

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακή Διατριβή στα Πληροφοριακά και Επικοινωνιακά Συστήματα



**Χαρτογραφική Απεικόνιση Ασαφών Γεωγραφικών
Φαινομένων**

Βασίλης Τρίγκας

**Επιβλέπων Καθηγητής
Θανάσης Χατζηλάκος**

Δεκέμβριος 2014

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Χαρτογραφική Απεικόνιση Ασαφών Γεωγραφικών Φαινομένων

Βασίλης Τρίγκας

**Επιβλέπων Καθηγητής
Θανάσης Χατζηλάκος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
στα Πληροφοριακά Συστήματα

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Δεκέμβριος 2014

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μελέτη των μέχρι σήμερα διαθέσιμων τρόπων απεικόνισης ασαφών γεωγραφικών φαινομένων ώστε να εντοπιστεί εάν υπάρχει κενό με στόχο αυτό να καλυφθεί μέσα από προτάσεις για πιο λεπτομερή και ρεαλιστική απεικόνισή τους. Για να καταγραφεί με ποιο τρόπο αντιλαμβάνεται κανείς τη διαφορά μεταξύ σαφούς και ασαφούς απεικόνισης χρησιμοποιήθηκε ως περίπτωση μελέτης το Εθνικό Δασικό Πάρκο Τροόδους, του οποίου τα σαφή και ασαφή όρια αποτυπώθηκαν από 10 άτομα μέσα από μια διαδικασία πειράματος.

Επόμενο στάδιο υπήρξε ο εντοπισμός υπάρχοντων προγραμμάτων και η διερεύνηση των δυνατοτήτων τους στην απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων. Διαπιστώθηκε έτσι ο μικρός αριθμός διαθέσιμων λογισμικών, τα οποία επιπλέον έχουν περιορισμένες δυνατότητες παραμετροποίησης για την απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων.

Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο ομάδες προγραμμάτων. Στην πρώτη ομάδα, υλοποιήθηκαν προγράμματα στα οποία μελετήθηκε ο τρόπος απεικόνισης ασαφών φαινομένων, η εξέλιξη των οποίων μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικά. Τα προγράμματα της πρώτης ομάδας είχαν σαν σκοπό την σταδιακή αλλαγή χρώματος μεταξύ δύο χρωμάτων παρουσιάζοντας με αυτόν τον τρόπο την αλλαγή κατάστασης του φαινομένου. Αναπτύχθηκαν στο σύνολο τέσσερα προγράμματα με δίχρωμη απεικόνιση και με χρώμα από τον χρωματικό χώρο RGB για εύκολη μετατροπή του.

Στην δεύτερη ομάδα προγραμμάτων μελετήθηκε η ασάφεια που δημιουργεί η χρονική εναλλαγή δύο χρωμάτων. Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η ανθρώπινη αντίδραση στην χρονική εναλλαγή δύο χρωμάτων από αργές ταχύτητες μέχρι πιο γρήγορες, στις οποίες το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να αντιληφθεί τα δύο χρώματα αλλά μια μίξη τους. Ουσιαστικά δημιουργήθηκε η απεικόνιση μιας τρίτης δυναμικής κατάστασης μεταξύ των δύο χρωμάτων.

Για την ολοκλήρωση των προγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το ανοικτό λογισμικό / ελεύθερα διανεμημένο Processing για την δημιουργία απεικονίσεων ασαφών χαρτογραφικών φαινομένων. Η γλώσσα προγραμματισμού Processing (σε Javamode) μας έδωσε την

δυνατότητα να ελέγξουμε πλήρως την ασαφή απεικόνιση ενός ασαφούς γεωγραφικού φαινομένου. Ο κώδικας των προγραμμάτων είναι στη διάθεση οποιουδήποτε χρήστη (παρατίθεται στο Κεφάλαιο 3 αλλά και σε διαδικτυακό τόπο για την ευκολότερη ανάκτησή του) για περαιτέρω ανάπτυξη ή ενσωμάτωση σε άλλα προγράμματα ή και μετατροπή του κώδικα.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, επιτεύχθηκε ο σκοπός που τέθηκε εξαρχής για καθορισμό εννοιών όπως ασαφή και σαφή όρια και η δημιουργία και διάθεση κώδικα για την χαρτογραφική απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων. Ο κώδικας αυτός καλύπτει ένα σημαντικό κενό που υπήρχε μέχρι πρότινος στην προσπάθεια λεπτομερούς και ρεαλιστικής απεικόνισης ασαφών φαινομένων.

Λέξεις κλειδιά: ασαφής απεικόνιση, χρωματική διαβάθμιση, χαρτογραφία.

Summary

The present thesis examines the available means of visualization of fuzzy geographic phenomena in order to identify possible limitations and to suggest ways to overcome these. In order to examine how the difference between fuzzy and non-fuzzy visualization is perceived the National Forest Park of Troodos was taken as a case-study. Through an experimental approach ten individuals were asked to sketch-out the fuzzy and non-fuzzy limits of the Park.

On the next stage existing programs and their ability to visualize fuzzy geographic phenomena were examined. Thus, the limited number of such programs was realized along with their inherent limitations for customization.

Therefore we proceeded with the creation of two groups of programs. In the first group we created programs for the study of the ways of visualization of fuzzy phenomena, whose growth can be calculated in mathematic terms. The first group of programs aimed to the gradual change of two colours thus presenting the change of condition of the phenomenon. Four such programs

were developed with bichrome visualization and with colours from the RGB color space for easy alteration.

With the second group of programs we were able to examine the fuzziness that time change between two colours creates. In the relevant experiment we studied human reaction to the time change of two colours from slower to faster speed, where the human eye cannot detect the two colours but a mixture of the two. In reality a visualization of a third dynamic condition between the two colours was created.

For the completion of the programs we used the Open source/ free distributed Processing. Processing (in Javamode) is a programming language that provided the ability to fully control the fuzzy visualization of a fuzzy geographic phenomenon. The code of the programs is available to any interested user (in Chapter 3 of the present thesis and also online) for further enhancement or incorporation to other programs or for its alteration.

With the completion of the present thesis the goals of the study were met namely the definition of the concepts of fuzzy and non-fuzzy and the creation of a code for the cartographic visualization of fuzzy geographic phenomena. This code represents an important addition to the effort to achieve detailed and realistic visualizations of fuzzy phenomena.

Keywords: fuzzy visualization, colour gradation, cartography.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ όλους όσους με επηρέασαν και με ενέπνευσαν με έμμεσο ή άμεσο τρόπο στο να καταφέρω να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές σπουδές μου. Κατά κύριο λόγο, και με συναισθηματική σειρά, ευχαριστώ τη μητέρα μου Ηδύλη Σοφούλη, που μου έμαθε να επιμένω, την αδερφή μου Ασπασία Τρίγκα, που με δίδαξε με την στάση ζωής της να παλεύω και την γλυκιά μου γυναίκα Άννα Σατράκη για την υπομονή της και τις γνώσεις της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την φίλη Άννα Μαυρουδή για την βοήθειά της σε επιμέρους κομμάτια της διπλωματικής μου και ιδιαίτερα τον φίλο Γρηγόρη Χρυσάνθου, που με τις γνώσεις του στην πληροφορική με βοήθησε να ολοκληρώσω ένα μεγάλο μέρος των προγραμμάτων της παρούσας εργασίας. Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Θανάση Χατζηλάκο για όσα μου προσέφερε στην εξέλιξη και ολοκλήρωση της διπλωματικής μου.

Αφιερωμένο στη θύμησή του Πατέρα μου

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή.....	1
1 Απεικόνιση ασαφών φαινομένων στη χαρτογραφία.....	1
1.2 Το πρόβλημα και ο σκοπός της εργασίας.....	2
1.2.1. Παραδείγματα ασαφών χωρικών φαινομένων.....	3
1.2.2 Προτεινόμενες λύσεις.....	8
1.2.3 Η συμβολή της παρούσας εργασίας στην έρευνα.....	8
1.3 Ασαφής λογική.....	9
Κεφάλαιο 2^ο - Βιβλιογραφική Αναφορά (ανασκόπηση).....	11
2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση και επιλογή άρθρων.....	11
2.2 Χαρτογραφία.....	12
2.3 Η μετάβαση από την παραδοσιακή χαρτογραφία στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	13
2.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	13
2.5 Ασαφής λογική και χαρτογραφία.....	14
2.5.1 Η ασαφής λογική και τα ασαφή σύνολα στη χαρτογραφία.....	15
2.6 Ασαφή όρια - Fuzzy boundaries.....	17
2.6.1 Επιλογή ορίων (Όρια στη χωρική ανάλυση).....	17
2.7 Μέθοδοι εντοπισμού (ασαφών) ορίων.....	19
2.8 Λογισμικό εντοπισμού ασαφών ορίων.....	20
2.9 Απεικόνιση (οπτικοποίηση).....	20
2.9.1 Ορισμός της απεικόνισης.....	21
2.9.2 Στοιχεία της απεικόνισης.....	22
2.9.3 Γεωγραφική απεικόνιση.....	23
2.9.4 Απεικόνιση και χαρτογραφία.....	24
2.10 Η απεικόνιση στη χαρτογραφία.....	24
2.10.1 Η Ιστορία της απεικόνισης στο πλαίσιο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.....	25
2.10.2 Γεωαπεικόνιση.....	26

2.11 Χρώμα.....	26
2.12 Χρωματική αναπαράσταση.....	29
2.13 Χρωματική διαβάθμιση στη χαρτογραφία.....	30
2.14 Color Brewer.....	31
2.15 Προβλήματα στη χρωματική απεικόνιση.....	32
2.16 Το Χρώμα στη χαρτογραφία.....	33
2.17 Η φύση του χρώματος.....	34
Κεφάλαιο 3^ο – Μελέτη Περίπτωσης.....	36
3.1 Πειραματική αναπαράσταση της ασαφούς γεωγραφικής απεικόνισης.....	36
3.1 Στόχος.....	36
3.1.1 Περιγραφή του πειράματος.....	38
3.1.2 Αποτελέσματα πειράματος.....	40
3.2 Ανάπτυξη λογισμικών για την ασαφή απεικόνιση.....	40
3.3 Τεχνολογίες και εργαλεία.....	41
3.3.1 Λογισμικό.....	41
3.3.2 Γιατί το Processing.....	42
3.4 Δημιουργία λογισμικού απεικόνισης.....	43
3.4.1 Γραμμική διαβάθμιση.....	44
3.4.2 Διαβάθμιση στη δύναμη του 2.....	44
3.4.3 Διαβάθμιση στη δύναμη του 3.....	45
3.4.4 Χρωματική γραμμική χρωματική διαβάθμιση.....	46
3.4.5 Κυκλική γραμμική διαβάθμιση.....	47
3.4.6 Χρωματική κυκλική γραμμική διαβάθμιση.....	48
3.4.7 Διαβάθμιση κύκλου στη δύναμη του 2.....	49
3.4.8 Διαβάθμιση κύκλου στη δύναμη του 3.....	50
3.4.9 Γραμμική διαβάθμιση (με χρήση μεταβλητών).....	50
3.4.10 Διαβάθμιση στο τετράγωνο.....	51
3.4.11 Μεταβαλλόμενη διαβάθμιση.....	52
3.4.12 Ανάγνωση τιμών από αρχείο κειμένου.....	57
3.4.13 Χρωματική διαβάθμιση σε σχήμα (με χρήση μεταβλητών).....	58
3.4.14 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή.....	60

3.4.15 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή.....	61
3.4.16 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή.....	61
Κεφάλαιο 4^ο – Αποτελέσματα - συζήτηση – συμπεράσματα.....	64
4.1 Αποτελέσματα - συζήτηση – συμπεράσματα.....	64
4.2 Προοπτικές για μελλοντική έρευνα.....	67
Βιβλιογραφία.....	68
Παράρτημα Α - Χρωματικές διαβαθμίσεις χαρτογραφικών φαινομένων – Παραδείγματα.....	73
Παράρτημα Β - Σχέδια πειράματος ασάφειας.....	76



Εικόνα 1: Απεικόνιση όλων των χρωμάτων από μια φορά μόνο

(Πηγή: <http://codegolf.stackexchange.com/a/22326/18691>)

Κεφάλαιο 1ο

Εισαγωγή

1.1 Απεικόνιση ασαφών φαινομένων στη χαρτογραφία

Στο λεξικό όρων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών της ESRI (Environmental Systems Research Institute), ως ασαφή όρια περιγράφονται «τα όρια που έχουν μια ασαφή ή απροσδιόριστη τοποθεσία, και είναι μια σταδιακή μετάβαση ανάμεσα σε δύο τουλάχιστον ζώνες» (Wade & Sommer, 2006). Η απεικόνιση ασαφών ορίων στην χαρτογραφία είναι το πρόβλημα που απασχολεί την παρούσα διπλωματική. Η επιλογή και η εύρεση των ορίων με ασάφεια είναι ένα μαθηματικό και χωρικό (γεωγραφικό) πρόβλημα, το οποίο μέχρι πριν από μερικά χρόνια αντιμετωπιζόταν με έναν ιδιαίτερα προβληματικό και μη ορθό τρόπο (Fisher, 1996; Jiang, 1998; Wang & Hall, 1996). Η απεικόνιση ασαφών ορίων μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 και σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι και σήμερα, γίνεται με τη χρήση σαφών ορίων, το οποίο αποτελεί μια λανθασμένη τακτική απεικόνισης (Jiang, 1998), παρουσιάζοντας με απόλυτο τρόπο τα όρια σε περιπτώσεις που δεν θα μπορούσαν να ισχύουν. Τα λογισμικά που μπορεί να κάνουν ασαφή χαρτογραφική απεικόνιση είναι πολύ λίγα ως ελάχιστα. Αλλά ακόμα και σε αυτά, οι δυνατότητες και η ευελιξία τους στην απεικόνιση ασαφούς χαρτογραφικής απεικόνισης είναι περιορισμένες. Αυτός ο περιορισμός είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που καθοδηγεί τους χρήστες σε τακτικές σαφούς οριοθέτησης χαρτογραφικών ασαφών φαινομένων.

1.2 Το πρόβλημα και ο σκοπός της εργασίας

Αν και η ασάφεια στην χαρτογραφία και στην απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων έχει μελετηθεί εδώ και σχεδόν δύο δεκαετίες (Yao & Jiang, 2005; Jiang, 1998; Burrough & Frank, 1996) υπάρχει ένα κενό στην χρήση όσο αφορά το λογισμικό που χρησιμοποιείται για αυτόν τον σκοπό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η απεικόνιση των ασαφών Γεωγραφικών φαινομένων. Επικεντρώθηκε σε διαφορετικές προσεγγίσεις της ασαφούς απεικόνισης γεωγραφικών φαινομένων με διαφορετική εξέλιξη είτε γραμμική είτε εκθετική και προτάθηκαν λύσεις για τα κενά στην ασαφή απεικόνιση γεωγραφικών φαινομένων.

Ένα από τα πειράματα που έγιναν ήταν η προσπάθεια εντοπισμού της αριθμητικής διαφοράς μεταξύ της σαφούς και ασαφούς οριοθέτησης. Εκτελέστηκαν μια σειρά πειραμάτων και έγινε σύγκριση των αποκλιόντων ποσοστών μεταξύ τους. Το πείραμα ήταν η οριοθέτηση δυο περιοχών, η μια με σαφή όρια και μια άλλη που προκαλούσε ασάφεια στην θέασή της.

Για την καλύτερη μελέτη και απεικόνιση της ασάφειας, δημιουργήθηκαν μικρά προγράμματα. Μελετήθηκε η συμπεριφορά της κάθε απεικόνισης με χρήση των προγραμμάτων. Λόγω του ότι ο κώδικας των προγραμμάτων είναι διαθέσιμος για οποιαδήποτε μετατροπή, υπάρχει η δυνατότητα της άμεσης επέμβασης στον κώδικα, την οποία μπορεί κανείς να μετατρέψει κατάλληλα όπως και τη ασαφή απεικόνιση των φαινομένων.

Μια σημαντική παράμετρος η οποία μας απασχόλησε στην παρούσα εργασία, είναι η χρήση του χρώματος στην ασαφή απεικόνιση των γεωγραφικών φαινομένων. Το χρώμα έχει άμεση σχέση με την αντίληψη της ασάφειας, καθώς η λανθασμένη χρήση του χρώματος είναι πιθανό να δημιουργήσει λανθασμένες ή ελλιπείς εντυπώσεις στην απεικόνιση.

Με την δημιουργία των προγραμμάτων διευκολύνεται η κατανόηση φαινομένων ασάφειας στην χαρτογραφία. Ως γνωστό, η χαρτογραφία είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων και τα προγράμματα αυτά μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στην απεικόνιση δεδομένων με έναν πιο ολοκληρωμένο και σωστό τρόπο με αποτέλεσμα την καλύτερη αντίληψη των φαινομένων και κατ' επέκταση την καλύτερη λήψη αποφάσεων.

Η εφαρμογή των παραπάνω προγραμμάτων θα μπορούσε να γίνει σε ένα εύρος φαινομένων. Για καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και της εφαρμογής του εντοπισμού των ασαφών ορίων, παρατίθενται παρακάτω μερικά παραδείγματα.

1.2.1 Παραδείγματα ασαφών χωρικών φαινομένων

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε και σε μια σειρά πειραμάτων είναι ο καθορισμός των ορίων ενός δάσους. Τα όρια σε αυτήν την περίπτωση δεν μπορεί να είναι σαφή, εκτός της περίπτωσης του περιφραγμένου και ελεγχόμενου χώρου, όπως για παράδειγμα οι περιοχές πάρκων. Άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα, τα οποία καταδεικνύουν το μεγάλο εύρος των εφαρμογών είναι:

1. Ρύπανση (Ατμοσφαιρική ρύπανση, θαλάσσια ρύπανση κ.ά.)

Σύμφωνα με την οδηγία 96/61 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ρύπος είναι κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του. Υπάρχουν πολλών ειδών ρύποι, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε ξένες ουσίες / ενέργειες ή φυσικώς απαντώμενοι μολυντές (Helfand et al., 2003), μπορούν να έχουν τη μορφή χημικών ουσιών ή ενέργειας (όπως ο θόρυβος, η θερμότητα ή το φως) και προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση, ηχορύπανση, θαλάσσια ρύπανση κ.ά.

Με τον όρο, λοιπόν, ρύπανση εννοούμε την είσοδο ρύπων στο φυσικό περιβάλλον με τρόπο ώστε να προκαλείται δυσμενής αλλαγή σε αυτό. Η εξάπλωση της ρύπανσης γίνεται από την πηγή προς αντίθετες φορές και αναλόγως των συνθηκών που επικρατούν.

Μέσα από την ασαφή απεικόνιση μπορεί να απεικονιστεί η πραγματική έκταση της μόλυνσης και η περιοχή στην οποία η μόλυνση υπάρχει απόλυτα και μειώνεται σταδιακά η χρωματική της απόχρωση μέχρι να καταλήξει στην περιοχή που δεν υπάρχει καθόλου μόλυνση (Schneider, 2014).

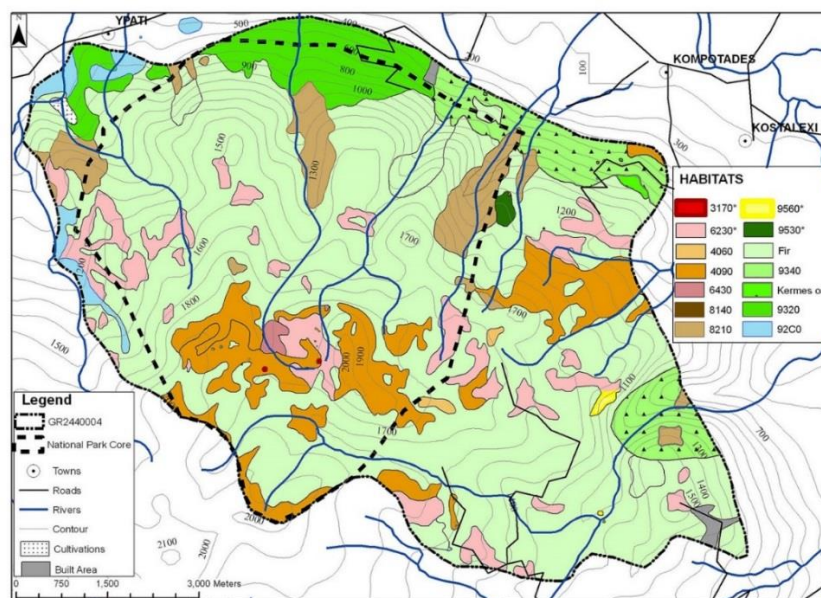
2. Όρια ενδιαίτηματος ή οικοσυστήματος (Habitat)

Ως ενδιαίτημα ορίζεται η οικολογική ή περιβαλλοντική περιοχή η οποία κατοικείται από ένα συγκεκριμένο είδος ζώων ή φυτών ή άλλο τύπο οργανισμού (Emberlin, 2002).

Μέσω υπολογισμού και λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς που μπορεί να ισχύουν στο συγκεκριμένο ενδιαίτημα, όσο απομακρύνεται κανείς από το «κέντρο» του οικοτύπου τόσο μειώνεται η επίδρασή του στο χώρο.

Η επιφάνεια που είναι το οικοσύστημα και η περιοχή που δεν είναι το οικοσύστημα είναι σαφής. Η ενδιάμεση περιοχή, η οποία αποτελεί και το όρια μεταξύ των δύο περιοχών, είναι ασαφής. Άρα με την χρήση της ασαφούς απεικόνισης μπορεί να απεικονιστεί με τρόπο ρεαλιστικό και κατανοητό η σταδιακή μετάβαση από την μια περιοχή στην άλλη. Αυτό μπορεί να γίνει αλλάζοντας σταδιακά την χρωματική απόχρωση από το χρώμα της μιας περιοχής στο χρώμα της άλλης.

Στην συνέχεια παραθέτω ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χάρτη καθορισμού ορίων των οικοτόπων προτεραιότητας στο όρος Καλλίδρομο (Μεσογειακά εποχικά λιμνία (3170*), τα δάση *Pinus nigra* (9530*) και τα λιβάδια *Festuco-Brometalia* (6210*)) (Εικόνα 1). Ο χάρτης είναι αποτέλεσμα δράσης του προγράμματος «Διατήρηση των δασών και δασικών ανοιγμάτων προτεραιότητας στον Εθνικό Δρυμό Οίτης και στο Όρος Καλλίδρομο της Στερεάς Ελλάδας».



Εικόνα 2: Χαρτογράφηση των οικοτόπων προτεραιότητας (3170*) (6230*) (9530*) και (9560*)

3. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μια βασική έννοια της φυσικής, η οποία σχετίζεται με την έννοια της ενέργειας και πολλά φαινόμενα που είναι γνωστά ως θερμικά φαινόμενα, όπως ο βρασμός και η

τήξη. Επίσης η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας η οποία μεταφέρεται από το ένα θερμότερο σώμα σε ένα ψυχρότερο (Κουζούδης, 2011).

Εμπειρικά ξέρουμε ότι η θερμότητα όσο απομακρύνεται από την πηγή μειώνεται. Σε άλλη περίπτωση εξαπλώνεται ή μεταδίδεται.

Από την πηγή της θερμότητας μέχρι το σημείο όπου εξασθενεί τελείως η θερμοκρασία, παρατηρούνται ενδιάμεσες τιμές θερμότητας. Αυτή η ενδιάμεση κατάσταση είναι ασαφής και άρα μπορεί να απεικονιστεί μόνο με την ασαφή απεικόνιση, δίνοντας, έτσι, σε αυτόν που παρατηρεί το φαινόμενο τη δυνατότητα να αντιληφθεί πλήρως την μεταφορά της θερμότητας ή την εξασθένησή της.

4. Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία είναι η ενέργεια που προέρχεται από μια πηγή και ταξιδεύει μέσα από κάποιο υλικό ή μέσα στο χώρο. Το φως, η θερμότητα και ο ήχος είναι είδη ακτινοβολίας (US EPA, 2006). Η ακτινοβολία είναι ένα ακόμα παράδειγμα παρόμοιο με την θερμοκρασία, καθώς και η θερμοκρασία είναι μια μορφή ακτινοβολίας.

Όπως και με το παράδειγμα της θερμοκρασίας, η απεικόνιση της ακτινοβολίας θα μπορούσε να μας δείξει την εξέλιξή της ή την έκτασή της με χρήση ασαφούς απεικόνισης.

5. Ήχος

Ο ήχος στη φυσική είναι μια δόνηση που διαδίδεται ως ένα τυπικό ηχητικό κύμα μηχανικής πίεσης και μετατόπισης, μέσω ενός μέσου όπως ο αέρας ή το νερό. Στη φυσιολογία και την ψυχολογία, ο ήχος είναι η λήψη των κυμάτων και η αντίληψή τους από τον εγκέφαλο (Rayleigh, 1877).

Ο ήχος μεταδίδεται σε «κύματα» από μια πηγή. Όταν ο ήχος απομακρύνεται από την πηγή, αλλάζει η συμπεριφορά του. Η εναλλαγές της συμπεριφοράς των κυμάτων του ήχου δεν μπορούν απεικονιστούν με σαφή τρόπο. Η ενδιάμεση κατάσταση από την πηγή μέχρι το σημείο της απόλυτης εξασθένησης του ήχου, θα μπορούσε να απεικονιστεί με ασαφή απεικόνιση.

6. Φυσικά φαινόμενα

Με τον όρο «φυσικά φαινόμενα», ο οποίος είναι όρος της φυσικής, προσδιορίζονται οι οποιοσδήποτε μεταβολές στη φυσική ιδιότητα ενός σώματος υπό οποιοσδήποτε συνθήκες. Με την ευρύτερη τους έννοια είναι τα γενικότερα φαινόμενα που εξετάζουν οι Γεωεπιστήμες. Ανάλογα με τον χώρο στον οποία λαμβάνουν χώρα διαχωρίζονται σε **γεωλογικά, μετεωρολογικά** και **ωκεανογραφικά**. Παραδείγματα φυσικών φαινομένων είναι η βροχόπτωση, η χαλαζόπτωση κ.ά. (Magnenat-Thalmann & Thalmann, 1987)

Τα φυσικά φαινόμενα έχουν κάποια χαρακτηριστικά όπως η ένταση, η ταχύτητα, η ενέργεια κ.ά., των οποίων η απεικόνιση δεν θα μπορούσε να είναι σαφής. Για παράδειγμα, μόνο με ασάφεια μπορεί να απεικονιστούν τα σεισμικά κύματα ενός σεισμού, τα οποία ξεκινούν από το επίκεντρό του και εξαπλώνονται μεταφέροντας την ενέργεια του σεισμού. Ειδικά στο παράδειγμα αυτό, από την εστία του σεισμού και μέχρι την απόσταση που θα εξασθενήσει σημαντικά ο σεισμός, η σταδιακή χρωματική αλλαγή θα μπορούσε να δείξει σε σημαντικό βαθμό την εξασθένιση των επιπτώσεων στην επιφάνεια της γης.

7. Επικινδυνότητα

Σαν επικινδυνότητα αναφέρεται η ιδιότητα εκείνου που είναι επικίνδυνος. Η επικινδυνότητα στις επιστήμες είναι ένας δείκτης ο οποίος περιλαμβάνει άλλους επί μέρους έννοιες όπως η εγκληματικότητα, η σεισμικότητα, ο δείκτης επικινδυνότητας πυρκαγιάς κ.ά. μιας περιοχής (Εικόνα 3). Ουσιαστικά αναφέρεται στην πιθανότητα και το ποσοστό αυτής να συμβεί ένα ακραίο συμβάν ή μια επικίνδυνη κατάσταση, η οποία θα θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ακεραιότητα και τον περιβάλλοντα χώρο του ανθρώπου ή θα έχει σοβαρές επιπτώσεις σε αυτόν.

Ο διαχωρισμός μιας περιοχής που είναι εκτεθειμένη σε μια μορφή κινδύνου με σαφή όρια δεν είναι ακριβής. Χρειάζεται η ασαφής απεικόνιση για να αποτυπωθεί η διαβάθμιση από το κέντρο του κινδύνου προς ασφαλέστερες περιοχές με την σταδιακή μείωση της χρωματικής της διαβάθμισης.



Εικόνα 3: Ο νέος χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Πηγή: εφημερίδα Τα Νέα

Τα παραδείγματα που παρατέθηκαν ήταν ενδεικτικά για να δοθεί η δυνατότητα να κατανοηθεί πού μπορεί να εφαρμοστεί η ασαφής απεικόνιση. Προφανώς η συγκεκριμένη τακτική απεικόνισης δεν καλύπτει πλήρως τις δυνατότητες απεικόνισης ενός φαινομένου αλλά σε μεγάλο βαθμό είναι πιο αποδοτική από την κλασική δίτιμη απεικόνιση. Τα σαφή όρια στα προαναφερθέντα φαινόμενα θα ήταν περιοριστικά και θα έδιναν λάθος εντύπωση σε σχέση με την πραγματικότητα.

1.2.2 Προτεινόμενες λύσεις

Η λανθασμένη και με περιορισμούς χρήση της ασαφούς απεικόνισης χαρτογραφικών φαινομένων μπορεί να δημιουργήσει εσφαλμένες εντυπώσεις. Η παρούσα εργασία προσπαθεί να μελετήσει και να προτείνει κάποιες λύσεις για την ορθότερη χρήση της ασαφούς απεικόνισης χαρτογραφικών ασαφών φαινομένων. Για τον καλύτερο έλεγχο της απεικόνισης προτείνεται η δημιουργία και εφαρμογή μικρών λογισμικών, τα οποία στοχεύουν στην απεικόνιση χρωματικής διαβάθμισης. Ο κώδικας θα ανταποκρίνεται στις συνθήκες και τους περιορισμούς αυτού του εγχειρήματος και θα είναι πλήρως παραμετροποιήσιμος.

Η χρήση ανοικτών λογισμικών και γλώσσας προγραμματισμού που να καλύπτει τις ιδιαίτερες ανάγκες των προγραμμάτων αυτών, είναι πρωτεύουσας σημασίας και προτείνεται από την παρούσα εργασία. Επίσης, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια γλώσσα η οποία θα είναι ευρέως

γνωστή για την εύκολη κατανόησή της αλλά και για να διασφαλίζεται η μεταφορά των προγραμμάτων και σε άλλες γλώσσες. Με την χρήση των προγραμμάτων αυτών, θα αντιμετωπιστούν κάποια από τα προβλήματα στην κατανόηση των παραμέτρων που επηρεάζουν μια απεικόνιση γεωχωρικών δεδομένων και αναλόγως θα εξεταστεί η ανταπόκριση στον τελικό χρήστη από τα «αποτελέσματα» (παραγόμενα παραδείγματα). Επίσης, μελετήθηκε η χρήση των χρωμάτων στην χαρτογραφική απεικόνιση ασαφών χαρτογραφικών φαινομένων για την αποφυγή κοινών και πολύπλοκων απεικονιστικών σφαλμάτων με χρήση του χρώματος.

1.2.3 Η συμβολή της παρούσας εργασία στην έρευνα

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης τη χαρτογραφική απεικόνιση της χωρικής ασάφειας. Στόχος είναι η μελέτη της καταλληλότητας απεικονίσεων σε γεωγραφικά φαινόμενα μέσω της δημιουργίας λογισμικών. Τα λογισμικά αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την βαθύτερη μελέτη και απεικόνιση των ασαφών γεωγραφικών φαινομένων και την μελέτη της ασαφούς εναλλαγής χρωμάτων. Η μέχρι τώρα μελέτη της απεικόνισης της ασαφούς λογικής στην χαρτογραφία έχει πολλούς περιορισμούς. Ειδικά τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για αυτόν το σκοπό δεν έχουν την δυνατότητα της παραμετροποίησης. Ο μόνος τρόπος που μας δίνει την δυνατότητα να παραμετροποιήσουμε την απεικόνιση και να αναπτύξουμε τις δυνατότητες της ασαφούς λογικής στην απεικόνιση είναι ο προγραμματισμός.

Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση λογισμικών και προτύπων ανοιχτού κώδικα για την καλύτερη διάχυση των αποτελεσμάτων και την πιο εύκολη αντιμετώπιση προβλημάτων στην δημιουργία των προγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά εξελίσσονταν γραμμικά ή εκθετικά και έχουν εφαρμογή σε σχήματα είτε σημειακά είτε πολυγώνου. Είναι μια προσέγγιση η οποία καλύπτει όλους τους δυνατούς τρόπους εξέλιξης ενός φαινομένου. Η χρωματική απεικόνιση ήταν μια προϋπόθεση για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων κάθε απεικόνισης.

Μια σημαντική παράμετρος είναι το χρώμα, το οποίο σπάνια αντιμετωπίζεται με την ορθότητα που του αναλογεί. Εντοπίστηκαν τα συνηθισμένα λάθη που παρατηρούνται στην επιλογή χρώματος και μελετήθηκαν. Πραγματοποιήθηκε επίσης η δημιουργία προγράμματος για τη μελέτη της χρονικής εναλλαγής δύο χρωμάτων και το πώς αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος αυτήν την εναλλαγή. Μια διαδικασία η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στην ασαφή απεικόνιση

χαρτογραφικών δεδομένων σε περίπτωση εναλλαγής φαινομένων, πιθανόν σε πραγματικό χρόνο και σίγουρα με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

1.3 Ασαφής λογική

Πολλά φαινόμενα έχουν έναν βαθμό ασάφειας ή αβεβαιότητας, η οποία δεν μπορεί να εκφραστεί με σαφή περιγραφή. Από την αρχική αναφορά στα ασαφή σύνολα (και κατ'επέκταση στην ασαφή λογική) από τον A. Zadeh το 1965 (Zadeh, 1965) έχουν αλλάξει πολλά. Η ασαφής λογική εφαρμόζεται στην καθημερινότητά μας. Πριν από την εμφάνιση της ασαφούς λογικής επικρατούσε η δίτιμη ή αριστοτέλεια ή κλασική λογική (Zadeh, 1996).

Στην παραδοσιακή (κλασική) λογική, μια δήλωση παίρνει μια τιμή είτε 0 είτε 1 (π.χ. μαύρο - άσπρο, αληθής - ψευδής κ.ο.κ.). Η λογική αυτή στα αγγλικά αναφέρεται ως Crisp, όρος ο οποίος ουσιαστικά σημαίνει διχοτόμηση (Zimmermann, 2010). Η ασαφής λογική διαφέρει από την κλασική λογική στο ότι οι αναφορές της δεν είναι δίτιμες, δεν έχουν δηλαδή μόνο δύο τιμές (Θεοδώρου, 2010). Η ασαφής λογική στηρίζεται στην ιδέα ότι όλα τα αντικείμενα μπορούν να έχουν μια βαθμολογία (Θεοδώρου, 2010). Στην ασαφή λογική, μια αναφορά μπορεί να πάρει οποιαδήποτε πραγματική τιμή μεταξύ 0 και 1.

Παράδειγμα:

Οι λέξεις **νέος**, **ψηλή**, **καλή** είναι ασαφείς.

- Δεν υπάρχει ενιαία ποσοτική τιμή που να ορίζει τον όρο νέος.
- Για μερικούς ανθρώπους η ηλικία 25 είναι μικρή και για άλλους, κάποιος στην ηλικία των 35 είναι νέος.
- Ο έννοια νεαρός δεν έχει καθαρό όριο.
- Η ηλικία 1 είναι σίγουρα νεαρή ηλικία και 100 σίγουρα δεν είναι μικρή.
- Η ηλικία 35 έχει κάποια πιθανότητα να είναι μικρή και συνήθως εξαρτάται σχετικά με το πλαίσιο στο οποίο εξετάζεται.

Κεφάλαιο 2^ο

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση και επιλογή άρθρων

Το πρώτο βήμα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν η αναζήτηση πληροφοριών και πηγών. Κατ'αρχάς χρησιμοποιήθηκαν οι μηχανές αναζήτησης του Ανοιχτού Πανεπιστημίου, το Ψηφιακό Αποθετήριο Κυψέλη και η ενοποιημένη αναζήτηση Τεύκρος. Παράλληλα χρησιμοποιήθηκαν μηχανές ευρείας αναζήτησης ακαδημαϊκών βιβλιογραφιών, όπως ο Μελετητής της Google (Google Scholar) και η Microsoft academic search, καθώς και άλλες βάσεις στο διαδίκτυο. Τέλος χρήσιμες υπήρξαν οι βάσεις με μεγάλη ύλη και ποικιλία θεματολογίας του αντικείμενου, όπως η ACM Digital Library ή IEEE Xplorer Digital Library ή Elsevier κ.α. Ενδεικτικά λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ασαφής απεικόνιση, χρωματική διαβάθμιση, χαρτογραφία, Ασαφής λογική στην χαρτογραφία, ασαφής απεικόνιση στην χαρτογραφία κ.α.

Η αναζήτηση επέφερε 123 περίπου άρθρα σχετικά με την θεματολογία της διπλωματικής και τις λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των άρθρων. Μετά από αξιολόγηση της χρησιμότητάς τους απέμειναν 59 άρθρα και γενικά στοιχεία βιβλιογραφίας, τα οποία αναγνώστηκαν ώστε να δώσουν πληροφορίες για την διπλωματική. Τα τελικά επιλεγμένα άρθρα αποτέλεσαν την κύρια πηγή πληροφοριών για την ολοκλήρωση της διπλωματικής. Ένας αριθμός αυτών βοήθησε στην ανάπτυξη των προγραμμάτων και την κατανόηση των παραμέτρων που απασχόλησαν την διπλωματική.

2.2 Χαρτογραφία

Η χαρτογραφία είναι μια από τις πιο παλιές επιστήμες. Η ανάγκη του προϊστορικού ανθρώπου να χαράξει την τοποθεσία του ή ένα γεγονός που έλαβε μέρος σε μια σημαντική στιγμή της ζωής του, γέννησε την ανάγκη για την δημιουργία χαρτών. Η αρχαιότερη αναφορά σε χάρτη χρονολογείται περίπου το 2500 π.Χ. στην περιοχή της Μεσοποταμίας.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι χάρτες και η στατιστική ήταν το πιο διακεκριμένο εργαλείο για τους επιστήμονες για την μελέτη των γεωχωρικών δεδομένων. Επρόκειτο, ωστόσο, για ένα “εργαλείο” το οποίο εξυπηρετούσε ένα περιορισμένο αριθμό επαγγελματιών και επιστημόνων. Οι δυνατότητες για τον μέσο άνθρωπο ήταν περιορισμένες εξαιτίας του όγκου των δεδομένων και των περιορισμένων δυνατοτήτων του να δημιουργήσει χάρτες. Λόγω της έκρηξης που συντελείται τα τελευταία χρόνια στην χρήση προσωπικών υπολογιστών και την εξάπλωση του διαδικτύου, ο μέσος χρήστης κατάφερε να προσεγγίσει τη χαρτογραφία, η οποία έχει γίνει ένα απαραίτητο εργαλείο της καθημερινότητάς του. Οι χάρτες πλέον παίζουν το ρόλο του μέσου αποθήκευσης (ανάγκη που δημιουργείται από την ακρίβεια της καταγραφής και από τον όγκο δεδομένων που δημιουργούνται) (Robinson et al., 1995) και μας δίνουν μια εικόνα των δεδομένων και του κόσμου μας, με τρόπο που μας βοηθά να καταλάβουμε τα χωρικά φαινόμενα και τη σχέση μας με το περιβάλλον. Ένας χάρτης είναι μια γραφική αναπαράσταση του χώρου και αξιοποιώντας καλλιτεχνικούς τρόπους αναπαράστασης του γίνεται η προσπάθεια για επικοινωνία με τις διάφορες γεωγραφικές πτυχές. Η ικανότητα του χάρτη να επικοινωνήσει, έγκειται στο πώς οι χάρτες έχουν σχεδιαστεί και αναπαραχθεί (Kriz, 2013).

Παράλληλα, στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η χαρτογραφία πέρασε το μεταβατικό σημείο από την αναλογική χαρτογραφία στην ψηφιακή. Η επανάσταση που συντελέστηκε στην

πληροφορική δεν θα μπορούσα να αφήσει ανεπηρέαστη την χαρτογραφία. Ένα από τα διακριτά προϊόντα (Robinson et al., 1995) που μας παρέχει η ψηφιακή χαρτογραφία είναι η χαρτογραφική **οπτικοποίηση** με διάφορα μέσα. Ο χάρτης μπορεί αφαιρετικά ή προσθετικά να απεικονίσει τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά μιας τεράστιας ή μεγεθυμένης περιοχής ή αντικειμένου. Η βασική χρήση του χάρτη είναι να οπτικοποιήσει ή να απεικονίσει γεωχωρικά δεδομένα, τα οποία αναφέρονται σε τοποθεσία ή σε φαινόμενα που χωροθετούνται στην επιφάνεια της γης (Kraak & Ormeling, 2003).

2.3 Η μετάβαση από την παραδοσιακή χαρτογραφία στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η επιστήμη της χαρτογραφίας μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 εφάρμοζε τους παραδοσιακούς τρόπους αποτύπωσης, καταγραφής και χρήσης των χαρτογραφικών δεδομένων. Οι έντυποι χάρτες και η στατιστική ήταν τα διακεκριμένα εργαλεία των ερευνητών για την μελέτη των γεωχωρικών δεδομένων τους (Kraak & Ormeling, 2003).

Για να μπορέσουν οι επιστήμονες να δουλέψουν με τους έντυπους χάρτες, αναπτύχθηκαν τεχνικές για την ανάλυση και χρήση των χαρτών τις οποίες μπορεί κανείς να τις εντοπίσει σε πακέτα και εντολές των Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Kraak & Ormeling, 2003).

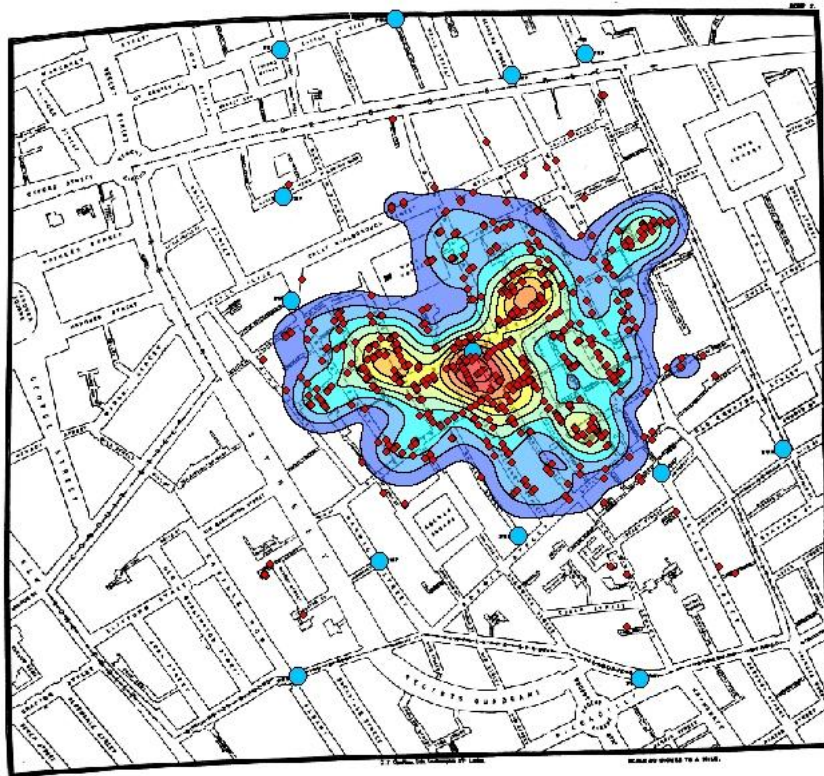
Στην εποχή μας οι επιστήμονες έχουν πρόσβαση σε έναν μεγάλο αριθμό ισχυρών υπολογιστικών εργαλείων για την υποστήριξη της έρευνάς τους, όπως τα υπολογιστικά φύλλα, οι βάσεις δεδομένων και τα γραφιστικά εργαλεία (Kraak & Ormeling, 2003). Η χαρτογραφία είναι η τέχνη και επιστήμη της δημιουργίας χαρτών ενώ τα ΓΣΠ είναι τα πληροφοριακά μέσα και οι βάσεις δεδομένων στις οποίες καταχωρούνται τα δεδομένα και τυγχάνουν επεξεργασίας με απώτερο σκοπό την απεικόνιση εξειδικευμένων χαρτών.



Εικόνα 4: Ο χάρτης του δρος John Snow (1813-1858), στον οποίο φαίνονται τα κρούσματα χολέρας στην επιδημία του Λονδίνου το 1854, συγκεντρωμένα γύρω από τις θέσεις των αντλιών νερού (Πηγή: Wikimedia)

2.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι η λογική εξέλιξη της χαρτογραφίας. Είναι ένα ισχυρό εργαλείο διαχείρισης, καταγραφής και απεικόνισης χαρτογραφικών δεδομένων (Tomlinson, 2011). Τα ΓΣΠ στηρίζονται σε μια βάση δεδομένων. Η βάση περιέχει όλη την χωρογραφική πληροφορία σε μορφή επιπέδων. Το περιεχόμενο αυτών των βάσεων είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικά πρόσωπα. Η χρήση των βάσεων είναι η σχετική επεξεργασία των αρχείων αυτών.



Εικόνα 5: Έκδοση χάρτη του John Snow το 1855 (από E. W. Gilbert's version (1958)). Χάρτης επιδημίας χολέρας του Soho, ο οποίος δείχνει τις συστάδες των κρουσμάτων χολέρας στην επιδημία του Λονδίνου του 1854.

2.5 Ασαφής λογική και χαρτογραφία

Η χαρτογραφία και τα ΓΣΠ είναι εργαλεία λήψης αποφάσεων, που έχουν να κάνουν με την καθημερινότητά μας και γενικότερα την ίδια την ζωή και την ποιότητά της. Η ασαφής λογική διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην απεικόνιση της χαρτογραφίας, καθώς αποτελεί μια μαθηματική προσέγγιση στην λύση προβλημάτων σχετικών με τη χαρτογραφία (Kemp, 2008). Στα ΓΣΠ και γενικά στην χαρτογραφία υπάρχουν δύο τάσεις: η απόλυτη και ακριβής (δηλαδή η κλασική λογική) και η ασαφής (δηλαδή η λογική αβεβαιότητας λήψης αποφάσεων).

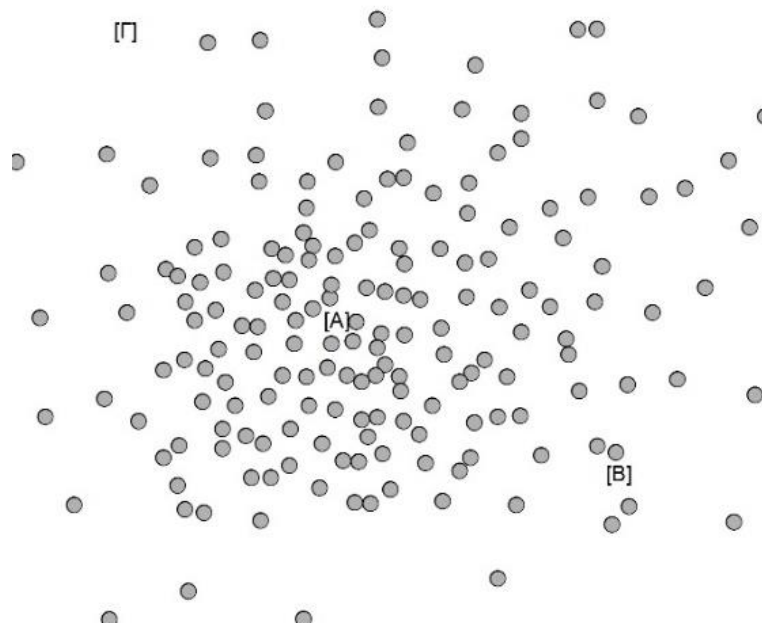
2.5.1 Η ασαφής λογική και τα ασαφή σύνολα στη χαρτογραφία

Τα ασαφή σύνολα και η ασαφής λογική εφαρμόζονται στην χαρτογραφία τις τελευταίες δεκαετίες. Η ασάφεια στην χαρτογραφία είναι επιβεβλημένη σε αρκετές περιπτώσεις. Δεν είναι δυνατόν να περιγραφεί μια περιοχή βασισμένη στην δίτιμη λογική με μη σαφή όρια. Ένα παράδειγμα αναφέρεται στην σελίδα της Scholarpedia (Εικόνα 1) στο οποίο ένας αριθμός σημείων αναπαριστούν τα μεμονωμένα δέντρα, ωστόσο τα φυσικά όρια του δάσους είναι

ασαφή. Όπως αναφέρει στην μελέτη του ο Wang Fangju, πολλά χαρτογραφικά γεγονότα που παρουσιάζονται στα ΓΣΠ σε μορφή πολυγώνου, λανθασμένα χρησιμοποιούνται με μια γραμμή, η οποία λειτουργεί σαν διαχωριστικό στοιχείο από ένα άλλο γεγονός. Αυτό μπορεί να προκαλέσει μείωση της ακρίβειας στην ανάλυση (Wang & Hall, 1996).

Χρησιμοποιώντας την κλασική λογική στην χαρτογραφία δηλώνεται το “ιδανικό” αποτέλεσμα με ακρίβεια του τι είναι σωστό και τι λάθος. Αλλά το “καλύτερο” αποτέλεσμα σε μια συγκεκριμένη κατάσταση δηλώνεται από τους αλγόριθμους ασαφούς λογικής, όπως ο Ordered Weight Average (OWA).

Εκτός από τις πράξεις των ασαφών συνόλων ένας αριθμός αλγόριθμων όπως ο OWA έχουν τραβήξει την προσοχή στα ΓΣΠ για την ανάλυση κινδύνου με την ικανότητά τους να λαμβάνουν υπόψη τις παραμέτρους συμβιβασμών στην διαδικασία λήψης αποφάσεων (Kemp, 2008).



Εικόνα 6: Πανοραμική άποψη ενός δάσους; Πού είναι τα όρια του δάσους; Ποια θέση είναι μέσα στο δάσος και ποια είναι έξω από αυτό;

2.6 Ασαφή όρια - Fuzzy boundaries

Πολλές φορές μας έχουν γεννηθεί ερωτήματα όπως “βρίσκομαι αυτήν την στιγμή στο δάσος ή όχι” ή “η μόλυνση στην θάλασσα μέχρι πού εκτείνεται” κ.ά. Οι προβληματισμοί αυτοί παρουσιάζουν την ασάφεια στα όρια γεωγραφικών φαινομένων. Τα γεωγραφικά όρια μπορεί να είναι ακριβή αλλά μπορεί και να μην είναι. Παρόλα αυτά έχει αποδειχθεί ότι τα όρια χαρακτηρίζονται από ασάφεια (Leung, 1987) παρά από μια χαρακτηριστική «σαφή» γραμμή. Τα μη ακριβή όρια μπορεί να “εντοπιστούν” και να απεικονιστούν με την ασαφή λογική. Η αναπαράσταση με την ασαφή λογική προτείνεται επίσης επειδή περιγράφει όχι μόνο το σημείο στο οποίο βρίσκεται το φαινόμενο αλλά και τον ρυθμό μεταβολής του φαινομένου (Wang & Hall, 1996).

Στην πραγματικότητα, τα περιβαλλοντικά φαινόμενα μπορεί να εκτυλίσσονται μερικά ή σταδιακά (Wang & Hall, 1996). Ένα παράδειγμα είναι τα όρια της θάλασσας. Η απεικόνιση των ορίων της ακτογραμμής με την κίνηση της άμπωτης και της πλημμυρίδας, δεν είναι δυνατόν να αποτυπωθεί σε ένα σταθερό σημείο. Συγκεκριμένα, σε ΓΣΠ με διανυσματική πληροφορία, η χρήση “σαφών” γραμμών αντί για βαθμιαία ή σταδιακή αλλαγή μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στις γεωγραφικές πληροφορίες και να μειωθεί η ακρίβεια της ανάλυσης (Wang & Hall, 1996).

2.6.1 Επιλογή ορίων (Όρια στην χωρική ανάλυση)

Η αντιμετώπιση της ασάφειας των χωρικών δεδομένων είναι ένα πρόβλημα που έχει μελετηθεί από θεωρητική άποψη (Burrough & Frank, 1996). Η επιλογή και ο ορισμός των ορίων στην χωρική ανάλυση (όπως για παράδειγμα μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας, μιας μόλυνσης, αρχαιολογικών χώρων κ.ά..) αποτελεί μια επίπονη και απαιτητική αλλά αναγκαία διαδικασία. Σε περίπτωση που το πρότυπο των σημείων και η πυκνότητα των φαινομένων αυτών το απαιτεί, τότε το εμβαδόν του και τα όριά του πρέπει να προσδιοριστούν (Smith, Longley, & Goodchild, 2011). Το μεγαλύτερο πρόβλημα στον εντοπισμό των ορίων είναι ο εντοπισμός διαφορετικών ζωνών με μεγάλη ποικιλία και μη έντονο διαχωρισμό των ζωνών αυτών (Smith et al., 2011). Ακόμα και σε περιπτώσεις εντοπισμού μιας ζώνης/όριο δεν μπορεί να είναι χαρτογραφημένη με τα ακριβή όρια ενός πολυγώνου.

Αν και τα ασαφή όρια δεν είναι η μοναδική τεχνική εύρεσης και χαρτογράφησης ορίων, παρόλα αυτά θα επικεντρωθούμε σε αυτήν την τεχνική και την αποτελεσματικότητά της στην απεικόνιση σωστών απεικονίσεων ασαφών ορίων (Smith et al., 2011, σελ. 156). Μια από τις πρώτες μελέτες που έγιναν για απεικόνιση ασαφών ορίων στην χαρτογραφία ήταν αυτή του Jiang (1998), ο οποίος παρουσίασε μια απλή εφαρμογή καταγραφής των ορίων του κέντρου μιας πόλης.

Τα όρια των πόλεων είναι ασαφή και δεν μπορούν να υπολογιστούν με κάποια παραδοσιακή μέθοδο. Η δημιουργία κριτηρίων έθεσε την δυνατότητα να υπολογιστούν κατά προσέγγιση τα όρια της πόλης. Φυσικά τα όρια είναι μεταξύ των τιμών 0 μέχρι 100. Όπου 0, δεν είναι περιοχή του κέντρου της πόλης, 100 είναι απόλυτα το κέντρο της πόλης και οι ενδιάμεσες τιμές που κατηγοριοποιούν το κέντρο της πόλης σε «λιγότερο κέντρο της πόλης ή περισσότερο». Η απεικόνιση γίνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους: με χρήση πολυγώνων, με την χρήση ισοπληθών καμπύλων και με ένα τρισδιάστατο μοντέλο απεικόνισης ασαφών ορίων (Jiang, 1998).

Σαν παράδειγμα, η χρήση πολυγώνων με σαφή όρια, προκειμένου να καθοριστούν τα όρια μεταξύ περιοχών με διαφορετικό τύπο εδαφών, θεωρείται ακατάλληλη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μια ευρέως διαδεδομένη διαδικασία είναι να αντικατασταθούν οι τιμές σε όλες τις ψηφίδες με ένα σύνολο k -ζωνών σε κλάσεις με βάση την ασαφή ιδιότητα του μέλους και όχι την δυαδική τιμή του 0/1. Η ιδέα εδώ είναι να γίνει αντιστοίχιση ενός αριθμού μεταξύ του 0 και του 1 για να καταδειχθεί ο βαθμός μέλους της ζώνης ή της κλάσης κατανομής της ψηφίδας. Το 0 σημαίνει ότι δεν είναι μέλος και 0.5 σημαίνει ότι ο βαθμός μέλους της ψηφίδας είναι 50% (χωρίς αυτό να αποτελεί μια πιθανολογική μέτρηση).

Εάν μια ζώνη είναι χαρτογραφημένη με ασάφεια ορίων, το 50% ή το 0.5 των συνόλων των ψηφίδων καμιά φορά θεωρείται ως το ισοδύναμο των ορίων ή της οριοθέτησης σε ένα ευκρινές μοντέλο (Jiang, 1998). Χρησιμοποιώντας αυτήν την έννοια, ακριβή όρια πολυγώνου ή εντοπισμένες ακμές ζωνών σε ψηφιακά μοντελοποιημένα δεδομένα, μπορεί να αντικατασταθούν με μια μπάντα βασισμένη στον βαθμό συμμετοχής της ζώνης.

Εναλλακτικά ψηφιακά δεδομένα μπορεί να υποβληθούν με ασαφείς διαδικασίες ταξινόμησης, σύμφωνα με την οποία κάθε κυψελίδα αποκτά μια τιμή συμμετοχής για μια από τις k -ασαφείς

κατηγορίες, δημιουργώντας μια σειρά από χάρτες μελών, έναν για κάθε τάξη. Μεταγενέστερη επεξεργασία στους χάρτες αυτούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό ορίων.

Οι Burrough και McDonnell (Burrough & McDonnell, 1998) παρέχουν μια εξαιρετική περιγραφή των ασαφών συνόλων παρουσιάζοντας έναν αριθμό λογισμικών για την χωρική ταξινόμηση και για τα προβλήματα προσδιορισμού ορίων. Το λογισμικό GIS Idrisi, το οποίο χρησιμοποιεί κάποια από τα έργα των Burrough και McDonnell, παρέχει τέσσερις κύριες ασαφείς Συναρτήσεις Ασαφών Συμμετοχών (MFS).

2.7 Μέθοδοι εντοπισμού (ασαφών) ορίων

Η επεξεργασία του τρόπου εντοπισμού ορίων τοποθετείται στις αρχές του 2000. Μέχρι εκείνο το διάστημα δεν είχαν γίνει σημαντικά βήματα για τον εντοπισμό ορίων (Jacquez et al., 2000). Η διαφοροποίηση στην επιλογή των ορίων είναι μεταξύ σαφών και ασαφών ορίων. Στην περίπτωση των σαφών ορίων ο τρόπος «εντοπισμού» των ορίων καθορίζεται από τεχνικές όπως:

- Μετακινούμενα διαιρεμένα παράθυρα
- Πλεγματική οριοθέτηση / Ανάλυση εικόνας
- Οριοθέτηση τριγωνισμού Triangulation delineation
- Κατηγορική οριοθέτηση
- Χωρικά περιορισμένη ομαδοποίηση
- Μοντελοποίηση ασαφών συνόλων (Jacquez et al., 2000)

Οι τέσσερις πρώτες μέθοδοι απευθύνονται σε μοντέλα με σαφή (crisp) όρια. Το τελευταίο μοντέλο είναι για το εντοπισμό ορίων με την μέθοδο των ασαφών συνόλων. Περαιτέρω κατηγοριοποίηση δεν έχει αναφερθεί και ξεπερνάει τον στόχο της παρούσας διπλωματικής.

2.8 Λογισμικό εντοπισμού ασαφών ορίων

Ένας συγκεκριμένος αριθμός προγραμμάτων περιλαμβάνει ειδικές λειτουργίες για τον εντοπισμό, την επιλογή και την ανάλυση ορίων. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι όρια με διακριτές ζώνες ή περιοχές, των οποίων οι τιμές περιέχουν μία ή και περισσότερες ιδιότητες. Είναι σχετικά ομοιογενή και διακρίνονται από εκείνες τις παρακείμενες περιοχές ή απλά μπορούν να είναι ζώνες ταχείας χωρικής μεταβολής σε μια ποικιλία δεδομένων με συνεχή χαρακτηριστικά (Smith et al., 2011).

Μεταξύ των διαθέσιμων λογισμικών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για τον καθορισμό ορίων τα οποία βασίζονται στην ανάλυση ράστερ εικόνων, είναι προϊόντα όπως το Idrisi και το Terraseer. Το Terraseer είναι ένα πρόγραμμα χωρικής ανάλυσης. Συγκεκριμένα το Terraseer έχει ένα συγκεκριμένο προϊόν, το Boundaryseer, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την ανάλυση ορίων χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η επικάλυψη και υπο-όριο αναλύσεις στατιστικών (το λογισμικό ανάλυσης μοτίβου PASSaGE παρέχει παρόμοιες λειτουργίες) (Smith et al., 2011). Το πρόβλημα που επιδιώκουν να αντιμετωπίσουν τα λογισμικά αυτά είναι αυτό της αναγνώρισης, πού και πώς τα όρια μεταξύ των διαφόρων ζωνών θα πρέπει να συντάσσονται και να ερμηνευθούν, όταν το υποκείμενο των δεδομένων ποικίλλει συνεχώς και συχνά χωρίς απότομες αλλαγές. Για παράδειγμα, οι τύποι εδάφους μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το ποσοστό της άμμου, της αργίλου, της οργανικής ύλης και την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα. Κάθε μία από αυτές τις μεταβλητές θα συμβεί σε ένα μείγμα σε μια περιοχή μελέτης και μπορεί σταδιακά να συγχωνεύονται από ένα αναγνωρισμένο είδος σε ένα άλλο.

2.9 Απεικόνιση (οπτικοποίηση)

Η απεικόνιση είναι μια διεργασία της ανθρώπινης όρασης και της αντανάκλασης του φωτός στα διάφορα αντικείμενα του φυσικού μας χώρου. Πρώτα μάθαμε να αναγνωρίζουμε τι σημαίνει ένα χαμόγελο και μετά τι σημαίνει γραφή. Η απεικόνιση είναι τέχνη, η τέχνη της καθημερινότητας. Υπάρχουν αρχαίες και σύγχρονες γραφές που αποδίδουν νόημα με σύμβολα και απεικονίσεις.

Καθημερινά στον πλανήτη μας καταγράφεται ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων, τα οποία συλλέγονται με εντυπωσιακούς ρυθμούς. Για να γίνονται αυτά τα δεδομένα κατανοητά και να τυγχάνουν σωστής διαχείρισης, πρέπει αυτά να αναλύονται με σύγχρονα εργαλεία και να απεικονίζονται σωστά (Fry, 2008).

Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία των ερευνητών για την ανάλυση των δεδομένων τους πριν από την εμφάνιση των ΓΣΠ ήταν οι έντυποι χάρτες και η στατιστική. Πλέον είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός εργαλείων, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν την έρευνά τους, όπως οι βάσεις δεδομένων, το διαδίκτυο, τα cloud συστήματα κ.ά.

Η απεικόνιση περιοχών και στατιστικών δεδομένων μιας περιοχής είναι μια “βαθιά” γεωγραφική και στατιστική αναζήτηση. Η οπτικοποίηση είναι ένα σημαντικό στοιχείο για κάθε προσπάθεια κατανόησης, ανάλυσης ή εξήγησης της ανάπτυξης φαινομένων στην επιφάνεια της Γης. Η οπτικοποίηση υπάρχει γύρω μας για αιώνες, αλλά είναι αρκετά νέα σαν πεδίο μελέτης (Friendly, 1995). Με την εκρηκτική αύξηση στη χρήση των υπολογιστών κατά κύριο λόγο αλλά και του διαδικτύου, οι απαιτήσεις για απεικόνιση έχουν γίνει ιδιαίτερα υψηλές. Το επίπεδο απεικόνισης, όπως επίσης η επιστημονική προσέγγιση, αλλά και οι απαιτήσεις για καλύτερα γραφικά ανεβαίνει διαρκώς.

2.9.1 Ορισμός της απεικόνισης

Με τον όρο απεικόνιση ορίζουμε την τέχνη και την διαδικασία παρουσίασης πληροφοριών και δεδομένων (Steele & Iliinsky, 2010). Η απεικόνιση πρέπει να είναι όσο πιο αισθητικά άρτια και κατανοητή γίνεται. Αυτό που ορίζει την επιτυχία στην απεικόνιση δεδομένων είναι η δυνατότητα μετάδοσης και απόκτησης γνώσης (Steele & Iliinsky, 2010). Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η απεικόνιση πληροφοριών και όχι σχημάτων. Η απεικόνιση είναι μια μορφή τέχνης (Steele & Iliinsky, 2010, σελ. 355) αλλά είναι και μια ευκαιρία για σύνδεση και επικοινωνία (Steele & Iliinsky, 2010, σελ. 366).

Με τον όρο απεικόνιση αναφερόμαστε σε μια σειρά από στοιχεία, την καταγραφή τους και την παρουσίαση τους με τρόπο κατανοητό για το τι αντιπροσωπεύουν αυτά τα στοιχεία. Μια απεικόνιση για να πραγματοποιήσει τον σκοπό της θα πρέπει να είναι «όμορφη». Με τον όρο όμορφη ουσιαστικά κρίνουμε αισθητικά μια απεικόνιση στην οποία όμως δεν αρκεί γιατί μπορεί

να είναι αισθητικά ευχάριστη αλλά συγχρόνως θα πρέπει να είναι καινοτόμος, κατατοπιστική και αποτελεσματική (Steele & Iliinsky, 2010, σελ. 1).

Σύμφωνα με τους Buttenfield & Mackaness (1991) απεικόνιση είναι μια μέθοδος της Πληροφορικής, η οποία μετατρέπει τον συμβολισμό σε γεωμετρία, επιτρέποντας στους ερευνητές να παρατηρήσουν τις προσομοιώσεις τους αλλά και τους υπολογισμούς τους. Ορίζοντας την απεικόνιση σαν μια, πρώτα απ' όλα, πράξη γνωστικής λειτουργίας, τότε μπορούμε να την αντιληφθούμε σαν μια ανθρώπινη ικανότητα, μέσω της οποίας αναπτύσσονται οι νοητικές αναπαραστάσεις που μας επιτρέπουν να αναγνωρίζουμε μοτίβα, τα οποία δημιουργούν και επιβάλλουν την «τάξη». Η ίδια προοπτική υποστηρίζεται και από άλλους συγγραφείς, όπως ο Miller (1984) και ο Scott (1987). Μια διαφορετική άποψη για το τι είναι απεικόνιση στηρίζεται στον συνδυασμό της κατασκευής των οπτικών απεικονίσεων και των αρχών καθοδήγησης και κατασκευής της γραφικής επικοινωνίας. Συνοπτικά και συνδυάζοντας τα πιο πάνω, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η *οπτικοποίηση περιγράφει τη διαδικασία δημιουργίας και χειρισμού των εικόνων*.

Η Οπτικοποίηση είναι η διαδικασία της συνοπτικής αναπαράστασης των πληροφοριών με σκοπό την αναγνώριση, επικοινωνία και ερμηνεία του σχεδίου και της δομής. Η έννοια αυτή περιλαμβάνει την υπολογιστική, τις γνωστικές και μηχανικές πτυχές της παραγωγής, την οργάνωση, το χειρισμό και την κατανόηση της αναπαράστασης. Μπορεί να παρασταθεί συμβολικά, γραφικά, ή εικονικά και πιο συχνά διαφοροποιείται από τις άλλες μορφές έκφρασης (κειμένου και προφορική) (MacEachren et al., 2005).

2.9.2 Στοιχεία της απεικόνισης

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την απεικόνιση είναι ο χρόνος και οι αλλαγές που συντελούνται σε μια χρονική στιγμή. Πιθανόν η αναπαράσταση να είναι ατέρμονη, πράγμα που την καθιστά απαιτητική και πολύπλοκη. Επίσης σημαντικοί και απαιτητικοί είναι το χρώμα και η διάσταση. Η απεικόνιση εξελίσσεται με τους ρυθμούς ανάπτυξης και παράλληλα με τους υπολογιστές. Η τρισδιάστατη απεικόνιση δεν είναι μια σπάνια προσέγγιση ενός φαινομένου. Ειδικά στην χαρτογραφία, πλέον, επιβάλλεται οι στατιστικές αναλύσεις να γίνονται και στις τρεις διαστάσεις για την καλύτερη εξήγηση των φαινομένων.

Ο όγκος των δεδομένων υπολογίζεται παγκοσμίως σε μονάδες των οποίων το μέγεθος δεν είναι εύκολο να αντιληφθούμε (Petabytes, Exabytes, Zetabytes κ.α.). Κάθε μέρα συλλέγονται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς στοιχεία από μετρήσεις. Αυτά τα δεδομένα για να είναι χρήσιμα θα πρέπει να απεικονιστούν και να παρουσιαστούν σε ανθρώπους οι οποίοι έχουν γνώση στο θέμα στο οποίο αφορούν οι μετρήσεις, αλλά είναι επίσης πιθανό να απευθύνονται και σε ανθρώπους που δεν έχουν πρότερη γνώση. Αυτή η ομάδα ανθρώπων αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση για την απεικόνιση.

Η αποθήκευση των δεδομένων έχει απλοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό και το κόστος έχει μικρύνει σημαντικά. Επίσης, τα ποσοστά αποτυχίας και η απώλεια δεδομένων έχουν ελαττωθεί σημαντικά. Την τελευταία πενταετία η αποθήκευση σε απομακρυσμένα σημεία με χαμηλό κόστος και χωρίς την ανάγκη διασφάλισης των δεδομένων από απώλειες, γίνεται μέσω της Cloud τεχνολογίας, η οποία κερδίζει στο πεδίο αυτό κατά κράτος.

Η επιστήμη της στατιστικής είναι ένα ακόμα σημαντικό εργαλείο και αναπόσπαστο στοιχείο της απεικόνισης. Η στατιστική βοηθά στον έλεγχο των δεδομένων, την ανάλυσή τους και πολλές φορές στην ερμηνεία τους. Οι ομογενοποιημένες περιοχές και τα ανεξήγητα πρότυπα είναι στο επίκεντρο της γεωγραφικής και στατιστικής αναζήτησης (MacEachren et al., 2005).

Τα μέσα καταγραφής όπως ο ολοκληρωμένος θεοδόλιχος και τα συστήματα εντοπισμού (GPS κ.α.) έχουν αυξήσει την ακρίβειά τους σε εντυπωσιακό σημείο και το κόστος τους έχει ελαττωθεί σε μεγάλο βαθμό. Η χρήση πτητικών μέσων για λήψη φωτογραφιών και μετρήσεων έχει γίνει πολύ συχνή και πιο οικονομική, με πολλαπλάσιες δυνατότητες σε σχέση με το παρελθόν, ειδικά στην καταγραφή και αποτύπωση της επιφάνειας της γης (Robinson et al., 1995).

2.9.3 Γεωγραφική απεικόνιση

Η Γεωγραφική απεικόνιση έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην ιστορία του ανθρώπου. Η εμφάνισή της χρονολογείται πριν από την γραφή (Yao & Jiang, 2005). Οι αρχαιότερες αναπαραστάσεις πρωτόγονων χαρτών βρέθηκαν σε σπήλαια και χρονολογούνται από την Παλαιολιθική Εποχή. Είχε μια συνεχή εξέλιξη μέχρι σήμερα, οπότε οι αναπαραστάσεις χαρτών πλέον γίνονται μέσω της οθόνης των υπολογιστών.

Σύμφωνα με την Διαδικτυακή Εγκυκλοπαίδεια ο όρος Γεωαπεικόνιση (geovisualization) “είναι μια σύνθετη λέξη η οποία αποτελείται από τις λέξεις γεωγραφία και οπτικοποίηση. Η τελευταία αναφέρεται στα εργαλεία και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της γεωχωρικής ανάλυσης με τη χρήση της διαδραστικής οπτικοποίησης”.

Συγκρίνοντας την προσέγγιση μέσω οθόνης, όχι μόνο αποκαλύπτεται μια διαφορά στην επεξεργαστική προσπάθεια και τον χρόνο, αλλά τώρα ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με τον χάρτη και τα δεδομένα που βρίσκονται από πίσω του. Με τον τρόπο αυτό οι χάρτες και τα γραφικά τοποθετούνται σε μια διαφορετική προοπτική μιας και καθίστανται διαδραστικά εργαλεία για την εξερεύνηση της φύσης των γεωχωρικών δεδομένων στο χέρι (Kraak & Ormeling, 2003).

2.9.4 Απεικόνιση και χαρτογραφία

Τα γεωγραφικά δεδομένα τείνουν να γίνονται όλο και πιο περίπλοκα και να αλλάζουν ανάλογα με το χρόνο, την χωρική ανάλυση και την στρατηγική δειγματοληψίας της συλλογής.

Ο ρόλος της απεικόνισης στην γεωγραφική ανάλυση δεν είναι περιορισμένος στους χάρτες και τις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, αλλά επεκτείνεται και στην αριθμητική και στατιστική ανάλυση. Τα τελευταία χρόνια μεγάλη έμφαση έχει δοθεί στην αποτελεσματικότητα της εξερεύνησης των δεδομένων ως ένα ισχυρό εργαλείο ανάλυσης.

Η γραφική απεικόνιση υπήρξε ακρογωνιαίος λίθος για τις πρόσφατες εξελίξεις στη στατιστική περιγραφή και την εξερεύνηση. Βεβαιώνεται η αξία της ως αποτελεσματικού εργαλείου για την κατανόηση της τάσης στην στατιστική και τη δομή (Buttenfield & Mackaness, 1991).

2.10 Η απεικόνιση στη χαρτογραφία

Η χρήση της χρωματικής διαβάθμισης στην χαρτογραφία βοηθά να παρουσιαστεί η σταδιακή μετάβαση από μια κατάσταση ή γεγονός σε ένα άλλο. Ένα παράδειγμα είναι η διαφορά θερμοκρασίας. Η μεταβολή της θερμοκρασίας από το θερμό προς το ψυχρό μπορεί να απεικονιστεί με την σταδιακή μετάβαση από το κόκκινο χρώμα προς το μπλε.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η παρουσίαση της βλάστησης μιας περιοχής χωρίζοντάς την σε τρεις «ομάδες» (εικόνα 10). Στο παράδειγμα της εικόνας, με πράσινο χρώμα συμβολίζεται η έντονη βλάστηση, με κίτρινο η χαμηλή βλάστηση και με κόκκινο το γυμνό έδαφος. Οι ενδιάμεσες διαβαθμίσεις παρουσιάζουν την ενδιάμεση κατάσταση. Η συγκεκριμένη αναπαράσταση είναι γραμμική και γίνεται εφαρμογή σε γραμμικά βαθμιδωτά γεγονότα.

Άλλα παραδείγματα είναι η υψομετρική διαφορά, καθώς επίσης και άλλα γεωχωρικά γεγονότα. Εν τέλει, είναι κατανοητό ότι η αποτελεσματική οπτικοποίηση συστημάτων θα ωφελήσει στην κατανόηση και αντίληψη των γεωγραφικών αντικειμένων (Jiang, 1998).

Ο χάρτης κατά βάση είναι απεικόνιση. Ο ρόλος του χάρτη είναι η απεικόνιση κάποιων δεδομένων από τον πραγματικό και νοητό χώρο.

Η Οπτικοποίηση - Απεικόνιση είναι ένα σημαντικό συστατικό κάθε προσπάθειας για την κατανόηση, ανάλυση ή την εξήγηση της κατανομής των φαινομένων στην επιφάνεια της γης. Αυτό το στοιχείο είναι πολύ σημαντικό, δεδομένου του μεγάλου όγκου των ψηφιακών χωρικών δεδομένων. Παρά το γεγονός ότι οι αρχές σχεδιασμού απεικόνισης των χωρικών δεδομένων έχουν διερευνηθεί για αιώνες, έχουν γίνει πολύ λίγες εφαρμογές τέτοιων αρχών στα ΓΣΠ. Επίσης μεγάλη προσοχή στα ΓΣΠ θα πρέπει να δοθεί στην έρευνα της οπτικοποίησης και τις αρχές του καλού σχεδιασμού χαρτών (Buttenfield & Mackaness, 1991).

2.10.1 Η ιστορία της απεικόνισης στο πλαίσιο των ΓΣΠ

Η μελέτη της απεικόνισης σε ακαδημαϊκό επίπεδο αναπτύχθηκε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Μια από τις ανακαλύψεις που έδωσαν ώθηση στην απεικόνιση είναι η εκτύπωση. Η ανάπτυξη της εκτύπωσης έριξε το κόστος και ανέπτυξε τις έγχρωμες απεικονίσεις. Σημαντική, επίσης, υπήρξε η συμβολή της φωτογραφίας και τα αποτελέσματα της απεικόνισης σε εκτυπώσιμα μέσα. Ένα άλλο μέσο που έδωσε ώθηση στην απεικόνιση είναι η χρήση των υπολογιστών και η δυναμική ανάπτυξή τους με γρήγορους ρυθμούς.

Συγκρίνοντας την ψηφιακή με την παραδοσιακή προσέγγιση, αντιλαμβανόμαστε ότι στην εποχή μας, με την χρήση των υπολογιστών, μπορούμε να ολοκληρώσουμε διαδικασίες που με την παραδοσιακή μέθοδο θα χρειαζόταν μέρες, ακόμα και βδομάδες.

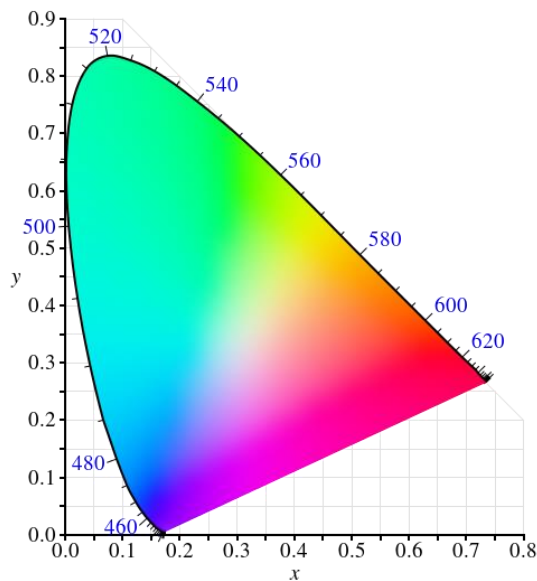
2.10.2 Γεωαπεικόνιση

Με τον όρο γεωαπεικόνιση αναφερόμαστε στις τεχνικές και τα εργαλεία που υποστηρίζουν την ανάλυση χωρικών δεδομένων με την βοήθεια της διαδραστικής απεικόνισης (Keim, 2005). Ο χάρτης πλέον παίζει τον ρόλο της διασύνδεσης των γεωχωρικών δεδομένων, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν την παραγωγική πρόσβαση σε πληροφορίες και διερευνητικές δραστηριότητες, ενώ συγχρόνως διατηρεί τον παραδοσιακό του ρόλο ως πρόγραμμα απεικόνισης. Η τάση αυτή στην χαρτογραφία έχει επηρεαστεί από τους δημιουργούς και αναλυτές χαρτών και ειδικά από τους επιστήμονες των απεικονίσεων, δίνοντας στον όρο απεικόνιση μια διευρυμένη έννοια (Kraak & Ormeling, 2003).

2.11 Χρώμα

Ένα από τα βασικά στοιχεία της απεικόνισης είναι το χρώμα. Σύμφωνα με τον Robinson “χρώμα είναι ένα φαινόμενο αντίληψης, ένα προϊόν διανοητικής επεξεργασίας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που ανιχνεύεται από τα μάτια μας” (Robinson et al., 2002, σελ. 421) Κατά κύριο λόγο, το χρώμα βοηθά στο να απεικονίσουμε καλύτερα τα διαφορετικά αντικείμενα και, με αυτό τον τρόπο, να είναι πιο εύκολα κατανοητό αυτό που απεικονίζουμε στον αναγνώστη.

Ένα άλλο στοιχείο που καταδεικνύει την σημασία της χρήσης του χρώματος έναντι των μονόχρωμων απεικονίσεων είναι ότι οι μονόχρωμες απεικονίσεις χρειάζονται περισσότερη προσοχή για να γίνει κατανοητό το περιεχόμενό τους (Steele & Iliinsky, 2010). Συγκριτικά με τα έντυπα περιοδικών και εφημερίδων, η οθόνη του υπολογιστή έχει μικρότερο χώρο απεικόνισης αλλά ευρύτερη γκάμα χρωμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση το χρώμα είναι η αντισταθμιστική δύναμη της οθόνης και γενικότερα του υπολογιστή (Steele & Iliinsky, 2010). Το χρώμα απεικονίζεται στους υπολογιστές βάσει χρωματικών συστημάτων. Ένα από τα πιο παλιά συστήματα (γνωστό από το 1931) είναι το CIE, το οποίο πήρε το όνομά του από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (Commission internationale de l'éclairage), η οποία δημιούργησε τις προδιαγραφές για την αντιστοίχιση των χρωμάτων με αριθμητικούς όρους (Robinson et al., 2002, σελ. 429).



Εικόνα 7: Το CIE 1931 διάγραμμα χρωματικότητας χρωματικού χώρου

Ο τρισδιάστατος χρωματικός χώρος CIE XYZ είναι η βάση για όλα τα συστήματα διαχείρισης χρωμάτων. Αυτό το διάστημα περιέχει όλα τα χρώματα που μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τον άνθρωπο, πολλά από τα οποία δεν μπορούν να εμφανιστούν στις οθόνες ή τυπωμένα (Tkalcic & Tasic, 2003).

Το χρώμα παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητά μας, στον τρόπο που κινούμαστε και σκεφτόμαστε. Το χρώμα ρυθμίζει την ζωή μας, όπως για παράδειγμα τα φανάρια στους δρόμους και η ποιότητα των τροφίμων, καθώς από το χρώμα των αντικειμένων καταλαβαίνουμε την κατάστασή τους. Επίσης το χρώμα μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές επιστήμες. Στην χαρτογραφία μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα σημαντικό και αξεπέραστο εργαλείο. Έχει χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους και με αντίστοιχα αποτελέσματα.

Το χρώμα είναι ένα εργαλείο το οποίο είτε παραμελείται είτε τυγχάνει κακής χρήσης στην οπτικοποίηση δεδομένων. Η κακή χρήση του μπορεί να δημιουργήσει πολλά προβλήματα. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν χρησιμοποιηθεί σωστά είτε από τους δημιουργούς είτε από τους τελικούς χρήστες, τότε αποτελεί ένα ασυναγώνιστο εργαλείο οπτικοποίησης (Driscoll, 2010, σελ. 59).

Το χρώμα αποτελεί έναν σημαντικό τρόπο απεικόνισης και αναπαράστασης για ένα τεράστιο σύνολο δεδομένων. Στην εποχή μας ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων “περιμένει” να αναλυθεί και να οπτικοποιηθεί. Μπορούμε να προσδιορίσουμε πολλές διαβαθμίσεις και αποχρώσεις των χρωμάτων και μπορούμε να δούμε τις διαφορές σε υψηλή ανάλυση. Αυτό κάνει το χρώμα μια φυσική επιλογή, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί στην οπτικοποίηση μεγάλων εικόνων. Πρόκειται για μια σύγχρονη τάση με πολλά παραδείγματα, όπως οι χάρτες καιρού και οι χάρτες που περιλαμβάνουν μεγάλες περιοχές (Steele & Iliinsky, 2010, σελ. 21).

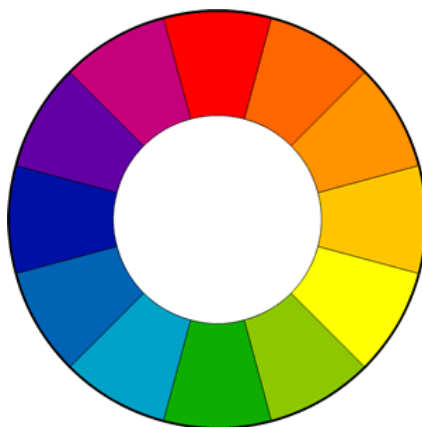
Σε σύγκριση με τα περισσότερα έντυπα μέσα, οι οθόνες υπολογιστών έχουν λιγότερες μονάδες του χώρου, αλλά και μια ευρύτερη γκάμα χρωμάτων. Έτσι, το χρώμα είναι μια αντισταθμιστική δύναμη. Το χρώμα επίσης είναι πολυδιάστατο και άμεσο και αυτός είναι ένας σημαντικός λόγος χρήσης του, ειδικά σε πολυδιάστατα γραφικά. Στην κίνηση το χρώμα μπορεί να εντοπιστεί σε αλλαγές των 200 χιλιοστών του δευτερολέπτου και λιγότερο. Σε αντίθετη περίπτωση, δεν γίνεται αντιληπτή η οποιαδήποτε αλλαγή από τον άνθρωπο (Steele & Iliinsky, 2010, σελ. 59).

Κάποιους από τους περιορισμούς που μπορεί να έχει η χρήση του χρώματος είναι το πιθανό πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπίζουν κάποιοι άνθρωποι με αχρωματοψία και άλλα προβλήματα όρασης. Το 4% του πληθυσμού πάσχουν από αχρωματοψία και ένα μικρό ποσοστό από αυτούς είναι διχρωματικοί, δηλαδή αδυνατούν να ξεχωρίσουν τον συνδυασμό δύο χρωμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση, εφόσον επιθυμούμε μια αναπαράσταση να απευθύνεται στο σύνολο των αναγνωστών, τότε θα πρέπει να μελετηθεί και να παρουσιαστεί μια διαφορετική προσέγγιση. Ένα πρόγραμμα για αυτήν την περίπτωση αναπτύχθηκε από τους Bob Dougherty και Alex Wade και είναι προσβάσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.vischeck.com/>. Το πρόγραμμα μπορεί να προσομοιώσει την προβληματική όραση, να διορθώσει τις εικόνες (χάρτες) και να τις προετοιμάσει για ανθρώπους με προβλήματα όρασης.

Ένας άλλος περιορισμός του χρώματος είναι στις απεικονίσεις με μικρότερα σύνολα δεδομένων, με μικρά κενά και αποστάσεις μεταξύ τους και πολύ μικρές διαστάσεις των αντικειμένων. Ένα μη εκπαιδευμένο μάτι δεν θα μπορέσει να αντιληφθεί την διαφορά των σημείων και τις σημαντικές διαφορές (Shapiro, 2010, σελ. 22).

2.12 Χρωματική αναπαράσταση

Το χρώμα είναι θεμελιώδους σημασίας για πολλές μορφές τέχνης. Η χρήση και η λειτουργία του σε μια συγκεκριμένη δραστηριότητα εξαρτώνται από το είδος της δραστηριότητας. Όλο το χρωματικό φάσμα περιλαμβάνεται στο λευκό φως. Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται το χρώμα από το φως το οποίο αντανακλάται στα αντικείμενα.



Εικόνα 8: Ο τροχός των χρωμάτων

Χρωματική διαβάθμιση δύο χρωμάτων

Σαν χρωματική διαβάθμιση ορίζεται η αλλαγή της χρωματικής έντασης σε μια εικόνα προς μια κατεύθυνση. Η απεικόνιση ολοκληρώνεται με την χρήση συγκεκριμένων μοντέλων. Ένα από τα πιο γνωστά μοντέλα είναι το RGB (Red, Green, Blue).

Διαβάθμιση RGB 2 χρωμάτων

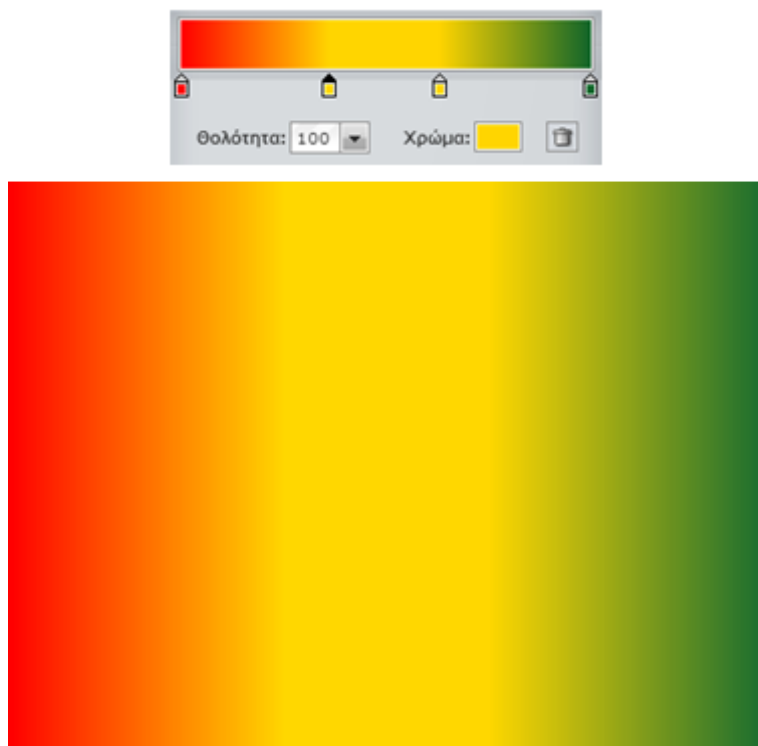
Το γέμισμα με διαβάθμιση είναι ο σταδιακός συνδυασμός δύο ή περισσότερων χρωμάτων γεμίματος. Στην εικόνα 3 βλέπουμε ένα παράδειγμα διαβάθμισης δύο χρωμάτων.



Εικόνα 9: Διαβάθμιση RGB 2 χρωμάτων

Διαβάθμιση RGB 3 χρωμάτων

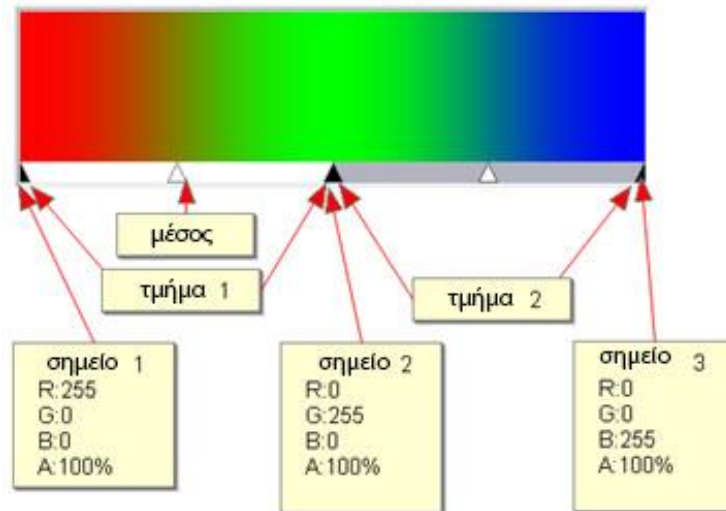
Ακόμα ένα παράδειγμα διαβάθμισης τριών χρωμάτων:



Εικόνα 10: Διαβάθμιση RGB 3 χρωμάτων

2.13 Χρωματική διαβάθμιση στη χαρτογραφία

Η χρήση της χρωματικής διαβάθμισης στην χαρτογραφία βοηθά να παρουσιαστεί η σταδιακή μετάβαση από μια κατάσταση ή γεγονός σε ένα άλλο. Ένα παράδειγμα είναι η διαφορά θερμοκρασίας. Η μεταβολή της θερμοκρασίας από το θερμό προς το ψυχρό μπορεί να απεικονιστεί με την σταδιακή μετάβαση από το κόκκινο χρώμα προς το μπλε. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η παρουσίαση της



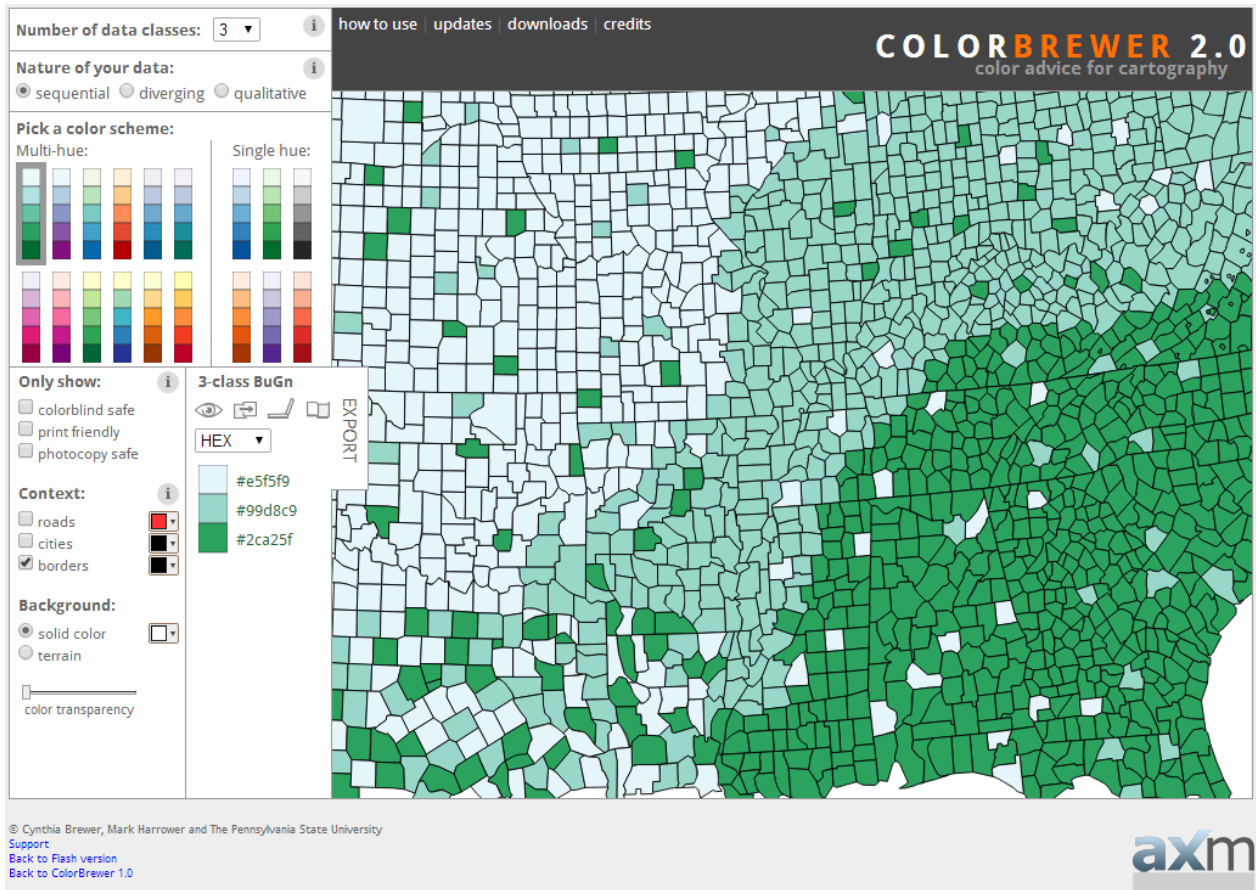
Εικόνα 11: Παράδειγμα δημιουργίας διαβάθμισης 3 (Πηγή: <http://art.vinayraikar.com/>)

βλάστησης μιας περιοχής χωρίζοντάς την σε τρεις «ομάδες» (εικόνα 12). Στο παράδειγμα της εικόνας, με πράσινο χρώμα συμβολίζεται η έντονη βλάστηση, με κίτρινο η χαμηλή βλάστηση και με κόκκινο το γυμνό έδαφος. Οι ενδιάμεσες διαβαθμίσεις παρουσιάζουν την ενδιάμεση κατάσταση. Η συγκεκριμένη αναπαράσταση είναι γραμμική και γίνεται εφαρμογή σε γραμμικά βαθμιδωτά γεγονότα. Άλλα παραδείγματα είναι η υψομετρική διαφορά κ.α. γεωχωρικά γεγονότα.

2.14 Color Brewer

Το **Color Brewer** είναι ένα χρήσιμο πρόγραμμα για ορθή χρήση του χρώματος και ειδικά σε περιπτώσεις κλιμακωτής διαβάθμισης χρωμάτων στην χαρτογραφία και τα ΓΣΠ είναι (<http://colorbrewer2.org/>). Η διαδικασία χρήσης του στηρίζεται στον αριθμό κλάσεων που έχει το χαρτογραφικό φαινόμενο, δηλαδή εάν οι τιμές είναι διαδοχικές, αποκλίνουσες ή ποιοτικές (Silva et al., 2011). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι ότι ενημερώνει τον χρήστη για ορισμένες ιδιότητες της επιλεγμένης αναπαράστασης, δηλαδή:

1. Εάν απευθύνεται σε ανθρώπους με προβλήματα στην όραση
2. Εάν θα υπάρχει πρόβλημα με τις ασπρόμαυρες φωτοτυπίες
3. Εάν είναι κατάλληλα για προβολή σε οθόνες LCD
4. Εάν είναι φιλικά προς την έγχρωμη εκτύπωση



Εικόνα 12: Το πρόγραμμα Color Brewer 2.0 (Πηγή: <http://colorbrewer2.org/>)

Το Color Brewer είναι μια από τις περιπτώσεις που ενδείκνυται για την ορθότερη χρήση χρωματικής διαβάθμισης, με μικρό όμως αριθμό χρωμάτων. Αλλά, παρόλα αυτά, αποκαλύπτεται ένα κενό για τον υπολογισμό χρωματικής διαβάθμισης με μεγάλο αριθμό χρωμάτων. Ο μέγιστος αριθμός χρωμάτων που μπορεί να δημιουργήσει είναι μέχρι δώδεκα κλάσεις.

2.15 Προβλήματα στη χρωματική απεικόνιση

Σε πολλές περιπτώσεις επιστημονικής ανάλυσης και απεικόνισης χαρτών, χρησιμοποιείται ψευδοχρωματισμός για την παρουσίαση χωρικών φαινομένων που δεν είναι ορατά στον άνθρωπο και τα οποία δεν “υπάρχουν” στο ορατό φάσμα. Μια από τις μη βέλτιστες χρωματικές επιλογές είναι ο χρωματισμός του ουράνιου τόξου. Αν και η πιο δημοφιλής χρωματική αναπαράσταση σε επιστημονικό επίπεδο είναι και η πιο προβληματική. Η χρωματική αναπαράσταση ουράνιου τόξου μπερδεύει κατά κύριο λόγο με την διάταξη των χρωμάτων, καθώς δεν είναι διατεταγμένα με κάποια λογική (Chen, 2005). Ο Borland (2007) αναφέρεται σε ανθρώπους που τους δόθηκε η δυνατότητα να τοποθετήσουν γκριζα χρώματα σε σειρά: τα

τοποθέτησαν από το πιο σκούρο στο πιο ανοικτό και το αντίθετο το ίδιο και με ένα χρώμα και τις αποχρώσεις του. Στην περίπτωση της χρωματικής διάταξης ουράνιου τόξου δεν μπορούσαν να αντιληφθούν την σειρά των χρωμάτων και κατ' επέκταση τι μπορεί να σημαίνει αυτός ο χρωματισμός. Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η χρωματική διάταξη ουράνιου τόξου είναι ότι είναι ευαίσθητη στα προβλήματα της όρασης. Χοντρικά το 5% του πληθυσμού δεν μπορεί να ξεχωρίσει το χρώμα μεταξύ του κόκκινου και του πράσινου (Moreland, 2009).

Στα πειράματα της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο βασικός “χρωματικός χώρος” RGB. Αν και υπάρχουν μειονεκτήματα, όπως τα συστατικά με ισχυρή συσχέτιση, έλλειψη της ανθρώπινης ερμηνείας και η μη ομοιομορφία (Angulo & Serra, 2003), ήταν ο πιο βολικός χρωματικός χώρος για την εκτέλεση των πειραμάτων και για τη δημιουργία των προγραμμάτων της εργασίας.

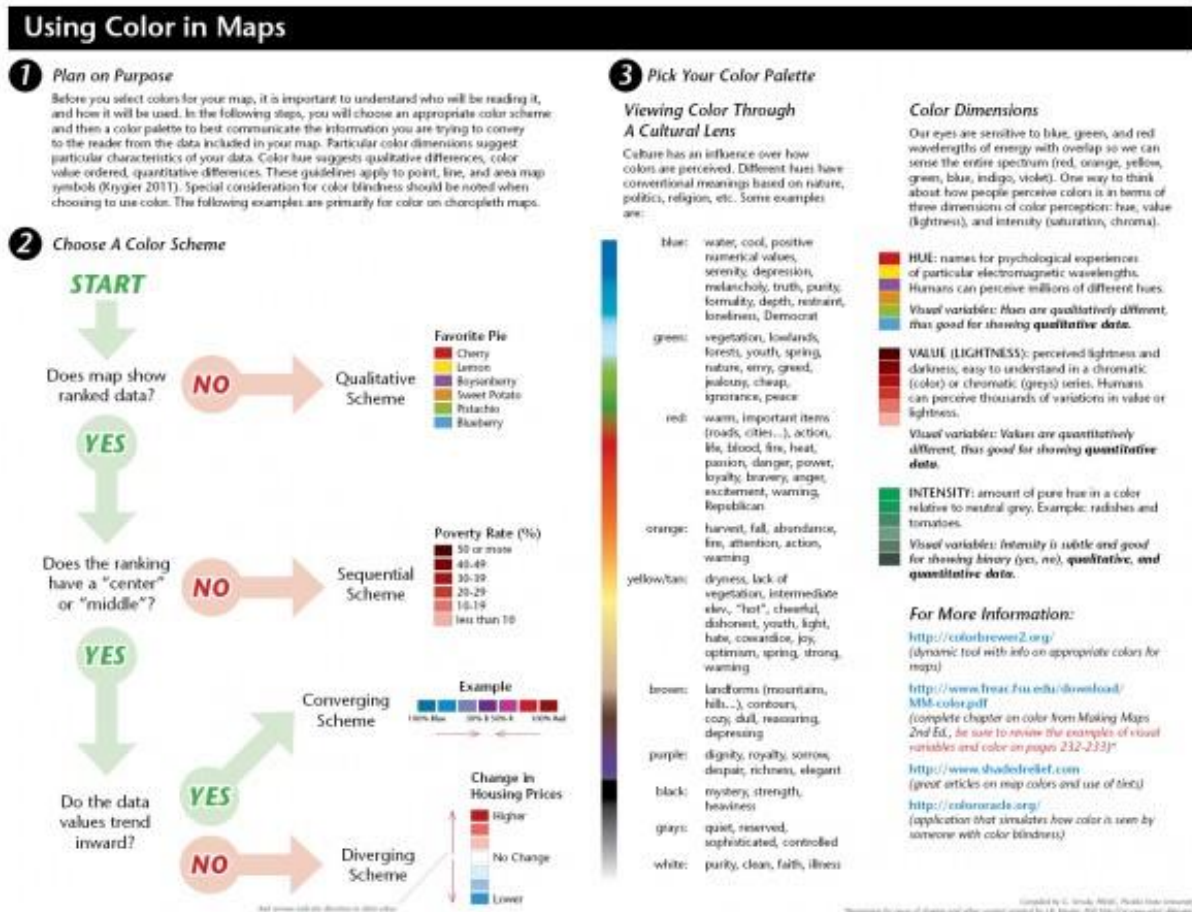
2.16 Το χρώμα στη χαρτογραφία

Μια από τις σημαντικές συνιστώσες και τεχνικές της χαρτογραφίας είναι το χρώμα. Το χρώμα ξεκίνησε να χρησιμοποιείται στην χαρτογραφία τουλάχιστον από την εποχή των Αιγυπτίων χαρτογράφων και εξελίχθηκε περαιτέρω με την ανακάλυψη της εκτύπωσης τον 15^ο αιώνα και, φυσικά, μέχρι την εποχή μας, με την χρήση των υπολογιστών. Οι απαιτήσεις για παραγωγή έγχρωμων χαρτών ακολούθησε την πορεία της εκτύπωσης και των οπτικών μέσων. Η ανακάλυψη της έγχρωμης τηλεόρασης και της έγχρωμης οθόνης στους υπολογιστές έδωσαν μεγαλύτερες δυνατότητες στην απόδοση και απεικόνιση των χαρτών.

Το χρώμα στην χαρτογραφία διαδραματίζει δύο ρόλους, αφενός την απεικόνιση του χώρου και αφετέρου την απεικόνιση των μαθηματικών ή στατιστικών στοιχείων μιας περιοχής. Η χρήση των χρωμάτων στην χαρτογραφία δεν είναι αυθαίρετη αλλά διέπεται από βασικούς κανόνες.

Ένα από τα πιο σημαντικά θεώρηματα στην χαρτογραφία είναι το θεώρημα των τεσσάρων χρωμάτων. Σύμφωνα με αυτό το θεώρημα, αρκούν το λιγότερο τέσσερα χρώματα για να χρωματιστούν οι περιοχές ενός χάρτη που είναι συνεχόμενες και με διαχωριστικά μεταξύ τους. Επίσης γειτονικά πολύγωνα δεν πρέπει να έχουν το ίδιο χρώμα στην κοινή τους ακμή (Robertson et al., 1997).

Μια άλλη παραδοχή για τη χρήση του χρώματος είναι ότι συνήθως προσπαθούμε να ανταποκρίνεται στο αντικείμενο που περιγράφει. Με λίγα λόγια, να έχει το ίδιο χρώμα με το φυσικό του τοπίο. Συνήθως χρησιμοποιούμε ψευδο-χρωματισμούς σε περιπτώσεις αναπαράστασης δεδομένων που στην πραγματικότητα δεν είναι ορατά.



Εικόνα 13: Διάγραμμα ροής για την χρήση του χρώματος σε ένα χάρτη (Πηγή: <http://visual.ly/using-color-maps>)

2.17 Η φύση του χρώματος

Σύμφωνα με τους Robinson et al. 1995 το χρώμα είναι ένα φαινόμενο αντίληψης, ένα προϊόν διανοητικής επεξεργασίας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που ανιχνεύεται από τα μάτια μας. Σημαντικές συνισταμένες αποτελούν η όρασή μας και η αντίδρασή της στο χρώμα αλλά και η ανάκλαση των χρωμάτων από την προσπίπτουσα ακτινοβολία του φωτός (Robinson et al., 1995, σελ. 421).

Τα μάτια μας είναι ευαίσθητα στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αποτελεί ένα μικρό διάστημα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, το οποίο ονομάζεται ορατό φάσμα. Η αποτύπωση φυσικών περιοχών είναι εύκολο να κατανοήσουμε ότι αντιγράφουμε τα φυσικά χρώματα σε αντίθετη περίπτωση ο χρωματισμός γίνεται με ψευδωχρωματική αντίληψη.

Το χρώμα επίσης επηρεάζεται από τις “διαστάσεις” του, δηλαδή την Απόχρωση, τη Λαμπρότητα και τον Κορεσμό (πληρότητα). Φυσικά όλα τα παραπάνω εξαρτώνται από διάφορα άλλα χαρακτηριστικά, όπως η απόσταση θέασης δηλαδή η κλίμακα σε περιβάλλον υπολογιστή, το μέγεθος των σημείων ή των περιοχών της απόστασης μεταξύ τους.

Το χρώμα επηρεάζει άμεσα τον χάρτη και την κατανόησή του από τον τελικό χρήστη. Ένας έγχρωμος χάρτης δίνει τη μέγιστη πληροφόρηση σε σχέση με έναν ασπρόμαυρο χάρτη. Παρόλα αυτά οι ασπρόμαυροι χάρτες είναι αναγκαίοι σε ορισμένες περιπτώσεις που υπάρχει πρόβλημα όρασης στον χρήστη.

Κεφάλαιο 3ο

Μελέτη Περίπτωσης

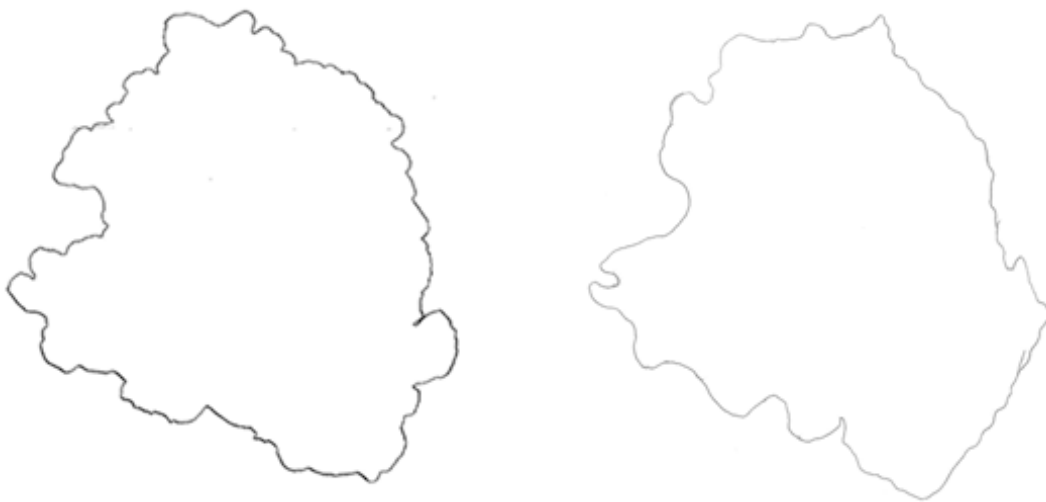
Πειραματική αναπαράσταση ασαφούς γεωγραφικής απεικόνισης

3.1 Στόχος

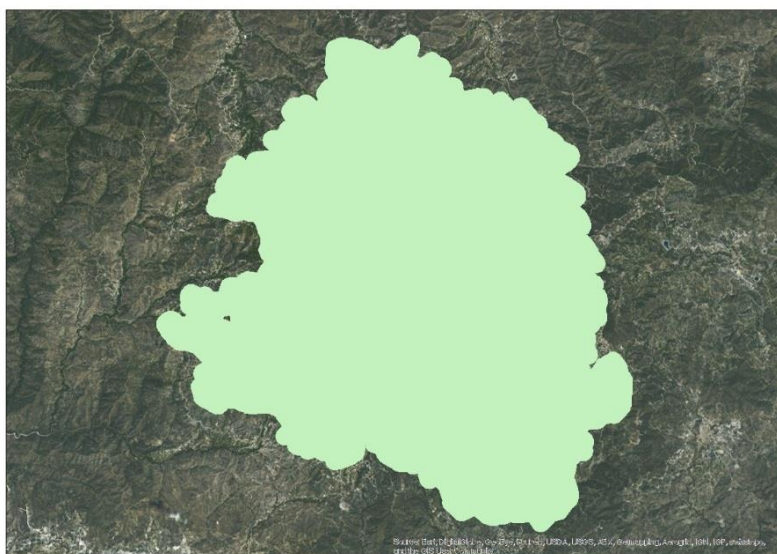
Η σαφής και η ασαφής απεικόνιση είναι δύο αντίθετες προσεγγίσεις στην απεικόνιση. Για την μελέτη της σαφούς και της ασαφούς απεικόνισης των γεωγραφικών ορίων ολοκληρώσαμε μια σειρά πειραμάτων. Με την ολοκλήρωση του πειράματος έγινε προσπάθεια να υπολογιστεί η διαφορά των δύο απεικονίσεων σε σχέση με τα αρχικά καθορισμένα όρια του Δάσους του

Τροόδους. Το παρόν πείραμα στηρίχθηκε στην υπόθεση ότι η απεικόνιση της ασάφειας μπορεί να μετρηθεί από το πόσο διαφέρουν οι αντιλήψεις των ανθρώπων.

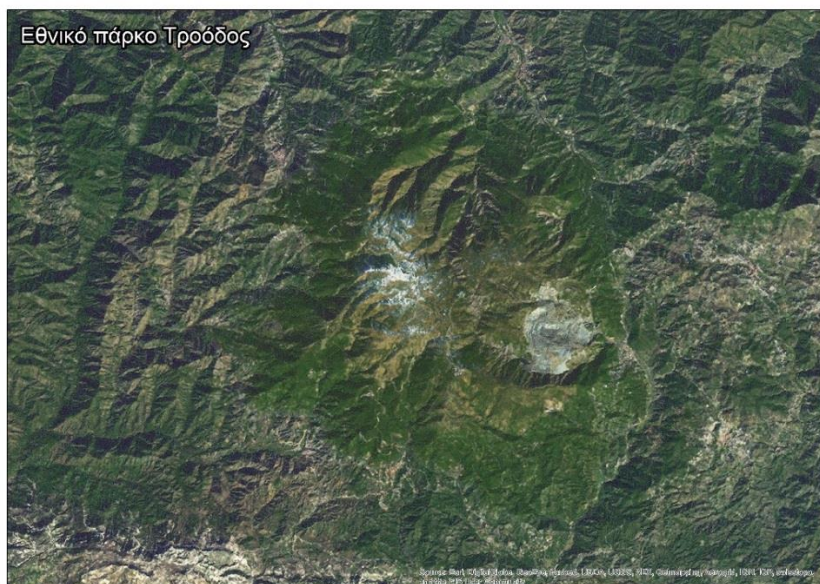
Για να ορίσουμε τις έννοιες σαφή και ασαφή όρια, καθορίσαμε τα όρια δύο εικόνων, στη μια σαφή και στην άλλη ασαφή και ποσοτικοποιήσαμε τη διαφορά τους. Με αυτήν την διαδικασία ορίζουμε ουσιαστικά την ασάφεια, καταγράφοντας την διαφορετική αντίληψη οριοθέτησης σε σχέση με την σαφή οριοθέτηση.



Εικόνα 14: Σαφή όρια όπως καταγράφηκαν από την εικόνα με σαφή και ασαφή όρια



Εικόνα 15: Περιοχή Δάσους Τροόδους με σαφή όρια



Εικόνα 16: Περιοχή Δάσους Τροόδους με ασαφή όρια

3.1.1 Περιγραφή του πειράματος

Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα όρια του Εθνικού Δασικού Πάρκου Τροόδους. Το πάρκο αυτό, το οποίο κηρύχθηκε το έτος 1992 σαν Εθνικό Δασικό Πάρκο της Κύπρου, βρίσκεται στην καρδιά της οροσειράς του Τροόδους.

Για τις ανάγκες του πειράματος ζητήθηκε αρχικά από δέκα άτομα να σχεδιάσουν τα σαφή όρια του πάρκου με ελεύθερο χέρι, έχοντας ως υπόβαθρο στη λευκή τους σελίδα την Εικόνα 15. Η διαδικασία επαναλήφθηκε, ζητώντας από τα ίδια άτομα να σχεδιάσουν με τον ίδιο τρόπο, έχοντας αυτή τη φορά ως υπόβαθρο την Εικόνα 16. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα αυτά ψηφιοποιήθηκαν και αφαιρέθηκε η διαφορά των σχεδίων από τα επίσημα όρια του δάσους. Στην συνέχεια μετρήθηκε η πραγματική τους έκταση και διαιρέθηκε με το μήκος των ορίων του πολυγώνου. Στην περίπτωση της χάραξης των σαφών ορίων, η διαφορά που προκύπτει έγκειται στην αστάθεια του ανθρώπινου χεριού. Στην αντίθετη περίπτωση τα ποσοστά απόκλισης της χάραξης των ασαφών ορίων είναι η ασαφής αντίληψη των ορίων. Τα ποσοστά απόκλισης είναι όπως αναμενόταν σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις, αποδεικνύουν την υπόθεση και ουσιαστικά διαφοροποιούν τις δύο αντίθετες απεικονίσεις.

Στην εικόνα 15 βλέπουμε τα σαφή και επίσημα όρια του δάσους Τροόδους. Οτιδήποτε είναι εντός των ορίων είναι δάσος και οτιδήποτε εκτός των ορίων δεν είναι δάσος. Ενδιάμεσες τιμές

δεν υπάρχουν στην σαφή απεικόνιση. Αντίθετα, με την ασαφή απεικόνιση, εκτός από τις περιοχές που είναι σαφείς υπάρχει και η δυνατότητα απεικόνισης της ενδιάμεσης περιοχής που στην πραγματικότητα δεν είναι καθόλου σαφές εάν βρίσκεται στα όρια του δάσους. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν περιοχές που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν «λιγότερο» δάσος και κάποιες άλλες σαν «περισσότερο» δάσος. Η δεύτερη περίπτωση, που εφαρμόζει την αρχή της ασαφούς λογικής, είναι και πιο κοντά στην ανθρώπινη λογική.

Στην συνέχεια της διαδικασίας, αφαιρέσαμε από τα ασαφή όρια την ασάφεια σε σχέση πάντα με τις τιμές της σαφούς χάραξης. Με την αφαίρεση της κοινής περιοχής των σαφών και ασαφών ορίων, το υπόλοιπο σε κάθε περίπτωση, μετρήθηκε το εμβαδόν του και διαιρέθηκε με το μήκος του (εξίσωση 1). Οι τελικές τιμές του πειράματος για την σαφή απεικόνιση κυμαίνονται από 0,10% μέχρι 0,70% και της ασαφούς απεικόνισης από 8,5% μέχρι 13%.

Συνδέοντας το πείραμα με την πρακτική εφαρμογή στην πληροφορική την ασάφεια, θα μπορούσαμε να την αντιστοιχήσουμε και με την χρωματική διαβάθμιση η οποία αποτελείται από 256 χρώματα. Το νούμερο 1 είναι το απόλυτο ΟΧΙ και η τιμή 255 είναι η απόλυτη τιμή ΝΑΙ. Όλες οι ενδιάμεσες τιμές αποτελούν τις ασαφείς τιμές.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του πειράματος. Στην πρώτη στήλη είναι το όνομα του συμμετέχοντος και στη δεύτερη το εμβαδόν της διαφοράς σε σχέση με το εμβαδόν των επίσημων ορίων (Περίμετρος Δ.Τ. = 79,58). Στην τρίτη στήλη (E/M, δηλαδή Εμβαδόν διά Μήκος) καταγράφεται το αποτέλεσμα της διαίρεσης του εμβαδού διά το μήκος και ουσιαστικά το ποσοστό απόκλισης, το οποίο καταγράφεται στην επόμενη στήλη σε ποσοστιαία μορφή. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα όρια που χαραχθήκαν από την ασαφή εικόνα. Στην στήλη Ασαφή έχουμε το εμβαδόν από την διαφορά των ορίων που παράχθηκαν από την εικόνα με τα ασαφή όρια και το εμβαδόν των επίσημων ορίων. Στις επόμενες δύο στήλες είναι καταγεγραμμένα το αποτέλεσμα της διαίρεσης του εμβαδόν με το μήκος της περιμέτρου των επίσημων ορίων και το ίδιο σε ποσοστό επί τοις εκατό. Στην τελευταία στήλη καταγράφεται η περίμετρος των επίσημων ορίων του Δάσους του Τροόδους. Τα επίσημα όρια του Τροόδους τα πήραμε από τον επίσημο διαδικτυακό χώρο του Τμήματος Δασών. Όλα τα σχέδια βρίσκονται στο Παράρτημα Β της διπλωματικής εργασίας και στη σελίδα 87.

3.1.2 Αποτελέσματα πειράματος

Στον Πίνακα 1 τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την υπόθεσή μας για την ασαφή απεικόνιση. Τα ποσοστά απόκλισης είναι αρκετά μεγαλύτερα σε σχέση με την σαφή απόκλιση. Η μέση τιμή της απόκλισης της ασάφειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν μια ενδεικτική τιμή για άλλες παρόμοιες περιπτώσεις.

Πίνακας 1:Αποτελέσματα πειράματος

Όνομα	Σαφή	Ε/Μ	ποσοστό	Ασαφή	Ε/Μ	ποσοστό	Περίμετρος Δ. Τ.
Βασίλης Τ.	1,457	0,018	0,18%	10,966	0,138	14%	79,58
Άννα Σ.	0,581	0,007	0,70%	8,242	0,103	10%	
Άρτεμις Γ.	1,133	0,014	0,14%	7,237	0,091	9%	
Παναγιώτης Κ.	0,545	0,006	0,60%	6,803	0,085	8,50%	
Άννα Γ.	0,496	0,006	0,60%	6,134	0,077	7%	
Γιάννης Β.	2,368	0,030	0,30%	9,075	0,11	11%	
Αιμιλία Ζ.	1,895	0,024	0,20%	14,807	0,18	18%	
Άννα Μ.	0,563	0,007	0,7%	10,728	0,13	13%	
Μαρία Γ.	1,570	0,020	0,20%	22,108	0,27	27%	
Δήμητρα Δ.	1,212	0,015	0,15%	12,684	0,15	15%	

$$(1) \frac{E_{\text{βαδόν}}}{M_{\text{μήκος}}} = \text{ποσοστό απόκλισης}$$

3.2 Ανάπτυξη λογισμικών για την ασαφή απεικόνιση

Επόμενο στάδιο της μελέτης ήταν η αναπαράσταση της ασαφούς απεικόνισης. Ο στόχος του πειράματος ήταν η δημιουργία μικρών προγραμμάτων, τα οποία θα έδειχναν την ασαφή απεικόνιση. Δημιουργήθηκε ένας αριθμός προγραμμάτων με χρωματική διαβάθμιση που στο πρώτο πρόγραμμα είναι γραμμική, στο δεύτερο στη δύναμη του δύο και το τρίτο στην δύναμη του τρία. Η χρωματική κλίμακα της διαβάθμισης είναι από το 0 μέχρι το 255.

Ο χρωματικός χώρος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο RGB. Κάθε απεικόνιση είναι μεταξύ δύο χρωμάτων και η ασάφεια ξεκινάει από ένα χρώμα, ενδιάμεσα εξομαλύνεται χρωματικά και τελικά τείνει προς το δεύτερο χρώμα. Επόμενο στάδιο αφορούσε μια πιο σύνθετη υλοποίηση

της ασαφούς απεικόνισης, με τη δημιουργία κυκλικών απεικονίσεων με τις ίδιες χρωματικές και μαθηματικές μεταβλητές.

Τελευταίο και πιο ολοκληρωμένο πείραμα στην μορφή των στατικών αναβαθμίσεων ήταν η δημιουργία ενός προγράμματος, το οποίο έχει ως αφετηρία ένα πολύγωνο ακανόνιστου σχήματος. Υλοποιήθηκε η ασαφής απεικόνιση εντός του ακανόνιστου σχήματος με την ίδια μέθοδο, η οποία χρησιμοποιήθηκε στα προηγούμενα προγράμματα.

Το δεύτερο και τελευταίο πείραμα ήταν η δημιουργία ενός προγράμματος, το οποίο εναλλάσσει δύο χρώματα με συγκεκριμένη ταχύτητα. Η ταχύτητα εναλλαγής μπορεί να αλλάξει με κάθε επανεκκίνηση του προγράμματος. Η πιο γρήγορη ταχύτητα εναλλαγής είναι ο ένας ρυθμός ανά καρέ (frame rate). Αυτό το πείραμα έδωσε μια ασάφεια ενός σημείου μεταξύ δύο χρωμάτων. Η εναλλαγή προσδίδει δύο διαφορετικές καταστάσεις που αντιστοιχούν στα δύο χρώματα και μια ενδιάμεση κατάσταση που είναι η απόχρωση των δύο χρωμάτων.

Η πρώτη ομάδα πειραμάτων αφορά στην στατική απεικόνιση της ασάφειας. Το δεύτερο πείραμα αφορά στην διαδραστική απεικόνιση της ασάφειας, που γίνεται μέσω κάποιου ηλεκτρονικού υπολογιστή ή άλλο παρόμοιο μέσο.

Για την ολοκλήρωση των προγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό και η γλώσσα προγραμματισμού Processing (Ben & Casey, 2014) σε λειτουργία java (mode).

3.3 Τεχνολογίες και εργαλεία

3.3.1 Λογισμικό

Στην ιστοσελίδα του λογισμικού και γλώσσας προγραμματισμού Processing [<http://www.processing.org/>] το Processing περιγράφεται ως ένα σύνολο το οποίο αποτελεί την γλώσσα προγραμματισμού, το περιβάλλον ανάπτυξης και την διαδικτυακή κοινότητα που το περιβάλλει. Το Processing είναι ουσιαστικά ένα πρόγραμμα ανοικτού κώδικα, ελεύθερα

διανεμημένο και μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιαδήποτε πλατφόρμα (Windows, Mac και Linux).

Η ενεργή κοινότητα του Processing από το 2001, προωθεί το Processing σαν λογισμικό εκπαίδευσης και ανάπτυξης εικαστικών τεχνών και οπτικής επικοινωνίας μέσω της τεχνολογίας. Ένας μεγάλος αριθμός επιστημόνων, φοιτητών και επαγγελματιών χρησιμοποιούν το Processing για μάθηση, προτυποποίηση και δημιουργία για πολλούς λόγους, εκ των οποίων οι πιο σημαντικοί είναι:

1. Είναι ελεύθερο λειτουργικό / ελεύθερα διανεμημένο
2. Δημιουργεί διαδραστικά προγράμματα με 2D, 3D
3. Ενσωματώνει το OpenGL για 3D επιτάχυνση
4. Μπορεί να εγκατασταθεί σε GNU/Linux, Mac OS X και Windows
5. Περισσότερες από 100 βιβλιοθήκες επεκτείνουν το βασικό λογισμικό.

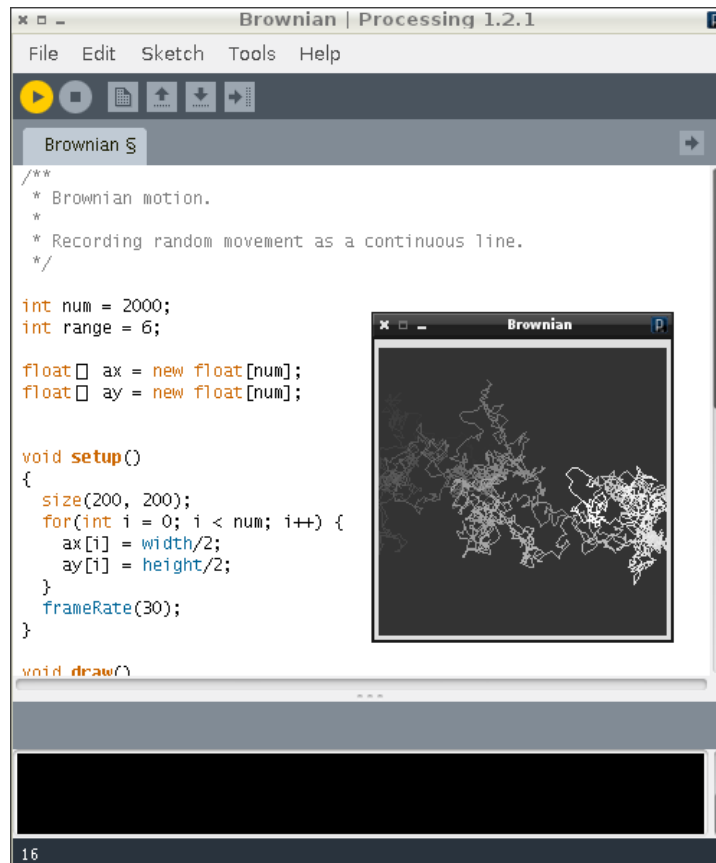
3.3.2 Γιατί το Processing

Το Processing αναπτύχθηκε για να διδάξει τις βασικές αρχές προγραμματισμού μέσω του οπτικού του περιβάλλοντος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα επαγγελματικό εργαλείο παραγωγής (Ben & Casey, 2014).

Αρχικά είχε σχεδιαστεί για καλλιτέχνες. Έτσι, είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται αλληγορικά, θα έλεγε κανείς, δηλαδή σαν ένα είδος τετραδίου για να γραφτεί κώδικας. Λόγω του ότι θεωρείται ένας πολύς καλός συνδυασμός εύκολου προγραμματισμού μέσω του περιβάλλοντος του, το Processing προτείνεται για αρχάριους και νέους προγραμματιστές. Έχοντας πάντα στο νου ότι μερικές γραμμές κώδικα μπορεί να σε πάνε μακριά, με πολλά παραδείγματα, βιβλιοθήκες, βιβλία, και μια μεγάλη και χρήσιμη κοινότητα έκαναν το Processing (Yau, 2013) χρήσιμο στη διπλωματική μου εργασία.

Το Processing αποτέλεσε ιδανικό εργαλείο για την ολοκλήρωση των απαιτούμενων προγραμμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς είναι εύκολο στη χρήση, σχετικά απλό και παρέχεται ευρέως υποστήριξη στο διαδίκτυο. Ως λογισμικό ανοικτού κώδικα, ελεύθερα διανεμημένο, ήταν δυνατό να μεταφορτωθεί και να εγκατασταθεί με μηδενικό κόστος.

Ο συνδυασμός με την γλώσσα προγραμματισμού java, μια από τις πιο διαδεδομένες γλώσσες προγραμματισμού, η οποία διαθέτει επίσης μεγάλη υποστήριξη από την διαδικτυακή κοινότητα, αποτέλεσε ένα ακόμα πλεονέκτημα.



Εικόνα 17: Το λογισμικό Processing

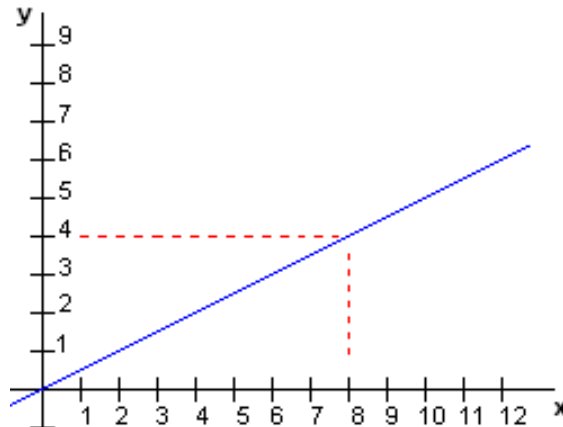
3.4 Δημιουργία λογισμικού απεικόνισης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται ο κώδικας των προγραμμάτων ασαφούς απεικόνισης. Η απεικόνιση μπορεί να είναι είτε γραμμική είτε εκθετική ή με οποιαδήποτε άλλη μαθηματική μορφή. Ο κώδικας των προγραμμάτων βρίσκεται στον παρακάτω διαδικτυακό τόπο

https://docs.google.com/document/d/1tXVzcfVOKED_wHYOwj5qeUPW2jlezQAF9czSZ9pgM9w/edit?usp=sharing

3.4.1 Γραμμική διαβάθμιση

Η γραμμική χρωματική διαβάθμιση αναπτύσσεται ομαλά, γραμμικά. Οι τιμές είναι το σύνολο των τιμών της χρωματικής κλίμακας από το 0 μέχρι το 255.



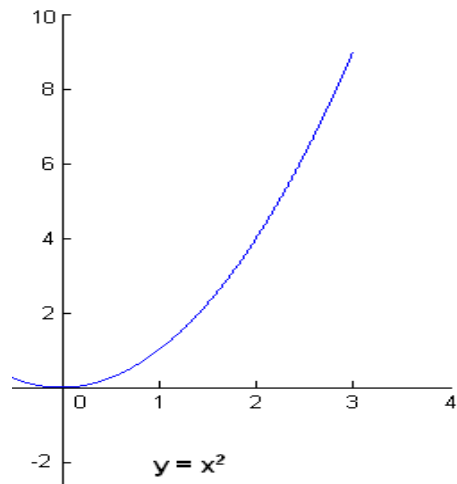
Εικόνα 18: Γραμμική εξίσωση

```
//linear gradient
void setup() {
  size(766, 200); //μέγεθος καμβά
}
void draw() {
  for (int i = 0; i < 255; i++) { //βρόγχος επανάληψης
    fill(i); //Εντολή πλήρωσης χρώματος
    rect(i*3, 10, 3, 180); //Δημιουργία τετραγώνου με μετατόπιση κάθε φορά
    noStroke(); //Απαλοιφή περιγράμματος
  }
}
```



3.4.2 Διαβάθμιση στη δύναμη του 2

Στη χρωματική διαβάθμιση σε ύψωση στο τετράγωνο, η διαβάθμιση γίνεται με περιορισμένο αριθμό χρωμάτων, καθώς η ύψωση στο τετράγωνο περιορίζει τον αριθμό τους.



Εικόνα 19: Εξίσωση στο τετράγωνο



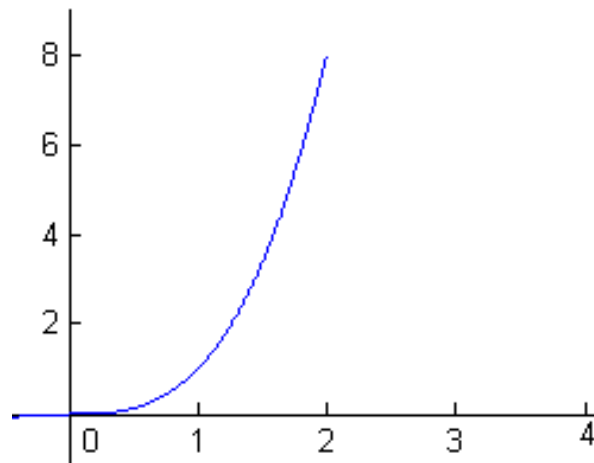
```

//linear gradient
void setup() {
  size(766, 200); //μέγεθος καμβά
}
void draw() {
  long k=0; //Αρχικοποίηση του k
  for (int i = 0; i <= 256; i++) { //βρόγχος επανάληψης
    k=(long)Math.pow(i,2); //υπολογισμός του i στην δύναμη του 2
    if(k<=256) { //έλεγχος βρόγχου
      fill(k); //Εντολή πλήρωσης χρώματος
      rect(i*3, 10, 3, 180); //Δημιουργία τετραγώνου με μετατόπιση κάθε φορά
      noStroke(); //Απαλοιφή περιγράμματος
    }
  }
}

```

3.4.3 Διαβάθμιση στη δύναμη του 3

Στη χρωματική διαβάθμιση σε ύψωση στον κύβο, η διαβάθμιση γίνεται με περιορισμένο αριθμό χρωμάτων, καθώς η ύψωση στον κύβο περιορίζει σημαντικά τον αριθμό των χρωμάτων.



```

//linear gradient
void setup() {
  size(766, 200); //μέγεθος καμβά
}
void draw() {
  long k=0; //Αρχικοποίηση του κ
  for (int i = 0; i <= 256; i++) { //βρόγχος επανάληψης
    k=(long)Math.pow(i,3); //υπολογισμός του i στην δύναμη του 3
    if(k<=256){ //έλεγχος βρόγχου
      fill(k); //Εντολή πλήρωσης χρώματος
      rect(i*3, 10, 3, 180); //Δημιουργία τετραγώνου με μετατόπιση κάθε φορά
      noStroke(); //Απαλοιφή περιγράμματος
    }
  }
}

```

3.4.4 Χρωματική γραμμική διαβάθμιση

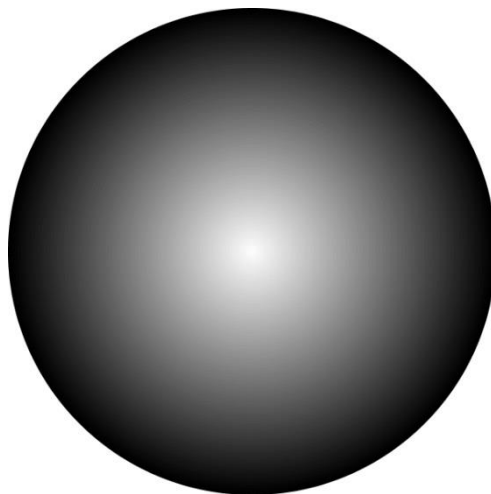
Η γραμμική διαβάθμιση δύο χρωμάτων του χρωματικού χώρου RGB



```
void setup() {  
  size(766, 200); //μέγεθος καμβά  
}  
void draw() {  
  for (int i = 0; i <= 255; i++) { //βρόγχος επανάληψης  
    fill(i, 102, 0); //Εντολή πλήρωσης χρώματος RGB χρώματος  
    rect(i*3, 10, 3, 180); //Δημιουργία τετραγώνου με μετατόπιση κάθε φορά  
    noStroke(); //Απαλοιφή περιγράμματος  
  }  
}
```

3.4.5 Κυκλική γραμμική διαβάθμιση

Η γραμμική χρωματική διαβάθμιση αναπτύσσεται ομαλά, γραμμικά και κυκλικά. Οι τιμές είναι το σύνολο των τιμών της χρωματικής κλίμακας από το 0 μέχρι το 255.



```
void setup() {  
  size(250, 250); //μέγεθος καμβά  
  //colorMode(HSB, 100);  
  noFill();  
  strokeWeight(2);  
  background(255); //χρώμα φόντου  
}
```

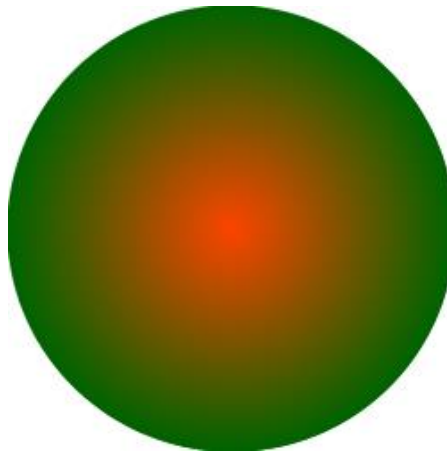


```

color c1 = color(255); //πρώτο χρώμα άσπρο
color c2 = color(0); //δεύτερο χρώμα μαύρο
float maxr = 250; //αρχικοποίηση της μεταβλητής maxr
for(int r = 0; r < maxr; r++) { //βρόγχος επανάληψης
    float n = map(r, 0, maxr, 0, 1); //δημιουργία κύκλου
    color newc = lerpColor(c1, c2, n); //υπολογισμός χρώματος
    stroke(newc);
    ellipse(125, 125, r, r); //Δημιουργία του κύκλου
}
}
void draw() {
    saveFrame("output-####.png"); //Εξαγωγή σε αρχείο εικόνας
    exit();
}

```

3.4.6 Χρωματική κυκλική γραμμική διαβάθμιση

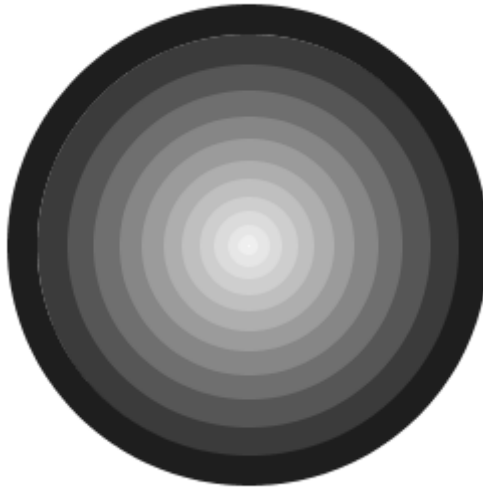


```

void setup() {
    size(250, 250); //μέγεθος καμβά
    //colorMode(HSB, 100);
    noFill();
    strokeWeight(2);
    background(255); //χρώμα φόντου
    color c1 = color(255, 69, 0); //πρώτο χρώμα πορτοκαλί
    color c2 = color(0, 100, 0); //δεύτερο χρώμα πράσινο
    float maxr = 250;
    for(int r = 0; r < maxr; r++) { //βρόγχος επανάληψης
        float n = map(r, 0, maxr, 0, 1);
        color newc = lerpColor(c1, c2, n);
        stroke(newc); //Δημιουργία πλαισίου χρώματος
        ellipse(125, 125, r, r); //Δημιουργία κύκλου
        saveFrame("output-####.png"); //Εξαγωγή σε αρχείο εικόνας
        exit(); //Εξοδος από το πρόγραμμα
    }
}
void draw() {
}

```

3.4.7 Διαβάθμιση κύκλου στη δύναμη του 2



```
void setup() {  
  size(300, 300); //μέγεθος καμβά  
  //colorMode(HSB, 100);  
  noFill();  
  strokeWeight(15);  
  background(255); //χρώμα φόντου  
  color c1 = color(255, 255, 255); //πρώτο χρώμα άσπρο  
  color c2 = color(0, 0, 0); //δεύτερο χρώμα μαύρο  
  int dinami;  
  float maxr = 255;  
  for(int r = 0; r < maxr; r++) { //Αρχικοποίηση της μεταβλητής maxr  
    //βρόγχος επανάληψης  
    //Υψωση στην δύναμη του 2  
    dinami=(int)Math.pow(r,2);  
    //float n = map(r, 0, maxr, 0, 1);  
    if(dinami<256){ //Έλεγχος της μεταβλητής dinami  
      float n = map(dinami, 0, maxr, 0, 1); //υπολογισμός της μεταβλητής n  
      color newc = lerpColor(c1, c2, n); //υπολογισμός της μεταβλητής newc  
      stroke(newc);  
      ellipse(150, 150, dinami, dinami); //Δημιουργία κύκλου  
      //saveFrame("output-####.png"); //Εξαγωγή σε αρχείο εικόνας  
      //exit(); //Έξοδος από το πρόγραμμα  
    }  
  }  
}  
void draw() {  
}
```

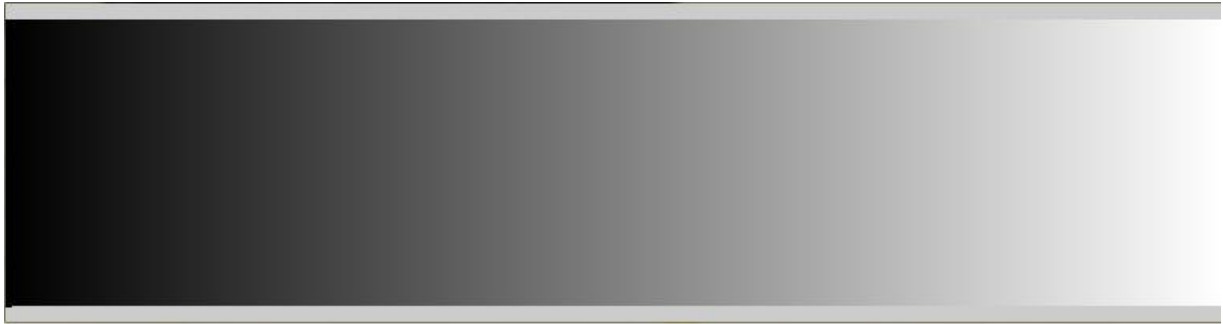
3.4.8 Διαβάθμιση κύκλου στη δύναμη του 3



```
void setup() {
  size(300, 300); //μέγεθος καμβά
  //colorMode(HSB, 100);
  noFill();
  strokeWeight(50);
  background(255); //χρώμα φόντου
  color c1 = color(255, 255, 255); //πρώτο χρώμα άσπρο
  color c2 = color(0, 0, 0); //δεύτερο χρώμα μαύρο
  int dinami;
  float maxr = 255; //Αρχικοποίηση της μεταβλητής maxr
  for(int r = 0; r < maxr; r++) { //βρόγχος επανάληψης
    dinami=(int)Math.pow(r,3); //Ύψωση στην δύναμη του 3
    //float n = map(r, 0, maxr, 0, 1);
    if(dinami<256){
      float n = map(dinami, 0, maxr, 0, 1); //Έλεγχος της μεταβλητής dinami
      color newc = lerpColor(c1, c2, n); //υπολογισμός της μεταβλητής newc
      stroke(newc);
      ellipse(150, 150, dinami, dinami); //Δημιουργία κύκλου
      saveFrame("output-####.png"); //Εξαγωγή σε αρχείο εικόνας
    }
    // exit(); //Έξοδος από το πρόγραμμα
  }
}
void draw() {
}
```

3.4.9 Γραμμική διαβάθμιση (με χρήση μεταβλητών)

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα αντικαταστάθηκαν όλες οι τιμές με μεταβλητές πλήρως ελέγξιμες από τον χρήστη. Η κατανόηση και παραμετροποίηση του κώδικα γίνεται αρκετά πιο εύκολα.



```
//Γραμμική διχρωματική διαβάθμιση
void setup() {
  size(766, 200); //μέγεθος καμβά
}

void draw() {

  int up_y = 10;
  int widthh = 3;
  int hight = 180;
  int colorr = 0;

  for (int i = 0; i <= 255; i++) {
    colorr = i;
    fill(colorr); //Γέμισμα χρώματος
    rect(colorr*widthh, up_y, widthh, hight); //Δημιουργία παραλληλογράμμου
    noStroke();
  }
}
```

3.4.10 Διαβάθμιση στο τετράγωνο



```
//Δίχρωμη διαβάθμιση στο τετράγωνο
void setup() {
  size(766, 200);
}
```

```

void draw() {
  long colorrr = 0;
  int up_y = 10;
  int widthh = 45;
  int height = 180;
  for (int i = 0; i <=16; i++) {
    colorrr = i*i; //υπολογισμός του τετραγώνου
    fill(colorrr); //Γέμισμα χρώματος
    rect(i*widthh, up_y, widthh, height); //Δημιουργία παραλληλογράμμου
    noStroke();
  }
}

```

3.4.11 Μεταβαλλόμενη διαβάθμιση

Η ολοκλήρωση του προγράμματος έρχεται με το παρακάτω πρόγραμμα. Οι μεταβλητές του το κάνουν τελείως παραμετροποιήσιμο. Οι μεταβλητές παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά:

K: Μεταβλητή ribbon-start είναι η αρχική τιμή του πρώτου χρώματος και του καμβά στον χρωματικό χώρο RGB

L: Μεταβλητή ribbon-stop είναι η τελική τιμή του τελευταίου χρώματος και του καμβά στον χρωματικό χώρο RGB

P: Μεταβλητή του a για ύψωση σε δύναμη

Συντεταγμένες του ορθογωνίου:

up_y: y - συντεταγμένη του ορθογωνίου εξ ορισμού

widthh: Μεταβλητή πλάτους του ορθογωνίου εξ ορισμού

height: Μεταβλητή ύψους του ορθογωνίου εξ ορισμού

a = pow: Υπολογισμός και ύψωση σε δύναμη της επιλογής μας.

Colour: Αρχικοποίηση της τιμής μεταβλητής colour

```

static final int ribbon_length = 512, H = 300; //Μεταβλητές Μήκους - Ύψους

void setup() {
  size(ribbon_length, H); //Διαστάσεις παλέτας Σε pixels
}

void draw() {

  int k = 0; //Μεταβλητή ribbon-start

```

```

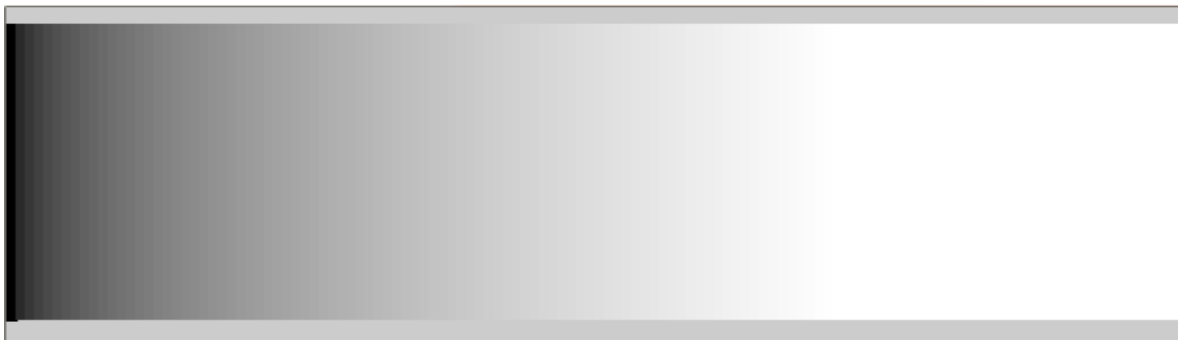
int l = 255; //Μεταβλητή ribbon-stop
float p = 0.5; //Μεταβλητή του a για ύψωση σε δύναμη
int up_y = 10; //y - συντεταγμένη του ορθογωνίου εξ ορισμού
int widthh = 4; //Μεταβλητή πλάτους του ορθογωνίου εξ ορισμού
int height = 180; //Μεταβλητή ύψους του ορθογωνίου εξ ορισμού
float a = pow (ribbon_length, 1-p); //Υπολογισμός και ύψωση σε δύναμη
float colour = 0; //Αρχικοποίηση της τιμής μεταβλητής colour
for (int step = k; step <= l; step++) {
  colour = a * pow (step, p); //Υπολογισμός του χρώματος
  fill(colour); //χρωματική πλήρωση με χρήση της γκρίζας χρωματικής παλέτας
  rect(widthh*step, up_y, widthh, height);
  noStroke();
  //save("cross20.png");
}
}

```

```

float p = 0.3;
int up_y = 10;
float widthh = 4;
int height = 240;

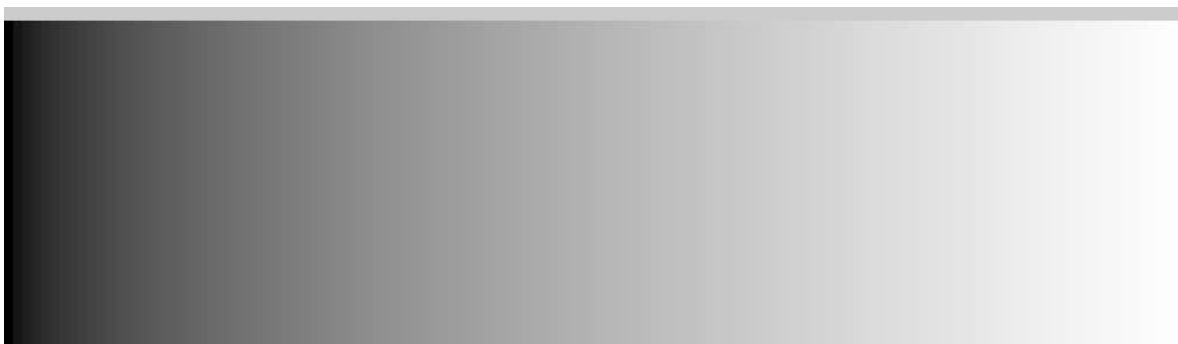
```



```

float p = 0.4;
int up_y = 10;
float widthh = 4;
int height = 240;

```

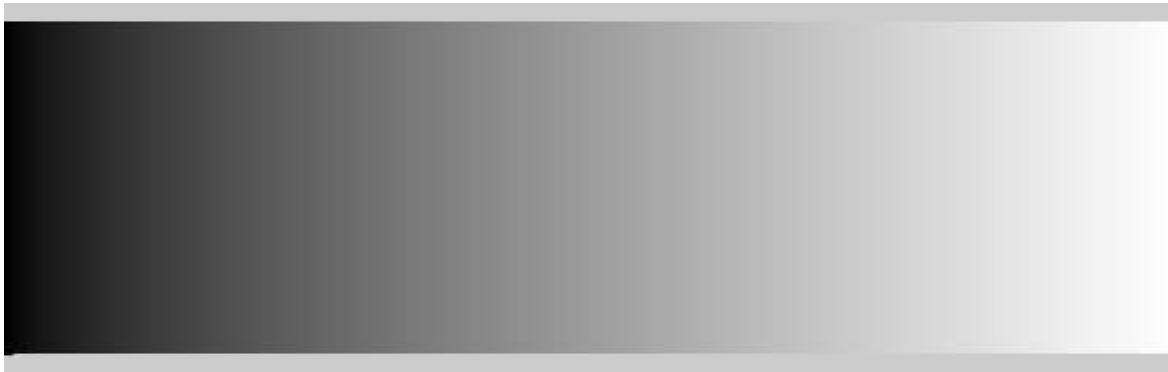


```

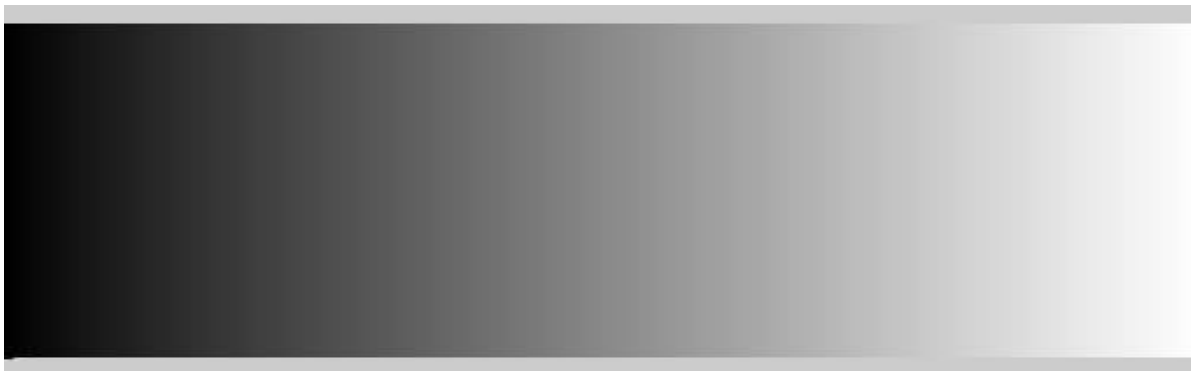
float p = 0.5;
int up_y = 10;

```

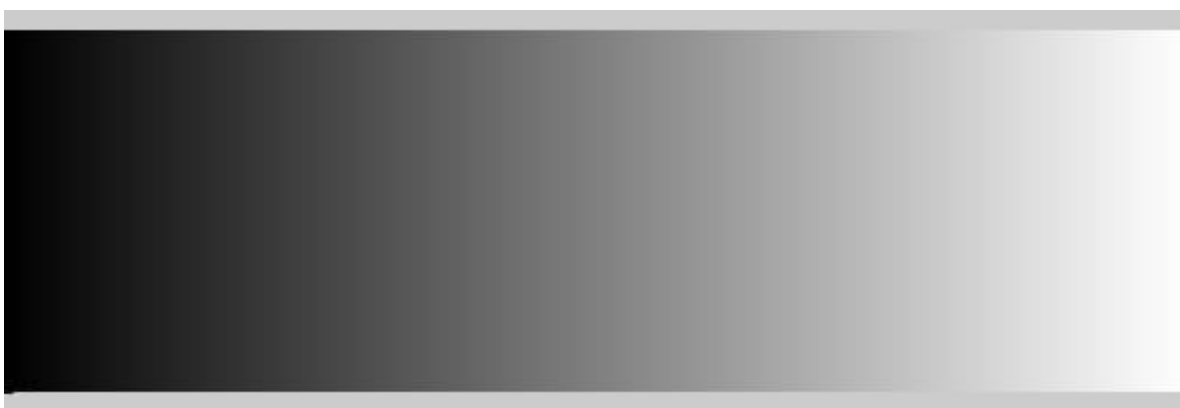
```
float widthh = 4;  
int height = 240;
```



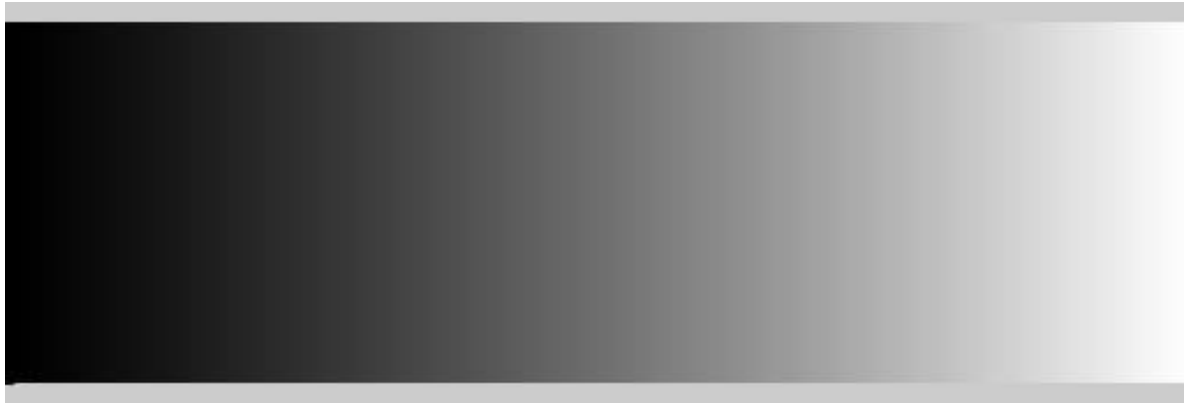
$P = 0.7$



$P = 0.9$



$P = 1$



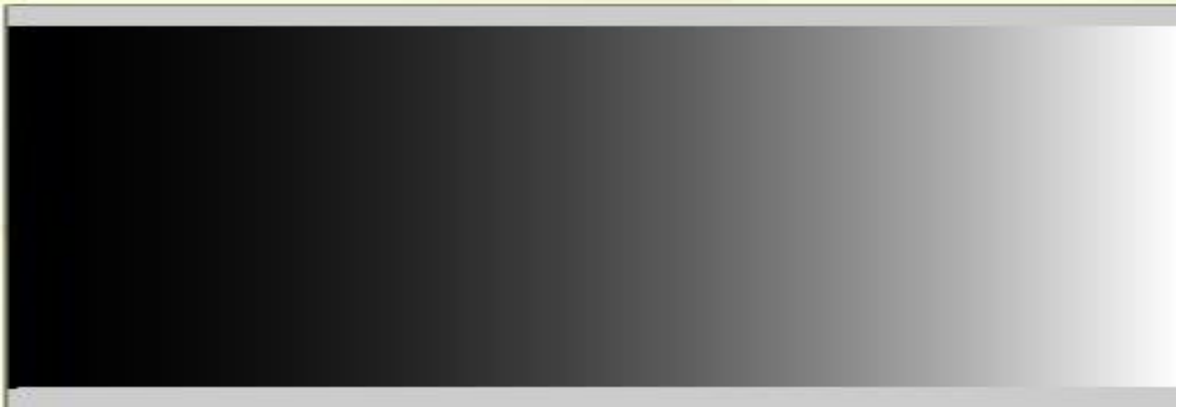
P = 1.2



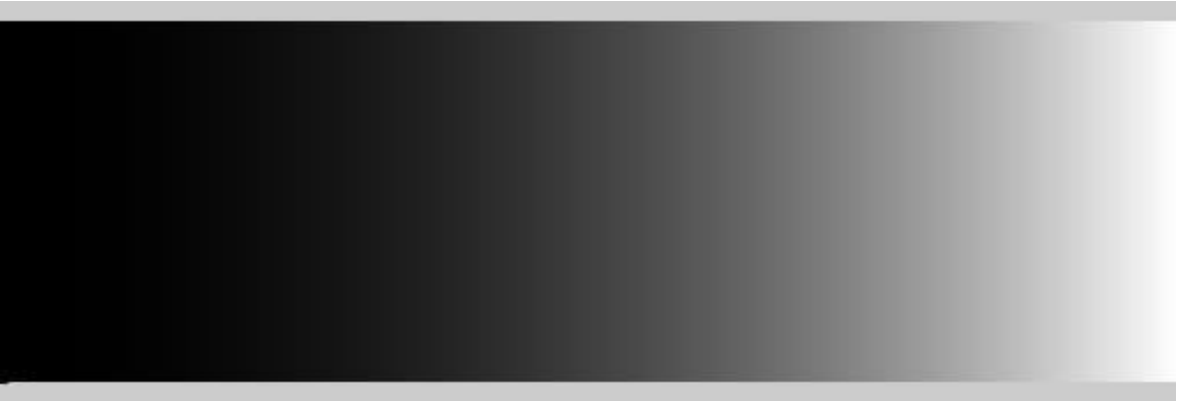
P = 1.4



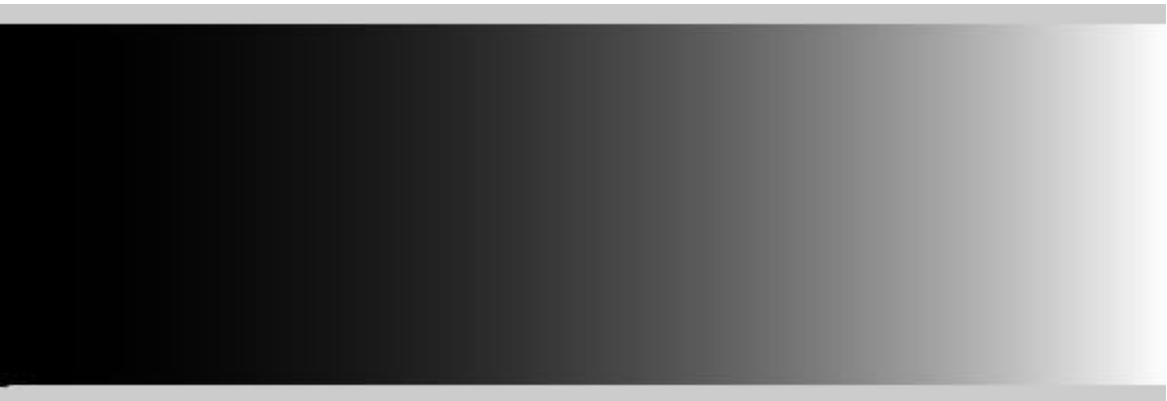
P = 1.6



$P = 1.8$



$P = 2$



$P = 10$

P = 20

3.4.12 Ανάγνωση τιμών από αρχείο κειμένου

Μια παραλλαγή του προηγούμενου προγράμματος για ανάγνωση των τιμών από ένα αρχείο txt. Για καλύτερο έλεγχο και δημιουργία πολλαπλών εικόνων.

```
static final int ribbon_length = 255, H = 200; //Μεταβλητές αλλαγής μεγέθους καμβά
float p;
int up_y, wide, high; //τιμές μεγέθους του καμβά

void setup() {
  size(ribbon_length, H);
  String[] lines = loadStrings("input.txt"); //όνομα αρχείου τιμών
  p = float(split(lines[0], " ")[1]); //ανάγνωση της πρώτης τιμής από την γραμμή 0
  println(p); //εμφάνιση της τιμής στην γραμμή εντολών
  up_y = int(split(lines[1], " ")[1]); //ανάγνωση της πρώτης τιμής από την γραμμή 1
  println(up_y); //εμφάνιση της τιμής στην γραμμή εντολών
  wide = int(split(lines[2], " ")[1]); //ανάγνωση της πρώτης τιμής από την γραμμή 2
  println(wide); //εμφάνιση της τιμής στην γραμμή εντολών
  high = int(split(lines[3], " ")[1]); //ανάγνωση της πρώτης τιμής από την γραμμή 3
  println(high);
}

void draw() {
  float a = pow (ribbon_length, 1-p);
  float colour = 0;
  for (int step = 0; step <= 255; step++) {
    colour = a * pow (step, p);
    fill(colour, 0, 0);
    rect(wide*step, up_y, wide, high);
    noStroke();
  }
}
```

```

Αρχείο input.txt
float p = 1
int up_y = 10
int wide = 1
int high = 180

```



3.4.13 Χρωματική διαβάθμιση σε σχήμα (με χρήση μεταβλητών)

Επόμενο στάδιο ήταν η δημιουργία χρωματικής διαβάθμιση ακανόνιστου σχήματος - πολύγωνου.

```

float step = 0.2; // 0.5 == 50% /*ποσοστό παράλληλης μετατόπισης τους σχήματος βάση των συντεταγμένων των
σημείων του.*/
float hearts = 16; // heart count /*Ο αριθμός παράλληλων σχημάτων που θα δημιουργηθούν*/
float p=1;
int dinami=2;
void setup() {
size(1000, 1000);           //Διαστάσεις της παλέτας
stroke(0, 255, 0);         //Χρώμα του περιγράμματος (stroke) στην παλέτα RGB
//noStroke();
noFill();                  //Απενεργοποιεί την πλήρωση με χρώμα το όποιο σχήμα
}
void draw() {
background(255);          //Χρήση του μαύρου χρώματος για το Αρχικό σχήμα
translate(400, 400);      //Μεταφορά του σχεδίου στο κέντρο της παλέτας

for (int i = int(hearts-1); i >= 0; i--) { /* Ρουτίνα δημιουργίας των παράλληλων σχημάτων*/
p=pow(i, dinami);
fill(p);
float scale = 1 + i * step; //Μεταφορά του κάθε σχεδίου στο κέντρο της παλέτας
pushMatrix();
scale(scale); /*Αυξάνει ή μειώνει το μέγεθος ενός σχήματος με την επέκταση και των συμβαλλόμενων κορυφών.*/
strokeWeight(1.0 / scale); //Ορίζει το πλάτος γραμμής
heart(); //δήλωση μεταβλητής
popMatrix();
}
saveFrame("line-#####.png");

```

```

}
/* Οι συντεταγμένες του αρχικού σχήματος */
void heart() {
beginShape();
vertex(-180, -100);
vertex(-190, -120);
vertex(-150, -150);
vertex(100, -100);
vertex(100, 100);
vertex(0, 150);
vertex(-110, 100);
vertex(-120, 100);
vertex(-130, 100);
vertex(-140, 100);
vertex(-150, 100);
endShape(CLOSE);
}

```

Περιγραφή ρουτίνας

Το πρόγραμμα σχεδιάζει κλιμακωτά σχέδια με πρώτο το μικρότερο σχέδιο και τελευταίο το μεγαλύτερο. Σχεδιάστηκε με έμφαση ώστε τα ισαπέχουσα σχήματα να μην επικαλύπτονται χρωματικά από τα προηγούμενα. Για να γίνει αυτό στον βρόγχο *for i* τον μειώνουμε μέχρι να φτάσει το 0. Ο αριθμός $((i/(heart-1))*255)$; που υπολογίζεται στον βρόγχο αλλάζει με τον παρακάτω τρόπο:

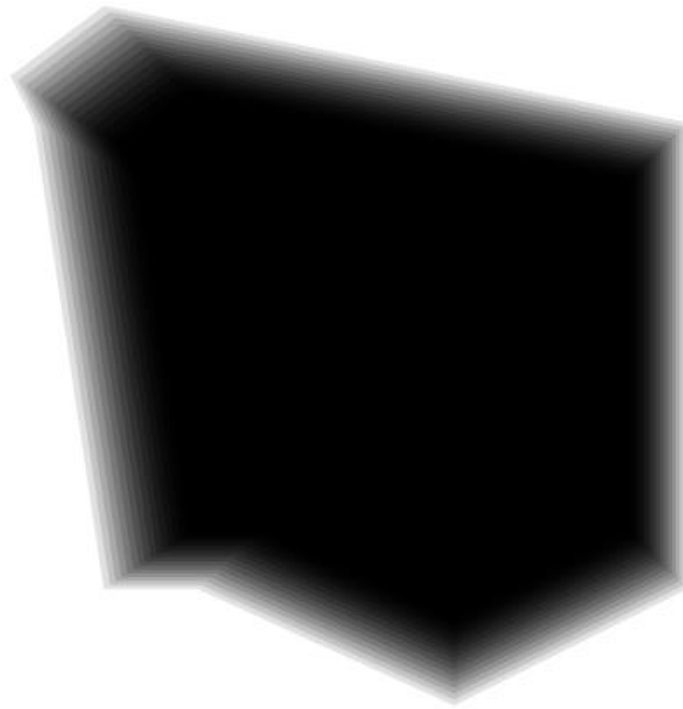
Ας υποθέσουμε ότι έχουμε 4 σχήματα

Έχοντας υπόψη ότι ο βρόγχος αρχίζει από το $i = hearts - 1 = 3$

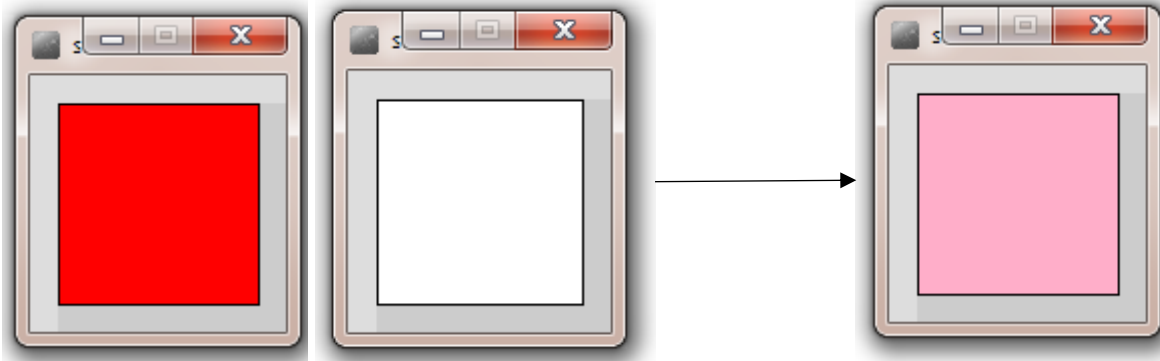
i		$(i(heart - 1)) * 255$	

3		$(3/(4 - 1)) * 255 = 255$	Άσπρο
2		$(2/(4 - 1)) * 255 = 170$	Ανοικτό Γκρι
1		$(1/(4 - 1)) * 255 = 85$	Σκούρο Γκρι
0		$(0/(4 - 1)) * 255 = 0$	Μαύρο

Επόμενο βήμα του κώδικα και με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζει το χρώμα. Η ρουτίνα υπολογίζει το χρώμα βάσει του αριθμού των σχεδίων. Ξεκινώντας από το 255 (λευκό χρώμα) δημιουργεί το χρώμα για κάθε κλήση του βρόγχου μειώνοντας τον αριθμό $(i/(hearts-1))*255$ μέχρι να μηδενιστεί. Το σχήμα ολοκληρώνεται τοποθετώντας το καινούριο σχήμα που δημιουργεί κάθε βρόγχος στο ίδιο κέντρο με τα προηγούμενα `float scale = 1 + i * step;`



3.4.14 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή



```
float i = 0;
void draw() {
  size( 200, 200 );
  i++;
  if (i % 2 == 0) {
    fill(255, 0, 0);
  }
  else {
    fill(255);
  }
  rect(0, 0, 100, 100);
}
```

3.4.15 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή ακανόνιστου σχήματος

```
float delay = 12; // 1 frame

void setup() {
  size(900, 900);
}

void draw() {
  background(96); //το χρώμα του φόντου
  fill(255); // Ξεκινάει με άσπρο
  if (frameCount%(2*delay)<delay) fill(255, 0, 0); /* frameCount() --> Η
μεταβλητή του συστήματος frameRate εμπεριέχει κατά προσέγγιση την αναλογία
ρυθμού καρτέ ενός εκτελέσιμου σχεδίου*/
% /*--> Υπολογίζει το υπόλοιπο όταν ένας αριθμός διαιρείται με ένα άλλο.*/
  {
    beginShape();
    vertex(200, 100);
    vertex(100, 200);
    vertex(100, 300);
    vertex(100, 400);
    vertex(200, 500);
    vertex(200, 600);
    vertex(300, 700);
    vertex(300, 800);
    vertex(400, 800);
    vertex(400, 100);
    endShape(CLOSE);
  }
}
```

```

}
// Draws a rectangle to the screen
}

```

3.4.16 Ψηφιακή χρωματική εναλλαγή δύο τετραγώνων

```

/*
Στις final static μεταβλητές, δεν αλλάζει η τιμή τους στην Java
*/
final static color BLACK = 0;
final static color WHITE = 0xFF;
final static color RED = #FF0000;
final static color GREEN = #00FF00;
final static color BLUE = #0000FF;
final static color YELLOW = #FFFF00;
final static color BG = BLACK;
final static byte FPS = 100;
final static short rectW = 100, rectH = 100;
final static short rectHH = rectH + rectH/2;
final static byte rectsNum = 2;
final static Rectangle[] rects = new Rectangle[rectsNum];
void createRects() {
    //Αριστερό τετράγωνο:
    rects[0] = new Rectangle( 40, 30, rectW, rectH,
        1, 1, WHITE, RED, true ); //Ανοιγοκλείνει πιο γρήγορα
    //Αρχικοποιεί το πρώτο κελί του πίνακα rect με βάση τον constructor της
    //rectangle
    //Δεξί τετράγωνο:
    rects[1] = new Rectangle( 140, 30, rectW, rectH,
        100, 800, RED, WHITE, true ); // Ανοιγοκλείνει πιο αργά
    //Αρχικοποιεί το δεύτερο κελί του πίνακα rect με βάση τον constructor της
    //rectangle
}
void setup() {
    size(190, 80);
    frameRate(FPS);
    rectMode(CENTER);
    smooth();
    noStroke();
    background(BG);
    createRects();
}
void draw() {
    for ( byte r=rectsNum; r!=0; rects[--r].run() );
    /*Το rectsNum είναι 2 οπότε δίνει αυτή την τιμή της r, η οποία ελέγχει εάν είναι
    διάφορη του 0 και καλή με βάση το κελί του πίνακα την μεταβλητή run. Θα ξεκινήσει
    από το κελί 1 και μετά το 0.*/
}
class Rectangle { //Ορίζει την κλάση rectangle και τα χαρακτηριστικά της
    int x, y;
    int w, h;
    int timerON, timerOFF;
    color colorON, colorOFF;
    boolean flashState;
    float finishON, finishOFF;
    Rectangle(int xPos, int yPos, int wide, int high,

```

```

        int tON, int tOFF, color colON, color colOFF, boolean state)
/*O constructor (κατασκευή) της κλάσης rectangle*/
{
    x = xPos;
    y = yPos;
    w = wide;
    h = high;
    timerON = tON;
    timerOFF = tOFF;
    colorON = colON;
    colorOFF = colOFF;
    flashState = !state;
    run();
}
void run() {
    if ( updateState() )    drawRect(); //H συνάρτηση run() της κλάσης
rectangle
}
void drawRect() { //H συνάρτηση drawRect() της κλάσης rectangle
    fill(flashState ? colorON : colorOFF); /*Οι παράμετροι αυτής της
συνάρτησης δίνονται σαν συνθήκη //http://www.cafeaulait.org/course/week2/43.html*/
    rect(x, y, w, h);
}
boolean updateState() { /*H συνάρτηση της updateState() της κλάσης
rectangle*/
    if ( checkTimer() ) {
        flashState = !flashState;
        restartCounters(); //κλήση της συνάρτησης
        return true;
    }
    return false;
}
boolean checkTimer() { /*H Συνάρτηση checkTimer() της κλάσης επιστρέφει
την τιμή του FlashState ανάλογα με το αποτέλεσμα της συνθήκης. */
    return flashState ?
        millis() >= finishON : millis() >= finishOFF;
//http://www.cafeaulait.org/course/week2/43.html
}
void restartCounters() { /* Η Void κλάση RestartCounter() της κλάσης Rectangle,
αναθέτει τιμή στις μεταβλητές finishON και finishOFF ανάλογα με την τιμή του
FlashState*/
    if (flashState)
        finishON = millis() + timerON;
    else
        finishOFF = millis() + timerOFF;
}
}

else
finishOFF = millis() + timerOFF;
}
}

```



Εναλλαγή δύο τετραγώνων

Η εκτέλεση του προγράμματος απεικονίζει δύο τετράγωνα δίπλα – δίπλα, τα οποία μπορούν να εναλλάσσουν δύο χρώματα με συγκεκριμένη ελεγχόμενη ταχύτητα ανεξάρτητη μεταξύ τους. Το παράδειγμα αυτό δίνει την δυνατότητα χρήσης για μια ασαφή απεικόνιση σε περισσότερα εικονοστοιχεία παρουσιάζοντας διαφορετικές καταστάσεις.

Επεξήγηση σημαντικών μεταβλητών

Οι **tON** και **tOFF** είναι προσωρινές δημιουργούμενες τοπικές μεταβλητές οι οποίες δέχονται παραμέτρους οι οποίες περνάνε σε αυτές όταν ο κλώνος της κλάσης **Rectangle** δημιουργείται. Οι πραγματικές μεταβλητές είναι η **timerON** και η **timerOFF**. Οι δύο αυτές μεταβλητές είναι ένα τύπος ακεραίων (int) που το μόνο που κάνουν είναι να αποθηκεύουν αριθμούς.

Αλλάζοντας την μεταβλητή **FPS** αλλάζει ο ρυθμός της συνάρτησης **draw()** προσπαθεί να κληθεί. Η αλλαγή ταχύτητας της εναλλαγής για κάθε τετράγωνο αλλάζει από την συνάρτηση **createRects()**.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα - συζήτηση – συμπεράσματα

4.1 Αποτελέσματα - συζήτηση – συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκε η απεικόνιση γεωγραφικών φαινομένων που χαρακτηρίζονται από ασάφεια. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, η ασάφεια είναι παντού γύρω μας και η χρήση της είναι αναγκαία για την σωστή απεικόνιση των διάφορων φαινομένων και ειδικά στην χαρτογραφία (Zadeh, 2008). Εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια αυτή υπήρξε η πληροφορική και τα μέσα που μας παρείχε, όπως τα σύγχρονα λογισμικά και οι γλώσσες προγραμματισμού, που καθιστούν ευέλικτη την όποια

υλοποίηση. Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δημιουργήθηκαν μικρά προγράμματα χρωματικής διαβάθμισης, τα οποία έδειξαν την ασάφεια. Με την δημιουργία των μικρών απεικονιστικών προγραμμάτων, προσπαθήσαμε να «ελέγξουμε» την χρωματική ασαφή απεικόνιση δημιουργώντας μικρές χρωματικές διαβαθμίσεις και ελέγχοντας την «εξάπλωση» της. Η εξέλιξη και η ανάπτυξη των προγραμμάτων ήταν γραμμική και εκθετική.

Η ασάφεια προβληματίζει όλο και περισσότερο τους επιστήμονες που εξαρτώνται από την χαρτογραφία (Vondrakova & Caha, 2014). Η χαρτογραφία ως γνωστό είναι ένα από τα μέσα λήψης αποφάσεων και θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε αυτήν την ιδιότητά της. Η ασάφεια στην χαρτογραφία παίζει ένα σημαντικό ρόλο, την κάνει πιο ακριβή στην απεικόνισή της. Σε μεγάλο βαθμό το λογισμικό για την χαρτογραφία έχει κάνει σημαντικά βήματα για την «ολοκλήρωση» τους. Αλλά σε κάθε περίπτωση υπάρχουν κενά. Ένα από τα κενά που εντοπίστηκαν ήταν η χαρτογραφική απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων. Στην αναζήτηση προγραμμάτων που να κάνουν ασαφή ανάλυση και απεικόνιση χαρτογραφικών δεδομένων δεν υπάρχουν τρόποι παραμετροποίησης της ασάφειας είτε της εξέλιξής της αλλά ούτε και δυνατότητα παραμετροποίησης της χρωματικής της απεικόνισης. Η επιλογή χρώματος είναι μια σημαντική διαδικασία και ένας σημαντικός παράγοντας και στοιχείο της απεικόνισης. Η χρήση λάθος συνδυασμού χρωμάτων στην ασαφή απεικόνιση μπορεί να προκαλέσει αντίθετες εντυπώσεις και λανθασμένα συμπεράσματα. Για την αποφυγή παρερμηνειών, στον κώδικα των προγραμμάτων έγινε χρήση του ελάχιστου αριθμού χρωμάτων στις ασαφείς απεικονίσεις.

Οι αναφορές για προσπάθειες απεικόνισης ασαφών χαρτογραφικών φαινομένων, με την ανάπτυξη του προβληματισμού σε σχέση με την εφαρμογή της δίτιμης λογικής, χρονολογείται από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Η διπλωματική εργασία κινήθηκε σε τρεις βασικούς άξονες, με στόχο την ανάπτυξη λύσεων για την απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων. Οι βασικοί άξονες είναι ο θεωρητικός ορισμός της ασάφειας, η δημιουργία στατικών προγραμμάτων για την ασαφή απεικόνιση ασαφών γεωγραφικών φαινομένων και η δημιουργία προγράμματος για την απεικόνιση με μη στατικό τρόπο της ασαφούς απεικόνισης ασαφών γεωγραφικών φαινομένων μέσω οθόνης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Με τα υπάρχοντα λογισμικά είναι πολύ περιορισμένη και με λίγες δυνατότητες η ασαφής απεικόνιση. Δυνατότητες παραμετροποίησης των ασαφών απεικονίσεων ασαφών

χαρτογραφικών φαινομένων δίνει ο προγραμματισμός. Με τον προγραμματισμό υπάρχει η δυνατότητα για πλήρη έλεγχο της απεικόνισης. Το ερώτημα που δημιουργείται σε αυτήν την περίπτωση είναι πόσοι έχουν την δυνατότητα για την δημιουργία παρόμοιων προγραμμάτων. Η απάντηση είναι σίγουρα λίγοι.

Συμβολή της παρούσας εργασία υπήρξε η διερεύνηση της ασαφούς λογικής σε βιβλιογραφικό και θεωρητικό επίπεδο και η απεικόνιση ασαφών χαρτογραφικών φαινομένων. Η εργασία κατέδειξε ότι ο καλύτερος τρόπος διερεύνησης της ασαφούς λογικής στην χαρτογραφική απεικόνιση είναι η δημιουργία προγραμμάτων απεικόνισης ασαφών φαινομένων. Πριν την δημιουργία των προγραμμάτων ορίσαμε θεωρητικά και πρακτικά την έννοια της ασαφούς απεικόνισης γεωγραφικών φαινομένων. Ζητήθηκε από κάποιους ανθρώπους να οριοθετήσουν μια γεωγραφική περιοχή σε δύο αρχεία. Τα δύο αρχεία αυτά περιλάμβαναν την ίδια περιοχή. Στην μια εικόνα είχε τα σαφή όρια της περιοχής και στην δεύτερη εικόνα τα ασαφή όρια της περιοχής αυτής. Συγκρίνοντας την διαφορά τους και το ποσοστό απόκλισης τους, μπορέσαμε να επιβεβαιώσουμε την ασάφεια στην αντίληψη του ανθρώπου πάνω σε μια γεωγραφική περιοχή. Στην συνέχεια προχωρήσαμε με την υλοποίηση των προγραμμάτων.

Τα προγράμματα αναπτύχθηκαν με ανοικτά πρότυπα και ανοικτό λογισμικό. Δημιουργήθηκαν προγράμματα με δυνατότητα την ασαφή ανάπτυξη του φαινομένου και η ανάπτυξη των φαινομένων να είναι γραμμικά ή εκθετικά. Η χρωματική τους διαβάθμιση μπορεί να είναι είτε η κλίμακα του γκρι ή χρώματα από τους χρωματικούς χώρους RGB και CMYK.

Μια άλλη συμβολή της εργασίας είναι ο έλεγχος της ευαισθησίας του ματιού στην εναλλαγή δύο χρωμάτων. Με σχετικό πείραμα προσπαθήσαμε να μελετήσουμε την ασάφεια που μπορεί να εφαρμοστεί σε ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα. Ένα από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν η εναλλαγή του κόκκινου χρώματος με το άσπρο και σε ταχύτητες ανάλογες το μάτι διέκρινε το χρώμα σαν ροζ. Το συγκεκριμένο πείραμα είχε σαν σκοπό την δημιουργία ασάφειας με διαδραστικό τρόπο και με έλεγχο της διαδικασίας μέσω κάποιων χρονικών περιθωρίων.

4.2 Προοπτικές για μελλοντική έρευνα

Σαν επόμενο στάδιο και οι προοπτικές για μελλοντική έρευνα είναι η εφαρμογή των προγραμμάτων υλοποίησης σε χαρτογραφικά λογισμικά και με αντίστοιχα δεδομένα. Τα προγράμματα των μέχρι τώρα σκοπό τους τον έχουν ολοκληρώσει, φυσικά περαιτέρω ανάπτυξη του κώδικα άπτετε στις ανάγκες του κάθε χρήστη.

Μελλοντική επέκταση των προγραμμάτων θα ήταν η εφαρμογή σε πραγματικά φαινόμενα και με διαδραστική απεικόνιση με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενδεχομένως σε πραγματικό χρόνο.

Μια περίπτωση που θα ήταν χρήσιμη ειδικά και λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων της εποχής μας είναι η Χαρτογραφική Απεικόνιση Ασαφών Γεωγραφικών Φαινομένων στις τρεις διαστάσεις. Οι τρεις διαστάσεις είναι η επόμενη σταθερά στην απεικόνιση και στην χαρτογραφία μια προσέγγιση της ανθρώπινης όρασης και της αντίληψης του.

Βιβλιογραφία

- Angulo, J., & Serra, J. (2003). Mathematical morphology in color spaces applied to the analysis of cartographic images (Vol. Semantic processing of spatial data, in proceedings of the GEOPRO 2003-international workshop semantic processing of spatial data, pp. 59–66).
- Ben, F., & Casey, R. (2014). *Processing, Computer software* (Vol. 2.2.1).
- Burrough, P. A., & Frank, A. (1996). *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*. CRC Press.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Spatial Information Systems.
- Buttenfield, B. P., & Mackaness, W. A. (1991). Visualization. *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, 1, 427–430.
- Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(4), 12–16. doi:10.1109/MCG.2005.91
- Emberlin J.C. (2002). *Εισαγωγή στην οικολογία*. Αθήνα.
- Fisher, P. (1996). Boolean and fuzzy regions. *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*, 2.
- Friendly, M. (1995). Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. In *13th International Conference On Database And Expert Systems Applications (Dexa 2002), Aix En Provence* (pp. 59–66). Press.
- Fry, B. (2008). *Visualizing Data: Exploring and Explaining Data with the Processing Environment* (1 edition.). Sebastopol, CA.
- Helfand, G. E., Berck, P., & Maull, T. (2003). Chapter 6 - The Theory of Pollution Policy. In Karl-Göran Mäler and Jeffrey R. Vincent (Ed.), *Handbook of Environmental Economics* (Vol. Volume 1, pp. 249–303). Elsevier. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574009903010118>
- Jacquez, G. M., Maruca, S., & Fortin, M.-J. (2000). From fields to objects: A review of geographic boundary analysis. *Journal of Geographical Systems*, 2(3), 221–241. doi:10.1007/PL00011456

- Jiang, B. (1998). Visualisation of Fuzzy Boundaries of Geographic Objects. *Cartography*, 27(2), 41–46.
doi:10.1080/00690805.1998.9714275
- Keim, D. A. (2005). Chapter 2 - Information Visualization: Scope, Techniques and Opportunities for Geovisualization. In J. D. M. M.-J. Kraak (Ed.), *Exploring Geovisualization* (pp. 21–52). Oxford: Elsevier. Retrieved from
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080445311504206>
- Kemp, K. (2008). *Encyclopedia of Geographic Information Science*. SAGE Publications, Inc. Retrieved from <http://www.sage-ereference.com/view/geoinfoscience/SAGE.xml>
- Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2003). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*. Prentice Hall.
- Kriz, K. (2013). Maps and Design—Influence of Depiction, Space and Aesthetics on Geocommunication. In K. Kriz, W. Cartwright, & M. Kinberger (Eds.), *Understanding Different Geographies* (pp. 9–23). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-29770-0_2
- Leung, Y. (1987). On the Imprecision of Boundaries. *Geographical Analysis*, 19(2), 125–151.
doi:10.1111/j.1538-4632.1987.tb00120.x
- MacEachren, A. M., Robinson, A., Hopper, S., Gardner, S., Murray, R., Gahegan, M., & Hetzler, E. (2005). Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What We Know and What We Need to Know. *Cartography and Geographic Information Science*, 32(3), 139–160.
doi:10.1559/1523040054738936
- Magenat-Thalmann, P. D. N., & Thalmann, P. D. D. (1987). Natural phenomena. In *Image Synthesis* (pp. 292–323). Springer Japan. Retrieved from
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-68060-4_15
- Miller, A. I. (1984). Redefining Visualizability. In *Imagery in Scientific Thought Creating 20th-Century Physics* (pp. 125–183). Birkhäuser Boston. Retrieved from
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-0545-3_5

- Moreland, K. (2009). Diverging Color Maps for Scientific Visualization. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Advances in Visual Computing: Part II* (pp. 92–103). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-642-10520-3_9
- Omer, I., & Goldblatt, R. (2012). Urban spatial configuration and socio-economic residential differentiation: The case of Tel Aviv. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(2), 177–185. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2011.09.003
- Rayleigh, J. W. S. (1877). *The theory of sound*. London. Retrieved from <http://archive.org/details/theorysound06raylgoog>
- Robertson, N., Sanders, D., Seymour, P., & Thomas, R. (1997). The Four-Colour Theorem. *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 70(1), 2–44. doi:10.1006/jctb.1997.1750
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6 edition.). New York.
- Robinson, H. A., Morrison, L. J., Muehrcke, C. P., Kimerling, A., jon, & Guptill, C. S. (2002). *Στοιχεία χαρτογραφίας*. Ε.Μ.Π. Πανεπιστημιακές εκδόσεις.
- Schneider, M. (2014). Spatial Plateau Algebra for Implementing Fuzzy Spatial Objects in Databases and GIS: Spatial Plateau Data Types and Operations. *Appl. Soft Comput.*, 16, 148–170. doi:10.1016/j.asoc.2013.11.021
- Scott, D. J. (1987). *Mental imagery and visualisation : their role in map use*. London School of Economics, Department of Geography.
- Silva, S., Sousa Santos, B., & Madeira, J. (2011). Using color in visualization: A survey. *Computers & Graphics*, 35(2), 320–333. doi:10.1016/j.cag.2010.11.015
- Smith, M. de, Longley, P., & Goodchild, M. (2011). *Geospatial Analysis: A comprehensive guide* (3 edition.). The Winchelsea Press.
- Steele, J., & Iliinsky, N. P. N. (2010). *Beautiful visualization: [looking at data through the eyes of experts]*. Sebastopol, CA.

- Tkalcic, M., & Tasic, J. F. (2003). Colour spaces: perceptual, historical and applicational background. In *EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8* (Vol. 1, pp. 304–308 vol.1). doi:10.1109/EURCON.2003.1248032
- Tomlinson, R. (2011). *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers* (Fourth Edition, New edition edition.). Redlands, Calif: Esri Press.
- Trepanier, E. (2014). Identifying High Crime Areas Using Spatial Analysis. *Thinking Matters*. Retrieved from http://digitalcommons.usm.maine.edu/thinking_matters/24
- US EPA, O. (2006, May 1). Ionizing & Non-Ionizing Radiation [Overviews & Factsheets]. Retrieved November 29, 2014, from <http://www.epa.gov/radiation/understand/>
- Vondrakova, A., & Caha, J. (2014). Visualization of Fuzzy Surfaces with an Emphasis on User Aspects. doi:10.5593/SGEM2014/B23/S11.135
- Wade, T., & Sommer, S. (2006). *A to Z GIS: An Illustrated Dictionary of Geographic Information Systems* (2nd edition.). Redlands, Calif: Esri Press.
- Wang, F., & Hall, G. B. (1996). Fuzzy representation of geographical boundaries in GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 573–590. doi:10.1080/02693799608902098
- Yao, X., & Jiang, B. (2005). Visualization of Qualitative Locations in Geographic Information Systems. *Cartography and Geographic Information Science*. Retrieved from <http://www.highbeam.com/doc/1G1-141295515.html>
- Yau, N. (2013). *Data Points: Visualization That Means Something* (1 edition.). Indianapolis, IN: Wiley.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zadeh, L. A. (1996). Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(2), 103–111. doi:10.1109/91.493904
- Zadeh, L. A. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178(13), 2751–2779. doi:10.1016/j.ins.2008.02.012

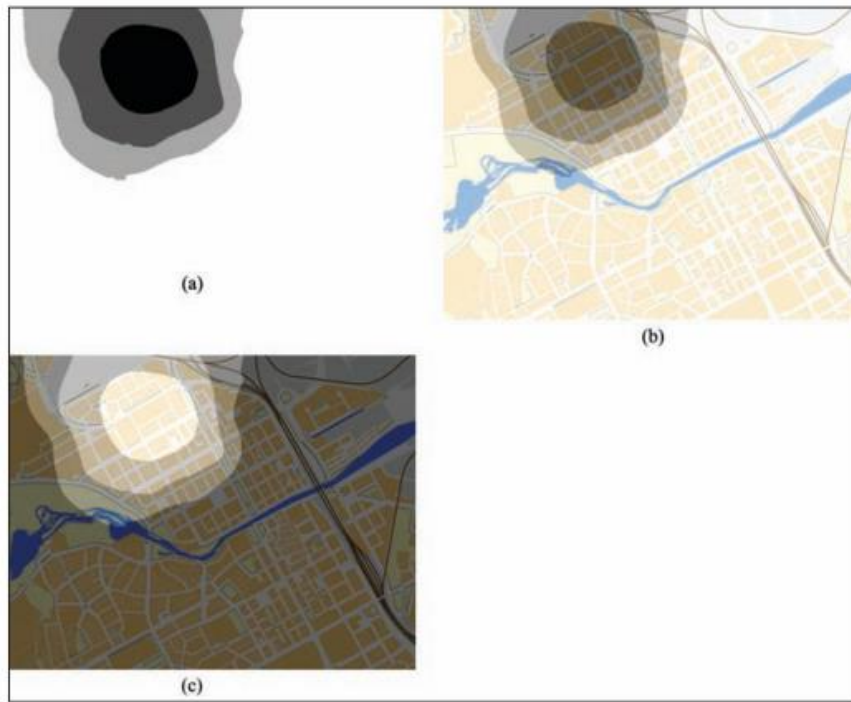
Zimmermann, H.-J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 317–332. doi:10.1002/wics.82

Θεοδώρου, Γ. Α. (2010). *Εισαγωγή στην ασαφή λογική(FUZZY LOGIC)*. Θεσσαλονίκη.

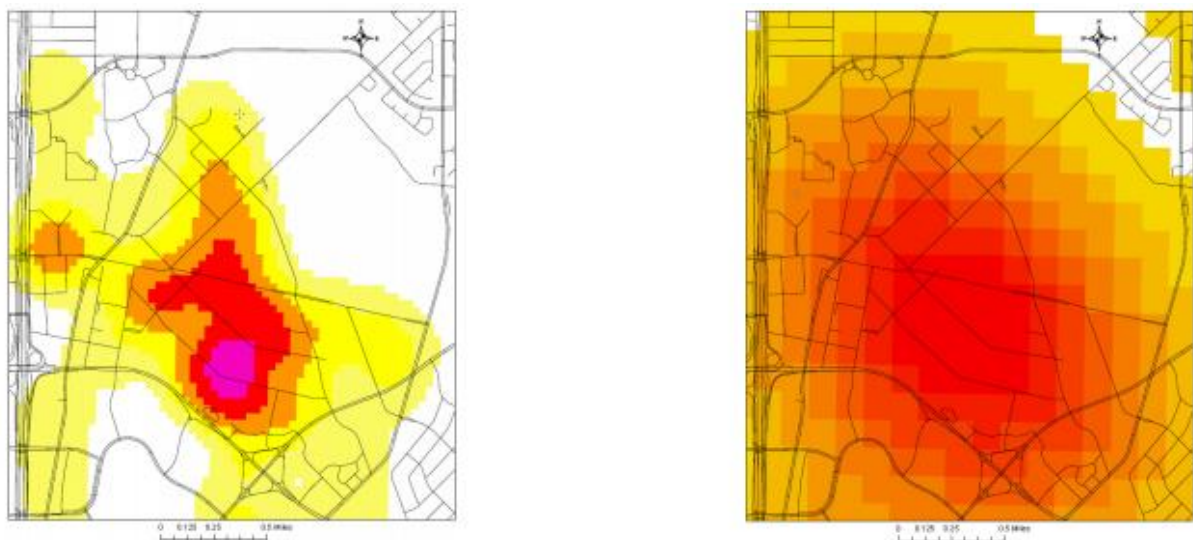
Κουζούδης, Δ. (2011). *Θερμοδυναμική για μηχανικούς*. Πάτρα.

Παράρτημα Α
Χρωματικές διαβαθμίσεις
χαρτογραφικών φαινομένων.
Παραδείγματα εφαρμογών
ασαφούς χαρτογραφικής
απεικόνισης

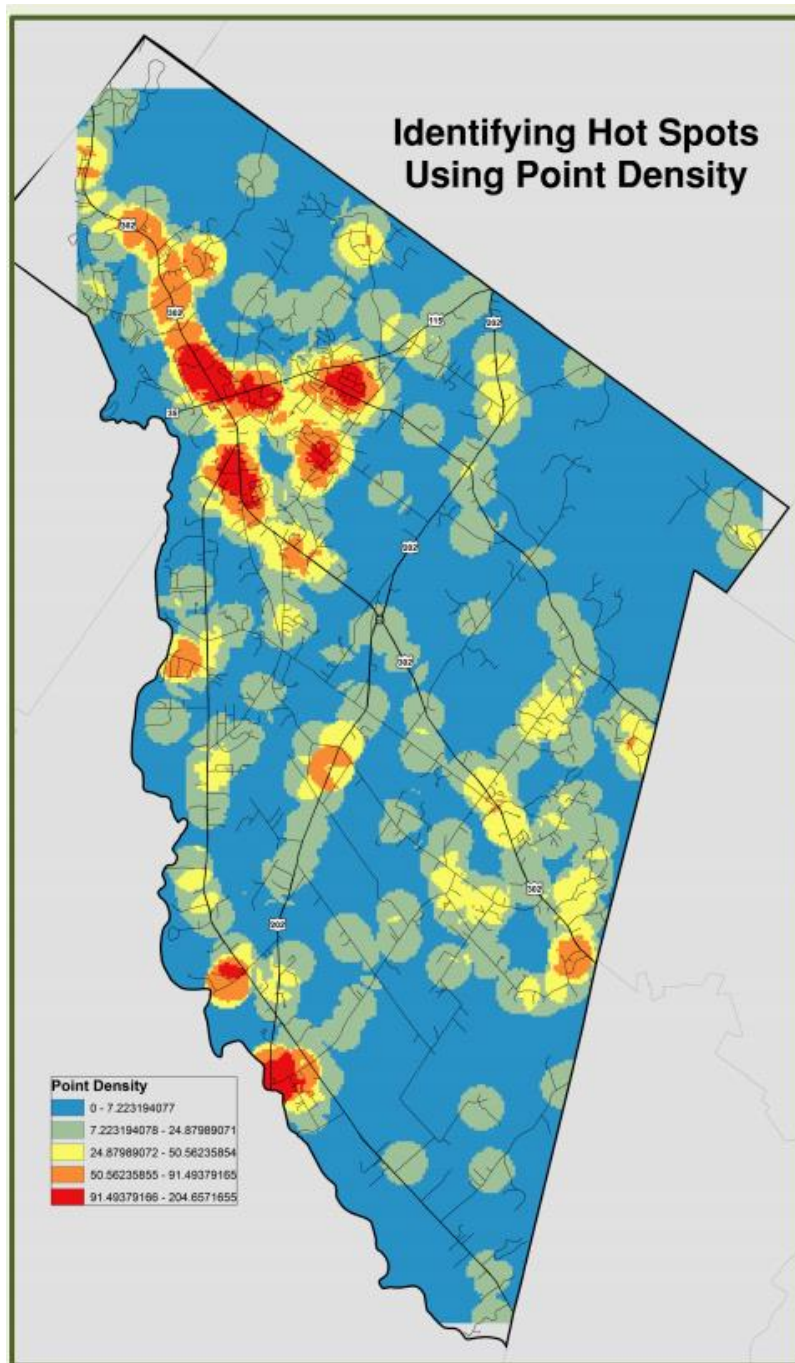
Στο παρόν παράρτημα παραθέτω παραδείγματα, στα οποία η εφαρμογή ασαφούς απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων προσδίδει καλύτερα αποτελέσματα.



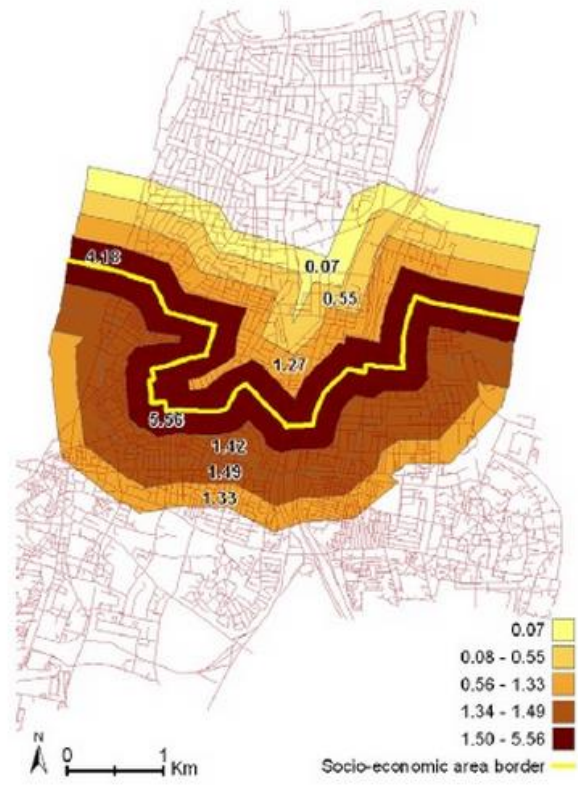
Εικόνα 21: Απεικόνιση ασαφών ορίων (Yao & Jiang, 2005)



Εικόνα 22: Χάρτης από το άρθρο *Identifying High Crime Areas* του *International Association of Crime Analysts (IACA)*



Εικόνα 23: Αναγνώριση θερμών σημείων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Point Density (Trepanier, 2014)



Εικόνα 24: Ορισμός κοινωνικοοικονομικών ορίων (Omer & Goldblatt, 2012)

Παράρτημα Β

Σχέδια πειράματος ασάφειας

Στο παρόν παράρτημα παρατίθενται οι εικόνες από το πείραμα της Πειραματικής αναπαράστασης ασαφούς γεωγραφικής απεικόνισης (Κεφάλαιο 3 και σελίδα 35). Στην πρώτη και αριστερή στήλη είναι η εικόνες από την αποτύπωση των σαφών ορίων και στην δεύτερη στήλη και δεξιά είναι οι εικόνες από την αποτύπωση των ασαφών ορίων.

