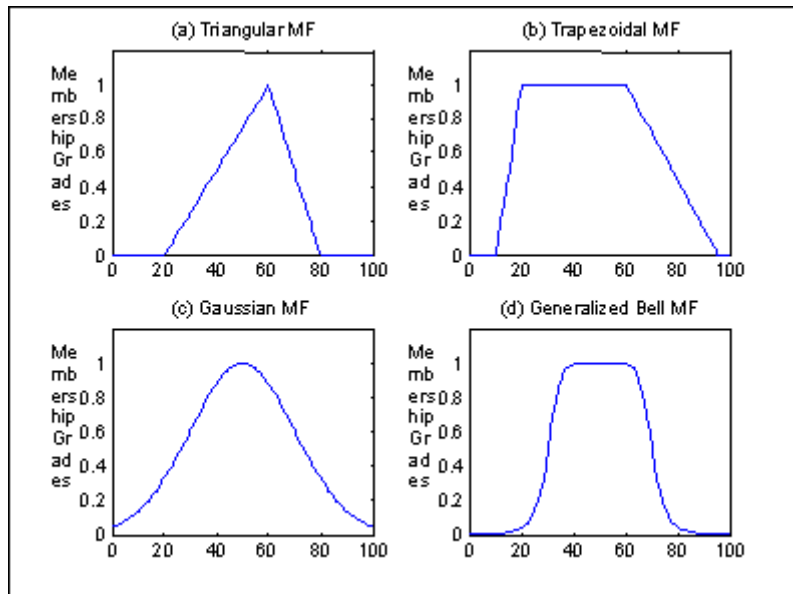
μπορεί να είναι γεωργική κατά 20 τοις εκατό και συγχρόνως 80 τοις εκατό δασική”. Η **Εικόνα 12** παρουσιάζει την διαφορά ανάμεσα στα δυαδικά και ασαφή σύνολα.



Εικόνα 17: α. Δυαδικά σύνολα β. Ασαφή σύνολα

Μια βασική έννοια για την κατανόηση των ασαφών συνόλων είναι η συνάρτηση συμμετοχής (**membership function**), η οποία προτάθηκε από τον Zadeh το 1965. Οι τιμές της ονομάζονται συμμετοχές (memberships) και κυμαίνονται μεταξύ $0 \leq i \leq 1$. Ετσι η τιμή συμμετοχής $i_A(a)$ καθορίζει τον βαθμό κατά τον οποίο ένα στοιχείο a ανήκει στο σύνολο A .

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να αποδοθεί μια συνάρτηση συμμετοχής, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 18: Μορφές Συναρτήσεων Συμμετοχής

Οι ασαφείς διαβαθμίσεις δεν είναι ίδιες με τα ποσοστά πιθανότητας. Οι πιθανότητες μετράνε το ποσοστό που κάτι θα συμβεί ή όχι. Η ασάφεια (fuzziness) μετράει το ποσοστό στο οποίο κάτι συμβαίνει ή το αν υπάρχουν κάποιες συνθήκες, ώστε να συμβεί. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει στην λογική της ασάφειας είναι ότι οι διαβαθμίσεις ή οι συμμετοχές ενός αντικείμενου πρέπει να έχουν σαν άθροισμα τη μονάδα. Ο νόμος της διχοτομίας είναι απλώς υποσύνολο ή υποπερίπτωση στην λογική της ασάφειας, ουσιαστικά μόνο όταν ένα αντικείμενο ανήκει 100 τοις εκατό σε μια ομάδα.

4.3.2 Ασαφείς Αριθμοί

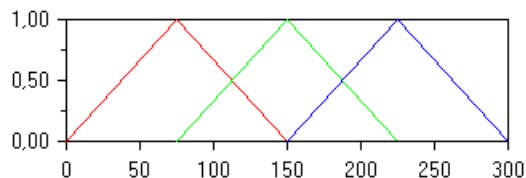
Ασαφής αριθμός είναι ένα κυρτό, ασαφές σύνολο, κανονικοποιημένο στο διάστημα $[0,1]$ του συνόλου των πραγματικών αριθμών. Υπάρχει ένα μόνο στοιχείο με βαθμό συμμετοχής 1. Η συνάρτηση συμμετοχής του ασαφούς αυτού συνόλου είναι συνεχής.

Η συνάρτηση συμμετοχής των ασαφών αριθμών, μπορεί να λάβει οποιαδήποτε μορφή. Οι ασαφείς αριθμοί αποτελούν την απλούστερη μορφή ασαφών συνόλων. Με βάση τους ασαφείς αριθμούς έγινε προσπάθεια επέκτασης των κλασικών μαθηματικών εννοιών, όπως πίνακας, ορίζουσα, εξίσωση κτλ στα

ασαφή σύνολα. Αποδείχθηκε ότι η προσπάθεια αυτή μάλλον περιπλέκει την κατάσταση και την οδηγεί σε αδιέξοδο, πράγμα που έρχεται σε αντίθεση με το μεγάλο πλεονέκτημα, ή τον ορισμό, της λογικής της ασάφειας, την όσο το δυνατόν απλούστερη αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών εισήχθη, από τον Zadeh το 1973 μια νέα έννοια, αυτή της λεκτικής μεταβλητής.

4.3.3 Λεκτικές Μεταβλητές

Λεκτική (linguistic) ονομάζεται μια μεταβλητή της οποίας οι τιμές δεν είναι αριθμοί (όπως στην δυαδική λογική), αλλά λέξεις, οι οποίες μπορούν να αποκαλεστούν κατηγορίες. Η κάθε κατηγορία προσδιορίζεται από ένα ασαφές σύνολο. Αυτό φαίνεται στο επόμενο παράδειγμα, στο οποίο η λεκτική μεταβλητή “απόσταση από ποτάμι” αποτελείται από τρεις κατηγορίες, την μικρή, τη μέτρια και τη μεγάλη απόσταση. Η κάθε κατηγορία καθορίζεται από ένα διαφορετικό ασαφές σύνολο, στην προκειμένη περίπτωση τριγωνικό. Τα σύνολα αυτά μπορούν να επικαλύπτονται.



Εικόνα 19: Λεκτική μεταβλητή : απόσταση από ποτάμι (μικρή – μεσαία- μεγάλη)

Η έννοια της λεκτικής μεταβλητής αποδεικνύει τη χρησιμότητα των ασαφών συνόλων στη σύνδεση λεκτικών εκφράσεων και αριθμητικής πληροφορίας. Στο παραπάνω παράδειγμα το σύνολο των όρων αναπαριστά με ρεαλιστικό τρόπο τη διαχείριση της απόστασης σύμφωνα με τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Ο τρόπος και η ακρίβεια αναπαράστασης της λεκτικής μεταβλητής, εξαρτάται αποκλειστικά από το χρήστη.

4.3.4 Πράξεις Συνόλων

Η περιγραφή μιας θεωρίας που αφορά σύνολα, εκτός από τα βασικά στοιχεία της (τα σύνολα) πρέπει να περιλάβει και τις απαραίτητες ή βασικές πράξεις για το συνδυασμό ή το μετασχηματισμό των βασικών αυτών στοιχείων. Στη λογική της ασάφειας αυτές οι πράξεις προσδιορίζονται μέσω των αντίστοιχων συναρτήσεων συμμετοχής, που είναι το πιο σημαντικό στοιχείο των ασαφών συνόλων. Οι τρεις βασικές πράξεις οι οποίες προτάθηκαν από τον Zadeh, το 1965:

$$\alpha) \text{ η τομή } C = A \cap B = \{ (x, \mu_C(x)) \mid x \in X, \mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \}$$

$$\beta) \text{ η ένωση } D = A \cup B = \{ (x, \mu_D(x)) \mid x \in X, \mu_D(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \}$$

$$\gamma) \text{ το συμπλήρωμα } A^c = \{ (x, \mu_{A^c}(x)) \mid x \in X, \mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x) \}$$

Οι τρεις θεμελιώδεις πράξεις του Zadeh, έχουν γενικευθεί, με σκοπό τη βελτίωση τους από μια ομάδα T-τελεστών, τους T-norms, T-conorms και N-negation, από διάφορους ερευνητές.

Εκτός από τις βασικές πράξεις μεταξύ ασαφών συνόλων, οι οποίες ορίστηκαν από τον Zadeh, άλλες πράξεις είναι οι εξής:

1) το αλγεβρικό γινόμενο:

$$AB = \{ (x, \mu_{AB}(x)) \mid x \in X, \mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \}$$

2) το φραγμένο άθροισμα:

$$A \oplus B = \{ (x, \mu_{A \oplus B}(x)) \mid x \in X, \mu_{A \oplus B}(x) = \min(1, \mu_A(x) + \mu_B(x)) \}$$

3) το φραγμένο γινόμενο:

$$A \circ B = \{ (x, \mu_{A \circ B}(x)) \mid x \in X, \mu_{A \circ B}(x) = \max(0, \mu_A(x) - \mu_B(x)) \}$$

4) το αριστερό τετράγωνο:

$${}^2A = \{ (x, \mu_{2_A}(x)) \mid x^2 : x \in X, \mu_{2_A}(x^2) = \mu_A(x) \}$$

5) ο κυρτός συνδυασμός:

$$A \cup B = \{ (x, \mu_{AcB}(x)) \mid x \in X, \mu_{AcB}(x) = w_1 \cdot \mu_A(x) + w_2 \cdot \mu_B(x), w_1 + w_2 = 1 \}$$

6) η διάταξη μεταξύ των σημείων A και B:

$$A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad \forall x \in X \}$$

Οι πράξεις αυτές των ασαφών συνόλων, εμφανίζουν επίσης αδυναμίες. Για αυτό, έχουν προταθεί τροποποιήσεις από διάφορους ερευνητές (Zimmerman 1996), με τη χρήση τελεστών. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικοί από τις πιο σημαντικούς, όπως ο M_{w1} για το “λεκτικό και”, σε αντίθεση με το “ασαφές και”, ο M_{w2} για το “λεκτικό ή” σε αντίθεση με το “ασαφές ή”, με τη χρήση του γ (αντισταθμιστικού τελεστή).

$$M_{w1}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x), \gamma) = \gamma \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) + (1 - \gamma) \frac{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)}{2}, \gamma \in [0, 1]$$

$$M_{w2}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x), \gamma) = \gamma \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) + (1 - \gamma) \frac{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)}{2}, \gamma \in [0, 1]$$

$$K_Z(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x), \gamma) = (\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))^{1-\gamma} * (\mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x)\mu_{\tilde{B}}(x)), \gamma \in [0, 1]$$

4.3.5 Ασαφή Συστήματα

Στην επίλυση ενός προβλήματος με τη χρήση της λογικής της ασάφειας χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα και οι λεκτικές μεταβλητές για να αποδώσουν την ανθρώπινη γνώση. Τα βασικά στάδια στην ανάπτυξη ενός ασαφούς συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- **Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου**, που είναι η διαδικασία μετατροπής των αρχικών αριθμητικών τιμών των μεταβλητών σε λεκτικές μεταβλητές (linguistic variables - οι εκφράσεις των οποίων είναι ασαφείς αριθμοί δηλαδή ασαφή σύνολα ορισμένα σε ένα διάστημα, τα οποία αναπαριστούν γλωσσικούς όρους όπως μικρό, μέσο, μεγάλο κ.λ.π.,) με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής.
- **Ανάπτυξη των κανόνων**, κατά το οποίο πραγματοποιείται η κατασκευή κανόνων οι οποίοι συνδέουν την είσοδο με την έξοδο (τα αποτελέσματα) και αντιπροσωπεύουν τη γνώση των ειδικών. Ουσιαστικά, συνδέουν τις λεκτικές μεταβλητές κάθε μεταβλητής - κριτηρίου (πχ. απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους) με το υποσύνολο του λεκτικού συμβολισμού (χαμηλή ή υψηλή καταλληλότητα), αποδίδοντας τη βεβαιότητα καθορισμού του κανόνα.
- **Επεξεργασία των κανόνων**, κατά το οποίο πραγματοποιείται η επεξεργασία των κανόνων (διαδικασία εξαγωγής συμπεράσματος - inference). Αφορά στη διαδικασία εξαγωγής του αποτελέσματος μέσα από την υπάρχουσα γνώση, όπως αυτή εκφράζεται στους κανόνες.
- **Απασαφοποίηση των αποτελεσμάτων**, κατά το οποίο πραγματοποιείται η μετατροπή, τόσο για διαχειριστικούς όσο και για λόγους οπτικοποίησης του συνόλου των αποτελεσμάτων σε μια αριθμητική τιμή, σε μία υποκλάση, σε ένα θεματικό επίπεδο.

4.4 Η ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ ΚΑΤΑ RAINES, SAWATZKY, BONHAM - CARTER

4.4.1 Γενικά

Η λογική της ασάφειας κατά αυτή την προσέγγιση είναι μια πιο απλοποιημένη μέθοδος σε σχέση με αυτή που περιγράφεται στις προηγούμενες παραγράφους.

Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται στο προηγούμενο Υποκεφάλαιο, ο πυρήνας της έννοιας της ασάφειας είναι το γεγονός ότι ένα στοιχείο μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από ένα σύνολα (κατηγορίες). Για παράδειγμα, “η χρήση της γης μπορεί να είναι γεωργική κατά 20 τοις εκατό και συγχρόνως 80 τοις εκατό δασική”.

Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση εισάγει μια νέα φιλοσοφία στη θεώρηση της ασάφειας. Ουσιαστικά, η ασάφεια κατά αυτή την προσέγγιση, προσδιορίζεται ως «το ενδεχόμενο» μία συνθήκη να είναι αληθής (TRUE). Για το λόγο αυτό, κατά την επίλυση ενός προβλήματος με χρήση αυτής της θεώρησης, το στάδιο της δημιουργίας των κανόνων ενσωματώνεται κατά κάποιο τρόπο σε αυτό της εξαγωγής συμπερασμάτων. Έτσι, ένα ασαφές σύστημα σε αυτή την περίπτωση έχει τα εξής υποσυστήματα:

- **Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου**, με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής (Fuzzy Membership Functions).
- **Εξαγωγή συμπεράσματος**, μέσω της διαδικασίας της ασαφούς επικάλυψης των δεδομένων (Fuzzy Overlay).

Στις παραγράφους που ακολουθούν, περιγράφονται τα δύο υποσυστήματα, όπως αυτά υλοποιούνται στο περιβάλλον του λογισμικού **ArcGIS Desktop 10**.

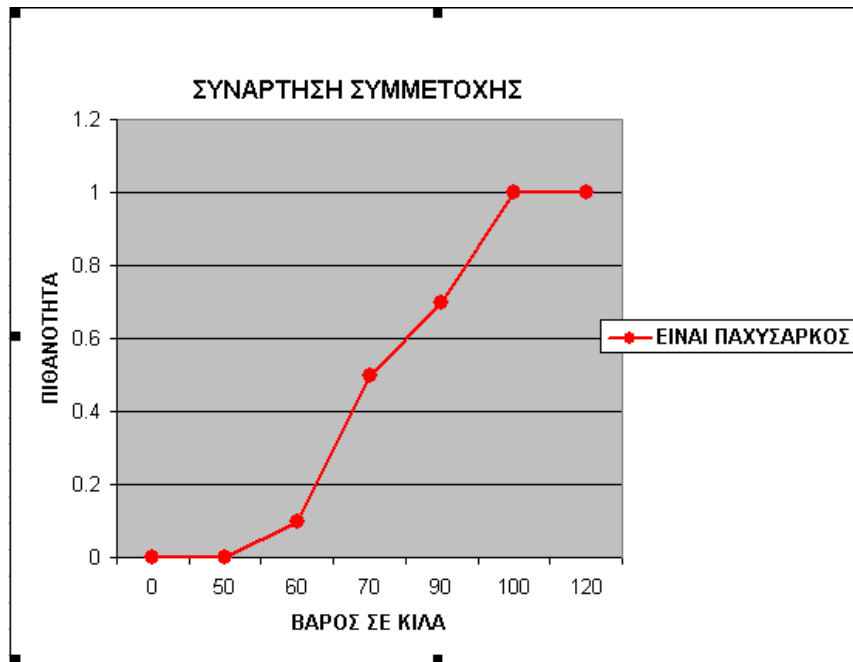
4.4.2 Ασαφοποίηση

Για την κατανόηση της διαδικασίας παρακάτω παρουσιάζεται ένα μη χωρικό παράδειγμα.

Στο παράδειγμα εξετάζεται το ενδεχόμενο να ισχύει η συνθήκη «είναι παχύσαρκος» για έναν άντρα, σύμφωνα με το βάρος του. Έτσι, το ενδεχόμενο για έναν άντρα που ζυγίζει από 50 έως 60 κιλά, να ισχύει η συνθήκη «είναι παχύσαρκος», είναι 0.1, δηλαδή ο άντρας αυτός πιθανότατα δεν είναι παχύσαρκος. Αν το βάρος είναι μεταξύ 70 με 90 κιλά, παρουσιάζεται αβεβαιότητα για το κατά πόσο ισχύει η παραπάνω δήλωση. Αν το βάρος του είναι μεταξύ 90 και 100 κιλά, τότε πιθανότα είναι παχύσαρκος, αφού το ενδεχόμενο να ισχύει η δήλωση είναι 0.7. Από τα 100 κιλά και πάνω είναι βέβαιο πως είναι παχύσαρκος και το ενδεχόμενο να ισχύει η δήλωση είναι 1. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η ισχύς της δήλωσης «είναι παχύσαρκος» τόσο κατά την ασαφή όσο και κατά τη δυαδική λογική, ενώ στην **Εικόνα 20**, φαίνεται η συνάρτηση συμμετοχής για τη δήλωση «είναι παχύσαρκος».

ΒΑΡΟΣ (κιλά)	ΔΥΑΔΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ		ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ	
	Τιμή	Περιγραφή	Τιμή	Περιγραφή
50	0	Όχι παχύσαρκος	0	Όχι παχύσαρκος
60	0	Όχι παχύσαρκος	0.1	Μάλλον όχι παχύσαρκος
70	0	Όχι παχύσαρκος	0.5	Αβεβαιότητα
90	1	Παχύσαρκος	0.7	Μάλλον παχύσαρκος
100	1	Παχύσαρκος	1	Παχύσαρκος
120	1	Παχύσαρκος	1	Παχύσαρκος

Πίνακας 1: Δυαδική - Ασαφής Προσέγγιση δήλωσης «είναι παχύσαρκος»

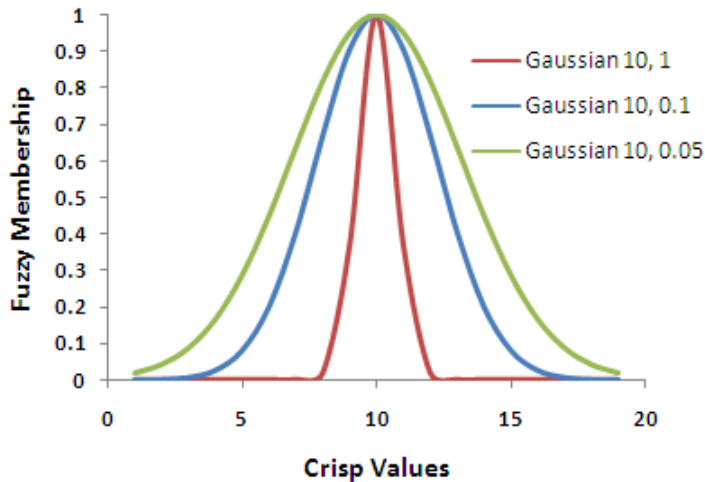


Εικόνα 20: Συνάρτηση Συμμετοχής

Τα είδη των συναρτήσεων συμμετοχής που περιλαμβάνονται στο λογισμικό είναι επτά:

A. Fuzzy Gaussian

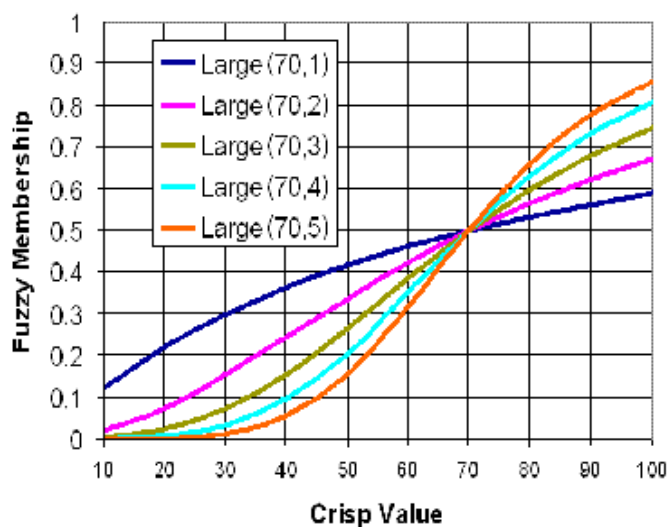
Η συνάρτηση αυτή μετασχηματίζει τις αρχικές τιμές σε κανονική κατανομή. Το μεσαίο σημείο έχει τη μέγιστη συμμετοχή, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτό εκατέρωθεν, η συμμετοχή μειώνεται. Κατά τον ορισμό της συνάρτησης, απαιτείται ο προσδιορισμός του μεσαίου σημείου και του εύρους (midpoint, spread). Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η συμμετοχή θεωρείται ευνοϊκή γύρω από μια τιμή ενώ σε οποιαδήποτε άλλη όχι.



Εικόνα 21: Fuzzy Gaussian

B. Fuzzy Large

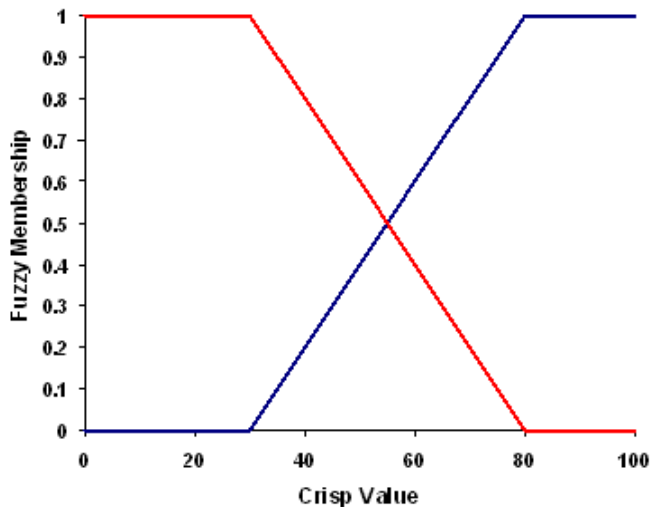
Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται όταν οι μεγαλύτερες τιμές είναι πιθανό να ανήκουν στο σύνολο. Το σημείο καμπής έχει συμμετοχή 0.5. Τα σημεία με τιμή μεγαλύτερη από αυτή του σημείου καμπής έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή και αντίθετα, τα σημεία με μικρότερη τιμή έχουν μικρότερη συμμετοχή. Για τον ορισμό της συνάρτησης, απαιτείται ο προσδιορισμός του μεσαίου σημείου και του εύρους (midpoint, spread).



Εικόνα 22: Fuzzy Large

Γ. Fuzzy Linear

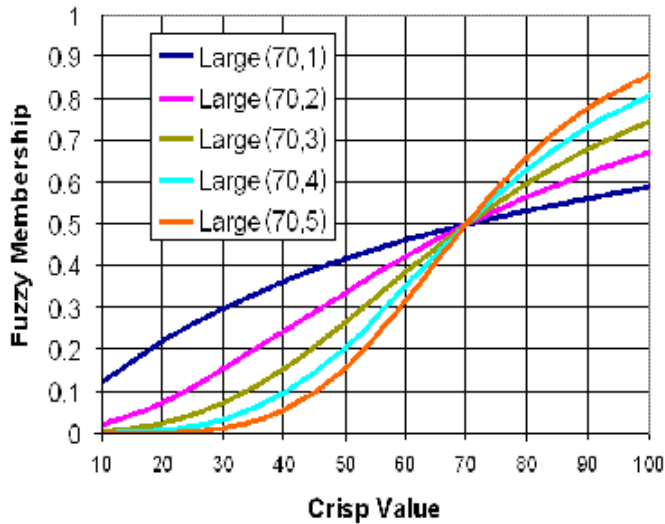
Η συνάρτηση αυτή είναι ένας γραμμικός μετασχηματισμός των αρχικών τιμών, μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής που ορίζει ο χρήστης. Ό,τι βρίσκεται κάτω από το ελάχιστο έχει συμμετοχή 0 και ό,τι βρίσκεται πάνω από το μέγιστο έχει συμμετοχή 1. Η κλίση της ευθείας μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.



Εικόνα 23: Fuzzy Linear

Δ. Fuzzy MS Large

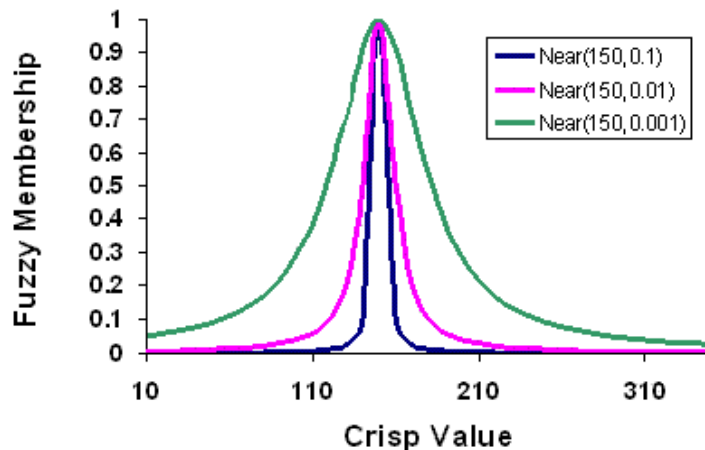
Η συνάρτηση αυτή είναι παρόμοια με την Fuzzy Large. Η διαφορά είναι πως ο ορισμός της Fuzzy MS Large γίνεται με βάση συγκεκριμένη μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Χρησιμοποιείται όταν οι πολύ μεγάλες τιμές είναι πιθανότερο να ανήκουν στο σύνολο. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ίδιο με αυτό της Fuzzy Large, προσαρμόζοντας κατάλληλα τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση.



Εικόνα 24: Fuzzy MS Large

E. Fuzzy Near

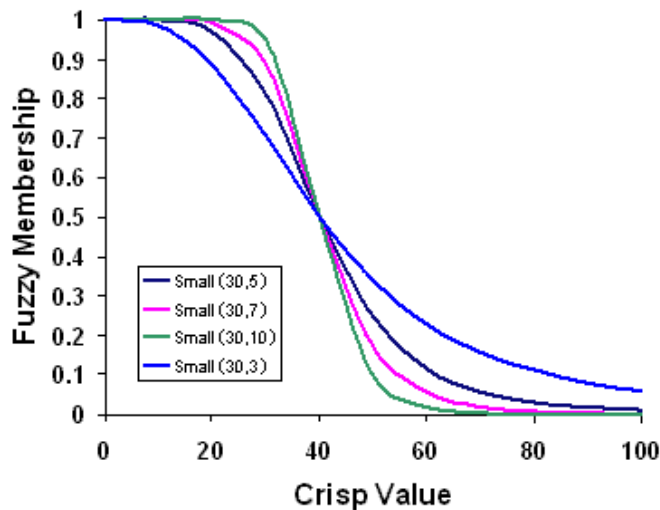
Η συνάρτηση αυτή είναι παρόμοια με τη Fuzzy Gaussian. Το μεσαίο σημείο έχει τη μέγιστη συμμετοχή, η οποία μικραίνει όσο το σημείο απομακρύνεται από το κέντρο. Η διαφορά της με τη Fuzzy Gaussian είναι το εύρος, το οποίο είναι μικρότερο, και ο ρυθμός μείωσης της συμμετοχής. Για τον ορισμό της συνάρτησης, απαιτείται ο προσδιορισμός του μεσαίου σημείου και του εύρους (midpoint, spread). Χρησιμοποιείται όταν η συμμετοχή θεωρείται ευνοϊκή, πολύ κοντά σε μία τιμή.



Εικόνα 25: Fuzzy Near

ΣΤ. Fuzzy Small

Η συνάρτηση Fuzzy Small χρησιμοποιείται όταν οι μικρότερες τιμές είναι πιθανό να ανήκουν στο σύνολο. Το σημείο καμπής έχει συμμετοχή 0.5. Τα σημεία με τιμή μεγαλύτερη από αυτή του σημείου καμπής έχουν μικρότερη συμμετοχή και αντίθετα, τα σημεία με μικρότερη τιμή έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή. Για τον ορισμό της συνάρτησης, απαιτείται ο προσδιορισμός του μεσαίου σημείου και του εύρους (midpoint, spread)



Εικόνα 26: Fuzzy Small

Z. Fuzzy MS Small

Η συνάρτηση αυτή είναι παρόμοια με την Fuzzy Small. Η διαφορά είναι πως ο ορισμός της Fuzzy MS Small γίνεται με βάση συγκεκριμένη μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Χρησιμοποιείται όταν οι πολύ μικρές τιμές είναι πιθανότερο να ανήκουν στο σύνολο. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ίδιο με αυτό της Fuzzy Small, προσαρμόζοντας κατάλληλα τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση.

4.4.2 Εξαγωγή Συμπεράσματος

Στην περίπτωση πολυκριτηριακής ανάλυσης, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα του συνδυασμού των ενδεχομένων - ενδείξεων των διαφόρων κριτηρίων, μέσω των εργαλείων «ασαφούς επίθεσης (fuzzy overlay).

Οι μέθοδοι της ασαφούς επικάλυψης είναι ανάλογες με τις πράξεις των ασαφών συνόλων, που αναφέρονται στην Παράγραφο 4.3.4 Οι μέθοδοι αυτές είναι:

A. Fuzzy And

Η μέθοδος αυτή επιστρέφει τη μικρότερη από τις τιμές συμμετοχής των κριτηρίων για κάθε φατνίο.

Η μέθοδος ακολουθεί τη συνάρτηση:

$$\text{fuzzyAndValue} = \min(\text{arg1}, \dots, \text{argn})$$

Ένα παράδειγμα στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι στην περίπτωση χωροθέτησης δραστηριότητας κατά την οποία είναι επιθυμητές οι περιοχές που έχουν τουλάχιστον 0.5 συμμετοχή για όλα τα κριτήρια.

B. Fuzzy OR

Η μέθοδος αυτή επιστρέφει τη μεγαλύτερη από τις τιμές συμμετοχής των κριτηρίων για κάθε φατνίο.

Η μέθοδος ακολουθεί τη συνάρτηση:

$$\text{fuzzyOrValue} = \max(\text{arg1}, \dots, \text{argn})$$

Στο παράδειγμα της χωροθέτησης δραστηριότητας, η μέθοδος είναι χρήσιμη στην περίπτωση που είναι επιθυμητές οι περιοχές στις οποίες ένα τουλάχιστον κριτήριο έχει συμμετοχή π.χ. 1.

Γ. Fuzzy Product

Κατά τη συνάρτηση αυτή, προστίθενται οι τιμές συμμετοχής των κριτηρίων σε κάθε φατνίο. Το παραγόμενο άθροισμα είναι μια συνάρτηση γραμμικού συνδυασμού, που εξαρτάται από τον αριθμό των κριτηρίων που συμμετέχουν στην ανάλυση. Το αποτέλεσμα δε δίνει πάντα περιοχές μεγαλύτερης καταλληλότητας.

Η μέθοδος ακολουθεί τη συνάρτηση:

$$\text{fuzzySumValue} = 1 - \text{product}(1 - \text{arg1}, \dots, 1 - \text{argn})$$

Δ. Fuzzy Gamma

Η μέθοδος Fuzzy Gamma είναι το αλγεβρικό παράγωγο του Fuzzy Product και του Fuzzy Sum, υψωμένα στη δύναμη του γ (αντισταθμιστικός τελεστής).

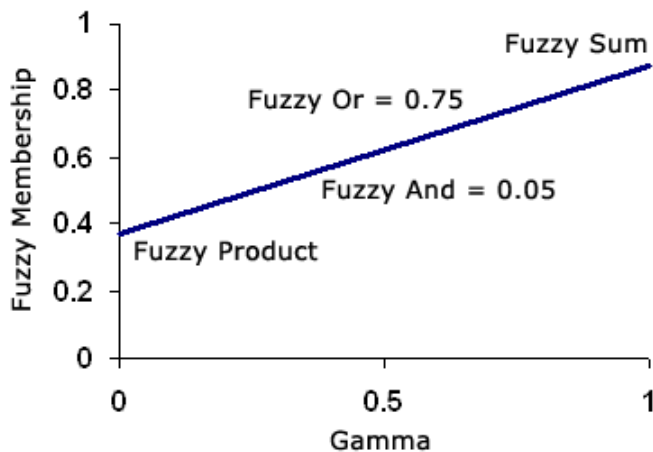
Η γενική συνάρτηση είναι:

$$\mu(x) = (\text{FuzzySum})^\gamma * (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma}$$

Συγκεκριμένα για τη μέθοδο αυτή:

$$\text{fuzzyGammaValue} = \text{pow}(1 - ((1 - \text{arg1}) * (1 - \text{arg2}) * \dots), \text{Gamma}) * \text{pow}(\text{arg1} * \text{arg2} * \dots, 1 - \text{Gamma})$$

Αν το γ είναι 1, το αποτέλεσμα είναι ίδιο με αυτό του Fuzzy Sum, ενώ αν είναι 0 ίδιο με αυτό του Fuzzy Product. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η σχέση ανάμεσα στο γ και στο Fuzzy Sum και το Fuzzy Product.



Εικόνα 27: Σχέση ανάμεσα σε γ και Fuzzy Sum - Fuzzy Product.

Η Fuzzy Gamma αποκαθιστά τη σχέση μεταξύ των κριτηρίων και δεν επιστρέφει απλά μία τιμή συμμετοχής όπως κάνει η Fuzzy Or και η Fuzzy And.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

5.1. ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το πρόβλημα αφορά στη χωροθέτηση ενός μικρού εργαστηρίου για ερευνητικούς σκοπούς, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που έχουν θέσει οι ειδικοί.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος, περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα:

- Επίπεδο χρήσεων γης, πολυγωνικής τοπολογίας
- Επίπεδο γεωμορφολογίας του εδάφους της περιοχής, πολυγωνικής τοπολογίας
- Επίπεδο αγωγών αποχέτευσης, γραμμικής τοπολογίας
- Επίπεδο ποταμών, γραμμικής τοπολογίας.

Οι ιδιότητες της περιοχής μελέτης που θα καθορίσουν την επιλογή της τελικής θέσης για τη χωροθέτηση του εργαστηρίου έχουν να κάνουν με :

- τη γεωικανότητα των εδαφών
- την καταλληλότητα της χρήσης γης
- την απόσταση από τους αγωγούς αποχέτευσης
- την απόσταση από τους ποταμούς

Επίσης οι πιθανές θέσεις χωροθέτησης πρέπει να έχουν έκταση πάνω από 2 στρέμματα. Η τελική επιλογή για την κατάλληλη θέση μπορεί να βασιστεί στο κόστος, το οποίο πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα επίπεδα που αποτελούν τη γεωγραφική βάση δεδομένων καθώς και η επεξήγηση των κυριότερων ιδιοτήτων τους.

Κριτήριο	Επίπεδο	Τοπολογία	Περιγραφικά χαρακτηριστικά (Κωδικοποίηση)	Περιγραφικά χαρακτηριστικά (Περιγραφή)
Κατάλληλα εδάφη	SOILS	Πολυγωνική	SUIT	Καταλληλότητα εδαφών (ελάχιστη, μικρή, μεσαία, μεγάλη)
Επιτρεπόμενη χρήση γης	LANDDS	Πολυγωνική	LU-CODE Κωδικοποίηση κατά CORINE	Περιγραφικά χαρακτηριστικά κατά CORINE
Απόσταση απο ποτάμια	STREAM S	Γραμμική	STRM-CODE	Οι 4 τάξεις υδατορευμάτων έχουν προκύψει από ανάλυση κατά Strahler
Απόσταση από αγωγούς αποχέτευσης	SEWER S	Γραμμική	SEWERS-ID	Κωδικός αγωγού

Πίνακας 2: Γεωγραφική Βάση Δεδομένων

Με βάση και την κωδικοποίηση των περιγραφικών στοιχείων των πεδίων, τα κριτήρια της χωροθέτησης του εργαστηρίου είναι:

- Τα εδάφη να είναι κατάλληλα για την ανέγερση του κτιρίου (Τιμή 3 στο πεδίο SUIT)
- Η τρέχουσα χρήση της γης να είναι χέρσα (Τιμή 300 στο πεδίο LU_CODE)
- Η απόσταση από αγωγούς αποχέτευσης να είναι μικρότερη από 300 m.
- Η απόσταση από ποτάμια να είναι μεγαλύτερη από 20 m.

Το πρόβλημα της χωροθέτησης του εργασηρίου (γεωγραφική βάση δεδομένων – κριτήρια), προέρχεται από το βιβλίο της **ESRI**, [Understanding GIS: The ARC/INFO Method](#) (Σεπτέμβρης 1999)

5.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η επίλυση του προβλήματος της χωροθέτησης θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τη λογική της ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter (Gary L. Raines, Don L. Sawatzky, Graeme F. Bonham-Carter, 2010, Incorporating Expert Knowledge, **ArcUser**, vol **Spring 2010**) .

Ωστόσο, για εκπαιδευτικούς λόγους και για να είναι εφικτή η αξιολόγηση της μεθόδου της λογικής της ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter και η εξαγωγή συμπερασμάτων, μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων, η επίλυση θα γίνει και με τη συμβατική (δυναμική) μέθοδο.

Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την επίλυση του προβλήματος είναι το **ArcGIS Desktop 10**, βασικά στοιχεία της λειτουργικότητας του οποίου παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

5.3. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

5.3.1. Γενικά

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται βήμα προς βήμα η διαδικασία της χωροθέτησης του εργαστηρίου με χρήση των εργαλείων της χωρικής ανάλυσης του λογισμικού. Τα εργαλεία αυτά εξηγούνται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4.

Η ανάλυση των δεδομένων γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο, μέσω της εφαρμογής **Model Builder**.

5.3.2. Διαδικασία εντοπισμού κατάλληλων περιοχών

Τα κριτήρια επιλογής της βέλτιστης θέσης, υποδεικνύουν τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί προκειμένου να εντοπιστούν οι πιθανές θέσεις χωροθέτησης του εργαστηρίου.

Τα λογικά βήματα της διαδικασίας είναι:

1. **Επιλογή** κατάλληλων εδαφών
2. **Επιλογή** χέρσων περιοχών
3. **Τομή** των παραπάνω αποτελεσμάτων, ώστε να προκύψουν οι κατάλληλες θέσεις όσον αφορά τη γεωικανότητα και την επιθυμητή χρήση γης (Περιοχές A)
4. **Εύρεση** περιοχών που απέχουν λιγότερο από 300 m από τους αγωγούς αποχέτευσης
5. **Εύρεση** περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20 m από τα ποτάμια
6. **Αποκλεισμός** των περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20m από τα ποτάμια και εμπίπτουν στις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 300m από τους αγωγούς αποχέτευσης (Περιοχές B)

7. **Τομή** των Περιοχών Α και Β
8. **Επιλογή** των περιοχών με έκταση πάνω από 2000 m²

5.3.3. Προετοιμασία δεδομένων

Στο στάδιο αυτό γίνεται μια επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, ώστε να έχουν την κατάλληλη μορφή για το επόμενο στάδιο που είναι η *ανάλυση*.

Τα επίπεδα που αποτελούν τη γεωγραφική βάση δεδομένων είναι σε μορφότυπο Σχηματικού Αρχείου (Shapefile) και είναι τα εξής (**Χάρτης 1**):

- Επίπεδο **landds.shp**
- Επίπεδο **soils.shp**
- Επίπεδο **sewers.shp**
- Επίπεδο **streams.shp**

Η διαχείριση των δεδομένων αφορά στα περιγραφικά χαρακτηριστικά του επιπέδου **landds**, στα οποία υπάρχει μια ασυμφωνία στις μονάδες μέτρησης του εμβαδού των πολυγώνων και του κόστους ανά μονάδα έκτασης. Στον Πίνακα Περιγραφικών Χαρακτηριστικών του επιπέδου η έκταση του κάθε πολυγώνου υπολογίζεται σε τετραγωνικά μέτρα, ενώ το κόστος δίδεται ανά εκτάριο (1 ha = 10000 m²) (**Εικόνα 28**). Επίσης, δεν υπάρχει πεδίο το οποίο να δίνει το συνολικό κόστος του εκάστοτε πολυγώνου.

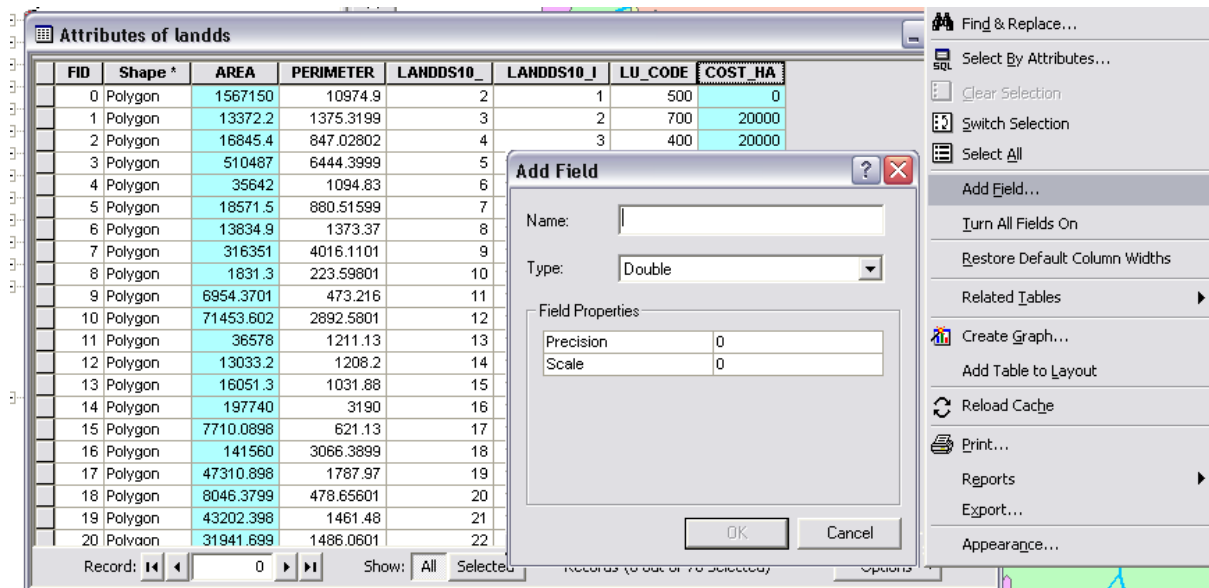
FID	Shape *	AREA	PERIMETER	LANDDS10_	LANDDS10_I	LU_CODE	COST_HA
0	Polygon	1567150	10974.9	2	1	500	0
1	Polygon	13372.2	1375.3199	3	2	700	20000
2	Polygon	16845.4	847.02802	4	3	400	20000
3	Polygon	510487	6444.3999	5	4	200	15000
4	Polygon	35642	1094.83	6	5	100	40000
5	Polygon	18571.5	880.51599	7	6	400	20000
6	Polygon	13834.9	1373.37	8	7	700	20000
7	Polygon	316351	4016.1101	9	8	200	20000
8	Polygon	1831.3	223.59801	10	9	400	20000
9	Polygon	6954.3701	473.216	11	10	400	20000
10	Polygon	71453.602	2892.5801	12	11	400	20000
11	Polygon	36578	1211.13	13	12	100	40000
12	Polygon	13033.2	1208.2	14	13	700	20000
13	Polygon	16051.3	1031.88	15	14	400	20000
14	Polygon	197740	3190	16	15	200	20000
15	Polygon	7710.0898	621.13	17	16	400	20000
16	Polygon	141560	3066.3899	18	17	200	20000
17	Polygon	47310.898	1787.97	19	18	100	40000
18	Polygon	8046.3799	478.65601	20	19	300	20000
19	Polygon	43202.398	1461.48	21	20	400	20000
20	Polygon	31941.699	1486.0601	22	21	400	20000

Εικόνα 28: Πίνακας Περιγραφικών Χαρακτηριστικών Επιπέδου Χρήσεων Γης

Επομένως, πρέπει:

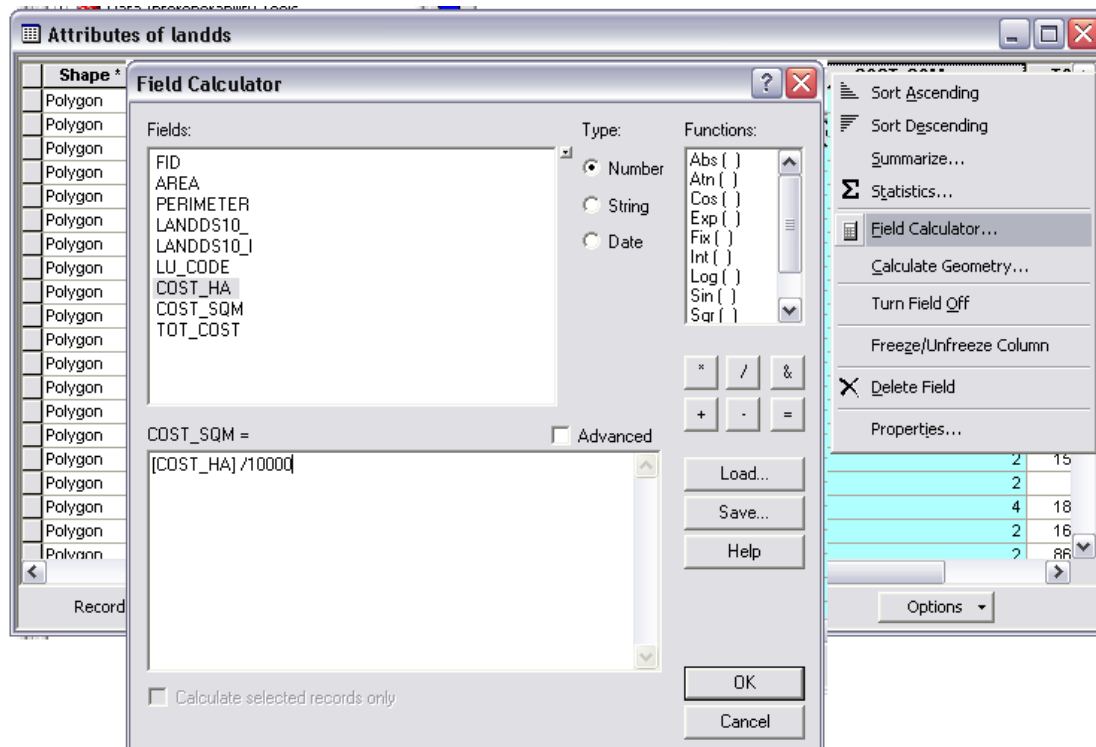
- α) να προστεθεί μια στήλη στην οποία θα υπολογίζεται το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο για το κάθε πολύγωνο και
- β) να προστεθεί μία στήλη στην οποία θα υπολογίζεται το συνολικό κόστος του κάθε πολυγώνου.

Η προσθήκη πεδίου στον Πίνακα γίνεται μέσω της επιλογής Options → Add Field. Και για τα δύο πεδία επιλέγεται ο τύπος Double. **(Εικόνα 29)**

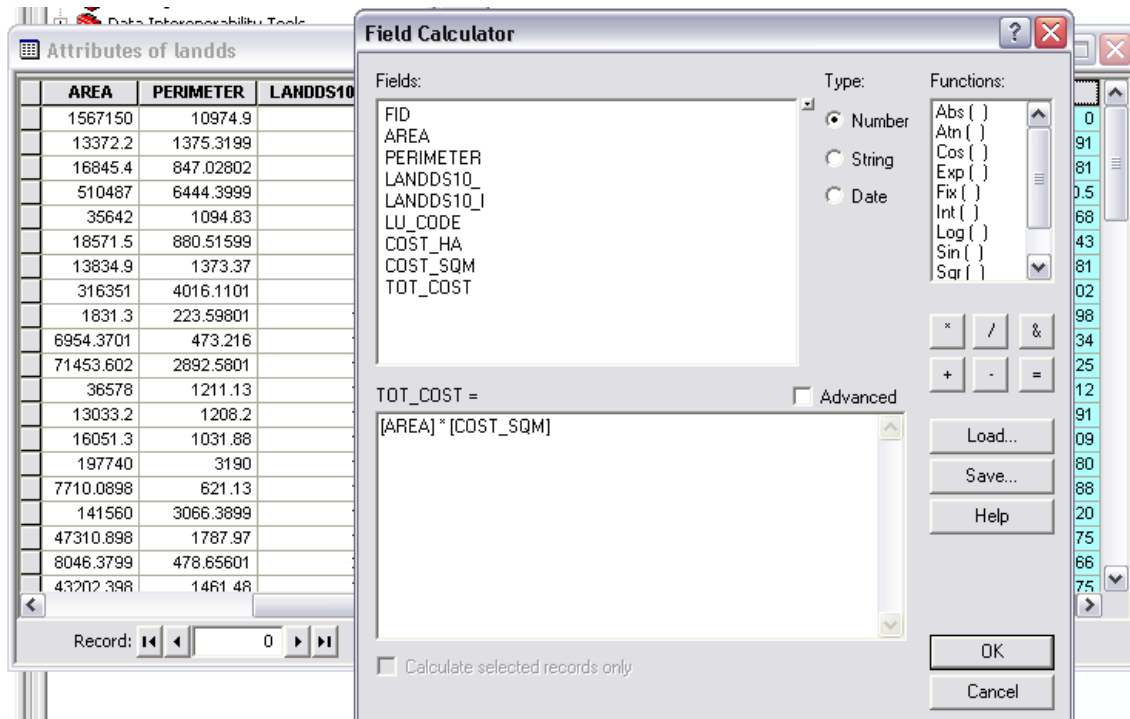


Εικόνα 29: Προσθήκη πεδίων

Ο υπολογισμός των τιμών των πεδίων γίνεται με την επιλογή Field Calculator που εμφανίζεται με δεξί κλικ στην επιλεγμένη στήλη του Πίνακα (Εικόνες 30 και 31).



Εικόνα 30: Υπολογισμός κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο




Εικόνα 31: Υπολογισμός συνολικού κόστους για κάθε πολύγωνο

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων τα δεδομένα είναι έτοιμα για το στάδιο της Ανάλυσης.

5.3.4. Ανάλυση δεδομένων

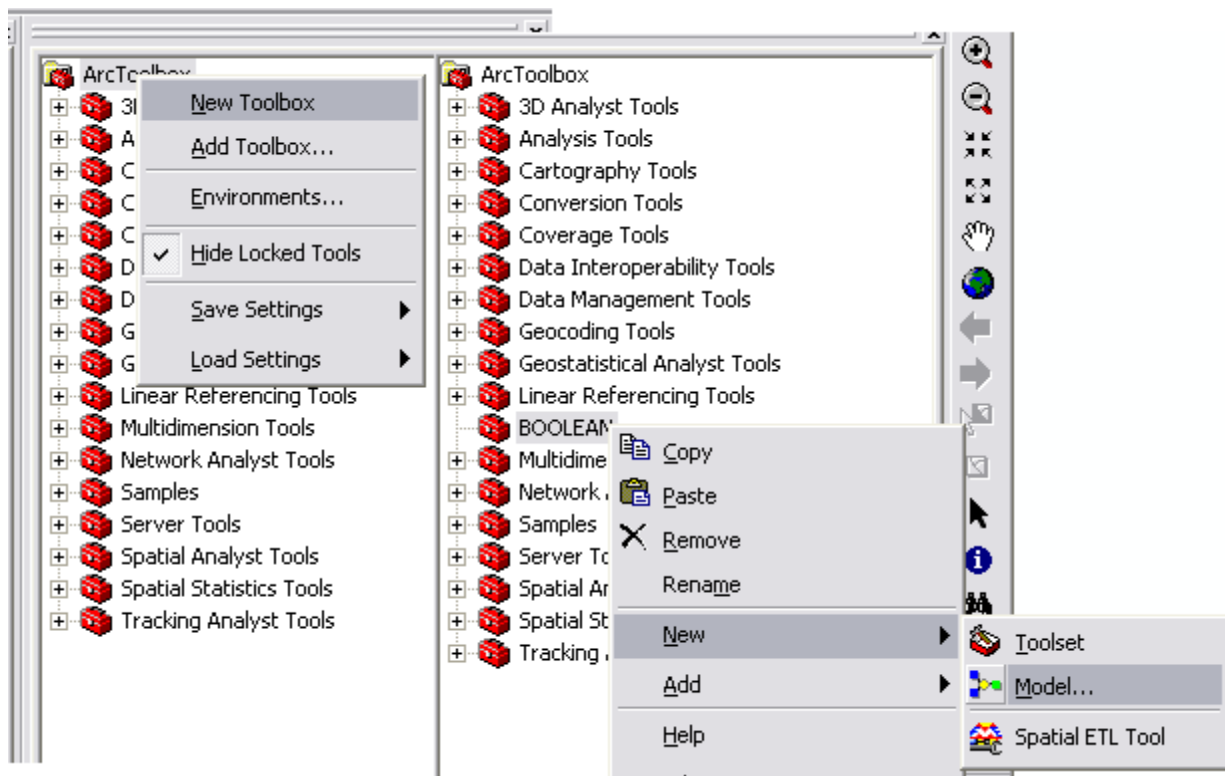
Η ανάλυση των δεδομένων θα γίνει ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται στην Παράγραφο 5.3.3 και θα πραγματοποιηθεί με αυτοματοποιημένο τρόπο αξιοποιώντας την εφαρμογή **Model Builder** του λογισμικού.

Μέσω του **Model Builder**, είναι δυνατή η εφαρμογή μια σειράς αναλυτικών εργαλείων, ακολουθώντας ένα σαφώς καθορισμένο μοντέλο που έχει δημιουργηθεί για ένα συγκεκριμένο σκοπό. Το **Model Builder** επιτρέπει την άμεση ανανέωση της διαδικασίας παράλληλα με την κάθε αλλαγή που πραγματοποιείται στο μοντέλο, καθώς και την εύκολη και άμεση αλλαγή των τιμών των παραμέτρων που ορίζει ο χρήστης.

Η δημιουργία μοντέλου με τη χρήση του **Model Builder**, γίνεται μέσω της εφαρμογής **ArcToolbox** .

Το μοντέλο δημιουργείται ως «εργαλείο» σε συγκεκριμένη εργαλειοθήκη (toolbox) του **ArcToolbox**. Για το λόγο αυτό πρώτα πρέπει να δημιουργηθεί η εργαλειοθήκη που θα περιέχει το μοντέλο και στη συνέχεια, μέσα σε αυτή, το μοντέλο.

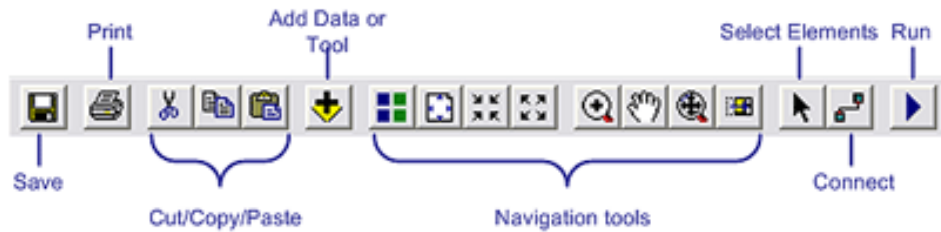
Η δημιουργία του toolbox γίνεται με δεξί κλικ στο περιβάλλον του **ArcToolbox**. Ομοια, η δημιουργία του μοντέλου γίνεται με δεξί κλικ στο νέο toolbox (**Εικόνα 32**).



Εικόνα 32: Δημιουργία Εργαλειοθήκης και Μοντέλου στο ArcToolbox

Το μοντέλο που μόλις δημιουργήθηκε είναι ουσιαστικά ένα περιβάλλον σχεδιασμού αλλά και απεικόνιση της διαδικασίας της ανάλυσης που πρόκειται

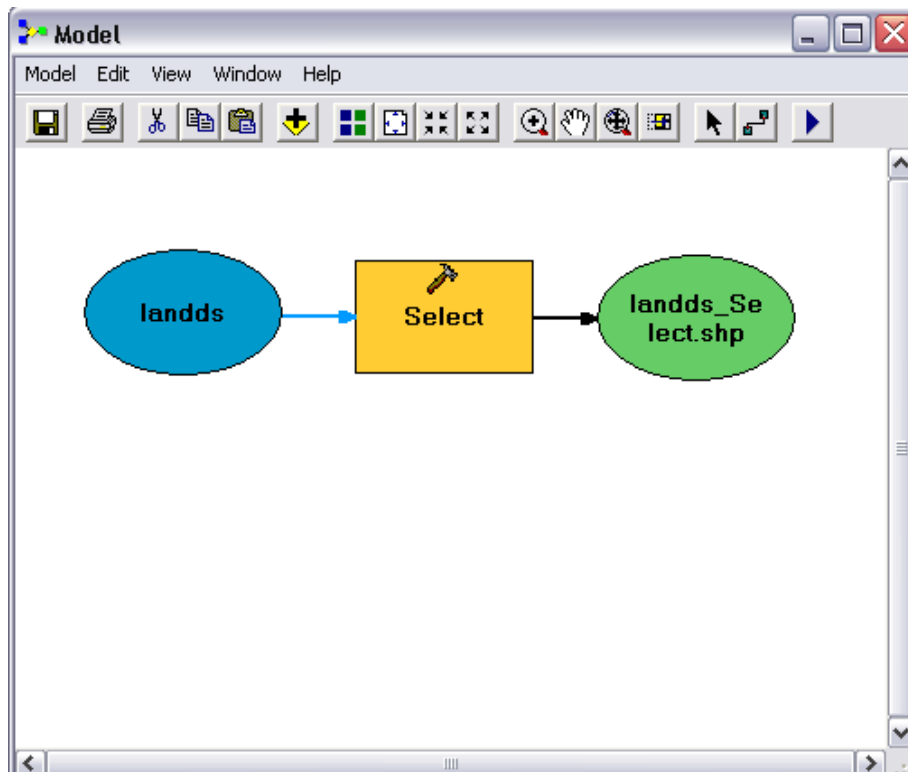
να πραγματοποιηθεί, γι' αυτό και περιλαμβάνει μια σειρά από εργαλεία όπως εστίαση, μετακίνηση, γραφική επιλογή κλπ (**Εικόνα 33**).



Εικόνα 33: Βασικές εργαλειοθήκες ModelBuilder.

Στο περιβάλλον ανάπτυξης του μοντέλου απεικονίζονται (**Εικόνα 34**):

- Τα επίπεδα που συμμετέχουν στο μοντέλο,
- Οι διαδικασίες διαχείρισης ή ανάλυσης με τη σειρά που εφαρμόζονται στα επίπεδα καθώς και οι μεταβλητές τους (αν είναι παραμετρικές),
- Τα παραγόμενα (τελικά ή ενδιάμεσα) επίπεδα.



Εικόνα 34: Βασικά στοιχεία ενός μοντέλου

Όλα τα εργαλεία όλων των εργαλειοθηκών που υπάρχουν στο **ArcToolbox**, μπορούν να εισαχθούν στο περιβάλλον σχεδιασμού του μοντέλου, με ένα απλό drag and drop. Με τον ίδιο τρόπο εισάγονται και όλα τα επίπεδα που συμμετέχουν στη διαδικασία και βρίσκονται στον Πίνακα Περιεχομένων του **ArcMap**.

Για να ενεργοποιηθούν οι διαδικασίες του μοντέλου, απαιτείται η σύνδεσή τους με τα εμπλεκόμενα επίπεδα. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται με το εργαλείο Connect. Η εκτέλεση, αποθήκευση ή ακόμα και η εκτύπωση του μοντέλου γίνεται με τις επιλογές Run, Save, Print, αντίστοιχα (**Εικόνα 33**).

Τα λογικά βήματα για την εύρεση των πιθανών θέσεων χωροθέτησης του εργαστηρίου μεταφράζονται σε μια σειρά από εργαλεία του λογισμικού, τα οποία είναι διαθέσιμα (και) μέσω του **ArcToolbox**. Έτσι, η διαδικασία που περιγράφεται στην Παράγραφο 5.3.3 μεταφράζεται στην ορολογία του λογισμικού ως εξής:

1. **Επιλογή (Select)** κατάλληλων εδαφών (SUIT= 3)
2. **Επιλογή (Select)** χέρσων περιοχών (LU_CODE=300)
3. **Τομή (Intersect)** των παραπάνω αποτελεσμάτων, ώστε να προκύψουν οι κατάλληλες θέσεις όσον αφορά τη γεωικανότητα και την επιθυμητή χρήση γης (*Περιοχές Α*)
4. **Εύρεση** περιοχών που απέχουν λιγότερο από 300 m από τους αγωγούς αποχέτευσης (**Δημιουργία Ζώνης Επιρροής πλάτους 300 m – Buffer**)
5. **Εύρεση** περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20 m από τα ποτάμια (**Δημιουργία Ζώνης Επιρροής πλάτους 20 m – Buffer**)
6. **Αποκλεισμός (Erase)** των περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20μ από τα ποτάμια και εμπίπτουν στις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 300μ

από τους αγωγούς αποχέτευσης (Περιοχές B)

7. **Τομή (Intersect)** των Περιοχών A και B

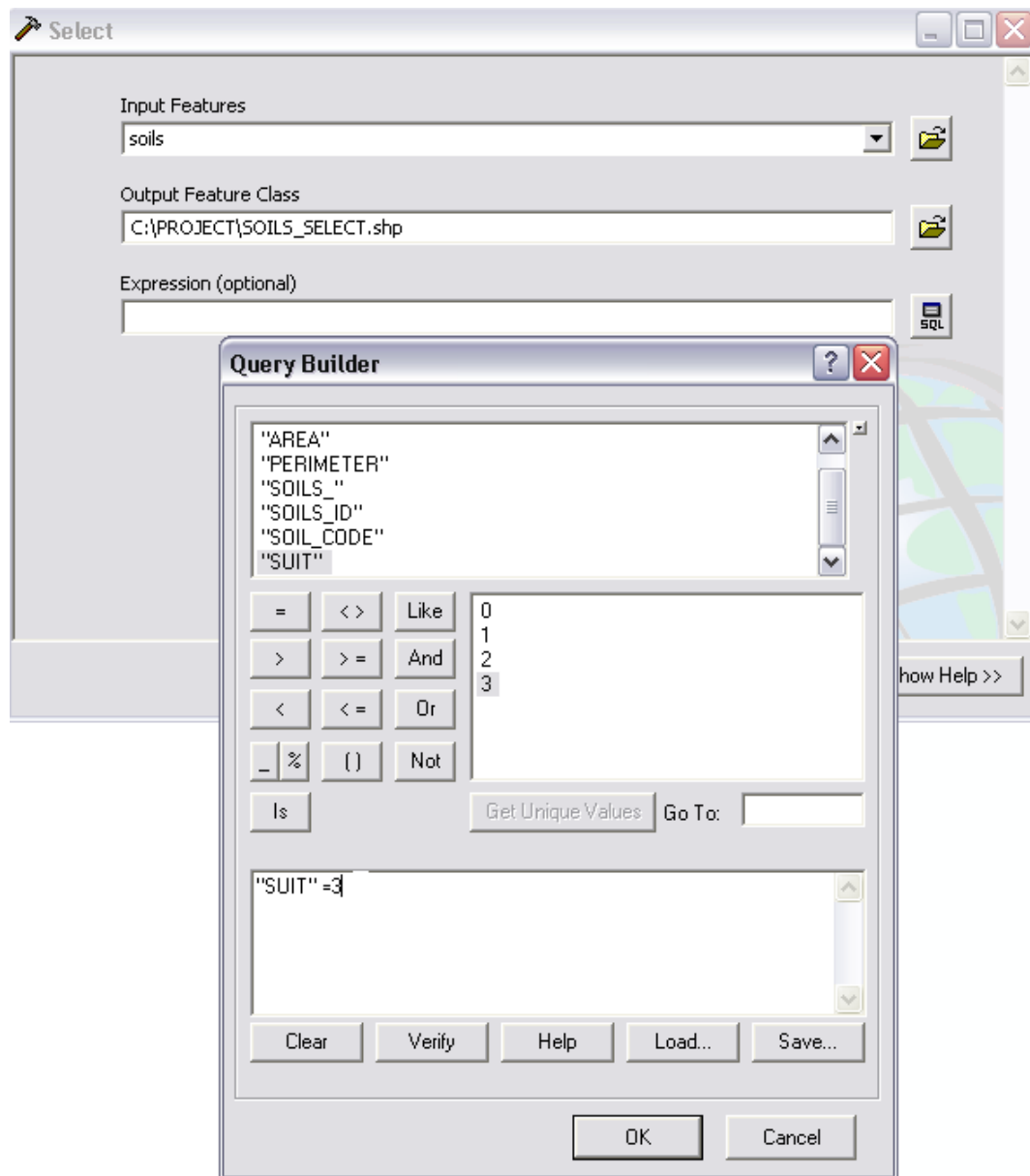
8. **Επιλογή (Select)** των περιοχών με έκταση πάνω από 2000 m²

Τα εργαλεία αυτά μαζί με ορισμένα άλλα που θα χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων, θα αποτελέσουν το μοντέλο που θα αναπτυχθεί στο **Model Builder**.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας του κάθε εργαλείου.

1. Επιλογή (Select) κατάλληλων εδαφών:

Η επιλογή των κατάλληλων εδαφών γίνεται μέσω της εντολής Select (ArcToolbox→ Analysis Tools→Extract→Select)

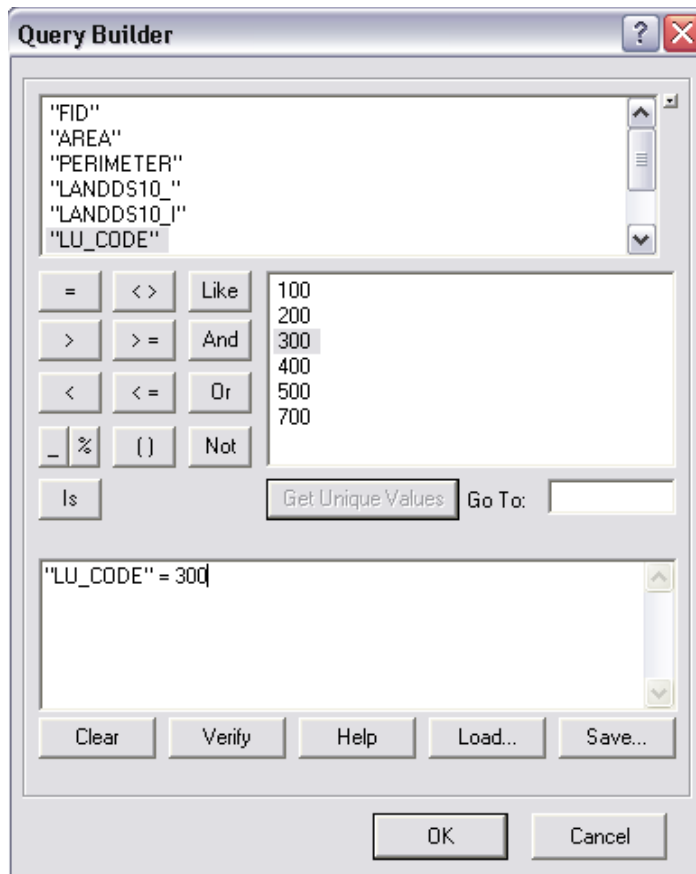


Εικόνα 35: Επιλογή κατάλληλων εδαφών

Στο πεδίο Input Feature επιλέγεται το επίπεδο soils.shp, στο πεδίο Output Feature Class ορίζεται το σημείο αποθήκευσης του αρχείου που δημιουργείται ενώ στο πεδίο Expression, δομείται το ερώτημα (Query) με βάση το οποίο γίνεται η επιλογή.

2. Επιλογή (Select) χέρσων περιοχών:

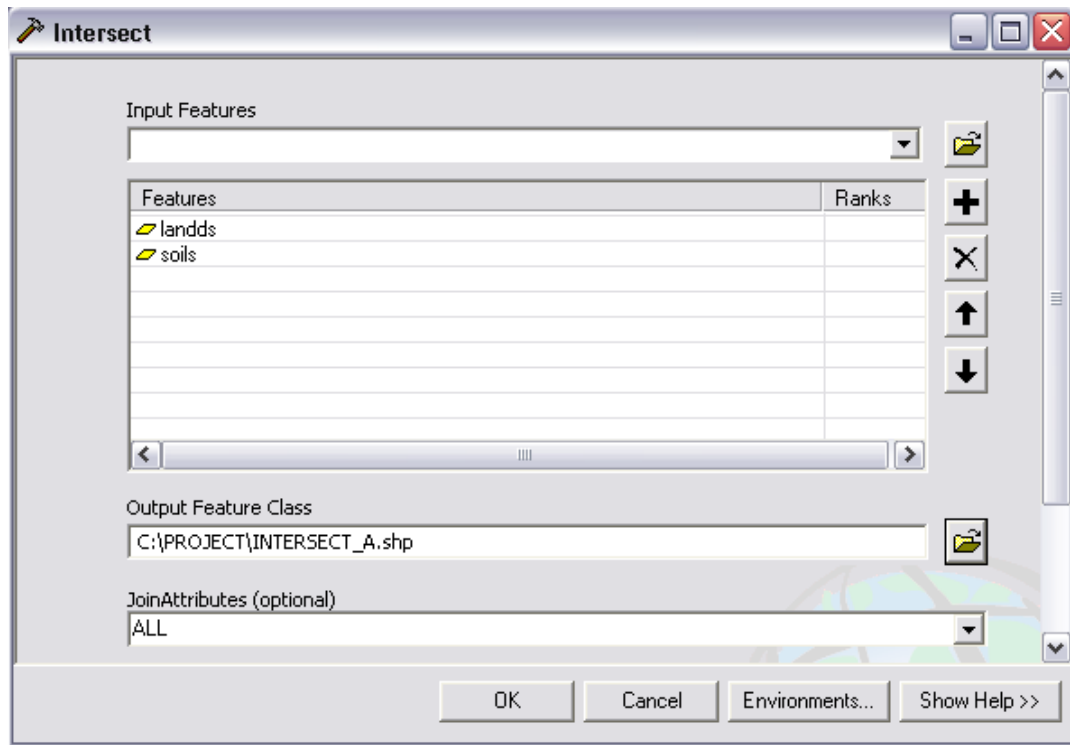
Το ερώτημα σε αυτή την περίπτωση θα είναι το εξής:



Εικόνα 36: Επιλογή Χέρσων Περιοχών

3. Τομή (Intersect) των περιοχών κατάλληλων ως προς τη γεωικανότητα και ως προς τη χρήση (Περιοχές Α):

Για την εκτέλεση της εντολής Intersect (ArcToolbox→ Analysis Tools→Overlay→Intersect), αρκεί να οριστούν τα δύο επίπεδα που τέμνονται στο πεδίο Input Features και το παραγόμενο αρχείο στο πεδίο Output Feature Class. Στα υπόλοιπα πεδία αφήνονται οι default τιμές.

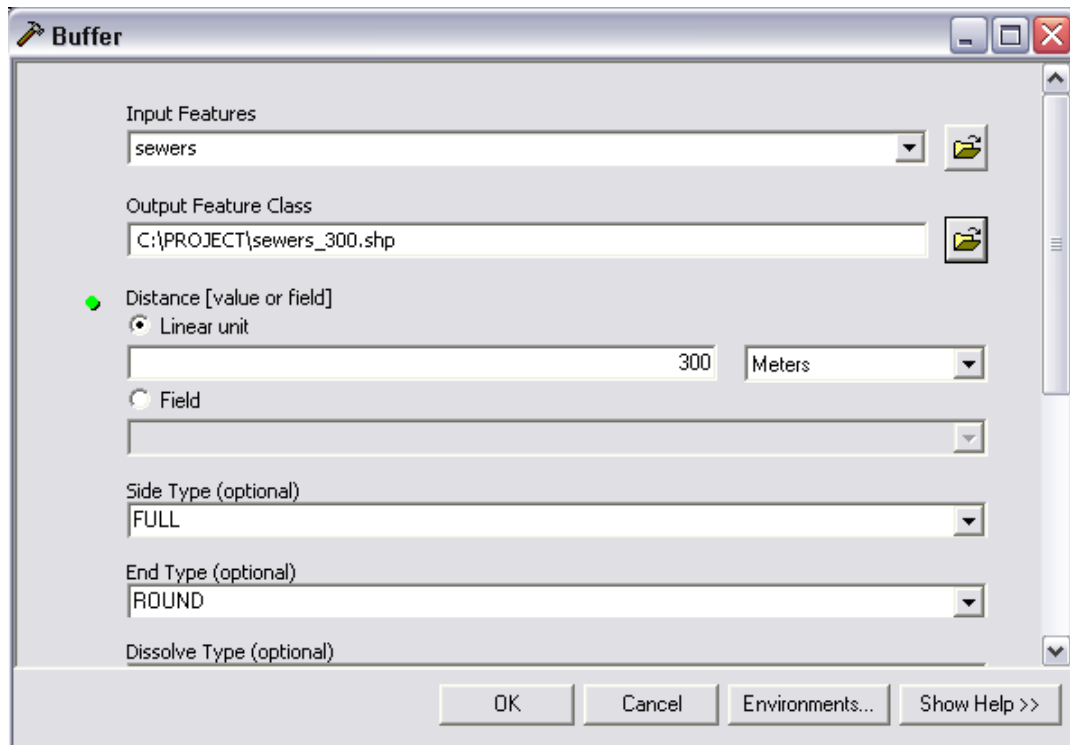


Εικόνα 37: Τομή κατάλληλων όσον αφορά τη γεωικανότητα και τη χρήση περιοχών

4. Εύρεση περιοχών που απέχουν λιγότερο από 300 m από τους αγωγούς αποχέτευσης (Δημιουργία Ζώνης Επιρροής πλάτους 300 m – Buffer)

Η δημιουργία Ζώνης Επιρροής γύρω από τους αγωγούς γίνεται με την εντολή Buffer (ArcToolbox→ Analysis Tools→Proximity→Buffer).

Στο πεδίο Input Feature επιλέγεται το επίπεδο των αγωγών και ορίζεται το παραγόμενο αρχείο στο πεδίο Output Feature Class. Στο πεδίο Distance ορίζεται η επιλογή Linear Unit και στη συνέχεια η απόσταση σε μέτρα. Στα υπόλοιπα πεδία αφήνονται οι default τιμές.

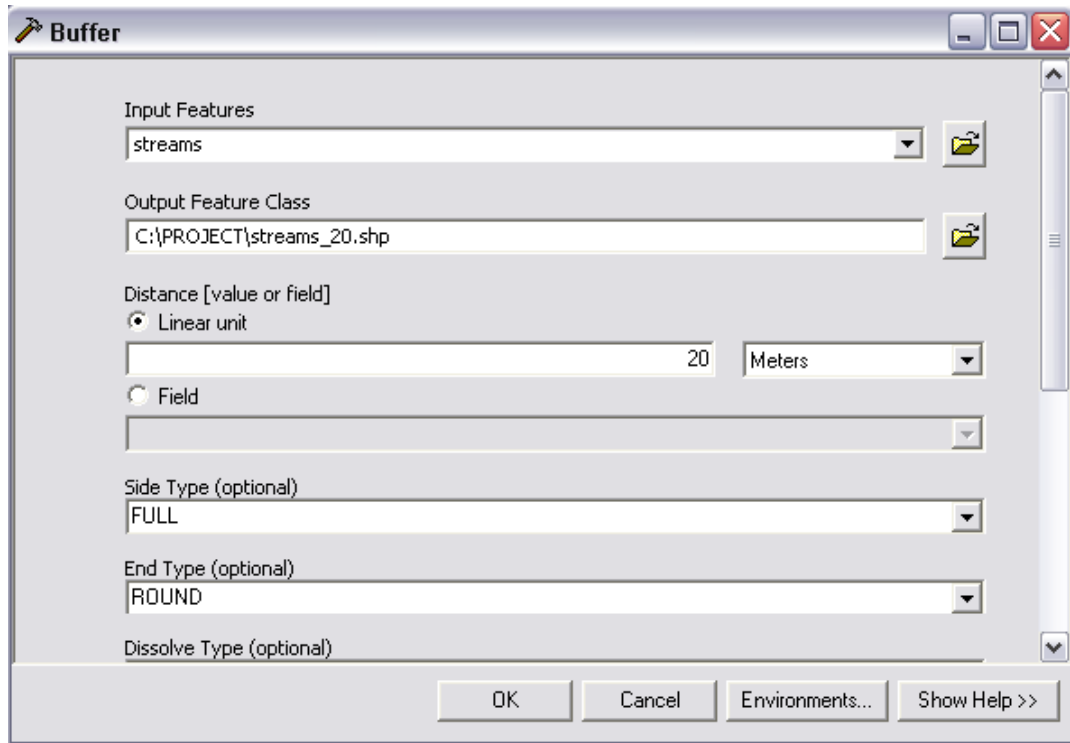


Εικόνα 38: Δημιουργία ζώνης 300 μέτρων γύρω από τους αγωγούς

5. Εύρεση περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20 m από τα ποτάμια

(Δημιουργία Ζώνης Επιρροής πλάτους 20 m – Buffer)

Όπως και προηγουμένως δημιουργείται η ζώνη 20 μέτρων γύρω από τους ποταμούς:

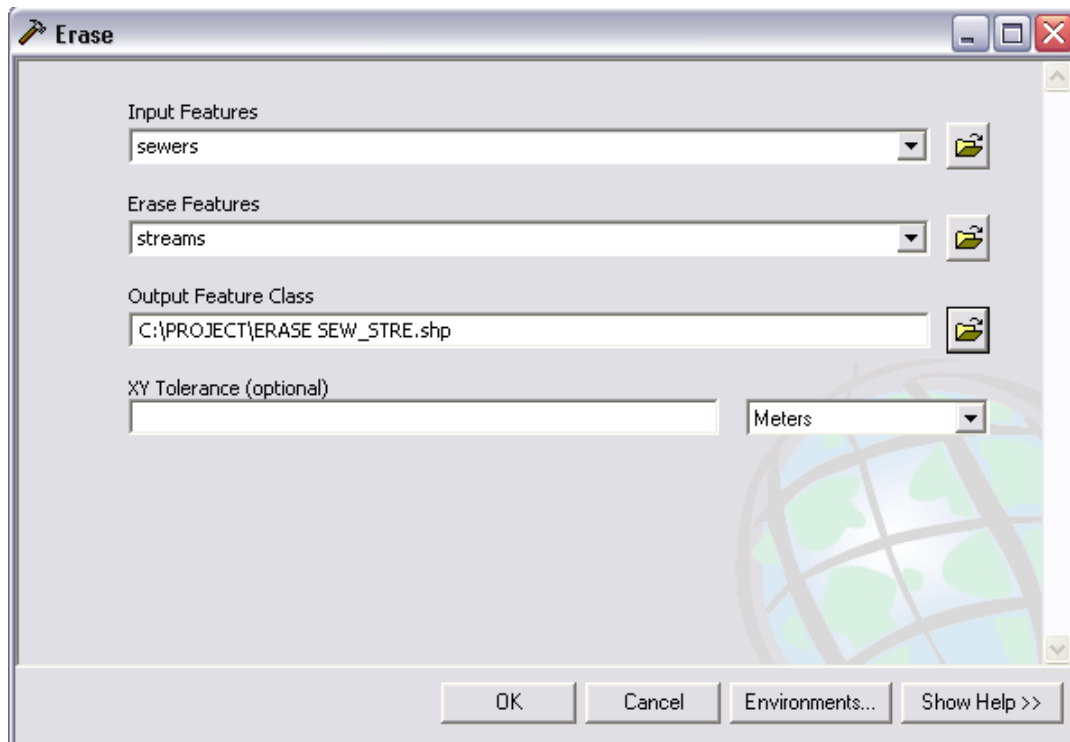


Εικόνα 39: Δημιουργία ζώνης 20 μέτρων γύρω από τους αγωγούς

6. Αποκλεισμός (Erase) των περιοχών που απέχουν λιγότερο από 20μ από τα ποτάμια και εμπίπτουν στις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 300μ από τους αγωγούς αποχέτευσης (Περιοχές Β):

Ο αποκλεισμός γίνεται με την εντολή Erase (ArcToolbox→ Analysis Tools→Overlay→Erase).

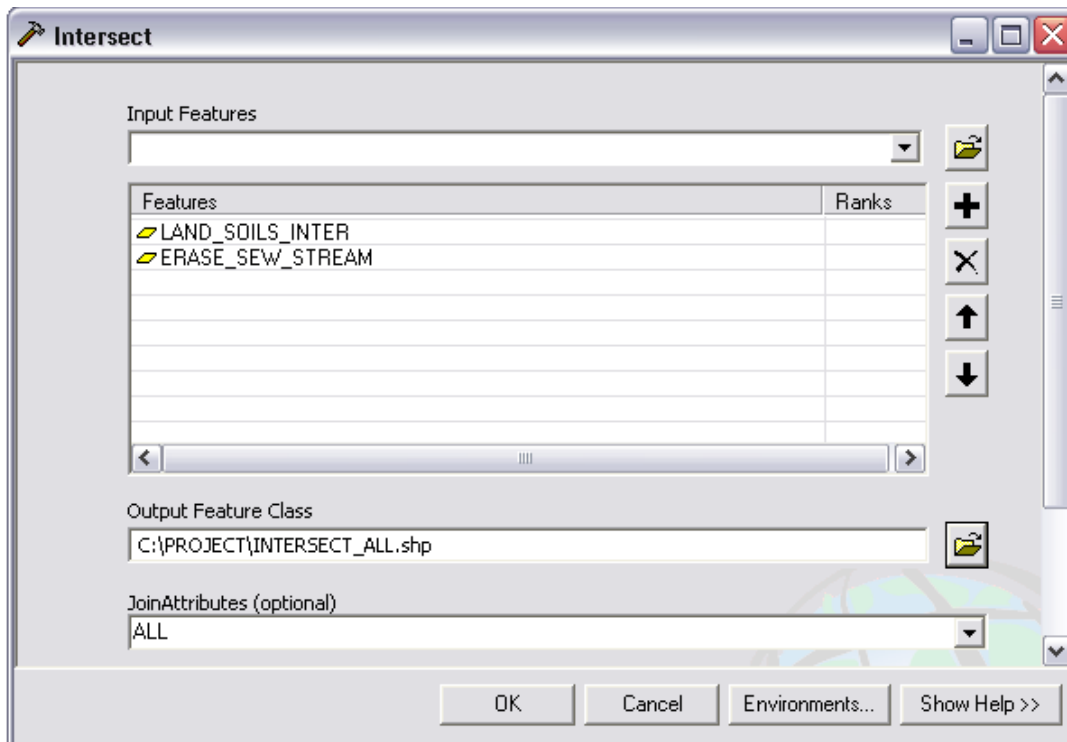
Στο πεδίο Input Feature επιλέγεται το επίπεδο της ζώνης των 300 μέτρων γύρω από τους αγωγούς, στο πεδίο Erase Feature το επίπεδο της ζώνης των 20 μέτρων γύρω από τους ποταμούς και ορίζεται το παραγόμενο αρχείο στο πεδίο Output Feature Class.



Εικόνα 40: Αφαίρεση περιοχών αποκλεισμού από τις περιοχές γύρω από τους αγωγούς

7. Τομή (*Intersect*) των Περιοχών A και B

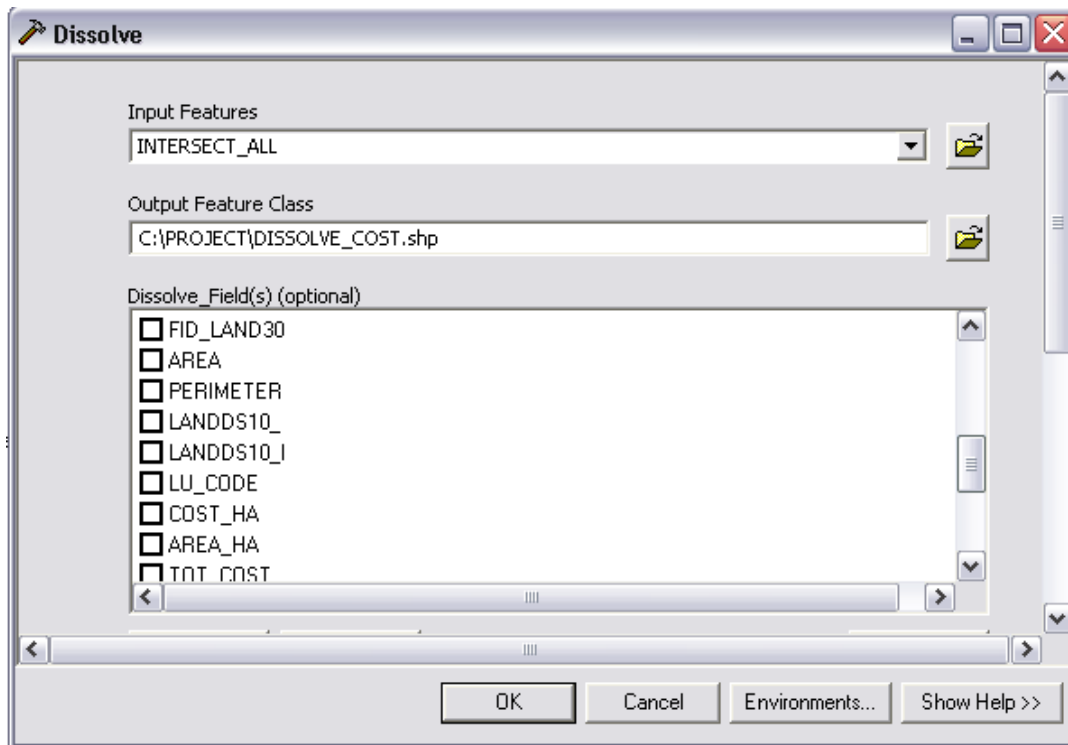
Ως Input Features ορίζονται τα επίπεδα που προέκυψαν από τα βήματα 3 και 6 και στο πεδίο Output Feature Class ορίζεται το παραγόμενο αρχείο.



Εικόνα 41: Τομή Περιοχών A και B

Πριν το επόμενο βήμα πρέπει στο επίπεδο που προέκυψε, τα πολύγωνα με ίδια τιμή κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο να ομαδοποιηθούν με βάση την τιμή αυτή. Αυτό γίνεται με την εντολή Dissolve (ArcToolbox→Data Management Tools→Generalization→Dissolve).

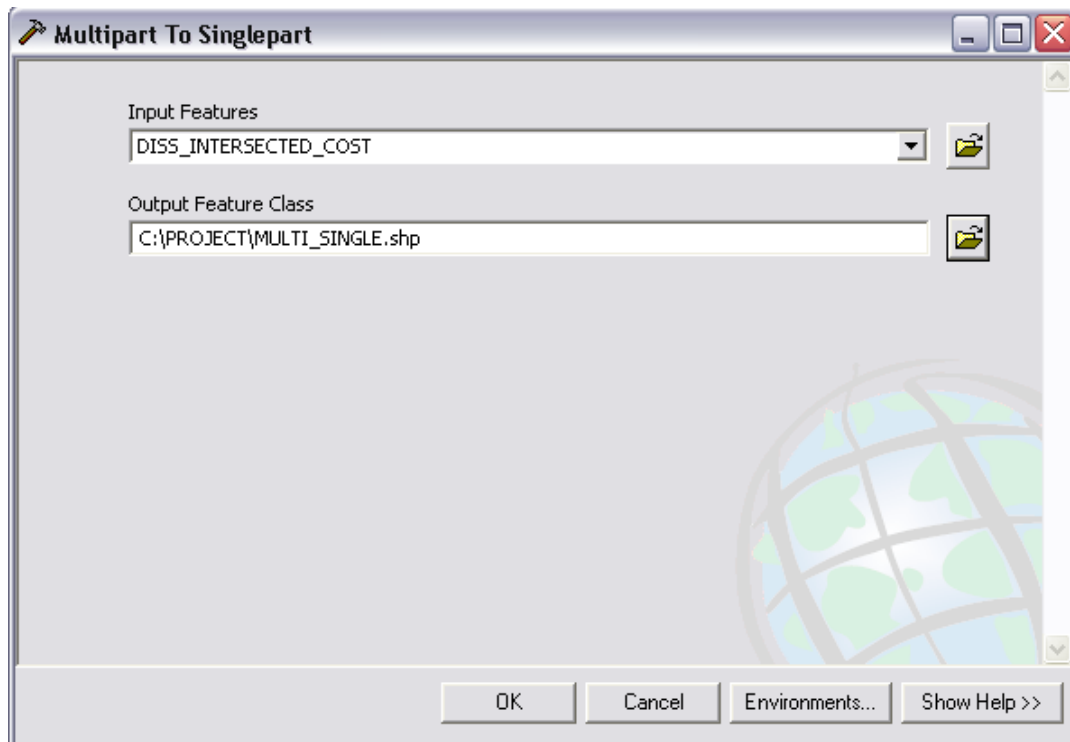
Στο πεδίο Input Feature επιλέγεται το τελευταίο επίπεδο, στο πεδίο Output Feature Class ορίζεται το παραγόμενο αρχείο στο πεδίο και στο πεδίο Dissolve Fields επιλέγεται το πεδίο που περιέχει την τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 42: Αφαίρεση ορίων μεταξύ των πολυγώνων με την ίδια τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο

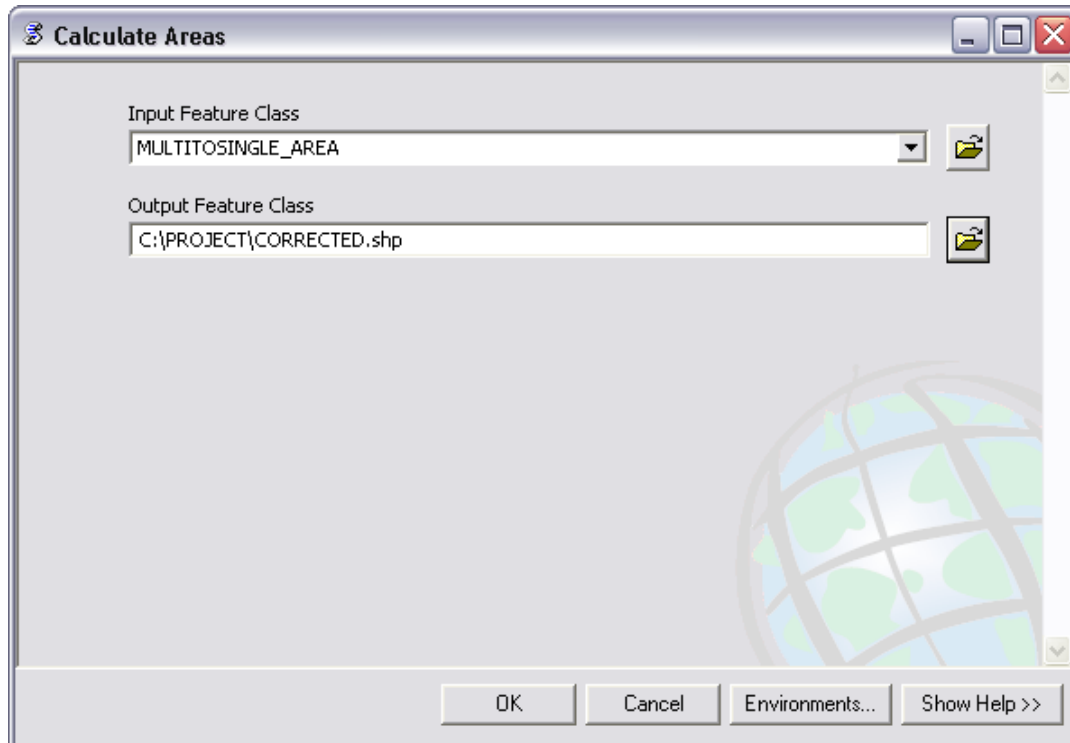
Στο επίπεδο που προκύπτει από την αφαίρεση των ορίων μεταξύ των πολυγώνων με την ίδια τιμή, πρέπει να γίνει διαχωρισμός των πολυγώνων αυτών σε ξεχωριστές γεωμετρικές οντότητες. Αυτό γίνεται με το εργαλείο Multipart to Singlepart (ArcToolbox→Data Management Tools→Features→Multipart to Singlepart)

Στο πεδίο Input Feature επιλέγεται το τελευταίο επίπεδο και στο πεδίο Output Feature Class ορίζεται το παραγόμενο αρχείο.



Εικόνα 43: Διαχωρισμός πολυγώνων σε ξεχωριστές γεωμετρικές οντότητες

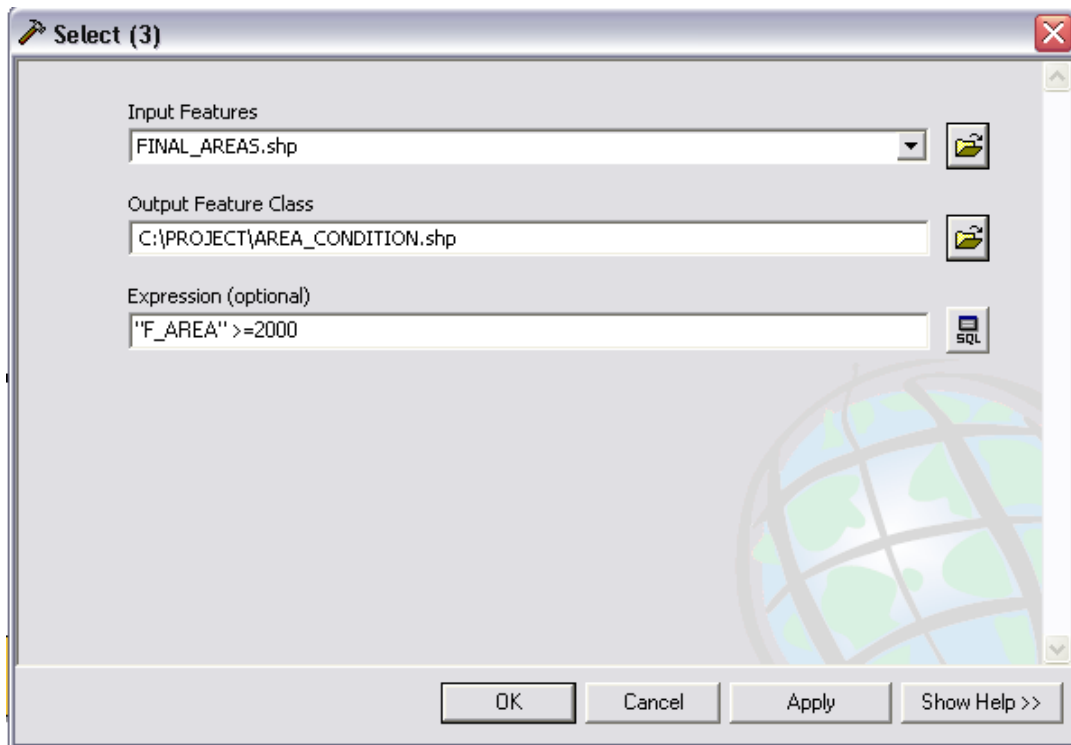
Στο επίπεδο που προκύπτει πρέπει να γίνει εκ νέου υπολογισμός των εμβαδών των πολυγώνων. Αυτό γίνεται με το εργαλείο Calculate Areas (ArcToolbox→Spatial Statistics Tools→Utilities→ Calculate Areas)



Εικόνα 44: Υπολογισμός εμβαδών τελικών πολυγώνων

8. Επιλογή (Select) των περιοχών με έκταση πάνω από 2000 m²

Οι πιθανές περιοχές χωροθέτησης θα επιλεγούν με βάση την έκτασή τους, η οποία πρέπει να είναι πάνω από δύο στρέμματα. Αυτό γίνεται και πάλι με την εντολή *Select*. Το πεδίο στο οποίο γίνεται το ερώτημα είναι αυτό των εμβαδών που υπολογίστηκε παραπάνω.

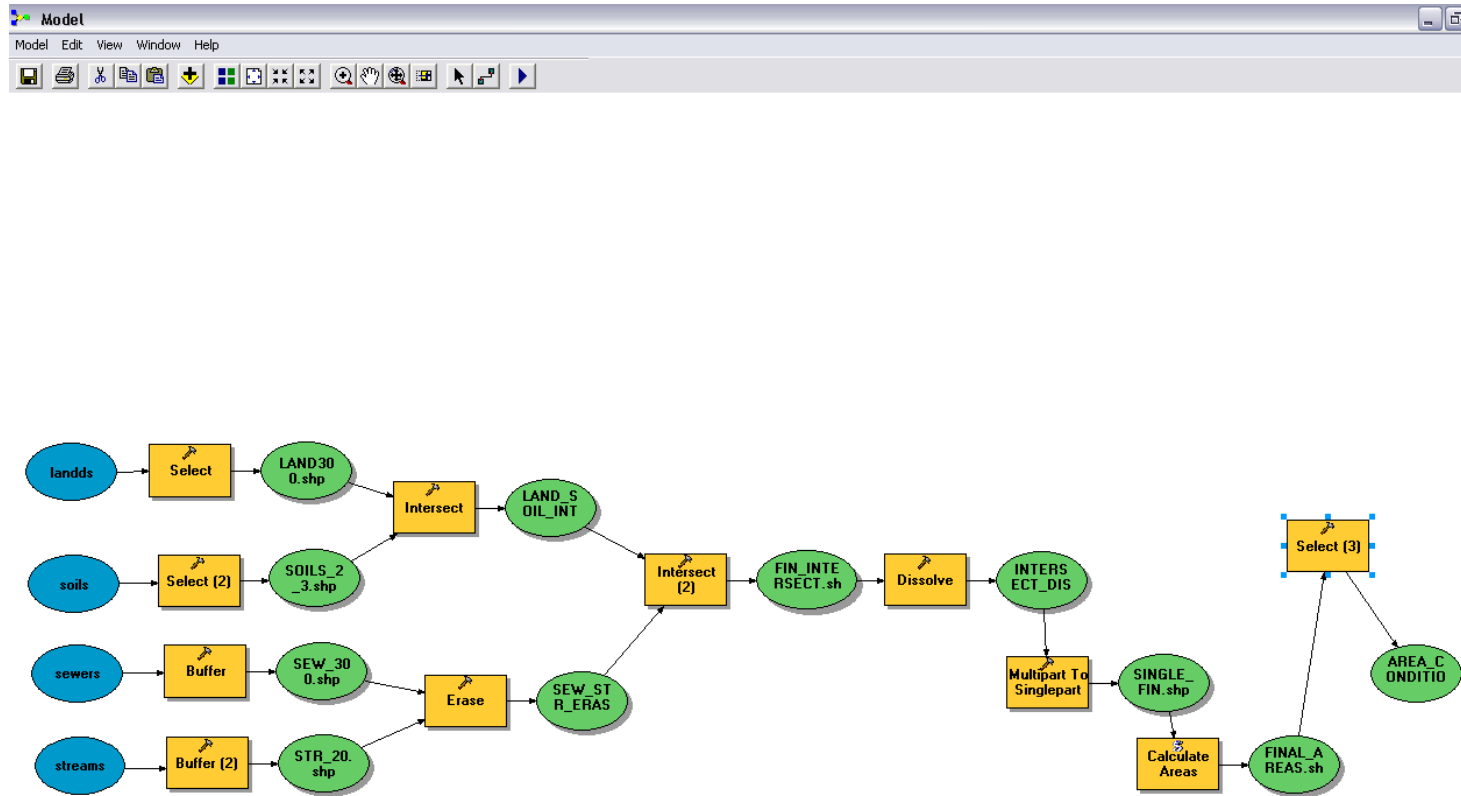


Εικόνα 45: Επιλογή περιοχών με έκταση πάνω από 2 στρέμματα

Ωστόσο, για να ενεργοποιηθεί αυτή η εντολή στο περιβάλλον του Model Builder πρέπει να εκτελεστεί το μοντέλο για πρώτη φορά.

Τα αρχικά δεδομένα καθώς και τα εργαλεία που περιγράφονται πιο πάνω εισήχθησαν στο περιβάλλον σχεδιασμού του μοντέλου με drag and drop και υλοποιήθηκαν οι μεταξύ τους

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε φαίνεται **Εικόνα 46** και το αποτέλεσμα στον **Χάρτη 2**:



Εικόνα 46: Μοντέλο χωροθέτησης εργαστηρίου με χρήση της συμβατικής μεθόδου

5.4. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ

5.4.1. Γενικά

Η επίλυση του προβλήματος με αυτή τη μέθοδο γίνεται αξιοποιώντας την εργαλειοθήκη Overlay (εργαλεία Fuzzy Membership, Fuzzy Overlay) του λογισμικού. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των εργαλείων αυτών.

Η διαδικασία της χωροθέτησης του εργαστηρίου με αυτή τη μέθοδο, απαιτεί τη μετατροπή των δεδομένων από διανυσματική σε ψηφιδωτή μορφή, ως προς το κατάλληλο πεδίο τιμών του εκάστοτε θεματικού επιπέδου. Βασικά στοιχεία για τη διαχείριση και την ανάλυση ψηφιδωτών δεδομένων παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 3.

5.4.2. Προετοιμασία δεδομένων

Οι επιφάνειες (κάνναβοι) που πρέπει να δημιουργηθούν είναι:

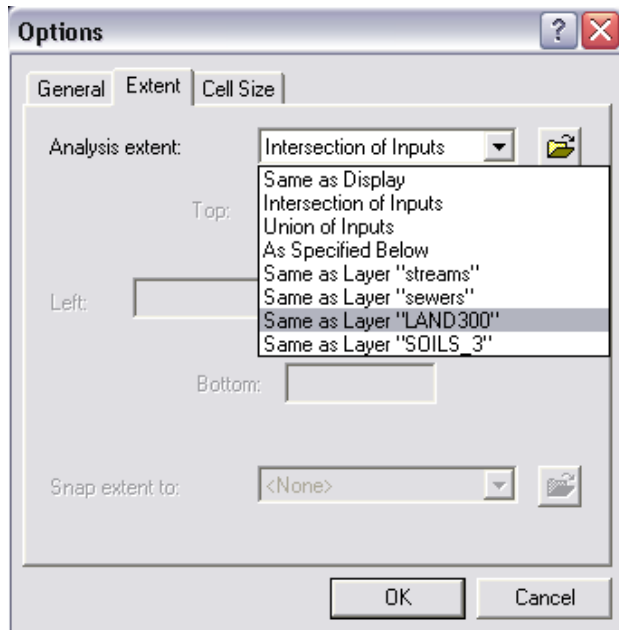
- Χρήσεις γης
- Γεωικανότητα εδαφών
- Απόσταση από αγωγούς αποχέτευσης (η τιμή του κάθε φατνίου θα είναι η ευκλείδεια απόσταση από τους αγωγούς).
- Απόσταση από ρέματα (η τιμή του κάθε φατνίου θα είναι η ευκλείδεια απόσταση από τα ρέματα).

Η μεταροπή των δεδομένων σε ψηφιδωτή μορφή γίνεται μέσω της εργαλειοθήκης Spatial Analyst του λογισμικού.

Ωστόσο, πριν γίνει η μεταροπή πρέπει πρώτα να οριστεί η έκταση (extent) των επιφανειών, ώστε να διασφαλιστεί πως και οι τέσσερις επιφάνειες θα καλύπτουν την ίδια περιοχή, καθώς και το μέγεθος των φατνίων τους.

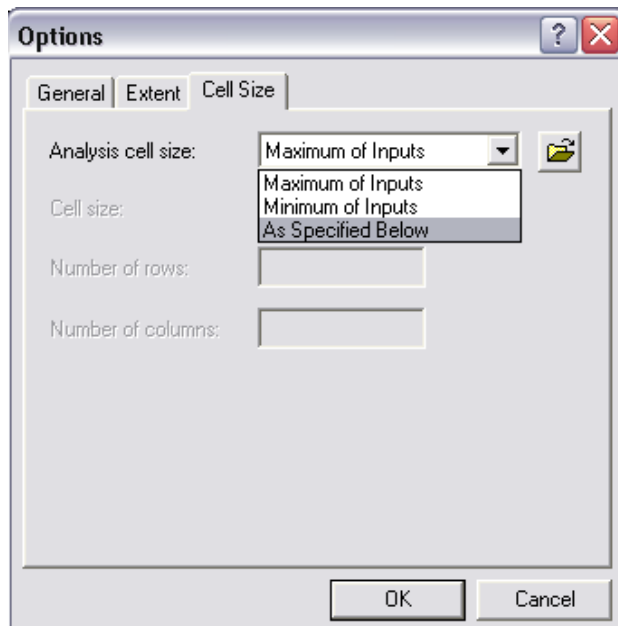
Αυτό γίνεται μέσω της επιλογής Options της εργαλειοθήκης (Spatial Analyst→ Options).

Στην πρώτη καρτέλα (Extent) επιλέγεται η έκταση όλων των επιφανείων να είναι ίδια με την έκταση που καταλαμβάνει το επίπεδο των χρήσεων γης.



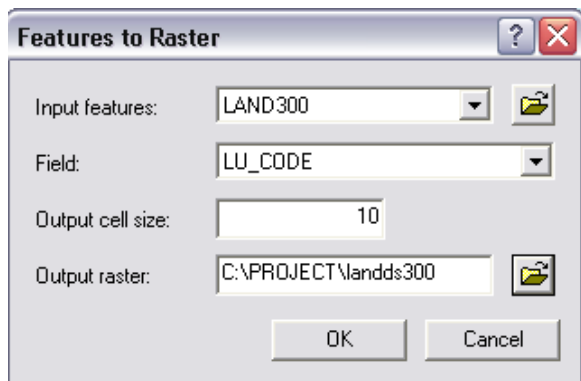
Εικόνα 47:Ορισμός έκτασης καννάβων

Στην δεύτερη καρτέλα (Cell size) επιλέγεται το μέγεθος του φατνίου να είναι 10 μέτρα. Τονίζεται ότι η επιλογή του μεγέθους του φατνίου αποτελεί μια κρίσιμη απόφαση διότι, μικρό μέγεθος φατνίου επιφέρει υπερφόρτωση του αποθηκευτικού χώρου και καθιστά χρονοβόρες τις χωρικές αναλύσεις. Γενικά, η επιλογή του μεγέθους του φατνίου σχετίζεται με την ανάλυση (κλίμακα) συλλογής των πρωτογενών δεδομένων.



Εικόνα 48: Ορισμός μεγέθους φατνίου

Αφού οριστεί η έκταση και το μέγεθος του φατνίου, γίνεται η μετατροπή των επιπέδων σε καννάβους. Η μετατροπή αυτή γίνεται μέσω της επιλογής Convert της εργαλειοθήκης Spatial Analyst (Spatial Analyst→Convert→Features to Raster). Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, πρέπει να προσδιοριστεί σε ποιο πεδίο του πίνακα θα βασιστεί η μετατροπή.



Εικόνα 49: Δημιουργία καννάβων

Έτσι για τη δημιουργία της επιφάνειας με τις χρήσεις γης, ως Input Feature επιλέγεται το διανυσματικό επίπεδο των χρήσεων γης στο Field επιλέγεται το πεδίο με την κωδικοποίηση των χρήσεων και στο Output raster ορίζεται ο χώρος

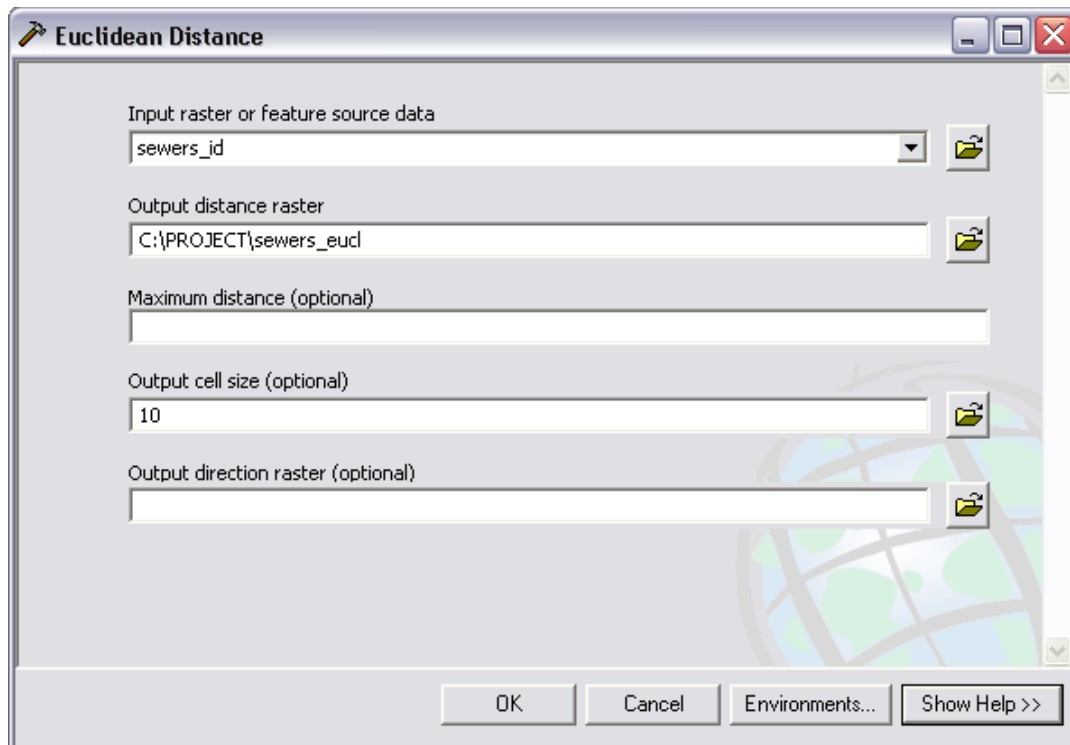
αποθήκευσης του παραγόμενου αρχείου. Το πεδίο Output Cell Size συμπληρώνεται αυτόματα.

Για τη δημιουργία της επιφάνειας με τη γεωικανότητα εδαφών ως Input Feature επιλέγεται το διανυσματικό επίπεδο της γεωμορφολογίας των εδαφών, στο Field επιλέγεται το πεδίο με την κωδικοποίηση της καταλληλότητας και στο Output raster ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης του παραγόμενου αρχείου. Το πεδίο Output Cell Size συμπληρώνεται αυτόματα.

Η δημιουργία των επιφανειών των αποστάσεων από τους αγωγούς και από τα ρέματα, θα γίνει σε δύο στάδια. Πρώτα θα μετατραπούν σε καννάβους τα αρχικά επίπεδα (sewers.shp, και streams.shp) και στη συνέχεια για τον κάθε καννάβο θα υπολογιστούν οι Ευκλείδειες Αποστάσεις.

Όπως και πριν, η μετατροπή των αρχικών επιπέδων γίνεται μέσω της επιλογής Convert (**Εικόνα 49**). Εδώ, επειδή δεν ενδιαφέρει κάποιο συγκεκριμένο πεδίο για τη μετατροπή, στο Field επιλέγεται το πεδίο με τα ID των οντοτήτων (SEWERS_ID, STREAMS_ID).

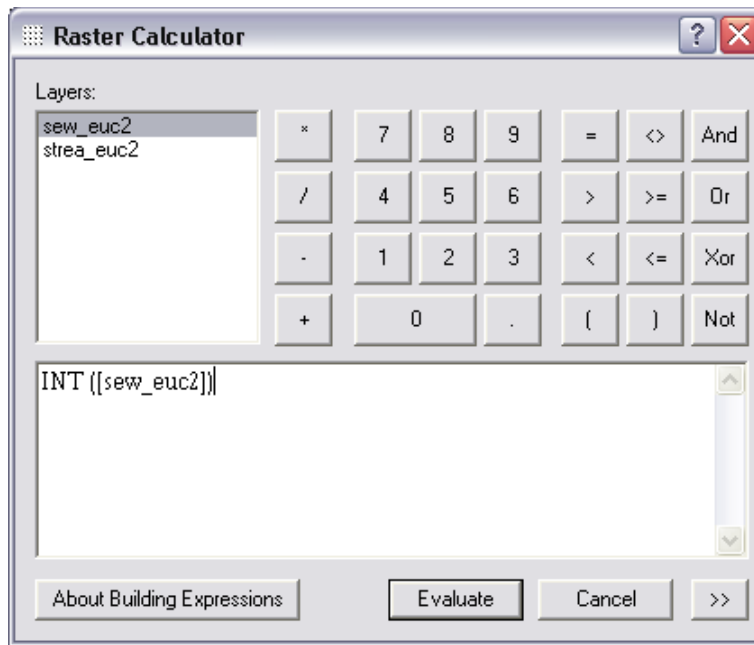
Ο υπολογισμός της Ευκλείδειας Απόστασης για τους δύο καννάβους που προέκυψαν, γίνεται μέσω του εργαλείου Euclidean Distance του ArcToolbox (ArcToolbox→ Spatial Analyst Tools→ Distance→Euclidean Distance)



Εικόνα 50: Υπολογισμός Ευκλείδειας Απόστασης

Ως Input raster επιλέγεται ο εκάστοτε κάρναβος (αγωγοί, ρέμματα), στο Output distance raster ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης του παραγόμενου αρχείου, ενώ το πεδίο Output Cell Size συμπληρώνεται αυτόματα.

Για καλύτερη διαχείριση των αρχείων (καννάβων) που προέκυψαν κατά τον υπολογισμό της απόστασης είναι σκόπιμο οι τιμές του πεδίου VALUE των δύο καννάβων να μετατραπούν σε ακέραιες. Αυτό γίνεται μέσω της εφαρμογής Raster Calculator της εργαλειοθήκης Spatial Analyst.

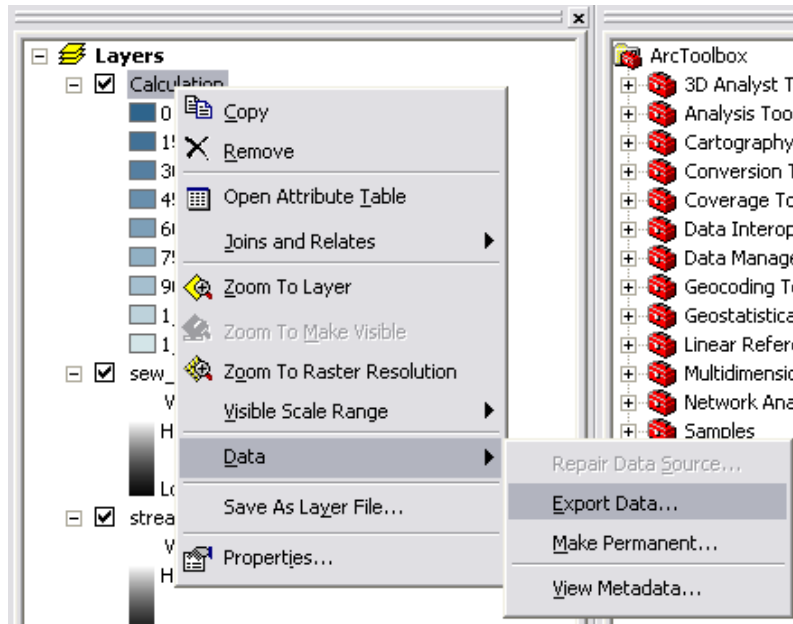


Εικόνα 51: Μετατροπή τιμών καννάβων σε ακέραιους αριθμούς

Η σύνταξη της εντολής της μετατροπής των τιμών (values) είναι η εξής:

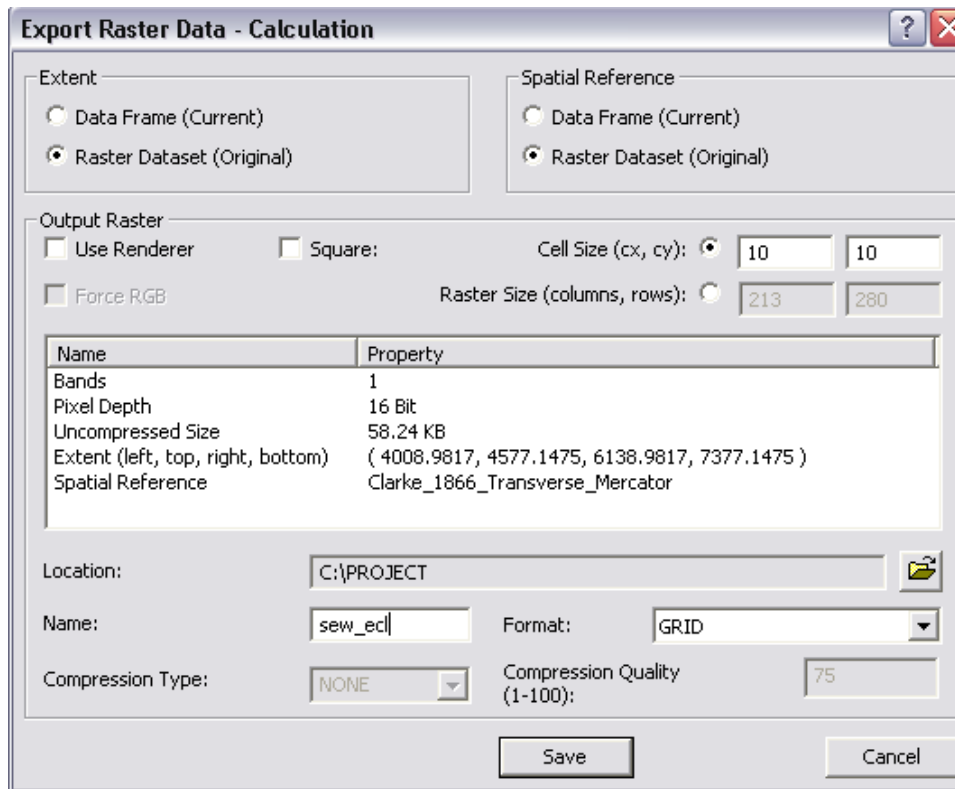
INT ([input raster])

Το αποτέλεσμα που προκύπτει επιλέγοντας το Evaluate είναι ένα προσωρινό αρχείο, το οποίο πρέπει να αποθηκευτεί. Αυτό γίνεται, με δεξί κλικ πάνω στην επιφάνεια που προέκυψε και φαίνεται στον Πίνακα Περιεχομένων και επιλέγοντας Data → Export Data.



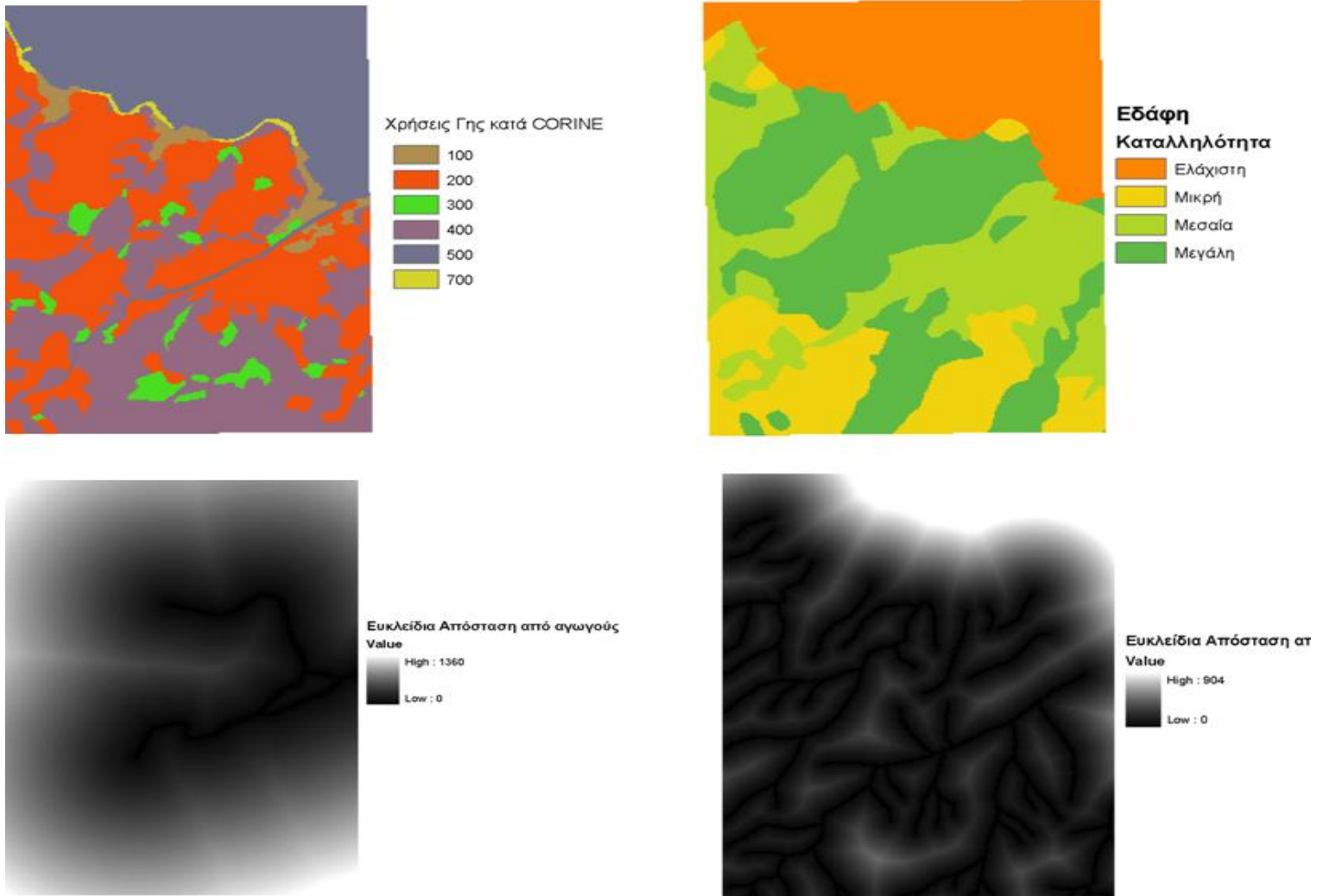
Εικόνα 52: Αποθήκευση προσωρινών αρχείων

Στο παράθυρο που ανοίγει στο πεδίο Location, επιλέγεται ο φάκελος αποθήκευσης του αρχείου, στο πεδίο Name το όνομα και στο πεδίο Format ο μορφότυπος (GRID).



Εικόνα 53: Αποθήκευση αποτελέσματος

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι τέσσερις κάνναβι που δημιουργήθηκαν.



Εικόνα 54: Τελικοί Κάνναβοι

5.4.3. Ανάλυση Δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει:

α) τον υπολογισμό του βαθμού συμμετοχής για τα κριτήρια «απόσταση από αγωγούς» και «απόσταση από ρέμματα» (στάδιο *ασαφοποίησης*). Στα κριτήρια «κατάλληλη χρήση γης» και «κατάλληλη γεωικανότητα» δε θα γίνει αυτός ο υπολογισμός γιατί είναι δυαδικά.

β) την ασαφή επικάλυψη όλων των καννάβων για την εξαγωγή αποτελέσματος.

Για το κάθε ένα από αυτά τα κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές συναρτήσεις συμμετοχής, και η ασαφής επικάλυψη θα γίνει με δύο μεθόδους, για την καλύτερη αξιολόγηση και κατανόηση των εργαλείων Fuzzy Membership και Fuzzy Overlay.

Πληροφορίες για τα εργαλεία Fuzzy Membership και Fuzzy Overlay παρουσιάζονται στο Υποκεφάλαιο 4.4

A. Υπολογισμός Συμμετοχής

Τα κριτήρια που θα συμμετάσχουν στο στάδιο της ασαφοποίησης είναι:

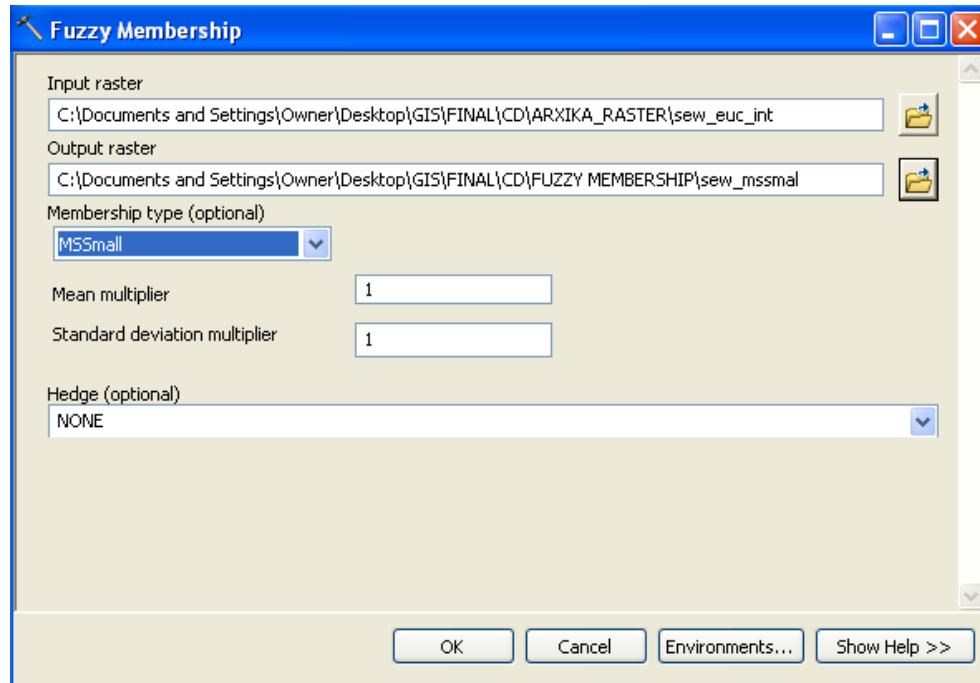
- Η απόσταση από τους αγωγούς, η οποία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Η απόσταση από τα ρέμματα, η οποία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη

Έτσι, σύμφωνα και με τα όσα αναφέρονται στο Υποκεφάλαιο 4.4, στην πρώτη λύση οι συναρτήσεις συμμετοχής που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

- Συνάρτηση Fuzzy MSSmall για το κριτήριο της απόστασης από τους αγωγούς.
- Συνάρτηση Fuzzy MSLarge για το κριτήριο της απόστασης από τα ρέμματα.

Αντίστοιχα, στη δεύτερη λύση η συνάρτηση συμμετοχής που θα χρησιμοποιηθεί και για τα δύο κριτήρια είναι η Fuzzy Linear.

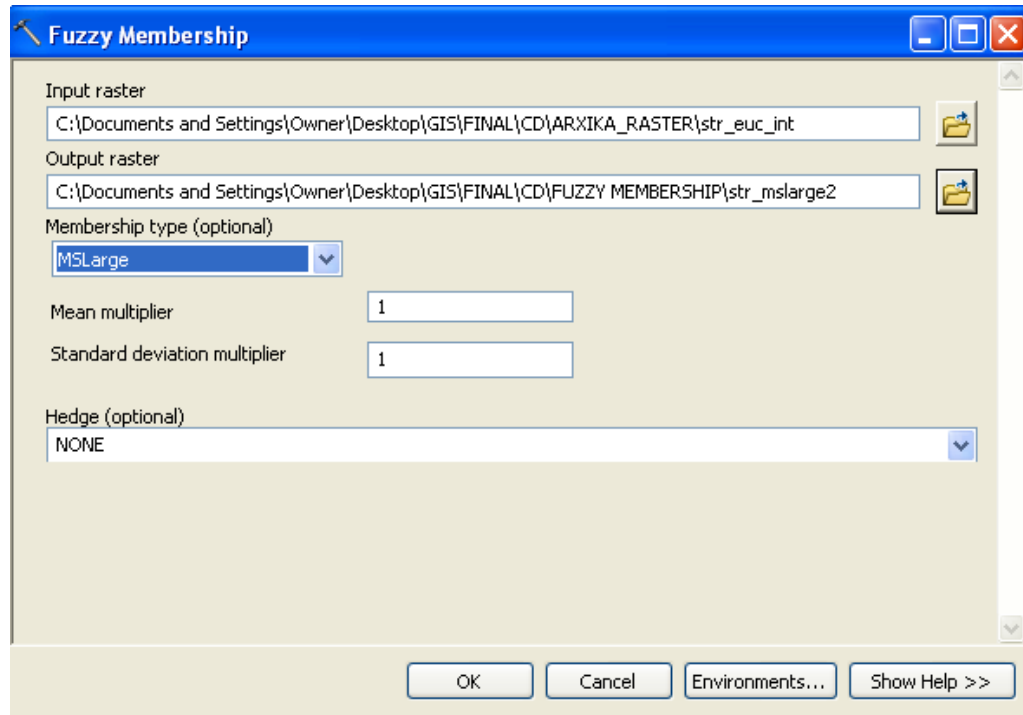
Ο υπολογισμός της συμμετοχής γίνεται μέσω της εργαλειοθήκης Overlay ArcToolbox (ArcToolbox→Spatial Analyst Tools→Overlay→ Fuzzy Membership).



Εικόνα 55: Υπολογισμός συμμετοχής (α) για την απόσταση από τους αγωγούς

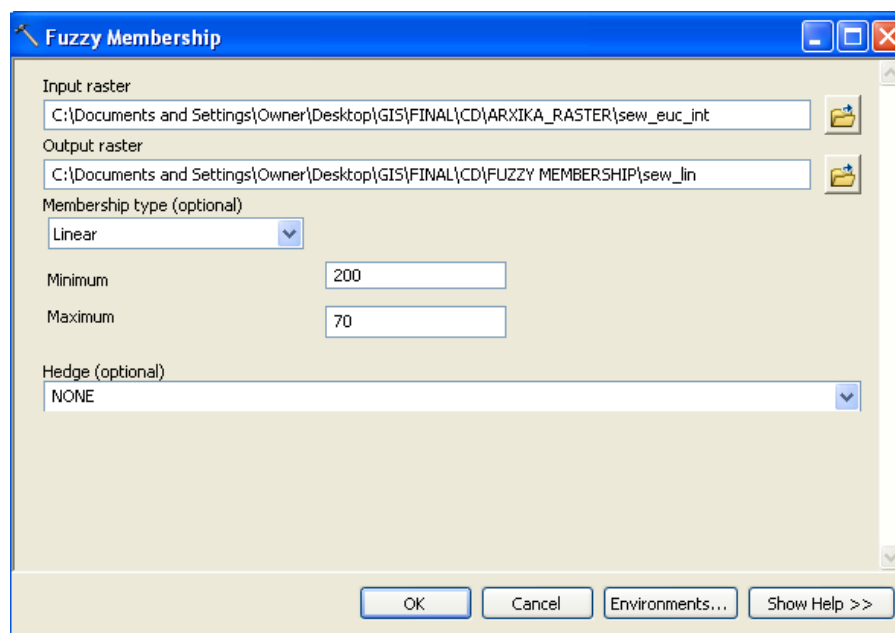
Στο πεδίο Input Raster, επιλέγεται ο κάνναβος των ευκλείδιων αποστάσεων των αγωγών, στο πεδίο Output Raster ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης του νέου αρχείου, στο πεδίο Membership Type επιλέγεται η συνάρτηση MSSmal, ενώ οι παράμετροι Mean multiplier και Standard deviation multiplier, αφήνονται ως έχουν. Επίσης στο πεδίο Hedge επιλέγεται NONE.

Για τον υπολογισμό της συμμετοχής της απόστασης από τα ρέματα γίνεται η ίδια διαδικασία, απλά στο πεδίο Membership Type επιλέγεται η συνάρτηση MSLarge.



Εικόνα 56: Υπολογισμός συμμετοχής (α) για την απόσταση από τα ρέματα

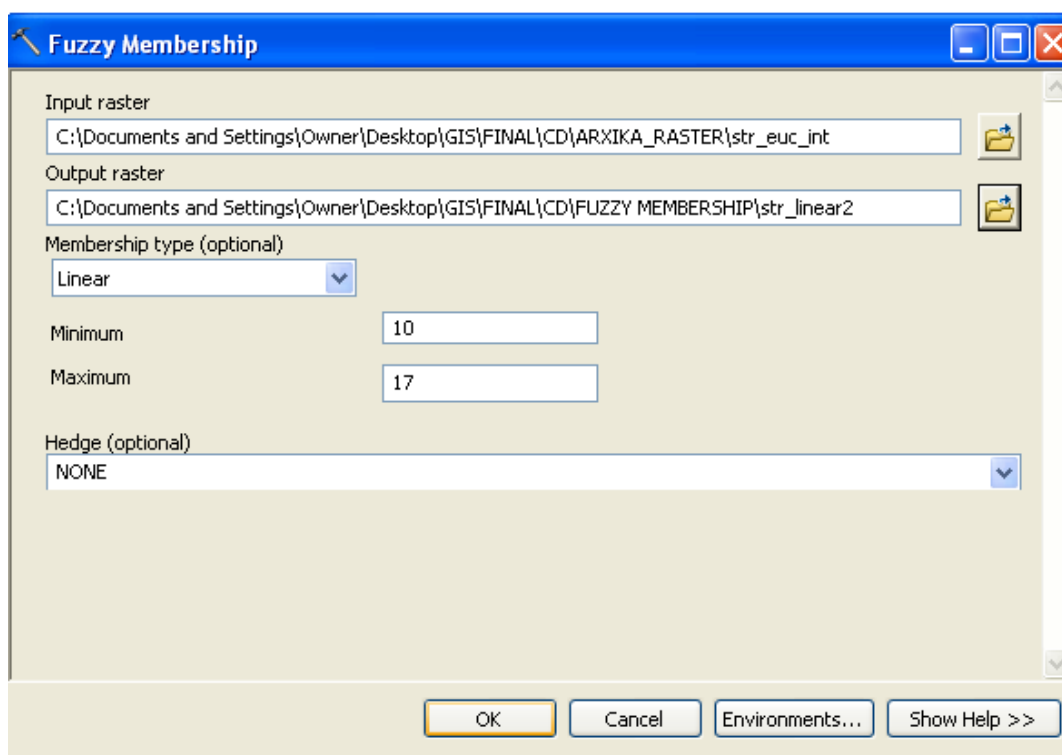
Στη συνέχεια ακολουθείται η ίδια διαδικασία για τα δύο επίπεδα, για τον υπολογισμό των συμμετοχών τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε στη δεύτερη λύση.



Εικόνα 57: Υπολογισμός συμμετοχής (β) για την απόσταση από τους αγωγούς

Αυτή τη φορά στο πεδίο Membership Type επιλέγεται η συνάρτηση Linear. Στην παράμετρο Minimum δίνεται η τιμή 200 (που σημαίνει περιοχές που απέχουν λιγότερο από 70 μέτρα θεωρούνται οι πλέον ακατάλληλες και παίρνουν την τιμή συμμετοχής 0). Στην παράμετρο Maximum δίνεται η τιμή 70 (που σημαίνει περιοχές που απέχουν πάνω από 70 μέτρα θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες και παίρνουν την τιμή συμμετοχής 1). Επίσης στο πεδίο Hedge επιλέγεται NONE.

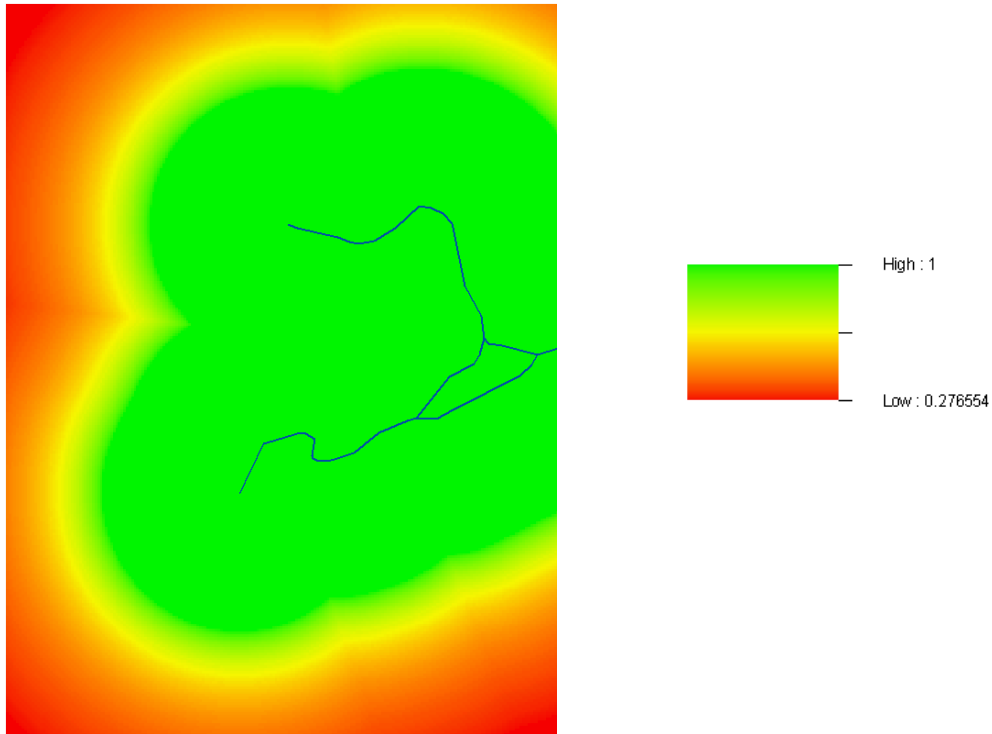
Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για την απόσταση από τα ρέματα:



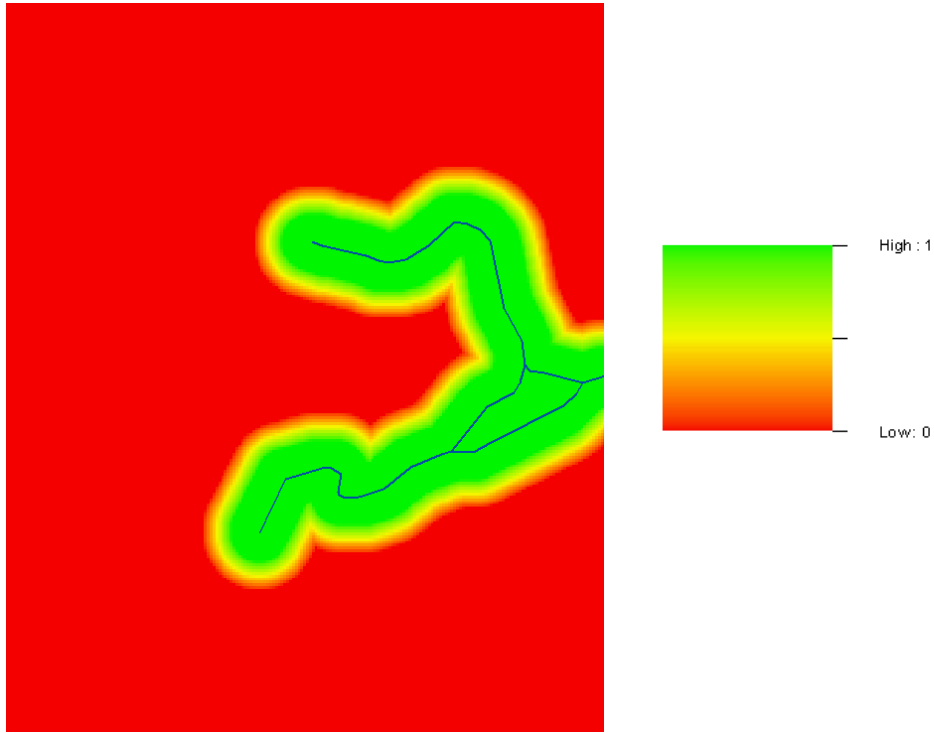
Εικόνα 58: Υπολογισμός συμμετοχής (β) για την απόσταση από τα ρέματα

Στο πεδίο Membership Type επιλέγεται η συνάρτηση Linear. Στην παράμετρο Minimum δίνεται η τιμή 10 (που σημαίνει περιοχές που απέχουν λιγότερο από 10 μέτρα θεωρούνται οι πλέον ακατάλληλες και παίρνουν την τιμή συμμετοχής 0). Στην παράμετρο Maximum δίνεται η τιμή 17 (που σημαίνει περιοχές που απέχουν πάνω από 17 μέτρα θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες και παίρνουν την τιμή συμμετοχής 1). Επίσης στο πεδίο Hedge επιλέγεται NONE.

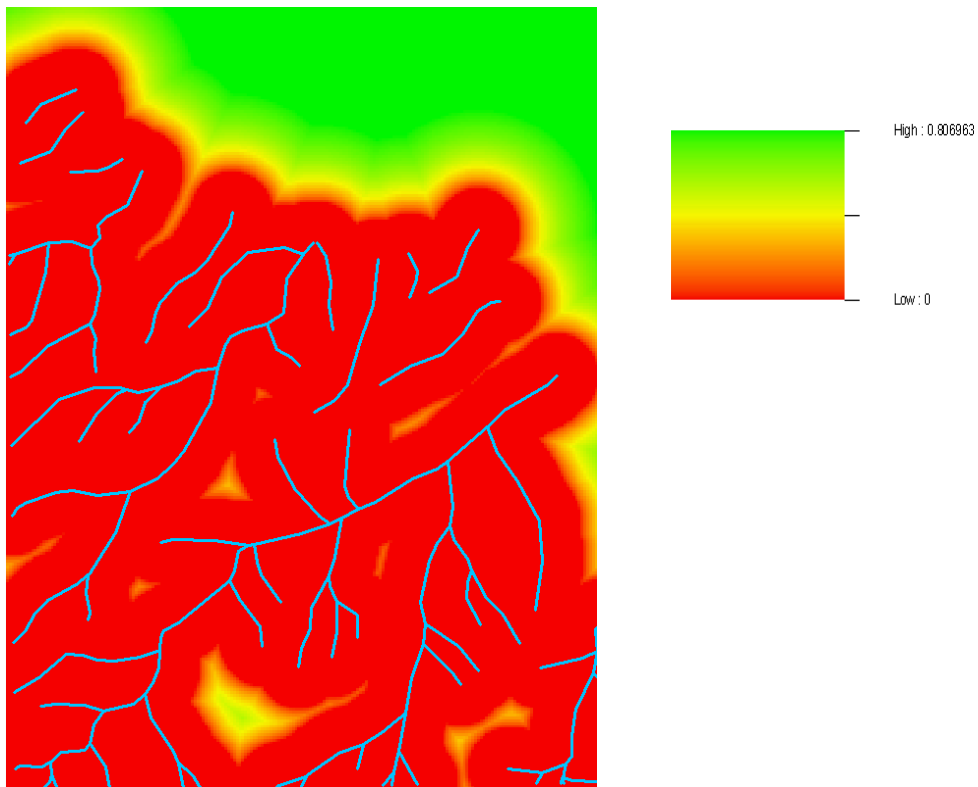
Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται οι τέσσερις κάρναβοι που δημιουργήθηκαν. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι λιγότερο κατάλληλες περιοχές και με πράσινο οι πιο κατάλληλες.



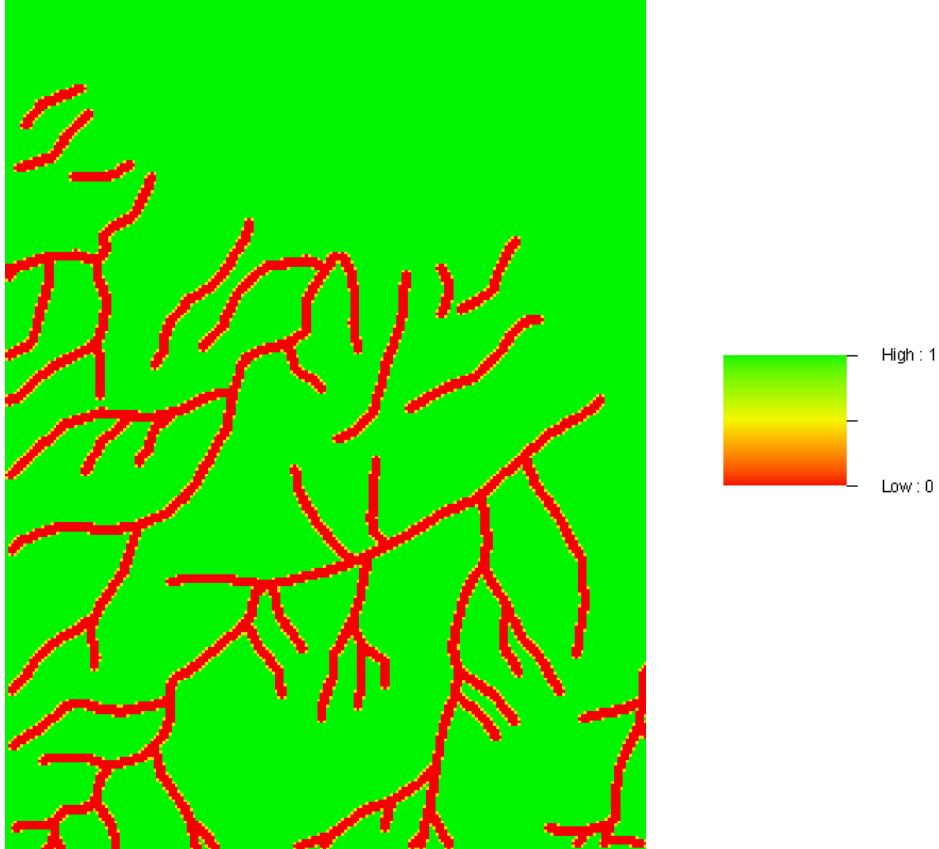
Εικόνα 59: Εφαρμογή συνάρτησης MSLarge στην απόσταση από αγωγούς



Εικόνα 60: Εφαρμογή συνάρτησης Linear στην απόσταση από αγωγούς



Εικόνα 61: Εφαρμογή συνάρτησης MSSmall στην απόσταση από τα ρέματα



Εικόνα 62: Εφαρμογή συνάρτησης Linear για την απόσταση από τα ρέματα

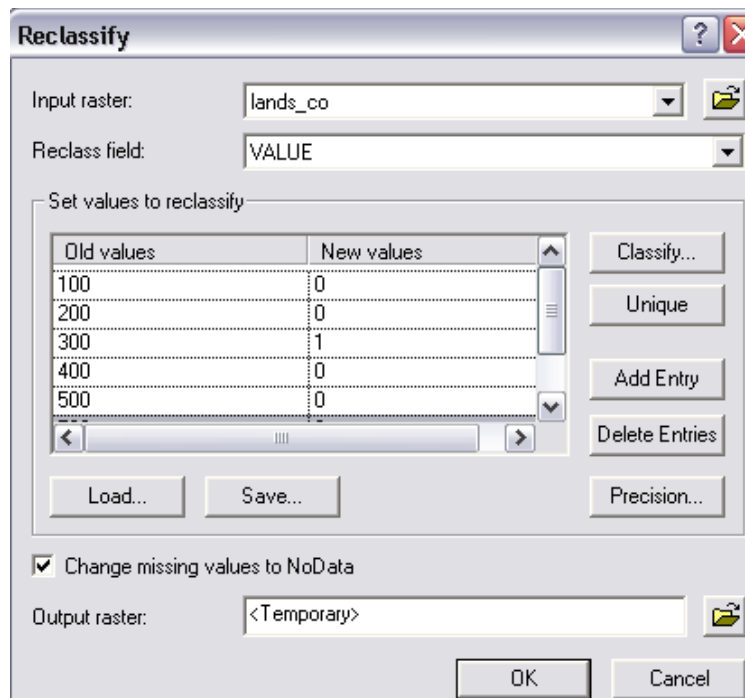
B. Ασαφής Επικάλυψη

Στο στάδιο αυτό γίνεται η επικάλυψη των τεσσάρων καννάβων:

- Κατάλληλη χρήση γης (χέρσα)
- Κατάλληλη γεωικανότητα εδαφών (μέγιστη)
- Απόσταση από αγωγούς αποχέτευσης
- Απόσταση από ρέματα

Ωστόσο, πρώτα πρέπει από τους καννάβους «Χρήσεις Γης» και «Γεωικανότητα εδαφών» να δημιουργηθούν οι κάρτες «Χρήση γης χέρσα» και «Μέγιστη γεωικανότητα». Οι νέοι κάρτες πρέπει να έχουν σε όλα τα φαινόμενα την τιμή 0 και στα φαινόμενα που ικανοποιούν τη συνθήκη την τιμή 1, ώστε το εύρος των τιμών τους να είναι από 0 έως 1 και να είναι δυνατή η επικάλυψή τους με τους καννάβους των αποστάσεων από αγωγούς και από ρέματα.

Αυτό γίνεται μέσω του εργαλείου Reclassify του μενού Spatial Analyst:

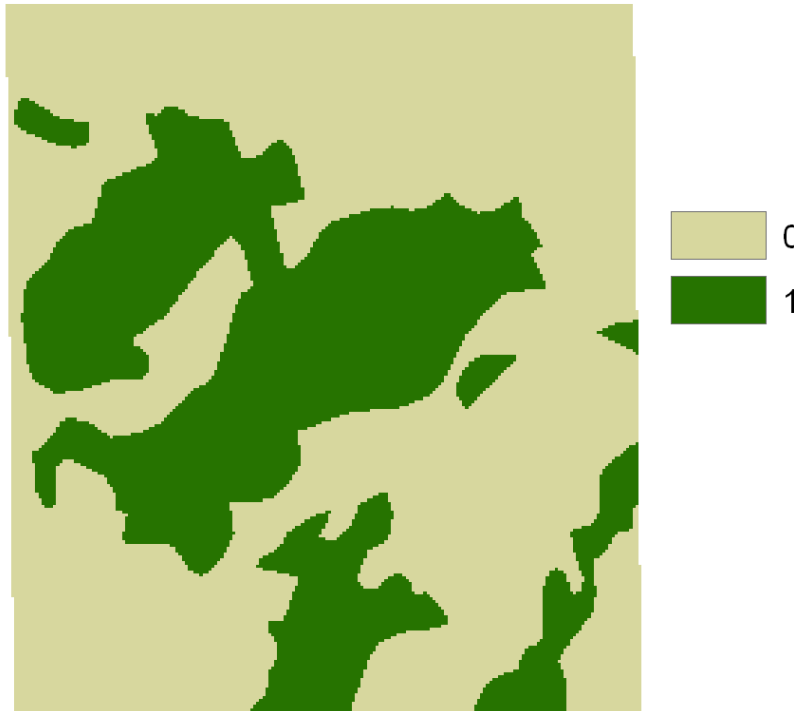


Εικόνα 63: Αναγωγή τιμών καταλληλότητας χρήσεων γης στην κλίμακα 0-1

Στο πεδίο Input Raster, επιλέγεται ο κάνναβος των χρήσεων γης, στο πεδίο Output Raster ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης του νέου αρχείου, στο πεδίο Reclass Field επιλέγεται το πεδίο VALUE, και στο πεδίο Reclass αντικαθίστανται όλες οι χρήσεις με την τιμή 0 εκτός από την 300 που παίρνει την τιμή 1.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για τον κάνναβο της γεωικανότητας. Όλες οι καταλληλότητες παίρνουν την τιμή 0 εκτός από την 3 που παίρνει την τιμή 1.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι κάνναβοι «Χρήση γης χέρσα» και «Μέγιστη γεωικανότητα» μετά την αναγωγή των τιμών τους σε κλιμακα 0-1.



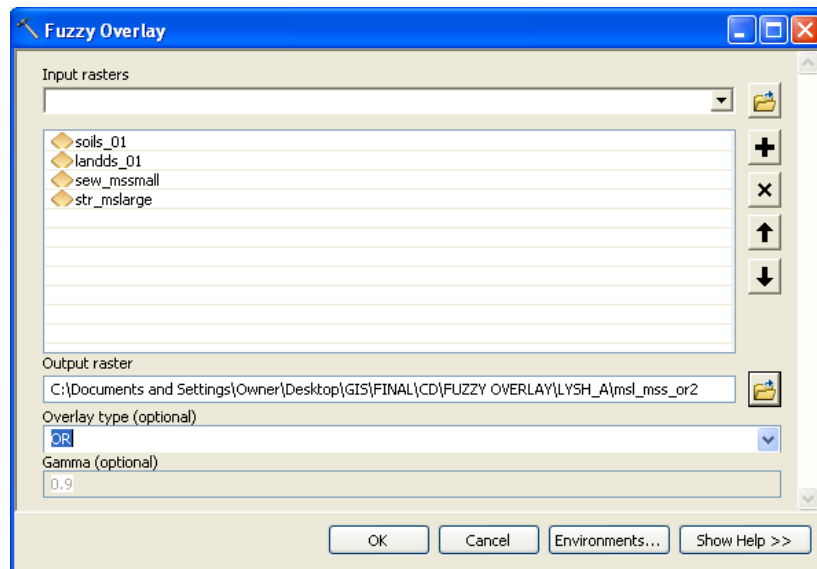
Εικόνα 64: Μέγιστη γεωικανότητα εδαφών (όπου μέγιστη γεωικανότητα η τιμή 1)



Εικόνα 65: Χρήση γης χέρσα (όπου χέρσα η τιμή 1)

Θα εξεταστούν δύο μέθοδοι επικάλυψης: Η Fuzzy OR και η Fuzzy AND.

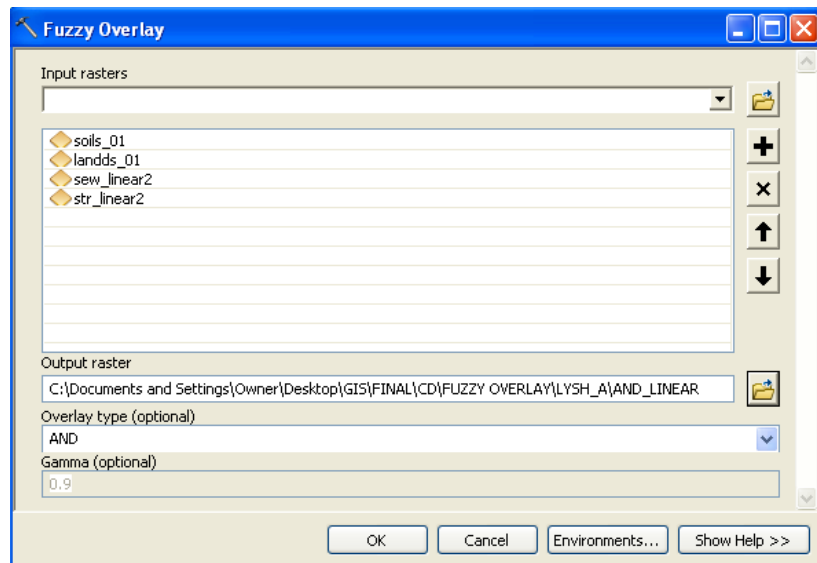
Η επικάλυψη γίνεται μέσω της εργαλειοθήκης Overlay ArcToolbox (ArcToolbox→Spatial Analyst Tools→Overlay→ Fuzzy Overlay).



Εικόνα 66: Ασαφής επικάλυψη με τη μέθοδο FUZZY OR

Στο πεδίο Input Rasters, επιλέγονται οι κάνναβοι της χρήσης γης χέρσας, της μέγιστης γεωικανότητας και οι κάνναβοι με τη συμμετοχή κατά την MSSmall συνάρτηση για την απόσταση από τους αγωγούς και τη συμμετοχή κατά την MSLarge για την απόσταση από τα ρέματα. Στο πεδίο Output Raster ορίζεται ο χώρος αποθήκευσης του νέου αρχείου, και στο πεδίο Overlay type επιλέγεται η μέθοδος OR.

Η ίδια διαδικασία επιλέγεται για τη μέθοδο Fuzzy AND, μόνο που στο πεδίο Input Rasters, επιλέγονται οι κάνναβοι της χρήσης γης χέρσας, της μέγιστης γεωικανότητας και οι κάνναβοι με τη συμμετοχή κατά τη Linear συνάρτηση για την απόσταση από τους αγωγούς και για την απόσταση από τα ρέματα και στο πεδίο Overlay type επιλέγεται η μέθοδος AND.



Εικόνα 67: Ασαφής επικάλυψη με τη μέθοδο FUZZY AND

Οι δύο λύσεις φαίνονται αντίστοιχα στους Χάρτες 3 και 4. Στους χάρτες φαίνεται και η λύση που προέκυψε με τη χρήση των συμβατικών εργαλείων ανάλυσης για να είναι ευκολότερη η σύγκριση.

5.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκρίνοντας τους **Χάρτες 1 και 3**, φαίνεται πως η πρώτη λύση του προβλήματος της χωροθέτησης με βάση τη λογική της ασάφειας παρουσιάζει πολύ περισσότερες περιοχές ως κατάλληλες σε σύγκριση με τη λύση που προκύπτει με χρήση της συμβατικής μεθόδου.

Αντίθετα, συγκρίνοντας τους **Χάρτες 1 και 4**, φαίνεται πως η δεύτερη λύση του προβλήματος της χωροθέτησης με βάση τη λογική της ασάφειας δίνει ως κατάλληλες περιοχές για τη χωροθέτηση κάποιες από αυτές που δίνει και η χωροθέτηση με χρήση της συμβατικής μεθόδου.

Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτον στις μεθόδους υπολογισμού της συμμετοχής (συναρτήσεις συμμετοχής) για τα επίπεδα των αποστάσεων από τους αγωγούς και τα ρέματα που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν και δεύτερον στη μέθοδο ασαφούς επικάλυψης των επιφανειών.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη δεύτερη λύση το αποτέλεσμα της χρήσης της συνάρτησης συμμετοχής (Fuzzy Linear) για τις επιφάνειες των αποστάσεων από τους αγωγούς και αποστάσεων από τα ρέματα, οδήγησε στον αποκλεισμό περιοχών ανάλογα με τα κατώφλια που ορίστηκαν. Έτσι, στην περίπτωση της απόστασης από τους αγωγούς, οι περιοχές (τα φατνία) που απέχουν πάνω από την μέγιστη τιμή που ορίστηκε ουσιαστικά αποκλείστηκαν μιας και έλαβαν συμμετοχή κοντά στο 0. Επίσης στην περίπτωση της απόστασης από τους ποταμούς, τα φατνία που απέχουν λιγότερο από την ελάχιστη τιμή που τέθηκε, επίσης αποκλείστηκαν. Κατά την πρώτη λύση, οι συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν (Fuzzy MSLarge, FuzzyMSSmall) κατανέμουν πιο ομόατα τη συμμετοχή σε σχέση με την απόσταση.

Ταυτόχρονα, η μέθοδος επικάλυψης που χρησιμοποιήθηκε κατά τη δεύτερη λύση (Fuzzy AND) είναι πιο αυστηρή σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην

πρώτη λύση (Fuzzy OR), μιας και απαιτεί όλα τα κριτήρια να έχουν συμμετοχή από μια ελάχιστη τιμή και πάνω. Κατά τη μέθοδος (Fuzzy OR) αντίθετα, αρκεί τουλάχιστον ένα κριτήριο να έχει μια συγκεκριμένη τιμή συμμετοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού το οποίο περιλαμβάνει εργαστηριακή άσκηση και οδηγίες επίλυσής της, για τη χωροθέτηση δραστηριότητας, με χρήση της λογικής της ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter, όπως αυτή ενσωματώνεται στο περιβάλλον του λογισμικού ArcGIS Desktop 10 της ESRI.

Σκοπός της εργασίας ήταν:

- α) να γίνει κατανοητή η διαδικασία της χωροθέτησης δραστηριότητας με τη χρήση της Λογικής της Ασάφειας, αξιοποιώντας το ενιαίο περιβάλλον του συγκεκριμένου λογισμικού
- β) να αξιολογηθεί ο τρόπος ενσωμάτωσης της Λογικής της Ασάφειας στο λογισμικό και η λειτουργικότητα των σχετικών αναλυτικών εργαλείων.

Για το λόγο αυτό η επίλυση του προβλήματος έγινε χρησιμοποιώντας και τα συμβατικά αναλυτικά εργαλεία του λογισμικού, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων και να διευκολυνθεί η εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το πρόβλημα και η γεωγραφική βάση δεδομένων προέρχεται από το βιβλίο της ESRI, [Understanding GIS: The ARC/INFO Method](#) (Σεπτέμβρης 1999).

Οι μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επίλυση του προβλήματος με τη συμβατική μέθοδο, αφορούσαν δεδομένα διανυσματικής μορφής. Για την επίλυση του προβλήματος με βάση τη δεύτερη μέθοδο, έγινε συνδυασμός των συμβατικών εργαλείων ανάλυσης των στοιχείων καννάβου με τα νέα εργαλεία τα οποία αξιοποιούν τη λογική της ασάφειας (Fuzzy Membership και Fuzzy Overlay). Μάλιστα κατά τη δεύτερη μέθοδο επίλυσης του προβλήματος, παρουσιάστηκαν δύο εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες προέκυψαν από την εφαρμογή διαφορετικών συναρτήσεων συμμετοχής και διαφορετικών μεθόδων ασαφούς επικάλυψης.

Συγκρίνοντας τους **Χάρτες 1 και 3**, φαίνεται πως η πρώτη λύση του προβλήματος της χωροθέτησης με βάση τη λογική της ασάφειας παρουσιάζει πολύ περισσότερες περιοχές ως κατάλληλες σε σύγκριση με τη λύση που προκύπτει με χρήση της συμβατικής μεθόδου.

Αντίθετα, συγκρίνοντας τους **Χάρτες 1 και 4**, φαίνεται πως η δεύτερη λύση του προβλήματος της χωροθέτησης με βάση τη λογική της ασάφειας δίνει ως κατάλληλες περιοχές για τη χωροθέτηση κάποιες από αυτές που δίνει και η χωροθέτηση με χρήση της συμβατικής μεθόδου.

Η μεγάλη απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο εναλλακτικών λύσεων αλλά και μεταξύ αυτών και του αποτελέσματος που προκύπτει από την επίλυση του προβλήματος με τη συμβατική μέθοδο, οφείλεται κυρίως στην υπεραπλούστευση της μεθόδου της λογικής της ασάφειας, προκειμένου αυτή να ενταχθεί στα εργαλεία του λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα:

- Τα εργαλεία που παρέχει το λογισμικό δε δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας και καθορισμού από τον χρήστη των οριών των κατηγοριών, κατά το στάδιο της ασαφοποίησης.
- Το στάδιο της δημιουργίας των κανόνων που συναντάται στα ασαφή συστήματα, έχει ενσωματωθεί στο στάδιο της εξαγωγής συμπερασμάτων (Inference) μέσω του εργαλείου της ασαφούς επικάλυψης. Δεν είναι δυνατή έτσι η δημιουργία πολύ σύνθετων κανόνων
- Σε αντίθεση με τη μέθοδο της ασάφειας όπως αυτή είναι γνωστή μέχρι σήμερα, κατά την οποία οι επιφάνειες που αποτελούν ουσιαστικά τα κριτήρια διαχειρίζονται ενιαία, εδώ τα κριτήρια διαχειρίζονται 'το καθένα ξεχωριστά μέχρι να γίνει η επικάλυψη.

Συνοψίζοντας θα μπορούσε κανείς να πει πως η λογική της ασάφειας κατά Raines, Sawatzky, και Bonham-Carter, δηλαδή όπως εφαρμόζεται στο λογισμικό, αποτελεί κατά ένα τρόπο μια υβριδική μέθοδο της λογικής της ασάφειας και της δυαδικής μεθόδου.

Ωστόσο, για την εισαγωγή των εκπαιδευομένων στις βασικές έννοιες της λογικής της ασάφειας η χρήση αυτής της μεθόδου κρίνεται επαρκής, δεδομένου ότι για πρώτη φορά χρησιμοποιείται η έννοια της ασάφειας στο πιο γνωστό λογισμικό ΓΠΣ. Και ακριβώς επειδή είναι η πρώτη φορά που ενσωματώνονται στο πιο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό ΓΠΣ, εργαλεία που να επιτρέπουν την επίλυση χωρικών προβλημάτων και να βασίζονται στη λογική της ασάφειας, είναι λογικό να αναμένονται βελτιώσεις σε επόμενες εκδόσεις του λογισμικού όσον αφορά τον τρόπο που προσεγγίζεται η λογική της ασάφειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ArcGIS vers 10.0, ArcGIS Desktop Help

Aronoff S., **Geographic Information Systems: A Management Perspective**, Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989

Burrough P., 1986, **Principles of GIS for Land Resources Assesment**, Clarendon Press, London, Oxford.

Carver J.S., 1992, Integrating Multi – Criteria Evaluation with GIS, **International Journal of GIS**, Vol. 5, N. 3, pp 321-339.

Fotheringham A.S., 1991, “GIS and Spatial Analysis: an NCGIA Research Initiative”, **Environment and Planning A.**, Vol 23, pp 1139.

Fotheringham A.S., 1993, On the Future of Spatial Analysis, **Environment and Planning A.**, Anniversary Issue, pp 1139.

Goodchild M., 1992, An Overview and Definition of GIS, **In Principles and Applications of GIS: Theory and Practice**, pp 5-11, Taylor & Francis.

Huxhold W., 1992, **An Introduction to Urban GIS**, Oxford University Press.

Klir G. J. and Yuan B., **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**, Upper Saddle River, Prentice Hall, 1995.

Κουτσόπουλος Κ., 1990, **Γεωγραφία: Μεθοδολογία Ανάλυσης Χώρου**, Αθήνα, Συμμετρία.

Κουτσόπουλος Κ., 2002, **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου**, Παπασωτηρίου.

McHarg I., 1961, **Design with Nature**, New York, Willey.

Openshaw S., 1991b, “**A Spatial Analysis Research Agenda**” in **handling Geographical Information**, Masser I. and Blakemore M., Longman, London.

Openshaw S., 1992, Developing Appropriate Spatial Analysis Methods for GIS, **In Geographical Information Systems: Principles and Applications**, edited by Maquire D.J., Goodchild M. and Rhind D.W., Longman, London.

Παπαδημητρίου Μ., 2005, Διπλωματική Εργασία, **Προσδιορισμός κέντρου πόλης με χρήση μεθόδων χωρικής ανάλυσης, Εφαρμογή: Δήμος Αθήνας**, ΕΜΠ.

Raines G, Sawatzky D., Bonham-Carter G., 2010, Incorporating Expert Knowledge, **ArcUser vol. Spring 2010, ESRI Press**).

Tomlin D., 1990, **Geographic Information Systems and Cartography Modeling**, Prentice Hall.

Χατζηχρήστος Θ., 1999, Διδακτορική Διατριβή, **Προσδιορισμός Οικοπεριφερειών με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Υπολογιστικής Νοημοσύνης**, ΕΜΠ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΑΣΚΗΣΗ:	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ
Όνοματεπώνυμο :	
Εξάμηνο :	

Ένα πανεπιστήμιο σχεδιάζει την κατασκευή ενός μικρού εργαστηρίου για ερευνητικούς σκοπούς. Για την επιλογή της θέσης του οι υπεύθυνοι έχουν θέσει τα εξής κριτήρια:

- Τα εδάφη να είναι κατάλληλα για την ανέγερση του κτιρίου
- Η τρέχουσα χρήση της γης να είναι χέρσα
- Η απόσταση από αγωγούς αποχέτευσης να είναι μικρότερη από 300 μ.
- Η απόσταση από ποτάμια μεγαλύτερη από 20 μ.

Επίσης, η τελική θέση πρέπει να έχει ελάχιστο εμβαδό 2 στρέμματα.

Ζητείται να προσδιορίσετε ποιες είναι οι βέλτιστες θέσεις χωροθέτησης του εργαστηρίου, χρησιμοποιώντας:

- A. Τα συμβατικά αναλυτικά εργαλεία των ΓΠΣ, όπως η δημιουργία ζώνης (buffering), η επικάλυψη επιπέδων (overlay), η επιλογή (select) ή όποιο άλλο κρίνεται εσείς σκόπιμο, και
- B. Τη λογική της ασάφειας. Καλείστε επίσης να συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων.

Η επίλυση του προβλήματος θα γίνει στο περιβάλλον του ArcGIS 10. Σας δίνεται η γεωγραφική βάση δεδομένων.



ΑΣΚΗΣΗ: Χωροθέτηση δραστηριότητας με χρήση της λογικής της ασάφειας

Η άσκηση αφορά στη χωροθέτηση δραστηριότητας με χρήση της λογικής της ασάφειας. Η λογική της ασάφειας αντιμετωπίζει καταστάσεις όπου οι τιμές για την αλήθεια βρίσκονται μεταξύ του “απόλυτα αληθινού” και του “απόλυτα μη-αληθινού” (Klir & Yuan, 1995). Χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της ασάφειας και της αοριστίας στη μαθηματική ή θεωρητική αναπαράσταση των φαινομένων στο χώρο, με δεδομένο ότι οι χωρικές διαδικασίες αλληλεπιδρούν μέσα σε ένα μεγάλο διάστημα χωρικών κλιμάκων με τρόπο που δε μπορούν να εκτιμηθούν απόλυτα. (Κ. Κουτσόπουλος, 2002)

Ωστόσο, ζητείται το πρόβλημα να επιλυθεί πρώτα χρησιμοποιώντας και τη συμβατική μέθοδο ανάλυσης του χώρου, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα και να αξιολογηθεί η χρήση της λογικής της ασάφειας στο συγκεκριμένο πρόβλημα.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί, περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα:

- Επίπεδο χρήσεων γης, πολυγωνικής τοπολογίας (lands.shp)
- Επίπεδο γεωμορφολογίας του εδάφους της περιοχής, πολυγωνικής τοπολογίας (soils.shp)
- Επίπεδο αγωγών αποχέτευσης, γραμμικής τοπολογίας (sewers.shp)
- Επίπεδο ποταμών, γραμμικής τοπολογίας (streams.shp).

Τα συμβατικά αναλυτικά εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν είναι η δημιουργία ζώνης (buffering), η αλληλεπίθεση επιπέδων (overlay), η επιλογή (select) κλπ.

Για τη χωροθέτηση του εργαστηρίου με χρήση της λογικής της ασάφειας τα δεδομένα πρέπει να είναι σε μορφή καννάβου. Πρέπει να υπολογιστούν οι συναρτήσεις συμμετοχής (fuzzy membership functions) για τα επίπεδα που χρειάζεται και τελικά όλες οι επιφάνειες να συνδυαστούν μέσω της διαδικασίας της ασαφούς επικάλυψης (fuzzy overlay), με βάση την κατάλληλη μέθοδο.



Ζητούμενα:

1. Περιγράψετε τη διαδικασία και τα αναλυτικά εργαλεία, που χρησιμοποιήσατε για τον εντοπισμό των βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης του εργαστηρίου με τη συμβατική μέθοδο. Περιγράψετε επίσης τις όποιες ενέργειες προετοιμασίας των δεδομένων πραγματοποιήσατε, πριν την ανάλυσή τους.
2. Περιγράψετε α) τη διαδικασία για τον εντοπισμό των βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης του εργαστηρίου με χρήση της λογικής της ασάφειας β) τις όποιες ενέργειες προετοιμασίας των δεδομένων πραγματοποιήσατε, πριν την ανάλυσή τους.
3. Εξηγείστε α) Τις συναρτήσεις συμμετοχής και το λόγο που τις επιλέξατε. Μεταβάλλοντας τις παραμέτρους τι παρατηρείτε; β) Τη μέθοδο ασαφούς επίθεσης και το λόγο που την επιλέξατε.
4. Συγκρίνετε και σχολιάστε τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων χωροθέτησης του εργαστηρίου.



Οδηγίες:

A. Χωροθέτηση εργαστηρίου με χρήση των συμβατικών αναλυτικών εργαλείων

1. Εντοπίστε τις περιοχές των οποίων η χρήση γης είναι χέρσα (τιμή 300 στο πεδίο LU_CODE στο επίπεδο lands.shp) και δημιουργήστε νέο θεματικό επίπεδο με αυτές.
2. Εντοπίστε τις περιοχές στις οποίες η γεωικανότητα των εδαφών είναι μέγιστη (τιμή 3 στο πεδίο SUIT στο πεδίο soils.shp) και δημιουργήστε νέο θεματικό επίπεδο με αυτές.
3. Επιθέστε τα δύο νέα επίπεδα με τη διαδικασία της τομής (intersect), ώστε να προκύψουν οι κατάλληλες θέσεις όσον αφορά τη γεωικανότητα και την επιθυμητή χρήση γης (*Περιοχές A*)
4. Εντοπίστε τις περιοχές στις οποίες η γεωικανότητα των εδαφών είναι μέγιστη (τιμή 3 στο πεδίο SUIT στο πεδίο soils.shp) και δημιουργήστε νέο θεματικό επίπεδο με αυτές.
5. Εντοπίστε τις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 300 μέτρα από τους αγωγούς (δημιουργία ζώνης επιρροής) και δημιουργήστε νέο θεματικό επίπεδο με αυτές.
6. Εντοπίστε τις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 20 μέτρα από τους ποταμούς (δημιουργία ζώνης επιρροής) και δημιουργήστε νέο θεματικό επίπεδο με αυτές.
7. Αποκλείστε τις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 20 μέτρα από τους ποταμούς από τις περιοχές που απέχουν λιγότερο από 300 μέτρα από τους αγωγούς, με τη διαδικασία του αποκλεισμού (Erase). (*Περιοχές B*)
8. Επιθέστε τις Περιοχές A και B
9. Στο επίπεδο που δημιουργήθηκε, αφαιρέστε τα όρια μεταξύ των γειτονικών πολυγώνων τα οποία έχουν την ίδια τιμή ανά τ.μ. (Dissolve)
10. Διαχωρίστε τα πολύγωνα του παραπάνου επιπέδου σε ξεχωριστές γεωμετρικές οντότητες (Multipart to Singlepart).
11. Υπολογίστε εκ νέου τα εμβαδά στο επίπεδο αυτό και εντοπίστε τις περιοχές με έκταση πάνω από 2 στρέμματα.



B. Χωροθέτηση εργαστηρίου με χρήση της λογικής της ασάφειας

1. Μετατρέψτε τα 4 θεματικά επίπεδα σε καννάβους, με βάση το πεδίο που μας ενδιαφέρει στο κάθε επίπεδο, αφού πρώτα προσδιορίσετε την έκταση (extent) που θα καταλαμβάνουν οι επιφάνειες (πρέπει να είναι ίδια) καθώς και το μέγεθος του φατνίου (πρέπει να είναι ίδιο για όλους τους καννάβους).
2. Υπολογίστε την ευκλείδεια απόσταση για τους καννάβους των αγωγών και των ρεμμάτων.
3. Στην επιφάνεια των χρήσεων γης, εντοπίστε τα φατνία που αντιστοιχούν σε χέρσα χρήση, με τη διαδικασία της αναταξινόμησης (Reclassify). Στα φατνία με τιμή 300 στο πεδίο VALUE, αλλάξτε την τιμή σε 1 και στα υπόλοιπα δώστε την τιμή 0.
4. Στην επιφάνεια των εδαφών, εντοπίστε τα φατνία που αντιστοιχούν σε μέγιστη γεωικανότητα, με τη διαδικασία της αναταξινόμησης (Reclassify). Στα φατνία με τιμή 3 στο πεδίο VALUE, αλλάξτε την τιμή σε 1 και στα υπόλοιπα δώστε την τιμή 0.
5. Επιλέξτε και υπολογίστε τη συνάρτηση συμμετοχής (fuzzy membership functions) για την απόσταση από τους αγωγούς και για την απόσταση από τα ρέματα, δημιουργώντας έτσι δύο νέους καννάβους.
6. Επιλέξτε την κατάλληλη μέθοδο ασαφούς επίθεσης (fuzzy overlay) και επιθέστε τους 4 αναταξινομημένους καννάβους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ


ARCGIS DESKTOP

Το προϊόν **ArcGIS Desktop** είναι το πιο διαδεδομένο λογισμικό των Γεωπληροφοριακών Συστημάτων και διατίθεται σε τρία λειτουργικά επίπεδα: Το **ArcView**, **ArcEditor** και το **ArcInfo**. Το **ArcInfo** είναι το υψηλότερο από τα τρία λειτουργικά επίπεδα του προϊόντος **ArcGIS Desktop**, περιλαμβάνει ένα σύνολο από εφαρμογές όπως το **ArcMap**, το **ArcCatalog**, το **ArcToolbox**, κλπ, και μπορεί να επιτελέσει όλες τις λειτουργίες της εισαγωγής, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων.



Βασικές εφαρμογές του λογισμικού


Εφαρμογή ArcCatalog

Το **ArcCatalog** είναι μια  εφαρμογή διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων. Εκτελεί παρόμοιες λειτουργίες με τον Windows Explorer, προσανατολισμένο βέβαια στα γεωγραφικά δεδομένα.

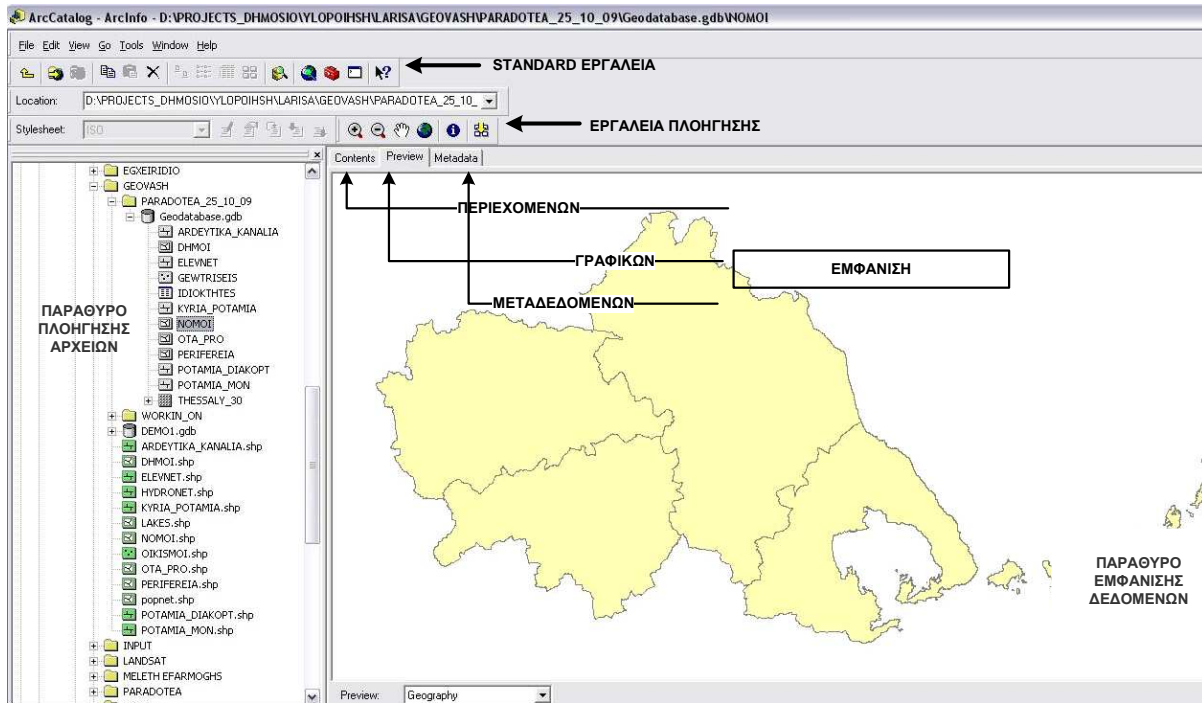
Μέσω του **ArcCatalog** ο χρήστης μπορεί να:

- Δημιουργεί νέα δεδομένα
- Μετακινεί τα γεωγραφικά δεδομένα (αντιγραφή – επικόλληση)
- Διαγράφει γεωγραφικά δεδομένα
- Μετονομάζει γεωγραφικά δεδομένα

Διερευνά τα γεωγραφικά δεδομένα σε επίπεδο προεπισκόπησης (preview), κ.α.

Η εκκίνηση του **ArcCatalog** γίνεται με κλικ στο εικονίδιο  (το οποίο υπάρχει και στην **Standard Εργαλειοθήκη** του **ArcMap**) και φυσικά, μέσα από το μενού “**Εναρξη**” του υπολογιστή

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το περιβάλλον του **ArcCatalog**.



Περιβάλλον ArcCatalog

Από το **Παράθυρο Πλοήγησης Αρχείων** ο χρήστης μπορεί να μεταβαίνει σε διαφορετικές τοποθεσίες του υπολογιστή και να διαχειρίζεται τα αρχεία με δεξί κλικ (copy, paste, delete, rename κλπ)

Στο **Παράθυρο Εμφάνισης Δεδομένων** πραγματοποιείται η εμφάνιση των γεωγραφικών δεδομένων που έχουν επιλεγεί στο **Παράθυρο Πλοήγησης Αρχείων** με τρεις τρόπους:

- **Contents:** Εμφάνιση των δεδομένων ως μικρογραφίες και των περιεχομένων των φακέλων (αν έχει επιλεγεί φάκελος) ως λίστα μικρογραφιών, στην οποία έχετε τη δυνατότητα να πραγματοποιείτε ενέργειες όπως copy, paste, delete, rename κλπ
- **Preview:** Εμφάνιση της γεωμετρίας (γραφικά) ή της περιγραφικής πληροφορίας (πίνακα) του επιλεγμένου επιπέδου. Στη διάθεσή σας έχετε τα βασικά **Εργαλεία Πλοήγησης** (μετακίνηση, εστίαση, κλπ). Τα εργαλεία αυτά είναι ίδια με τα αντίστοιχα της εφαρμογής **ArcMap**.
- **Metadata:** Εμφάνιση των μεταδεδομένων του επιλεγμένου επιπέδου

Τα αρχεία που διαχειρίζεται το **ArcGIS**, μέσω του **ArcCatalog** είναι:

■ **Shapefile**

Σχηματικό αρχείο. Περιέχει γεωμετρικά και περιγραφικά δεδομένα που μπορούν να τροποποιηθούν στο περιβάλλον του λογισμικού. Μπορεί να αφορά μόνο σημεία, μόνο γραμμές ή μόνο πολύγωνα

■ **ArcInfo Coverage**

Αρχεία Θεματικών Επιπέδων. Πρόκειται για βάση χωρικών δεδομένων στην οποία αποθηκεύεται γεωμετρική και περιγραφική πληροφορία. Μπορεί να

περιέχει γραμμές και πολύγωνα, σημεία και γραμμές αλλά όχι σημεία και πολύγωνα ταυτόχρονα.

■ Grids / Images

Αρχεία μορφής καννάβου (raster). Μπορεί να απεικονίζουν φαινόμενα συνεχή στο χώρο (Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους) ή να αφορούν δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες κλπ.

■ Geodatabase

Ειδική μορφή δεδομένων ειδικά σχεδιασμένη για το **ArcGIS**. Σε μια γεωβάση μπορούν να αποθηκεύονται αρχεία σημειακής, γραμμικής ή και πολυγωνικής τοπολογίας. Υπάρχουν τρία είδη γεωβάσεων ανάλογα με τους χρήστες, την αποθηκευτική ικανότητα κλπ.:

- Personal Geodatabase
- File Geodatabase
- ArcSDE Geodatabase

Εφαρμογή ArcMap




Το **ArcMap** είναι η εφαρμογή η οποία δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργεί χάρτες συνθέτοντας επίπεδα χωρικής πληροφορίας και να επιτελεί τις λειτουργίες διαχείρισης και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων τις οποίες προβλέπει η εκάστοτε έκδοση του λογισμικού.

Οι χάρτες (σύνθεση επιπέδων, συμβολισμοί, χρώματα, layout κλπ) που δημιουργούνται στο **ArcMap**, αποθηκεύονται σε αρχεία που έχουν επέκταση ονόματος **".mxd"**.

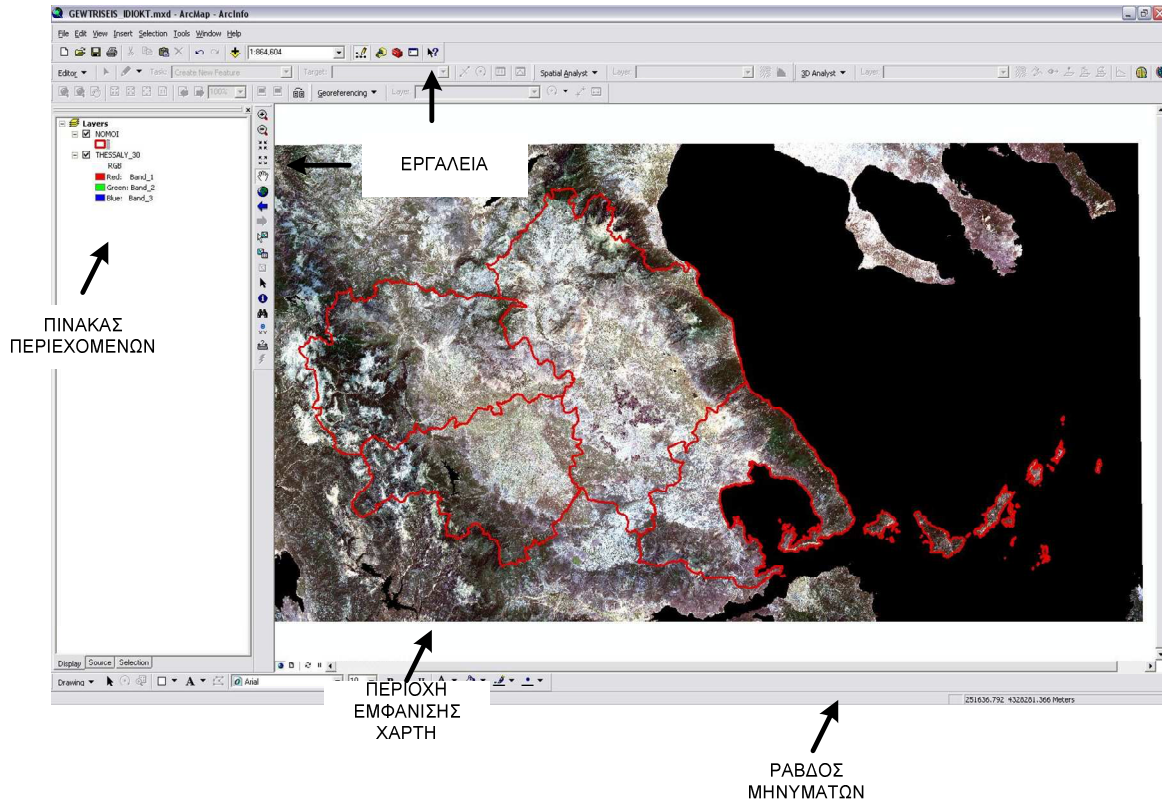


- ☑ Η εκκίνηση του **ArcMap** γίνεται με κλικ στο εικονίδιο (το οποίο υπάρχει και στην **Standard Εργαλειοθήκη** του **ArcCatalog**) και φυσικά, μέσα από το μενού “**Εναρξη**” του υπολογιστή.

- ☑ Το άνοιγμα ενός αποθηκευμένου χάρτη γίνεται με *διπλό κλικ* στο αντίστοιχο αρχείο (αρχείο **.mxd**) ή από την επιλογή “**Open**”  του μενού “**File**” του **ArcMap**.

Το περιβάλλον εργασίας του **ArcMap** αποτελείται από:

- ▶ τον **Πίνακα Περιεχομένων**, στον οποίο περιέχονται τα επίπεδα που έχει προσθέσει ο χρήστης
- ▶ την **Περιοχή Εμφάνισης Χάρτη**, στην οποία παρουσιάζονται τα επίπεδα, ανάλογα με τη σειρά επίθεσής τους και τον τρόπο συμβολισμού τους.
- ▶ τις **Εργαλειοθήκες**, οι οποίες παρέχουν στον χρήστη διάφορα εργαλεία τα οποία ενεργοποιούνται με απλό κλικ
- ▶ τη **Ράβδο Μηνυμάτων**, στην οποία εμφανίζονται διάφορα μηνύματα κατά την εκτέλεση των λειτουργιών, συντεταγμένες του χάρτη κλπ



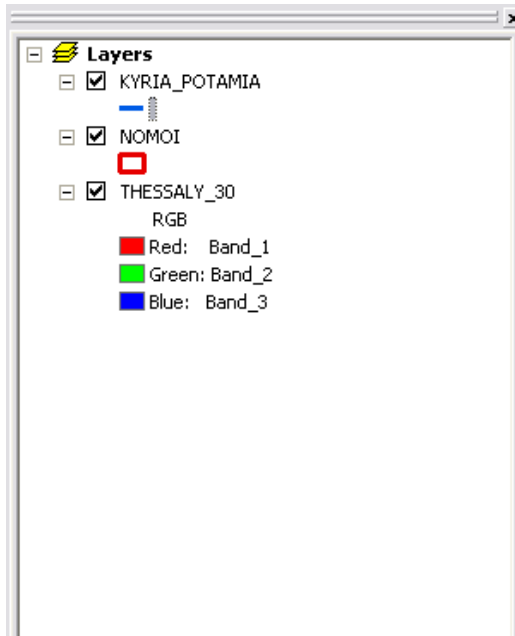
Περιβάλλον ArcMap

Πίνακας Περιεχομένων

Στον **Πίνακα Περιεχομένων** ο χρήστης μπορεί να:

- αναδιατάσσει τα επίπεδα με απλό *drag and drop*, ώστε να απεικονίζονται με την αντίστοιχη σειρά στην **Περιοχή Εμφάνισης Χάρτη**.
- ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί τα επίπεδα ανάλογα με το αν θέλει να εμφανίζονται ή όχι.
- ανοίγει το παράθυρο των ιδιοτήτων (**Properties**) του κάθε επιπέδου αυτού με **διπλό κλικ** στο όνομά του
- μεταβαίνει απευθείας στην καρτέλα "**Symbology**", όπου μπορεί να καθορίσει τον τρόπο εμφάνισής του κάθε επιπέδου με **απλό κλικ** στο σύμβολό του

Επίσης με δεξιά κλικ σε κάθε επίπεδο, εμφανίζεται λίστα ενεργειών όπως “**zoom to layer**”, “**properties**”, “**open attribute table**”, κ.α.

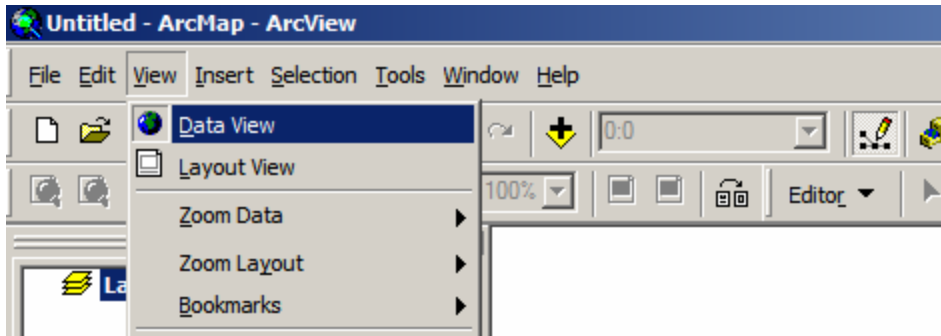


Πίνακας Περιεχομένων

Περιοχή Εμφάνισης Χάρτη

Υπάρχουν δύο τρόποι να βλέπει και να δουλεύει κανείς με έναν χάρτη:

- ▶ **Data View:** Σε αυτό το view ο χρήστης πραγματοποιεί όλες τις ενέργειες, από απλή πλοήγηση μέχρι επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων. Τίτλοι χαρτών, υπομνήματα, γραφικά κλίμακας δεν μπορούν να δημιουργηθούν και να εμφανιστούν.
- ▶ **Layout View:** Σε αυτό το view ο χρήστης μεταβαίνει για να προετοιμάσει τον χάρτη του για εκτύπωση. Εδώ μπορεί να ορίσει μέγεθος χαρτιού, να προσθέσει τίτλους, υπομνήματα, κλπ.



Εικόνα 1: Τρόποι επισκόπησης χάρτη







Βασικές Εργαλειοθήκες

Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των δύο βασικών εργαλειοθηκών της εφαρμογής.

➤ **Standard Εργαλειοθήκη**



Η εργαλειοθήκη αυτή περιλαμβάνει κάποια βασικά εργαλεία όπως:














- Εντολή “Undo”  και “Redo” 
- Προσθήκη επιπέδων (shapefile, coverage, grid) στον χάρτη 
- Ενεργοποίηση εργαλείων διαχείρισης δεδομένων (editing) 
- Εκκίνηση **ArcCatalog** 
- Εκκίνηση **ArcToolbox**  κ.α.

Επίσης, σε αυτή την εργαλειοθήκη εμφανίζεται και **η κλίμακα** του χάρτη, η οποία ενημερώνεται αυτόματα ανάλογα με το επίπεδο εστίασης (zoom).

➤ **Εργαλειοθήκη Πλοήγησης**

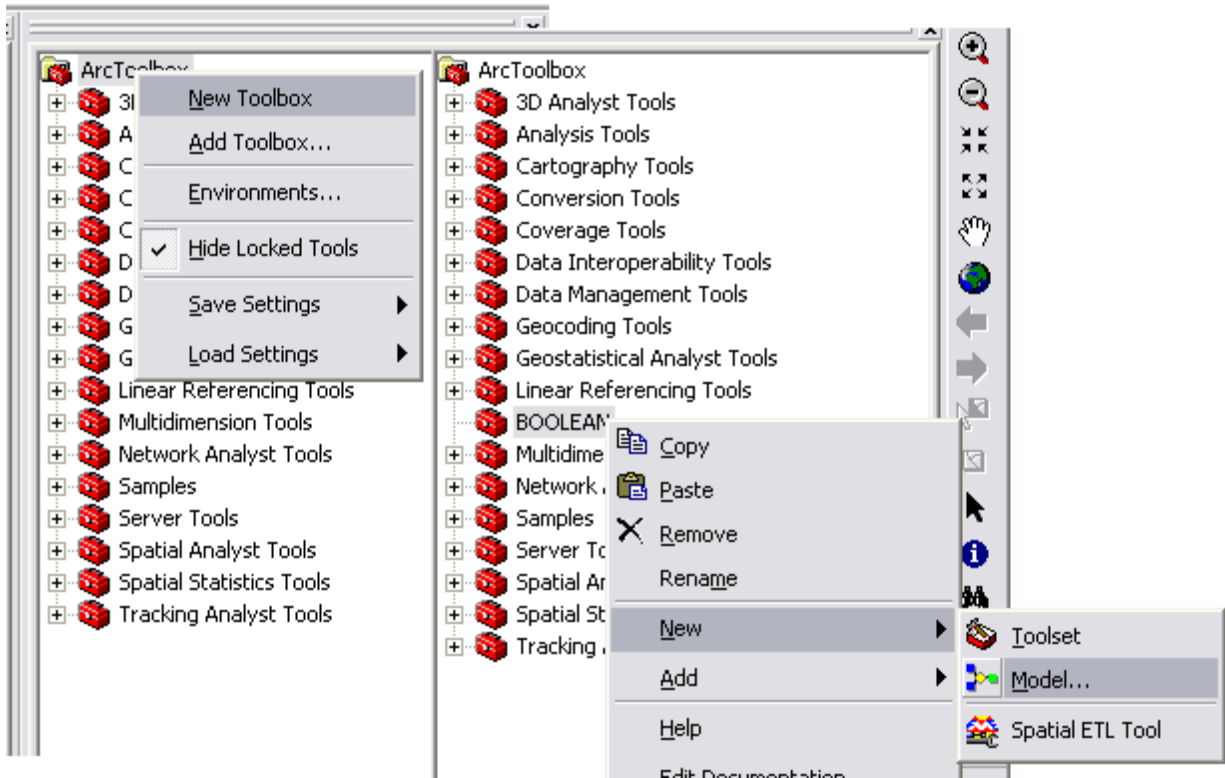


Η εργαλειοθήκη αυτή περιλαμβάνει τα εξής εργαλεία:

- Δημιουργία παραθύρου εστίασης 
- Δημιουργία παραθύρου σμίκρυνσης 
- Εστίαση 
- Σμίκρυνση 
- Ολίσθηση επί του χάρτη 
- Εμφάνιση ολόκληρου του χάρτη 
- Μετάβαση στο προηγούμενο  και επόμενο  επίπεδο εστίασης
- Επιλογή οντοτήτων του χάρτη (πχ σημεία, γραμμές, πολύγωνα) 
- Επιλογή στοιχείων του χάρτη 
- Εμφάνιση περιγραφικών ιδιοτήτων οντότητας 
- Εύρεση οντοτήτων 
- Μέτρηση αποστάσεων 

Εφαρμογή ArcToolbox

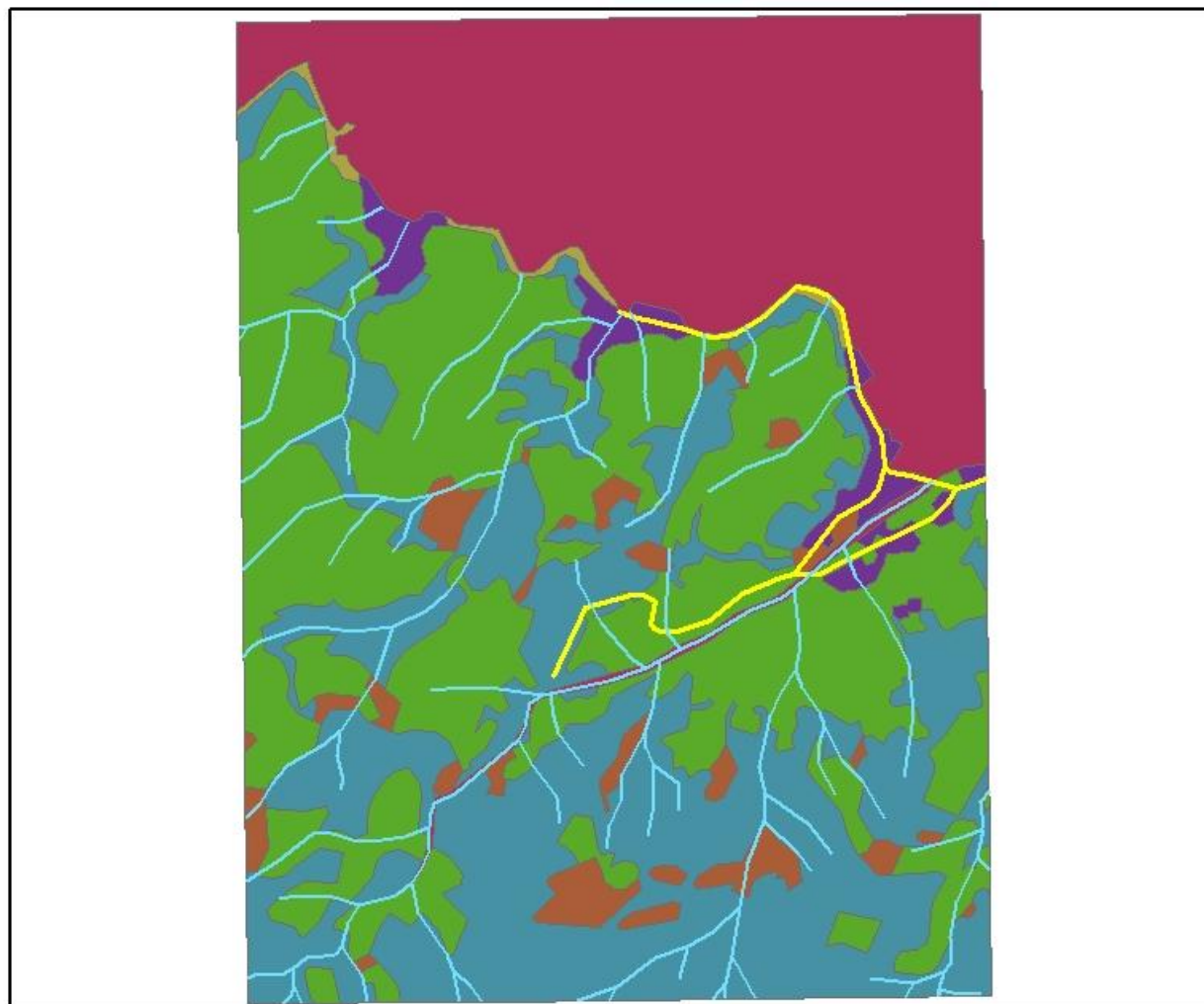
Το **ArcToolbox** είναι η τρίτη κυριότερη εφαρμογή του **ArcGIS**. Περιέχει διάφορα εργαλεία γεωεπεξεργασίας. Με την εφαρμογή αυτή, ο χρήστης έχει στη διάθεσή του πλήθος εξειδικευμένων εργαλείων για τη διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων. Τα εργαλεία βρίσκονται ομαδοποιημένα σε **εργαλειοθήκες (toolbox)**. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργεί και να αποθηκεύει τα δικά του εργαλεία είτε ως μοντέλα μέσω του **Model Builder**, είτε ως scripts.



Η εφαρμογή ArcToolBox

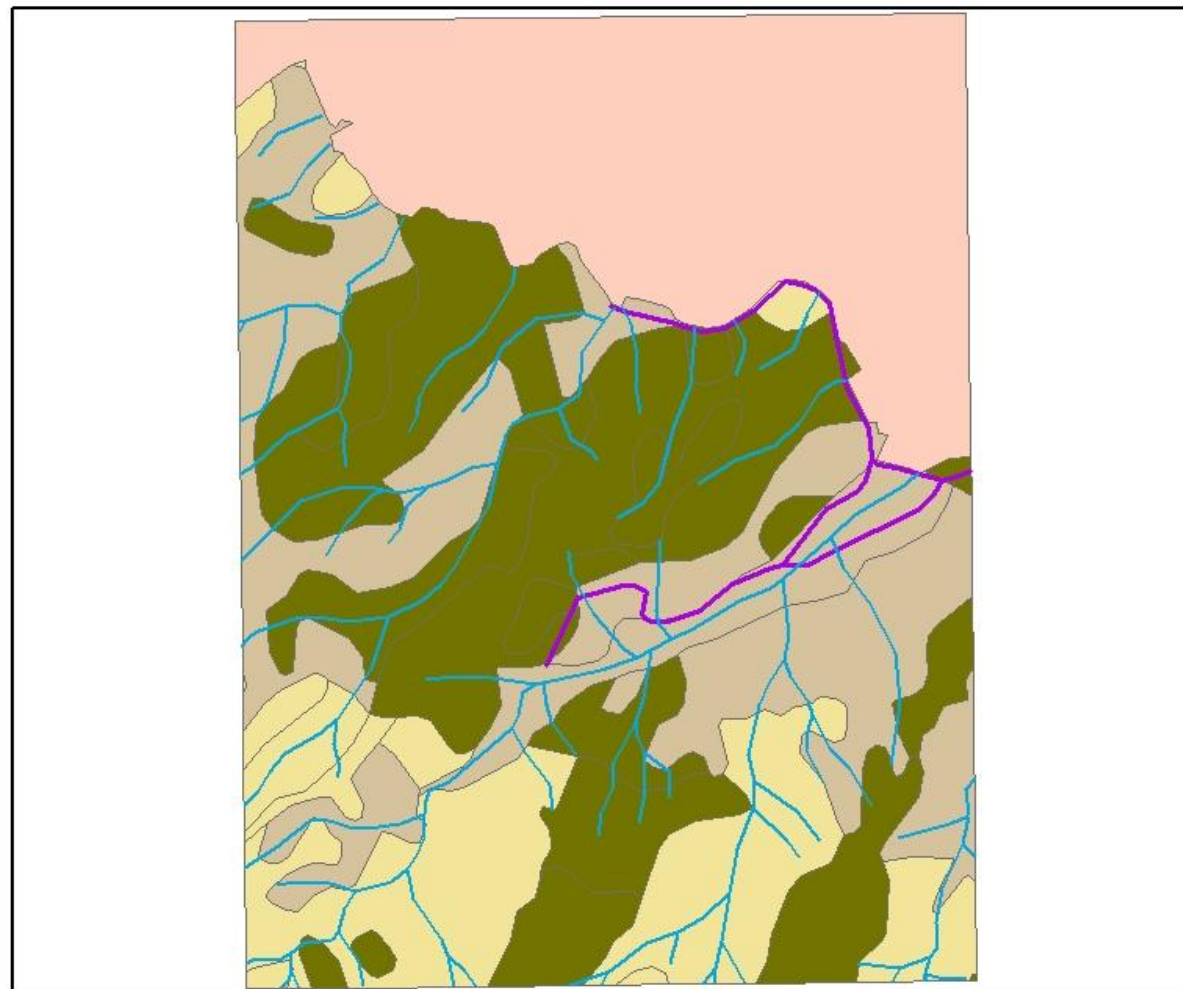
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΧΑΡΤΕΣ

ΧΑΡΤΗΣ 1α: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:17,000

ΧΑΡΤΗΣ 1β: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— ΠΟΤΑΜΟΙ

— ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

ΓΕΩΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

ΓΕΩΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

0

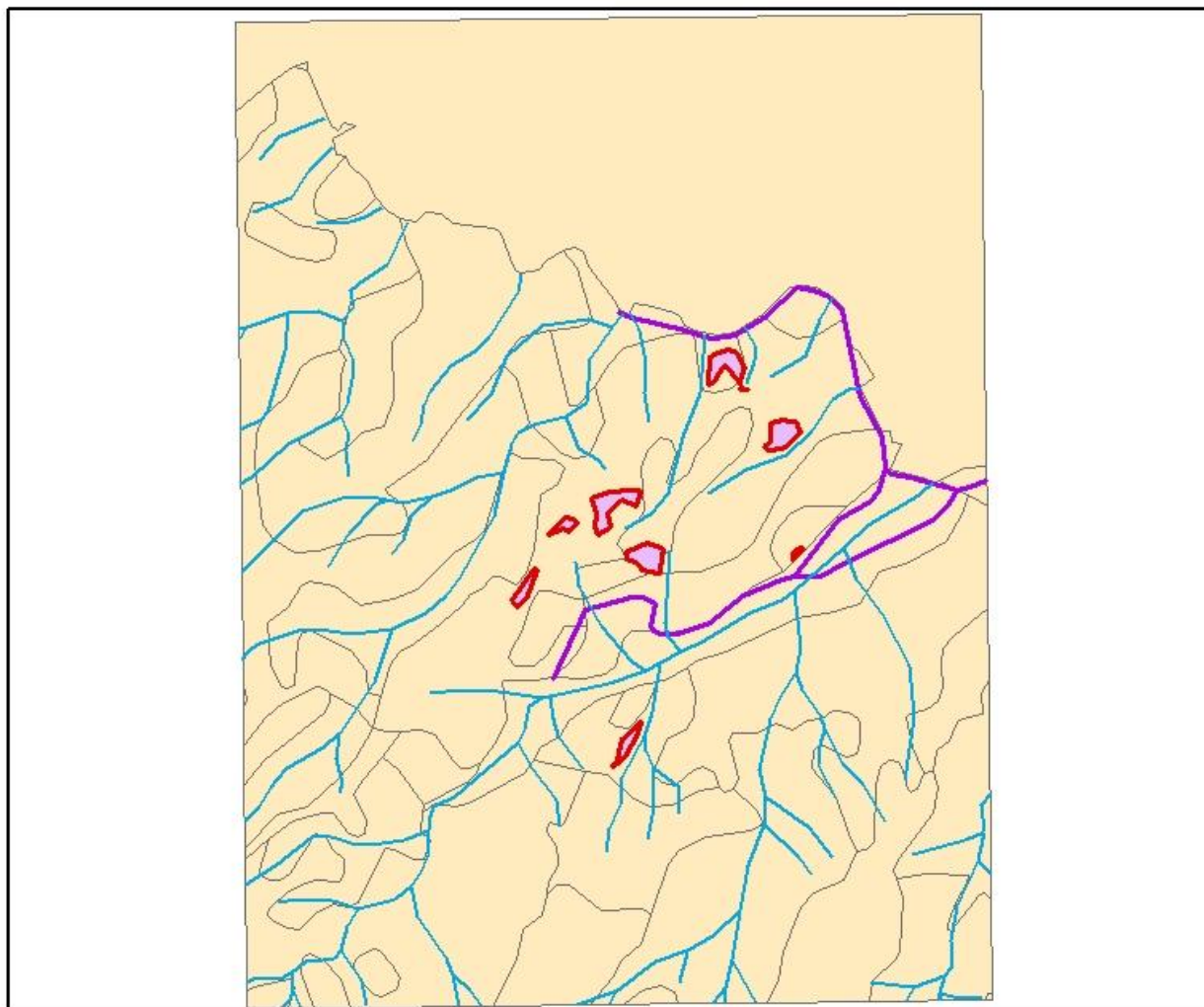
1

2

3

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:17,000

ΧΑΡΤΗΣ 2: ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

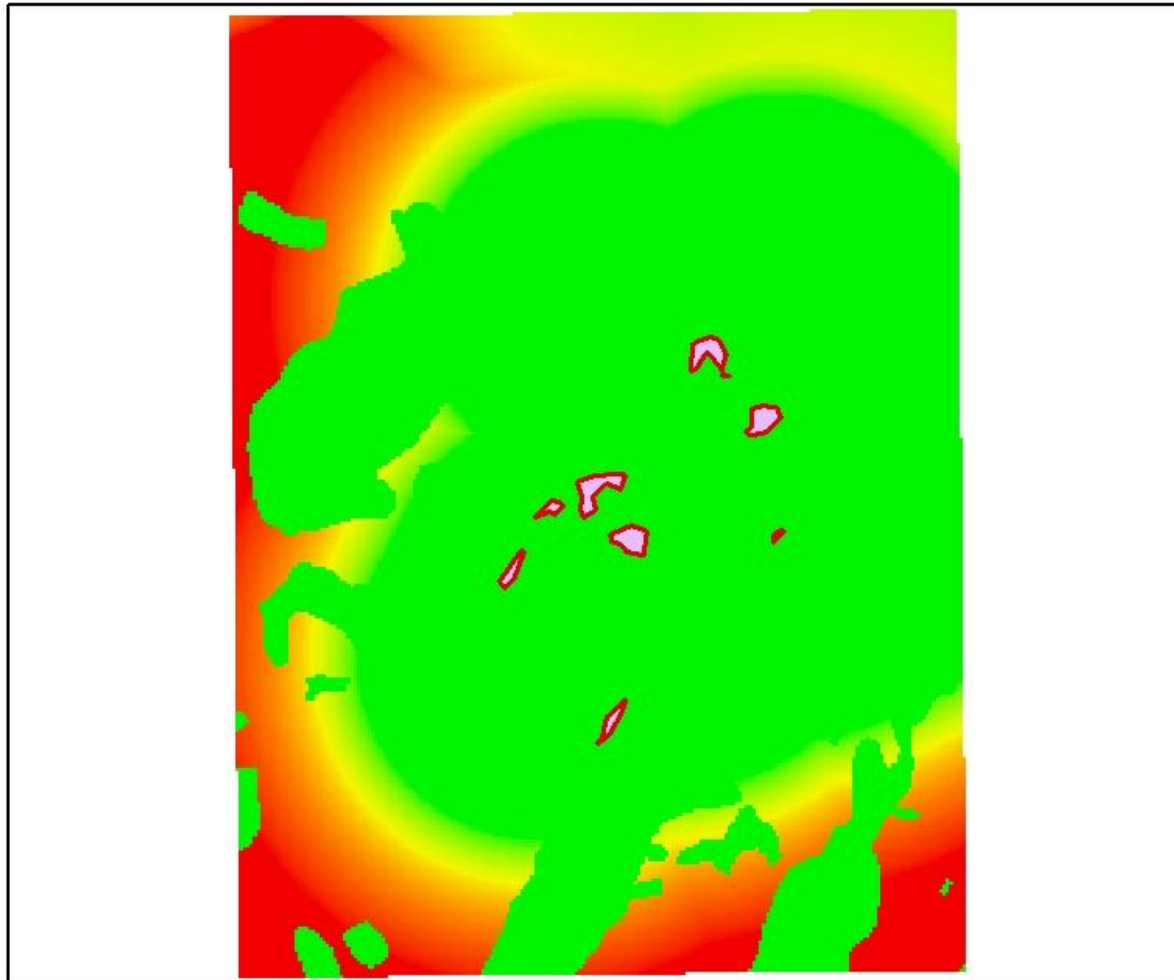


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΠΟΤΑΜΟΙ
- ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
- ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ

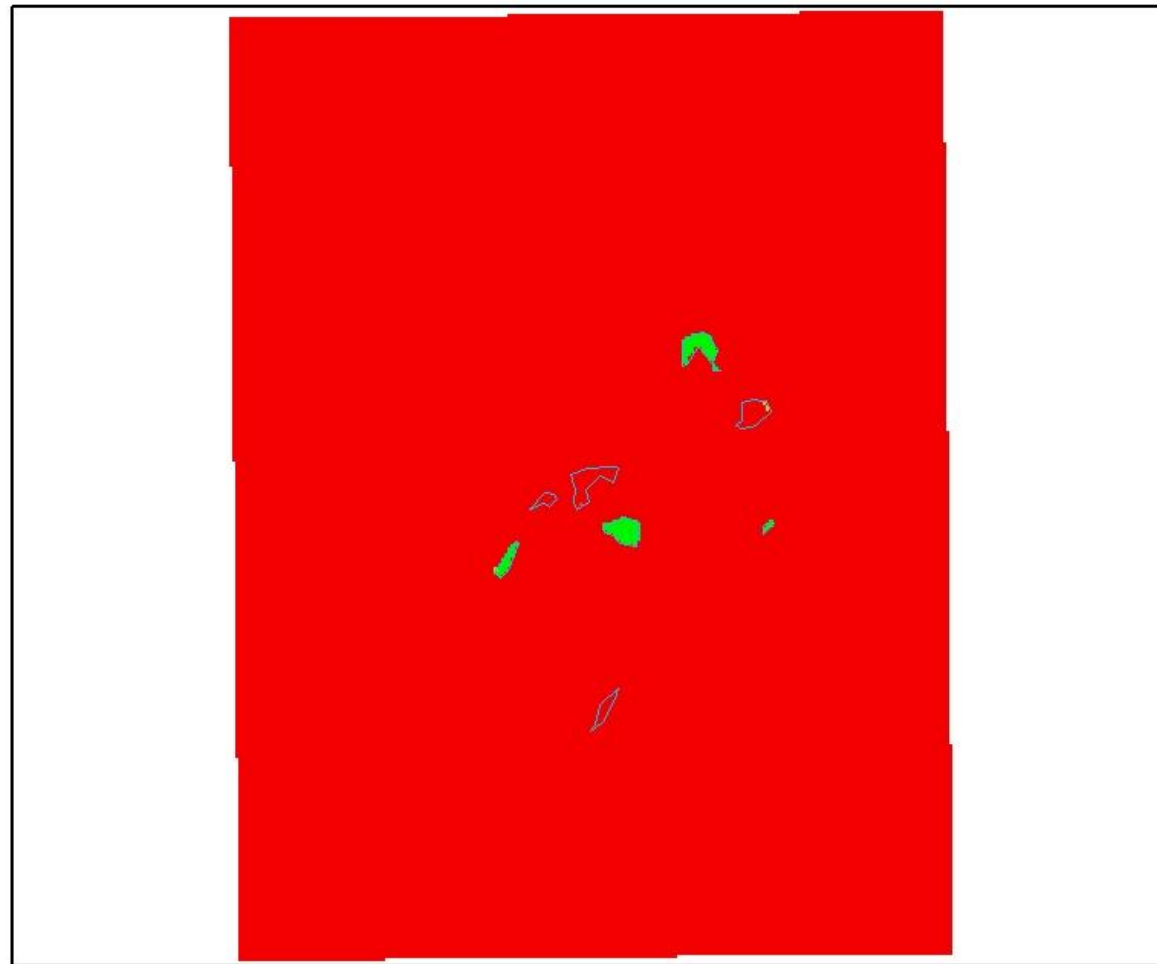
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:17,000

ΧΑΡΤΗΣ 3: ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ (ΛΥΣΗ Α)



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:17,000

ΧΑΡΤΗΣ 4: ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ (ΛΥΣΗ Β)



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:17,000