



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

# Χαρτογραφική Γενίκευση Κτηματολογικής Βάσης Δεδομένων

Μικέλη Παρασκευή  
Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων  
Νάκος Β.  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2019



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING  
DEPARTMENT OF SURVEYING - LABORATORY OF  
CARTOGRAPHY

# Cartographic Generalisation Of Cadastral Database

Mikeli Paraskevi  
Diploma Thesis

SUPERVISOR

Nakos B.  
Professor NTUA

Athens, 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

# Χαρτογραφική Γενίκευση Κτηματολογικής Βάσης Δεδομένων

Μικέλη Παρασκευή  
Διπλωματική Εργασία

Εγκρίθηκε από την επιτροπή:

Νάκος Β.  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Κόκλα Μ.  
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Σκοπελίτη Αν.  
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2019

Copyright © Μικέλη Παρασκευή, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Copyright © Mikeli Paraskevi, 2019

All Rights Reserved. All Rights Reserved. It is forbidden to copy, store and distribute this work, in whole or in part, for commercial purposes. Reproduction, storage and distribution are permitted for non-profit, educational or research purposes, provided the source of the source is indicated and the message is retained. Questions concerning the use of work for profit-making purposes should be addressed to the author.



### **Ευχαριστίες**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έγινε στα πλαίσια ολοκλήρωσης των προπτυχιακών σπουδών μου, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στη σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κα.Σκοπελίτη, Διδάκτωρ στο τμήμα της Χαρτογραφίας, για τη πολύτιμη βοήθεια της για την ολοκλήρωση της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ όλους εκείνους που υποστήριξαν την προσπάθεια μου για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

### **Σημείωση**

Τα δεδομένα για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας δόθηκαν από την ΕΘΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Α.Ε. .



## Περίληψη

Η γενίκευση είναι ο θεμελιώδης μετασχηματισμός που υφίστανται τα χωρικά δεδομένα κατά την παραγωγή χαρτών. Η γενίκευση έχει διττή σημασία: αφορά τόσο τη διαδικασία «αφαιρετικής επεξήγησης» της πραγματικότητας που απαιτείται για τη δημιουργία ενός χωρικού μοντέλου, όσο και την παραγωγή ενός χάρτη μέσω της μεταβολής της κλίμακας ενός άλλου χάρτη. Η γενίκευση εφαρμόζεται σε δύο επίπεδα: στα σημασιολογικά και στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Σκοπός της γενίκευσης, είναι η εφαρμογή ενός συνόλου μετασχηματισμών στις οντότητες, με στόχο την απαλοιφή των μη σημαντικών και την ενίσχυση των σημαντικών στοιχείων σύμφωνα με την προβλεπόμενη κλίμακα και σκοπό, υπό την προϋπόθεση της διατήρησης της ενάργειας και της ορθής επικοινωνίας της χωρικής πληροφορίας.

Η αυτοματοποίηση της γενίκευσης, αν και είναι σημαντική για την παραγωγή χαρτών, είναι δύσκολα πραγματοποιήσιμη εξαιτίας της πολυπλοκότητας της και του ολιστικού της χαρακτήρα. Στην ιστορική συνέχεια της γενίκευσης, πολλοί ερευνητές την έχουν προσεγγίσει εννοιολογικά, βήμα που συνάδει με τα πρώτα στάδια της αυτοματοποίησης της. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για τον σχεδιασμό μιας αυτόματης διαδικασίας γενίκευσης, με υποσχόμενα αποτελέσματα.

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι, η ανάπτυξη και η πρόταση ενός αλγορίθμου που αντιμετωπίζει το πρόβλημα της αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος, και η υλοποίηση του μέσω εργαλείων της βιβλιοθήκης ArcPy του λογισμικού ArcGIS. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε σε χωρικά δεδομένα γεωτεμαχίων εντός των οικοδομικών τετραγώνων, της ΕΚΧΑ για την περιοχή της Λάρισας απέδωσε υποσχόμενα αποτελέσματα. Τα χωρικά δεδομένα είχαν κλίμακα αναφοράς 1:2500 και έγινε η γενίκευση του σε παράγωγους χάρτες κλίμακας 1:5000, 1:10000 και 1:25000. Επίσης, βρέθηκαν τα αποτελέσματα σταδιακής γενίκευσης από κλίμακα αναφοράς 1:2500 σε 1:5000 σε 1:10000 και σε 1:25000. Οι χάρτες αυτοί συγκρίθηκαν και διαπιστώθηκε πως είναι ίδιοι, με αποτέλεσμα ο αλγόριθμος που προτάθηκε να είναι ικανός, τόσο για σταδιακή γενίκευση, όσο και για γενίκευση από μεγάλη σε μεσαία κλίμακα.

**Λέξεις κλειδιά:** χαρτογραφική γενίκευση, γενίκευση γεωτεμαχίων, γενίκευση κτηματολογικής βάσης δεδομένων





## Abstract

Generalisation is the fundamental transformation of spatial data in map production. Generalisation has a dual meaning: it involves both the "subtractive explanation" of the reality which is required to create a spatial model and the production of a map by altering the scale of another map. Generalisation is applied at two levels: the semantic and geometric features of the entities. The purpose of generalization is the implementation of a set of transformations to entities, aiming at the elimination of the non-significant and the strengthening of the important elements according to the envisaged scale and purpose, provided that the spatial information is maintained and properly communicated.

Automation of generalization, although important for map production, is difficult to be accomplished because of its complexity and holistic character. In the historical continuity of generalization, many researchers have approached it conceptually, indicates its automation. Over the last three decades, significant efforts have been made, to design an automatic generalization process, with promising results.

The purpose of this Diploma Thesis is to develop and propose an algorithm that addresses the problem of the automatic generalization of spatial cadastral map data, and the implementation of ArcGIS tools. The algorithm that was developed, was implemented to spatial data of parcels within building blocks, of the NCMA (National Cadastral Map Agency, Greece) for the Larissa region and gave promising results. The spatial data had a 1: 2500 reference scale and its generalization in derivative maps of 1: 5000, 1: 10000 and 1: 25000 scale. Also, the results of gradual generalization from a 1: 2500 to 1: 5000 scale to 1: 10000 and 1: 25000, were found. These maps were compared, resulting in that the proposed algorithm being capable of gradual generalization as well as generalization from large to medium scale.

**Keywords:** cartographic generalisation, cadastral map data, generalisation of parcels, generalisation of cadastral database



## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	ii
Abstract .....	iv
Περιεχόμενα.....	vi
Πίνακας Εικόνων .....	viii
Πίνακας Γραφημάτων .....	viii
Πίνακας Πινάκων.....	ix
Πίνακας εξισώσεων.....	x
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> Εισαγωγή.....	12
1.1 Επιστημονικό πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας .....	13
1.2 Κίνητρο και Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....	13
1.3 Μεθοδολογία προσέγγισης αντικειμένου Διπλωματικής Εργασίας .....	15
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	15
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> Εισαγωγικές Έννοιες & Πρακτικές Γενίκευσης.....	18
2.1 Χάρτης & Ψηφιακό Χαρτογραφικό Μοντέλο.....	18
Χάρτης .....	18
Ψηφιακό Χαρτογραφικό Μοντέλο.....	20
2.2 Η έννοια της γενίκευσης .....	23
Γενίκευση Αντικειμένου, Γενίκευση Μοντέλου & Χαρτογραφική Γενίκευση.....	25
2.3 Χαρτογραφικοί κανόνες, Τελεστές Γενίκευσης & Ροή εργασίας .....	26
Τελεστές Γενίκευσης .....	30
2.4 Αυτόματη Γενίκευση .....	31
Προσεγγίσεις και εννοιολογικά μοντέλα γενίκευσης .....	32
Πρακτικές αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων .....	37
Κενά βιβλιογραφίας.....	47
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> Μεθοδολογία Αλγόριθμου Επίλυσης .....	49
3.1 Χωρικά δεδομένα κτηματολογικού διαγράμματος .....	49
3.2 Αυτόματη χαρτογραφική γενίκευση χωρικών δεδομένων πολυγωνικής γεωμετρίας με θεματική πληροφορία.....	51
3.3 Γεωμετρική και Θεματική Γενίκευση .....	52
3.4 Αλγόριθμος αυτόματης γενίκευσης πολυγώνων.....	56
3.5 Υλοποίηση αλγόριθμου αυτόματης γενίκευσης με εργαλεία και δομές δεδομένων της βιβλιοθήκης ArcPy του ArcGIS .....	59

Κεφάλαιο 5° Εφαρμογή αλγορίθμου και αξιολόγηση αποτελεσμάτων .....	62
4.1 Γενικά σχόλια για την εφαρμογή του αλγορίθμου .....	62
4.2 Εφαρμογή 1: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 5000 .....	63
4.3 Εφαρμογή 2: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1:10000 (Κλίμακα Αναφοράς 1:5000).....	65
4.4 Εφαρμογή 3: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1:25000 .....	68
4.5 Εφαρμογή 4: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 10000 (b).....	70
4.6 Εφαρμογή 5: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 25000 (b).....	72
4.7 Εφαρμογή 6: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:5000.....	74
4.8 Εφαρμογή 7: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:10000.....	76
4.9 Εφαρμογή 8: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:25000.....	78
4.10 Συνολικός σχολιασμός αποτελεσμάτων .....	80
Κεφάλαιο 6° Συμπεράσματα και επεκτάσεις.....	82
Κεφάλαιο 7° Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	84
Παράρτημα II Πίνακες αποτελεσμάτων.....	88
Παράρτημα I Πίνακας Επιπέδων Ταξινομήσεων .....	88
Σχήμα Ταξινόμησης.....	89
Εφαρμογή 1: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:5000) .....	91
Εφαρμογή 2: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:5000-1:10000) .....	92
Εφαρμογή 3: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:10000-1:25000) .....	93
Εφαρμογή 4: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:10000) .....	94
Εφαρμογή 5: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:25000) .....	95
Εφαρμογή 6: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:5000).....	96
Εφαρμογή 7: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:10000).....	97
Εφαρμογή 8: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:25000).....	98

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Σύγκριση αποτελεσμάτων αυτόματης γενίκευσης Yadav (2015) και δεδομένων ίδιας κλίμακας (αριστερά χάρτης τηλεσκοπικών εφαρμογών), πηγή: (Yadav, 2015) .....	43
Εικόνα 2: Αποτέλεσμα σταδιακής γενίκευσης Dimon κ.ά., αριστερά αρχικά δεδομένα δεξιά πλήρως γενικευμένα, Πηγή: (Dimon κ.ά., 2014).....	46
Εικόνα 3: Αποτελέσματα συγχώνευσης πολυγώνων εκτός οδικού δικτύου για κάθε επίπεδο κλίμακας ( Park & Yu, 2011) .....	47
Εικόνα 4: Εθνικά χαρτογραφικά δεδομένα Ελβετίας, πηγή: (Alves κ.ά., 2011) .....	47
Εικόνα 5: Απεικόνιση κτηματολογικού διαγράμματος περιοχής της Λάρισας σε κλίμακα 1:2500.....	50
Εικόνα 6: Συγχώνευση πολυγώνου με ένα και μοναδικό γειτονικό πολύγωνο .....	54
Εικόνα 7: Εύρεση βέλτιστου γείτονα, γεωμετρικό κριτήριο .....	54
Εικόνα 8: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει εννοιολογικών κριτηρίων.....	55
Εικόνα 9: Συγχώνευση πολυγώνων βάσει εννοιολογικού κριτηρίου .....	55
Εικόνα 10: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει γεωμετρικού κριτηρίου.....	55
Εικόνα 11: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει γεωμετρικού κριτηρίου.....	56
Εικόνα 12: Παράδειγμα κώδικα .....	60
Εικόνα 13: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 1 .....	64
Εικόνα 14: Πριν (αριστερά) και μετά τη γενίκευση (δεξιά), Εφαρμογή 2 <sup>η</sup> .....	65
Εικόνα 15: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 2 .....	67
Εικόνα 16: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 3 .....	69
Εικόνα 17: Χάρτης αποτελεσμάτων εφαρμογής 4.....	71
Εικόνα 18: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 5.....	73
Εικόνα 19: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 6 .....	75
Εικόνα 20: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 7 .....	77
Εικόνα 21: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 8 .....	79

## Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 1: Σύνδεση Χωρικών Μοντέλων, Πηγή: (Spiees κ.ά., 2005).....	21
Γράφημα 2: Διάγραμμα ροής γενίκευσης ψηφιακού τοπογραφικού μοντέλου, τροποποιημένο πηγή: (Spiees κ.ά., 2005).....	22
Γράφημα 3: Παραγωγή και συσχέτιση χωρικών μοντέλων [DLM] & [DCM], τροποποιημένο πηγή: (Buckley κ.ά., 2005).....	22
Γράφημα 4: Ροή γενίκευσης, τροποποιημένη πηγή: (Stern κ.ά., 2014) .....	27
Γράφημα 5: Εννοιολογικό μοντέλο Ratajski, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea, 1992) .....	33
Γράφημα 6: Εννοιολογικό μοντέλο Brassel και Weibel, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea, 1992).....	35
Γράφημα 7: Εννοιολογικό μοντέλο McMaster και Shea, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea, 1992).....	36

Γράφημα 8: Γενίκευση βάσει θεματικής ομοιότητας κατηγοριών κλάσεων (van Smaalen), πηγή: [93] .....	39
Γράφημα 9: Ροή εργασιών για αυτόματη γενίκευση Yadav (2015), τροποποιημένη πηγή: (Yadav, 2015).....	40
Γράφημα 10: Μεταβολή θεματικών κλάσεων πολυγώνων με την εφαρμογή τελεστή επαναταξινόμησης (Yadav 2015), πηγή: (Yadav, 2015).....	42
Γράφημα 11: Ροή εργασίας Dimon κ.ά., πηγή: (Dimon κ.ά., 2014) .....	44
Γράφημα 12: Αποτέλεσμα γενίκευσης οδικού δικτύου Dimon κ.ά., αριστερά αρχικά δεδομένα δεξιά γενικευμένα δεδομένα πηγή: (Dimon κ.ά., 2014) .....	44
Γράφημα 13: Συνοπτικά αποτελέσματα κλιμακωτή γενίκευση αστική περιοχή.....	80
Γράφημα 14: Συνοπτικά αποτελέσματα αστεροειδής γενίκευση με αρχική κλίμακα 1:2500 αστική περιοχή.....	81
Γράφημα 15: Συνοπτικά αποτελέσματα αστεροειδής γενίκευση με αρχική κλίμακα 1:2500 μη αστική περιοχή.....	81

## Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Δομή Διπλωματικής Εργασίας .....	16
Πίνακας 2: Κανόνες γενίκευσης, πηγή: (Stern κ.ά., 2014) .....	28
Πίνακας 3: Τελεστές χαρτογραφικής γενίκευσης, Πηγή: (Davis & Leander, 1999a) .....	31
Πίνακας 4: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 1η .....	63
Πίνακας 5: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 2 <sup>η</sup> .....	66
Πίνακας 6: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 3η .....	68
Πίνακας 7: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 4η .....	70
Πίνακας 8: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 5η .....	72
Πίνακας 9: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 6η .....	74
Πίνακας 10: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 7η .....	76
Πίνακας 11: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 8η .....	78
Πίνακας 12: Ταξινομήσεις κλάσεων χρήσης γης διαφορετικών κλιμάκων .....	89
Πίνακας 13: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 1η.....	91
Πίνακας 14: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 2η.....	92
Πίνακας 15: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 3η.....	93
Πίνακας 16: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 4η.....	94
Πίνακας 17: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 5η.....	95
Πίνακας 18: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 6η.....	96
Πίνακας 19: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 7η.....	97
Πίνακας 20: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 8η.....	98

## Πίνακας εξισώσεων

Εξίσωση 1: Μοντέλο ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015).....	41
Εξίσωση 2: Συντελεστής γεωμετρικής ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015).....	41
Εξίσωση 3: Συντελεστής θεματικής ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015).....	41





## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή

Η **γενίκευση** αποτελεί έναν χαρτογραφικό μετασχηματισμό που έχει απασχολήσει τους ερευνητές χαρτογράφους σε μεγάλο βαθμό, από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα όταν και προτάθηκε η έννοια της **επιστημονικής χαρτογραφίας**. Μέχρι τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η γενίκευση χαρακτηριζόταν από την πλειονότητα των χαρτογράφων και των συναφών επιστημόνων, ως μια υποκειμενική διαδικασία όπου το αποτέλεσμα της είναι άμεσα εξαρτώμενο από την κρίση του χρήστη που τη διενεργεί. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο McMaster (1987): *«Ακόμα και ο πιο έμπειρος χαρτογράφος, αν διενεργούσε χειροκίνητη γενίκευση, θα προβληματιζόταν να επαναλάβει ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα γενίκευσης, από τη μία μέρα στην επόμενη»*.

Από τη δεκαετία του 1960, οι επιστήμονες προσεγγίζουν τη γενίκευση από μία διαφορετική οπτική, προσπαθώντας να εξάγουν συμπεράσματα για την πιθανή **αυτοματοποίησή** της. Με αυτόν τον σκοπό, αναπτύσσονται αλγόριθμοι βασισμένοι σε απλές μαθηματικές σχέσεις. Αν και σε πρώτο στάδιο, οι αλγόριθμοι αυτοί επιλύουν απλοϊκά προβλήματα γενίκευσης, αποτελούν βάση για την ιστορική συνέχεια της γενίκευσης. Εκτός από μαθηματικούς αλγορίθμους, από τα μέσα της δεκαετίας αυτής, διάφοροι ερευνητές χαρτογράφοι κάνουν προσπάθεια **θεωρητικής προσέγγισης** της γενίκευσης, γεγονός που αποτελεί και πρωταρχικό στάδιο της **εννοιολογικής μοντελοποίησης** της.

Η εισαγωγή και η χρήση των **Συστημάτων Πληροφορικών Πληροφοριών** [ΣΓΠ, Geographical Information System, GIS], αποτέλεσε σημείο καμπής για τις χαρτογραφικές μεθόδους και πρακτικές. Από τη μία, τα GIS προσέφεραν στην επιστήμη της Χαρτογραφίας νέα εργαλεία και την ευκολία χρήσης σύγχρονων μέσων, από την άλλη δημιούργησαν νέες ανάγκες και προκλήσεις για τους Χαρτογράφους.

Η έννοια της γενίκευσης στον ψηφιακό κόσμο των **βάσεων χωρικών δεδομένων**, έχει διττή σημασία: αφορά τόσο στη δημιουργία ενός χωρικού μοντέλου με σκοπό την αναπαράσταση του πραγματικού γεωγραφικού χώρου, όσο και στη δημιουργία ενός παράγωγου χωρικού μοντέλου από ένα άλλο αρχικό χωρικό μοντέλο μεγαλύτερης κλίμακας.

Σήμερα, η **αυτόματη γενίκευση** θεωρείται αναγκαίο, στα όρια του αυτονόητου, εργαλείο για την παραγωγή χαρτών στους αρμόδιους οργανισμούς. Αυτό συμβαίνει, γιατί η αυτοματοποίηση της γενίκευσης σημαίνει, εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος για την παραγωγή χαρτών. Ακόμα, η αυξανόμενη ύπαρξη χωρικών δεδομένων καθιστά αναγκαία την εύρεση νέων «έξυπνων/αυτόματων» συστημάτων διαχείρισής τους. Τέλος, τα σύγχρονα ΣΓΠ [GIS], απαιτούν την ύπαρξη αυτόματων μεθόδων για on-the-fly zoom in/out, όπως είναι γνωστά στην αγγλική επιστημονική ορολογία, μετάδοση χωρικής πληροφορίας μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών στην απαιτούμενη κλίμακα από τον χρήστη, οπτικοποίηση της χωρικής πληροφορίας σε κινητές «έξυπνες» συσκευές κ.α. Γενικότερα η γενίκευση αποτελεί εφαρμογή «κλειδί» για την παραγωγή χαρτών, για τον ψηφιακό σχεδιασμό χαρτών, για τη διαδικτυακή χαρτογραφία, για τη χαρτογραφία σε «έξυπνες συσκευές», για τον συνδυασμό χωρικών δεδομένων διαφορετικών πηγών, και για τα GIS συστήματα.

## 1.1 Επιστημονικό πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας

Η γενίκευση είναι ο πλέον θεμελιώδης μετασχηματισμός που υφίσταται τα χαρτογραφικά δεδομένα, κατά τη δημιουργία ενός χάρτη. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, έχει δημιουργήσει την τάση για την **αυτοματοποίηση** πολλών διαδικασιών. Στο πεδίο της Χαρτογραφίας, οι ερευνητές τα τελευταία χρόνια ασχολούνται όλο και περισσότερο με την εύρεση τρόπων για την αυτοματοποίηση των χαρτογραφικών μεθόδων. Η **αυτοματοποίηση της γενίκευσης χωρικών δεδομένων**, αν και είναι δύσκολα πλήρως πραγματοποιήσιμος στόχος, αποτελεί αντικείμενο έρευνας του τομέα της Χαρτογραφίας τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες.

## 1.2 Κίνητρο και Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Εκτός από την καθαυτή εξέλιξη της τεχνολογίας προς την πλήρη αυτοματοποίηση των μεθόδων, οι σύγχρονες απαιτήσεις σε ό,τι αφορά την ποιότητα και την ποσότητα των **χωρικών δεδομένων**, έχουν αυξηθεί από την εισαγωγή και την ευρεία χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών [Geographic Information Systems,GIS], γεγονός που προκαλεί την ανάγκη εύρεσης νέων αποδοτικότερων τρόπων διαχείρισης της χωρικής πληροφορίας.

**Χωρικά δεδομένα.** Χωρικά είναι τα δεδομένα και τα στοιχεία, που αποτελούν πληροφορίες για τον γεωχώρο. Αν και τα χωρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται σε πολλές καθημερινές εφαρμογές όπως το GPS, είναι απαραίτητα και σε άλλες εφαρμογές όπως ο κρατικός σχεδιασμός, η απεικόνιση και η ανάλυση χωρικών φαινομένων. Ακόμα, τα χωρικά δεδομένα αποτελούν χρήσιμες πηγές πληροφορίας για τους χαρτογραφικούς οργανισμούς και τις αρμόδιες χαρτογραφικές υπηρεσίες για την παραγωγή χωρικών μοντέλων και απεικονίσεων, με αποτέλεσμα οι χαρτογραφικοί οργανισμοί να χρησιμοποιούν πόρους (χρηματικούς και δυναμικού) για την απόκτησή τους. Είναι γεγονός, πως τα χωρικά δεδομένα μπορεί να προέρχονται από πολλές πηγές: από την κτηματογράφηση, από γεωλογικά, περιβαλλοντικά και τοπογραφικά διαγράμματα (Sester κ.ά., 1998). Τα δεδομένα αυτά, είναι χρήσιμα για τις ανάγκες που έχουν δημιουργηθεί και αποτελούν πολύτιμες πηγές χωρικής πληροφορίας και για άλλες εφαρμογές. Ωστόσο, για να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές εφαρμογές πρέπει να μεταβληθούν και να προσαρμοστούν στις ανάγκες τις εκάστοτε εφαρμογής.

**Αναγκαιότητα για γενίκευση.** Τα χωρικά δεδομένα μιας πηγής μπορεί να μην έχουν το κατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας για μια εφαρμογή. Για παράδειγμα, τα χωρικά δεδομένα κτηματολογικών διαγραμμάτων παρέχουν πληροφορία σε επίπεδο λεπτομέρειας γεωτεμαχίου, όμως για χαρτογραφικές εφαρμογές αυτή η λεπτομέρεια είναι μεγάλη. Ακόμα, για κάποιες εφαρμογές είναι δυνατόν να απαιτείται η χρήση χωρικών δεδομένων από διαφορετικές πηγές, διαφορετικής κλίμακας/λεπτομέρειας/ακρίβειας. Ένας τρόπος για την αξιοποίηση χωρικών δεδομένων διαφορετικών πηγών, είναι η μεταβολή του επιπέδου λεπτομέρειάς τους. Η μεταβολή της κλίμακας, από μεγαλύτερη σε μικρότερη, συμβάλει στην αξιοποίηση των δεδομένων, δηλαδή καθιστά δυνατή τη χρήση τους σε άλλες εφαρμογές. Η μεταβολή αυτή, από μεγαλύτερη σε μικρότερη κλίμακα, μπορεί να επιτευχθεί μέσω του μετασχηματισμού της (χαρτογραφικής) γενίκευσης. Η γενίκευση αποτελεί μια ιδιαίτερη χαρτογραφική διαδικασία, καθώς απαιτεί τη συμμετοχή του χρήστη. Είναι ένας μετασχηματισμός που εγγενώς δεν αποτελεί μια απλή διαδικασία σμίκρυνσης των χωρικών δεδομένων, άλλα ούτε και μια απλή εφαρμογή χαρτογραφικών τελεστών (Burghardt κ.ά., 2014). Η χαρτογραφική γενίκευση απαιτεί την ουσιαστική γνώση της γεωγραφικής πραγματικότητας και των γεωγραφικών σχέσεων μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων (Burghardt κ.ά., 2014).

**Λόγοι εφαρμογής αυτόματης γενίκευσης.** Η αυτοματοποίηση της χαρτογραφικής γενίκευσης, ουσιαστικά, αποσκοπεί: στην ελαχιστοποίηση της συμμετοχής του χρήστη στη διαδικασία για τη διευκόλυνση της παραγωγής χαρτών (Stoter κ.ά., 2013). Η ελάχιστη συμμετοχή του χρήστη, δηλαδή η δημιουργία ενός οποιοδήποτε αυτόματου συστήματος, οδηγεί: στην ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους παραγωγής, στην εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα, στην ευκολότερη και πιο γρήγορη «ενημέρωση» [update] τους, στον ευέλικτο συνδυασμό πηγών πληροφορίας διαφορετικής λεπτομέρειας στην τυποποίησης της ροής εργασιών και στη δημιουργία ενός προτύπου εργασίας. Η αυτοματοποίηση της γενίκευσης βοηθά στην παραγωγή χαρτών και αποτελεί το πλέον χρήσιμο εργαλείο για τους περισσότερους **Εθνικούς Οργανισμούς Χαρτογράφησης** [National Mapping Agencies, NMA] (Dushene et al., 2014 στο (Alves κ.ά., 2011)). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την πλούσια και συνεχόμενη βιβλιογραφία που αφορά το αντικείμενο, τα τελευταία είκοσι χρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος των δημοσιεύσεων έχει γίνει από κέντρα στη Δυτική Ευρώπη, όπως της Ζυρίχης, του Μόναχο, του γαλλικού Ινστιτούτου Géographique National (IGN), του Ολλανδικού Ινστιτούτου Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) (Cebrykow, 2017). Ακόμα, η αυτόματη γενίκευση αποτελεί αντικείμενο έρευνας διδακτορικών και μεταπτυχιακών εργασιών, καθώς και άλλων επιστημονικών δημοσιεύσεων ερευνητών, όπως διαπιστώνεται κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του αντικειμένου.

**Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.** Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Τα χωρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, προέρχονται από την Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε. (ΕΚΧΑ) και συντελούν μια χωρική βάση δεδομένων κλίμακας αναφοράς 1:2500, πολυγωνικής γεωμετρίας με θεματική ιδιότητα την χρήση των γεωτεμαχίων. Πιο συγκεκριμένα, τα χωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εφαρμογή, απεικονίζουν την περιοχή της Λάρισας, όπως καταγράφηκε από την ΕΚΧΑ. Σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αποτελεί η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου για την αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος και την υλοποίηση του αλγορίθμου αυτού με την «εκτός πλαισίου» χρήση εργαλείων και δομών χωρικών δεδομένων ενός ΣΓΠ, για παράδειγμα του ArcGIS, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παράγωγων βάσεων χωρικών δεδομένων κλιμάκων 1:5000, 1:10000 και 1:25000.

Πιο συγκεκριμένα η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλείται να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

- Έχει νόημα η χαρτογραφική γενίκευση χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος;
- Μπορεί να εφαρμοστεί γενίκευση στα γεωμετρικά και στα σημασιολογικά χαρακτηριστικά των χωρικών δεδομένων;
- Με ποιον τρόπο μπορεί να προσεγγιστεί η αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων πολυγώνων εντός οικοδομικών τετραγώνων κτηματολογικού διαγράμματος, σε γεωμετρικά και σημασιολογικά χαρακτηριστικά;
- Μπορεί η ίδια προσέγγιση να εφαρμοστεί στην αρχική κλίμακα αναφοράς για την παραγωγή πλήθους γενικευμένων χαρτών σε διαφορετικές κλίμακες;
- Ποια η μεταβολή στην κατανομή των χρήσεων γης που παρουσιάζει η εφαρμογή μιας τέτοιας διαδικασίας;
- Τι προβλήματα προκύπτουν από την εφαρμογή μιας τέτοιας διαδικασίας;

- Υπάρχει ενδιαφέρον στην επέκταση της συγκεκριμένης εφαρμογής και η περαιτέρω έρευνα του αντικειμένου;

### 1.3 Μεθοδολογία προσέγγισης αντικειμένου Διπλωματικής Εργασίας

**Βιβλιογραφική ανασκόπηση.** Με σκοπό την ολοκληρωμένη προσέγγιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας, έγινε ανασκόπηση των βιβλιογραφικών πηγών που αφορούν την χαρτογραφική γενίκευση, την αυτόματη γενίκευση, την γενίκευση πολυγώνων με θεματική πληροφορία, οι σημαντικότερες εκ των οποίων, υπό την έννοια συσχέτισης τους με το παρόν αντικείμενο, αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο. Σκοπός αυτού του σταδίου ήταν η έρευνα: της σύγχρονης βιβλιογραφίας του αντικειμένου, του πλαισίου εφαρμογών της αυτόματης γενίκευσης, οι εφαρμοσμένες μέθοδοι και οι θεωρητικές προσεγγίσεις του αντικειμένου και τα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από αυτές τις εφαρμογές.

**Μεθοδολογία ανάπτυξης αλγόριθμου και υλοποίηση.** Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάπτυξη και η υλοποίηση μιας μεθοδολογίας αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος, ως προς τα γεωμετρικά και τα σημασιολογικά τους χαρακτηριστικά. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναπτύσσεται η προσέγγιση της μεθοδολογίας και ο αλγόριθμος για την επίλυση του προβλήματος όπως δημιουργείται από τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ο οποίος προτείνεται ως λύση στο πρόβλημα της αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Έπειτα, περιγράφεται γίνεται η υλοποίησή του με την χρήση της βιβλιοθήκης ArcPy (python) του ΣΓΠ ArcGIS.

### 1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια. Τα δύο πρώτα κεφάλαια, αφορούν διάφορες έννοιες που σχετίζονται με τη γενίκευση στη Χαρτογραφία και την ανάπτυξη των βασικών βιβλιογραφικών αναφορών, πάνω στις οποίες στηρίχτηκε η ανάπτυξη της προτεινόμενης μεθοδολογίας αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Στα επόμενα τρία κεφάλαια περιγράφεται η μέθοδος και ο αλγόριθμος για αυτόματη γενίκευση που προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, καθώς και η υλοποίησή σου σε προγραμματιστικό περιβάλλον με τη βιβλιοθήκη των εργαλείων του ArcGIS. Τέλος, σχολιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του αλγορίθμου σε μικρές περιοχές του κτηματολογικού διαγράμματος της περιοχής της Λάρισας, προτείνονται βελτιώσεις και επεκτάσεις της προτεινόμενης μεθοδολογίας καθώς και η βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 1: Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .	<b>Εισαγωγή.</b> Κίνητρο, Σκοπός, Μεθοδολογία Προσέγγισης, Δομή ΔΕ. Περιγραφή περιεχομένου ΔΕ και επιστημονικού πλαισίου ΔΕ, στόχου και δομής.
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .	<b>Εισαγωγικές Έννοιες και Σύγχρονες Τεχνολογικές Εφαρμογές.</b> Τα θεμελιώδη στοιχεία της γενίκευσης στην χαρτογραφία, τα οποία είναι σημαντικά για τη σφαιρική κατανόηση του αντικειμένου, όπως: ο ορισμός του χάρτη και του ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου, ο ορισμός και η περιγραφή της εξέλιξης της γενίκευσης στα διαφορετικά στάδια της χαρτογραφίας, τα μοντέλα εννοιολογικής προσέγγισης και οι κύριες βιβλιογραφικές αναφορές ως προς τη συνάφεια του αντικειμένου.
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .	<b>Μέθοδος Προσέγγισης Εφαρμογής ΔΕ.</b> Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η εννοιολογική προσέγγιση του αλγορίθμου που προτείνεται για την αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος.
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> .	<b>Υλοποίηση Εφαρμογής ΔΕ.</b> Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες για την υλοποίηση της πρακτικής εφαρμογής με την χρήση εργαλείων του ArcGIS.
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> .	<b>Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.</b>
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> .	<b>Συμπεράσματα, Προτάσεις, Σύνοψη</b>
Κεφάλαιο 7 <sup>ο</sup> .	<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές.</b>



## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Εισαγωγικές Έννοιες & Πρακτικές Γενίκευσης

Στόχος αυτού του κεφαλαίου, είναι η παρουσίαση των εννοιών εκείνων που είναι απαραίτητες για την κατανόηση της αυτόματης γενίκευσης, καθώς και των πρακτικών που εφαρμόζονται στο πλαίσιο της αυτόματης γενίκευσης χωρικών (χαρτογραφικών) δεδομένων. Αρχικά, γίνεται αναφορά στα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη χαρτογραφία για γενίκευση, στη συνέχεια παρουσιάζεται η γενίκευση από διαφορετικές οπτικές, οι κυρίαρχες προσεγγίσεις και τα εννοιολογικά μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί κατά την επιστημονική συνέχεια της γενίκευσης. Τέλος, γίνεται ανάλυση των μελετών, που προσεγγίζουν την αυτόματη γενίκευση και παρουσιάζουν συνάφεια με το θεματικό αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

### 2.1 Χάρτης & Ψηφιακό Χαρτογραφικό Μοντέλο

Η επιστήμη της Χαρτογραφίας χρησιμοποιεί το χαρτογραφικό μοντέλο, για την αναπαράσταση της γήινης επιφάνειας το οποίο αποτελεί και τη βάση της χαρτοσύνθεσης. Το πρώτο χαρτογραφικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι ο αναλογικός χάρτης, δηλαδή η αναπαράσταση του γεωγραφικού χώρου σε φύλλα χαρτιού. Η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην ψηφιοποίηση του, στον ψηφιακό χάρτη. Οι σύγχρονες ανάγκες και διευκολύνσεις της τεχνολογίας, ως προς τα χωρικά δεδομένα, κατέστησαν δυνατή τη διαφορετική σύνθεση, διαχείριση και αποθήκευση και εν τέλει τη διαφορετική μορφή του χαρτογραφικού μοντέλου, το ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο.

#### Χάρτης

Ο χάρτης είναι το προϊόν της σύνθεσης χωρικών δεδομένων και αποτελεί τη γραφική απεικόνιση ενός χαρτογραφικού μοντέλου, στην οποία καταγράφονται οι οντότητες του χώρου (χωρικά στοιχεία και φαινόμενα). Ο επίσημος ορισμός του χάρτη σύμφωνα με την ICA (International Cartographic Association, 1996): «Ένας χάρτης είναι μία απεικόνιση της γεωγραφικής πραγματικότητας με σύμβολα. Η απεικόνιση αυτή αποδίδει επιλεγμένες οντότητες ή χαρακτηριστικά και είναι αποτέλεσμα τόσο της διανοητικής και δημιουργικής διεργασίας του συντάκτη όσο και των επιλογών του, ενώ η χρήση του αφορά την εξαγωγή χωρικών συσχετίσεων».

Οι χάρτες ανεξάρτητα του είδους τους έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες: εξαρτώνται από την κλίμακα, την χαρτογραφική προβολή και τα γραφικά τους στοιχεία (συμβολισμός) (Robinson κ.ά., 1995) και (Spiees κ.ά., 2005). Πιο συγκεκριμένα:

**Κλίμακα.** Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο χάρτης είναι η απεικόνιση ενός τόπου, μιας περιοχής και των οντοτήτων που την απαρτίζουν. Είναι προφανές, πως η απεικόνιση δεν μπορεί να έχει «φυσικό μέγεθος», έτσι η αποτύπωση γίνεται υπό σμίκρυνση, το ποσοστό της σμίκρυνσης της πραγματικότητας τα στον χάρτη εκφράζεται από την κλίμακα (Spiees κ.ά., 2005) και (Robinson κ.ά., 1995). Ακόμα, μέσω της κλίμακας εκφράζεται και η ακρίβεια του χάρτη.

**Χαρτογραφική Προβολή.** Η χαρτογραφική προβολή ενός χάρτη, εκφράζει τη σχέση του μετασχηματισμού της επιφάνειας προς απεικόνιση και της απεικόνισης. Οι χαρτογραφικές προβολές χρησιμοποιούνται, κυρίως, στον μετασχηματισμό μιας μη-αναπτυκτής επιφάνειας (όπως η επιφάνεια της γης) σε επίπεδο (όπως οι 2d χάρτες). Οι **αναλυτικές σχέσεις** που περιγράφουν οι



χαρτογραφικές προβολές εξυπηρετούν τον μετασχηματισμό συντεταγμένων από το σύστημα αναφοράς της επιφάνειας στο σύστημα αναφοράς της προβολής (Spiees κ.ά., 2005) και (Robinson κ.ά., 1995) . Τέλος, το κάθε είδος χαρτογραφικής προβολής εισάγει στην απεικόνιση συγκεκριμένες παραμορφώσεις που παίζουν σημαντικό ρόλο στην χρήση του χάρτη.

**Συμβολισμός.** Η δομή του χαρτογραφικού μοντέλου στηρίζεται στην απεικόνιση γεωγραφικών οντοτήτων, στην απεικόνιση όμως δεν χρησιμοποιείται η πραγματική εμφάνιση των οντοτήτων, αλλά χρησιμοποιούνται απλοποιημένα (πολλές φορές και τυποποιημένα) σύμβολα. Τα σύμβολα ενός χάρτη αποτελούν τα γραφικά στοιχεία του (Spiees κ.ά., 2005) και (Robinson κ.ά., 1995).

**Κατηγορίες χαρτών.** Οι χάρτες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορα είδη, η βασική κατηγοριοποίηση τους γίνεται βάση του περιεχομένου που αναπαριστούν σε: τοπογραφικούς χάρτες, θεματικούς χάρτες και ειδικούς χάρτες. Οι τοπογραφικοί χάρτες απεικονίζουν χωρικές σχέσεις μεταξύ χωρικών οντοτήτων όπως κτίρια, οδικό δίκτυο, σύνορα κ.α., ενώ οι επίσημοι τοπογραφικοί χάρτες παράγονται από τους Εθνικούς Χαρτογραφικούς Οργανισμούς [NMO, National Mapping Organization]. Στους θεματικούς χάρτες γίνεται εστίαση στην απεικόνιση των θεματικών ιδιοτήτων των γεωγραφικών οντοτήτων που απεικονίζονται, τέτοιοι χάρτες είναι οι γεωλογικοί, οι χάρτες χρήσης γης, οι χάρτες κάλυψης γης κ.α. Οι ειδικοί χάρτες είναι χάρτες που προορίζονται για συγκεκριμένη χρήση, όπως τα κτηματολογικά διαγράμματα<sup>1</sup>.

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντική η αναφορά στις διαφορές μεταξύ των αναλογικών και των ψηφιακών χαρτών. Οι διαφορές αυτές ανάγονται, κυρίως, στις διαφορές του χαρτιού και της οθόνης μιας ηλεκτρονικής συσκευής, ως προς τις δυνατότητες που προσφέρουν για την απεικόνιση και τις μετρήσεις που μπορούν να γίνουν. Τα βασικά χαρακτηριστικά, οι διαδικασίες και οι μετασχηματισμοί που εφαρμόζονται σε αναλογικούς και ψηφιακούς χάρτες είναι ίδιοι, ωστόσο διαφοροποιούνται τα εργαλεία και τα μέσα. Άλλωστε, ένας ψηφιακός χάρτης μπορεί να γίνει αναλογικός μέσω της εκτύπωσης ενώ ένας αναλογικός χάρτης μπορεί να γίνει ψηφιακός μέσω της ψηφιοποίησης, υπόψιν των παραμορφώσεων που εισάγει κάθε διαδικασία. Άρα, ένας χάρτης μπορεί να αποτελεί τόσο προϊόν όσο και βάση της χαρτοσύνθεσης, με την έννοια ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας χάρτης ως δεδομένα αναφοράς για την παραγωγή ενός άλλου, αλλά ένας χάρτης μπορεί να είναι και παράγωγο ενός άλλου.

### Κλίμακα χάρτη

Κατά τη σύνθεση ενός χάρτη, ο δημιουργός καλείται να λάβει μια σειρά αποφάσεων οι οποίες θα οδηγήσουν σε ένα βέλτιστο οπτικά και γεωμετρικά αποτέλεσμα. Ένα από τα πρώτα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθεί κατά τη χαρτοσύνθεση είναι: ποια θα είναι η κλίμακά της απεικόνισης. Η κλίμακα αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των χαρτογραφικών απεικονίσεων, καθώς επηρεάζει άμεσα, τόσο τα δεδομένα αναφοράς που χρησιμοποιούνται όσο και το αποτέλεσμα της σύνθεσης. Η κλίμακα σχετίζεται άμεσα και με τον διαθέσιμο χώρο για την απεικόνιση, γιατί όσο πιο μεγάλη είναι η κλίμακα τόσο περισσότερος χώρος απαιτείται για την απόδοση μιας οντότητας (Burghardt κ.ά., 2014).

Ως **κλίμακα χάρτη** καλείται «η αναλογία μεταξύ των αποστάσεων του χάρτη προς τις αντίστοιχες πραγματικές». Ουσιαστικά, η κλίμακα καθορίζει τον βαθμό «αφαίρεσης» που έχουν υποστεί τα

<sup>1</sup> Rystedt, B. (2019, 26 Φεβρουαρίου), ανακτήθηκε από: [https://icaci.org/files/documents/wom/01\\_IMY\\_WoM\\_en.pdf](https://icaci.org/files/documents/wom/01_IMY_WoM_en.pdf)

αρχικά δεδομένα στην απεικόνιση (Spiees κ.ά., 2005). Με την έννοια «μικρότερη κλίμακα χάρτη», νοείται πως το ίδιο αρχικό μέγεθος απεικονίζεται σε μικρότερο χώρο. Η κλίμακα συνήθως αναφέρεται στα γραμμικά μεγέθη, και πιο συχνά η μορφή της είναι «1:K» (πχ 1:500, 1:1000, 1:1 000 000) το οποίο σημαίνει πως μία μονάδα στον χάρτη ισούται με K μονάδες στην πραγματικότητα. Αυτή η έκφραση της κλίμακας ονομάζεται **Αντιπροσωπευτικό Κλάσμα** [Representative Fraction, RF] ή **Φυσική Κλίμακα** [Natural Scale]. Είναι φανερό πως όσο αυξάνεται ο παρονομαστής της αναλογίας, τόσο μειώνεται η κλίμακα της απεικόνισης (Yadav, 2015).

Ανάλογα με την κλίμακά τους οι χάρτες κατηγοριοποιούνται, ανεπίσημα, σε:

- Χάρτες **μεγάλης κλίμακας**, όπου απεικονίζεται μικρή περιοχή της γήινης επιφάνειας. Ο συντελεστής κλίμακας τους είναι συνήθως μικρότερος της 1:50 000 (πχ 1:25 000) (Robinson κ.ά., 1999).
- Χάρτες **μικρής κλίμακας**, οι οποίοι είναι χάρτες με κλίμακα συνήθως μικρότερης της 1: 500 000) ) (Robinson κ.ά., 1999).
- Χάρτες **μεσαίας κλίμακας**, οι χάρτες που έχουν κλίμακα ενδιάμεση των προηγούμενων δύο κατηγοριών.

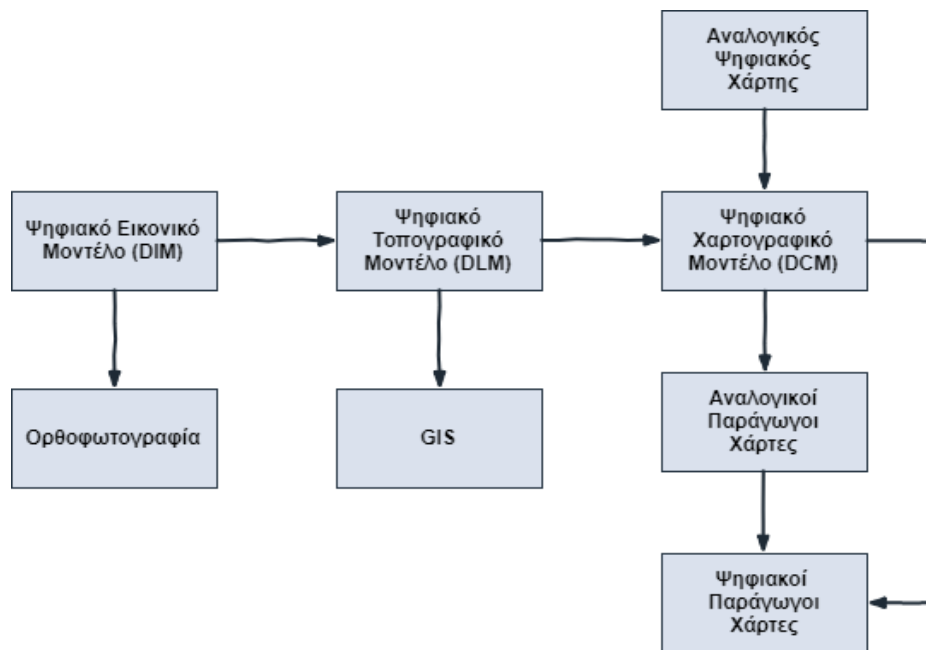
**Ακρίβεια [resolution].** Η κλίμακα ενός χάρτη μπορεί να έχει και την έννοια της ακρίβειας [resolution]. Κυρίως στα ψηφιακά προϊόντα, όπως ένας ψηφιακός χάρτης, παρέχεται η δυνατότητα της μεγέθυνσης. Η κλίμακα-ακρίβεια των χαρτών, καθορίζει τα όρια μεταξύ των οποίων μπορεί να γίνουν ορθές μετρήσεις. Για παράδειγμα, εάν ένας ψηφιακός χάρτης είναι κλίμακας 1:2500, μπορούν να γίνουν μετρήσεις σε αυτόν, αλλά αν γίνουν σε μεγαλύτερη μεγέθυνση της 1:2500 είναι λάθος να μετρηθούν μεγέθη που είναι αναγνώσιμα στην 1:2500.

#### Ψηφιακό Χαρτογραφικό Μοντέλο

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, η διαδικασία δημιουργίας ενός χαρτογραφικού μοντέλου και η χαρτοσύνθεση ήταν μια πολύ διαφορετική διαδικασία από αυτή που κυριαρχεί σήμερα. Η ανάπτυξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών [GIS, Geographical Information System] επέτρεψε τη διαφορετική διαδικασία σύνθεσης των χωρικών δεδομένων, καθώς με την πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας, τα χωρικά δεδομένα απαιτήθηκε να αποτελούν ακριβείς αναπαραστάσεις της πραγματικότητας (Buckley κ.ά., 2005).

**Ψηφιακά Τοπογραφικά Μοντέλα.** Η αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών καθιστά αναγκαίο τον σαφή διαχωρισμό μεταξύ του ψηφιακού τοπογραφικού μοντέλου [digital landscape model, DLM] και του ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου [digital cartographic model]. Τα χωρικά μοντέλα [spatial models] αποτελούν αναπαραστάσεις του γεωγραφικού χώρου. Τα DLM, αποτελούν συλλογές δεδομένων προερχόμενες από «μετρήσεις πεδίου». Κάθε ψηφιακό τοπογραφικό μοντέλο προορίζεται για μια συγκεκριμένη κλίμακα, η οποία καθορίζει την ακρίβεια [accuracy] και την ανάλυση [resolution] των μετρήσεων που γίνονται για τη σύνθεση του. Από κάθε ψηφιακό μοντέλο, ιδανικά, μπορούν να παραχθούν επιπλέον ψηφιακά μοντέλα χαμηλότερης κλίμακας. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια συλλογή δεδομένων, που μπορεί να ανταποκριθεί σε μεγάλο εύρος εφαρμογών με διαφορετικές απαιτήσεις σε ακρίβεια και κλίμακα, όμως με λιγότερο κόστος σε μετρήσεις πεδίου (Buckley κ.ά., 2005).

Γράφημα 1: Σύνδεση Χωρικών Μοντέλων, Πηγή: (Sprees κ.ά., 2005)

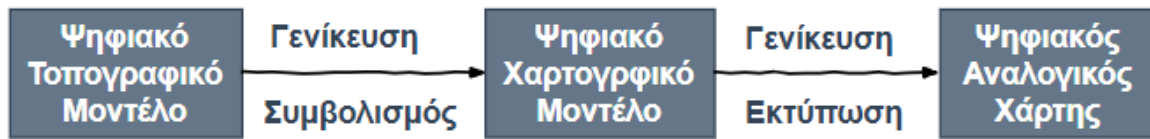


Τα **ψηφιακά χαρτογραφικά μοντέλα [Digital Cartographic Model, DCMs]** είναι προϊόντα ενίσχυσης και τροποποίησης των ψηφιακών τοπογραφικών μοντέλων με σκοπό τη χαρτοσύνθεση. Ένα μοναδικό ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο μπορεί να αποτελεί βάση για τη σύνθεση διαφορετικών χαρτοσυνθέσεων (Buckley κ.ά., 2005). Το ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο, αποτελεί τη βάση για τη γραφική αναπαράσταση των χαρτογραφικών δεδομένων, δηλαδή τη βάση της χαρτοσύνθεσης. Τα εγγενής χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού, είναι η εξάρτηση του από την κλίμακα και η εξάρτηση του από τον συμβολισμό. Αυτό σημαίνει ότι οι μετρήσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα χαρτογραφικό μοντέλο και η ποιότητα του επηρεάζεται από την αλλαγή της κλίμακας ή/και την αλλαγή του συμβολισμού. Τέλος, η δομή ενός τέτοιου μοντέλου γίνεται βάση του αντικειμένου, δηλαδή τα «μοναδιαία» στοιχεία του είναι οι γεωγραφικές οντότητες (Sprees κ.ά., 2005).

Συνοπτικά, κάθε ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο χαρακτηρίζεται από:

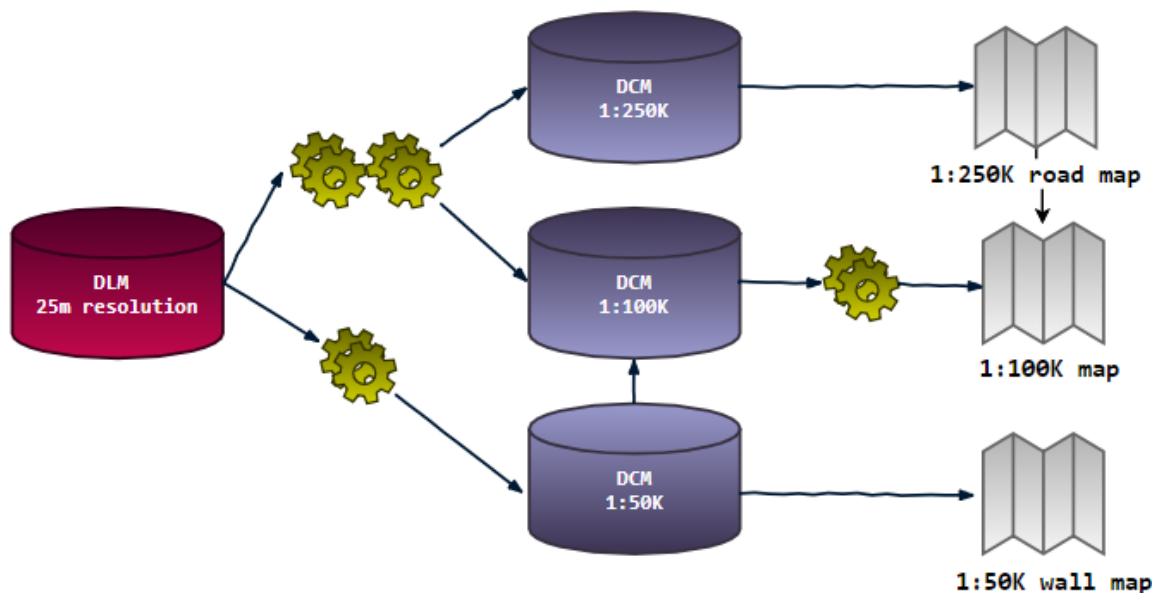
- Εξάρτηση από την κλίμακα.
- Εξάρτηση από τον συμβολισμό (μέγεθος συμβόλου).
- Δομή βάσει αντικειμένου (επιλογή αντικειμένου).
- Ζητούμενη γραφική αναπαράσταση (map graphics).

Γράφημα 2: Διάγραμμα ροής γενίκευσης ψηφιακού τοπογραφικού μοντέλου, τροποποιημένο πηγή: (Sriees κ.ά., 2005)



Στο Γράφημα 2, φαίνεται τα συνηθισμένα στάδια παραγωγής μιας χαρτογραφικής απεικόνισης. Αρχικά, χρησιμοποιείται το Ψηφιακό Τοπογραφικό Μοντέλο [DLM] για την παραγωγή του ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου μέσω της γενίκευσης και του συμβολισμού. Το ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο, χρησιμοποιείται ως βάση για τη δημιουργία του χάρτη, είτε ψηφιακού είτε αναλογικού.

Γράφημα 3: Παραγωγή και συσχέτιση χωρικών μοντέλων [DLM] & [DCM], τροποποιημένο πηγή: (Buckley κ.ά., 2005)



Στο Γράφημα 3, φαίνεται τα βασικά στάδια παραγωγής μιας χαρτογραφικής απεικόνισης με σύγχρονες διαδικασίες. Αρχικά, αφού έχει παραχθεί η βάση χωρικών δεδομένων του ψηφιακού τοπογραφικού μοντέλου [DLM], εφαρμόζονται διαδικασίες μέσα στις οποίες και η γενίκευση, για την παραγωγή ενός ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου [DLM], όπου από αυτό είτε παράγεται ένα άλλα ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο μικρότερης κλίμακας με διαδικασίες γενίκευσης, είτε παράγονται γραφικές απεικονίσεις (χάρτες) αντίστοιχης κλίμακας ή/και μικρότερης.

Συνοπτικά, ο ρόλος του χάρτη στη σύγχρονη χαρτογραφία έχει πρακτικά μεταβληθεί και ταυτίζεται με εκείνον της **γραφικής απεικόνισης των χαρτογραφικών δεδομένων**. Ο χάρτης ως μοντέλο χαρτογραφικών δεδομένων, έχει αντικατασταθεί από το **ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο**. Παρόλα αυτά, όπως συμπεραίνεται από τα παραπάνω, ο χάρτης ως γραφική (ψηφιακή) απεικόνιση και το ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο μοιράζονται κοινές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, και αυτό που ουσιαστικά μεταβάλλεται είναι ο τρόπος διαχείρισης και οι πρακτικές που μπορούν να εφαρμοστούν.

Οπότε, ως χαρτογραφικά δεδομένα χαρακτηρίζονται: οι αναλογικοί χάρτες, οι ψηφιακοί χάρτες και τα ψηφιακά χαρτογραφικά μοντέλα.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, όπως αναφέρεται εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο, σκοπός είναι η γενίκευση της χαρτογραφικής απεικόνισης των χωρικών δεδομένων του κτηματολογικού διαγράμματος αναφοράς. Ωστόσο, οι τελεστές γενίκευσης εφαρμόζονται σε επίπεδο χαρτογραφικού μοντέλου, δηλαδή στα χωρικά δεδομένα που υπάρχουν στη βάση δεδομένων της ΕΚΧΑ. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό, πως το ψηφιακό χαρτογραφικό μοντέλο αποτελεί βάση για την χαρτοσύνθεση, στο οποίο μπορεί να εφαρμοστούν πράξεις και διαδικασίες με σκοπό τη μεταβολή της γραφικής απεικόνισης των δεδομένων.

## 2.2 Η έννοια της γενίκευσης

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η περιγραφή εννοιών της γενίκευσης, των εννοιολογικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί για την προσέγγιση της και εφαρμογών που σχετίζονται με τη μεθοδολογία και την υλοποίηση του σκοπού της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά παρουσιάζονται οι αρχές και τα χαρακτηριστικά που διέπουν γενικά τη διαδικασία της γενίκευσης, έπειτα γίνεται αναφορά στον εννοιολογικό σχεδιασμό της γενίκευσης και στους τελεστές με τους οποίους εφαρμόζεται. Τέλος, αναλύονται πρακτικές και μέθοδοι που αφορούν την αυτόματη γενίκευση και χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Η γενίκευση είναι μια βασική διαδικασία της Χαρτογραφίας, όπως χαρακτηριστικά έχει αναφερθεί από τον Robinson (1984) και τους Brassel και Weibel (1988), πως η ίδια διαδικασία της δημιουργίας ενός χάρτη είναι μια μορφή γενίκευσης της πραγματικότητας. Κατά την επιστημονική εξέλιξη της Χαρτογραφίας, έχουν αποδοθεί διάφοροι ορισμοί στη **γενίκευση**, με εκείνον του ICA [International Cartographic Organization] να είναι (1967) στο (Stern κ.ά., 2014):

*«Γενίκευση είναι η επιλεγμένη και απλοποιημένη αναπαράσταση των λεπτομερειών που είναι κατάλληλες ως προς την κλίμακα και τον σκοπό του χάρτη».*

Η μεταβολή της κλίμακας ενός χάρτη είναι θεμελιώδες στοιχείο της γενίκευσης, καθώς αποτελεί και τον λόγο εφαρμογής της. Η κλίμακα ενός χάρτη μπορεί να μεταβληθεί, από μεγαλύτερη σε μικρότερη για πολλούς λόγους, ενδεικτικά: για την εξυπηρέτηση διαφορετικού σκοπού χάρτη, για την εξοικονόμηση αποθηκευτικού χώρου, για τη “σμίκρυνση” ενός χάρτη. Μεταβάλλοντας την κλίμακα ενός χάρτη, είναι προφανές πως μεταβάλλεται και η προβλεπόμενη χρήση του, γιατί διαφορετική κλίμακα σημαίνει και διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας στην απόδοση. Η κλίμακα αποτελεί έναν αλληλένδετο παράγοντα της απεικόνισης με εκείνον του σκοπού του χάρτη. Ακόμα, μικρότερη κλίμακα σημαίνει λιγότερες απαραίτητες λεπτομέρειες για απεικόνιση άρα και λιγότερα δεδομένα για αποθήκευση. Εκτός από τον Διεθνή Χαρτογραφικό Οργανισμό, οι McMaster και Shea (1992) ορίζει τη γενίκευση ως: « τη διαδικασία δημιουργίας ενός προϊόντος από αρχικά δεδομένα μέσω μετασχηματισμών, της οποίας διαδικασίας ο σκοπός εφαρμογής είναι: η μείωση των δεδομένων σε ποσότητα και είδος, υπό την προϋπόθεση διατήρησης της συνέχειας και της ενάργειας της απεικόνισης». Ο ορισμός αυτός αποδεσμεύει τη γενίκευση από την αυστηρά χαρτογραφική της μορφής, δηλαδή την εφαρμογή της αποκλειστικά σε χάρτες. Σε αυτόν τον ορισμό γίνεται αναφορά

στην εφαρμογή ξέχρωρων μετασχηματισμών, δηλαδή τελεστών γενίκευσης, που όλοι συνδράμουν στο τελικό αποτέλεσμα.

Συνοπτικά, η γενίκευση χωρικών δεδομένων μπορεί να εξεταστεί από διαφορετικές οπτικές, οι οποίες αντιστοιχούν τόσο στον σκοπό που εφαρμόζεται η γενίκευση, όσο και στα δεδομένα στα οποία εφαρμόζεται. Από οποιαδήποτε οπτική και να εξετάσει κανείς τη γενίκευση, υπάρχουν αρχές και χαρακτηριστικά, που παραμένουν αμετάβλητα. Έχει σημασία να παρατηρήσει κανείς, τον διαφορετικό τρόπο που προσεγγίζεται η έννοια της γενίκευσης στην εξέλιξη της χαρτογραφίας, από συμβατική σε ψηφιακή και σε αυτόματη.

**Γενίκευση στη συμβατική χαρτογραφία.** Στη συμβατική (κλασσική) χαρτογραφία, η χωρική πληροφορία αναπαρίσταται σε έναν τυπωμένο χάρτη. Όσο μικρότερη είναι η κλίμακα της απεικόνισης τόσο μικρότερος «χώρος» απαιτείται για την απεικόνιση. Η γενίκευση με την αυστηρά χαρτογραφική της έννοια, είναι μια διαδικασία μείωσης της πολυπλοκότητας μιας χαρτογραφικής παράγωγης απεικόνισης, η οποία έχει προκύψει από τη μεταβολή της κλίμακας μιας άλλης αρχικής απεικόνισης μεγαλύτερης κλίμακας. Η γενίκευση διενεργείται δίνοντας έμφαση στα σημαντικά στοιχεία, διατηρώντας τις λογικές και ξεκάθαρες σχέσεις των χαρτογραφικών οντοτήτων, και προστατεύοντας την αισθητική ποιότητα της απεικόνισης (Weibel & Dutton, 1995). Είναι φανερό πως από αυτή την οπτική, η γενίκευση στην χαρτογραφία αφορά την ποιοτική και ορθή επικοινωνία της χαρτογραφικής πληροφορίας στον χρήστη του χάρτη, όπως άλλωστε περιγράφεται και από τον Διεθνή Οργανισμό Χαρτογραφίας [ICA] (Weibel & Dutton, 1995). Έτσι, η βασική αρχή που χαρακτηρίζει τη χαρτογραφική γενίκευση είναι, πως ο χώρος για μια χαρτογραφική απεικόνιση μειώνεται αναλογικά της κλίμακας, αυτό σημαίνει πως με τη σταδιακή μείωση της κλίμακας θα υπάρξει ένα επίπεδο στο οποίο η πληροφορία της απεικόνισης δεν θα είναι αναγνώσιμη (Spriess et al., 2002) (Alves κ.ά., 2011). Η μεταβολή της κλίμακας, από μεγαλύτερη σε μικρότερη, έχει συνήθως επιπτώσεις στην αναγνωσιμότητα της παραγόμενης απεικόνισης. Οι επιπτώσεις αυτές οφείλονται στην μείωση της κλίμακας, συνεπώς και στη μείωση του χώρου της απεικόνισης και του χώρου για την τοποθέτηση των συμβόλων των οντοτήτων, των οποίων το μέγεθος αυξάνεται αναλογικά με το μέγεθος της γεωγραφικής οντότητας που αντιπροσωπεύουν (Weibel & Dutton, 1995). Σε περίπτωση που δεν αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις αυτές, είναι προφανές πως η επικοινωνία της χωρικής πληροφορίας μέσω της απεικόνισης δυσχεραίνεται ή ακόμα πολλές φορές δεν επιτυγχάνεται καθόλου. Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της αλλαγής της κλίμακας σε μικρότερη, γίνεται μέσω την εφαρμογή χωρικών πράξεων, τελεστών της γενίκευσης, οι οποίοι περιγράφονται εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο. Σημειώνεται, πως η κλίμακα δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει τη διαδικασία της γενίκευσης. Ο σκοπός του χάρτη είναι εξίσου, αν όχι περισσότερο, σημαντικός κατά την παραγωγή ενός χαρτογραφικού μοντέλου. Η εστίαση ενός καλού χάρτη γίνεται στην χωρική πληροφορία που αφορά το εκάστοτε κοινό. Ο σκοπός του χάρτη επηρεάζει άμεσα της επιλογή της κλίμακας της χαρτογραφικής απεικόνισης, καθώς τα χωρικά φαινόμενα πρέπει να διερευνώνται στο επίπεδο κλίμακας με το οποίο συσχετίζονται (Dikau 1990, (Weibel & Dutton, 1995)). Εκτός από την κλίμακα της χαρτογραφικής απεικόνισης, άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της γενίκευσης, όπως νοείται στη συμβατική χαρτογραφία είναι η ποιότητα των αρχικών δεδομένων, τα χαρακτηριστικά του συμβολισμού, και οι τεχνικές που εφαρμόζονται (SSC 1997, (Weibel & Dutton, 1995)). Η χαρτογραφική γενίκευση, με τη συμβατική της έννοια, είναι μια εγγενώς ολιστική διαδικασία, και αυτό γιατί απαιτεί την λήψη πολλαπλών αποφάσεων με σκοπό τη διατήρηση των σημαντικών στοιχείων κάθε περίπτωσης αρχικής απεικόνισης. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τη χαρτογραφική γενίκευση αφορούν τις οντότητες που πρέπει να επιλεγούν για να γενικευθούν, τις οντότητες που θα παραμείνουν στην απεικόνιση, ποιες οντότητες πρέπει να μετατοπιστούν ή/και να απαλειφθούν [(Hampe κ.ά., 2003) στο (Rupasinghe, 2006)]. Αυτός ο ολιστικός χαρακτήρας της χαρτογραφικής γενίκευσης είναι που εμποδίζει την πλήρη αυτοματοποίηση και τυποποίηση της.

**Γενίκευση στην ψηφιακή χαρτογραφία.** Η εισαγωγή της χαρτογραφίας στον ψηφιακό κόσμο συνετέλεσε σε σημαντικές αλλαγές στο τρόπο εφαρμογής και προσέγγισης των χαρτογραφικών μεθόδων. Η έννοια της γενίκευσης απέκτησε μια σαφώς πιο ευρεία χρήση στην ψηφιακή χαρτογραφία, από εκείνη που έχει με την αυστηρά χαρτογραφική οπτική. Αυτό συνέβη εξαιτίας της ανάγκης που δημιουργήθηκε, από την εισροή των ψηφιακών μέσων στις χαρτογραφικές μεθόδους, οι οποίες «απαίτησαν» την προσαρμογή της έννοιας στα νέα δεδομένα. Η γενίκευση, εδώ, μπορεί να πει κανείς πως, παίρνει περισσότερο την έννοια της «αφαίρεσης» περιττών λεπτομερειών, για την αντίστοιχη κλίμακα και τον αντίστοιχο σκοπό, ενώ επέρχεται διαχωρισμός μεταξύ της γενίκευσης της γραφικής απεικόνισης (χάρτη) και της γενίκευσης που υφίστανται τα δεδομένα του χαρτογραφικού μοντέλου. Έτσι, ο όρος «γενίκευση» μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υπό τρεις έννοιες: τη γενίκευση αντικειμένου, τη γενίκευση μοντέλου και την χαρτογραφική γενίκευση, όπως επεξηγούνται παρακάτω (Rupasinghe, 2006).

### Γενίκευση Αντικειμένου, Γενίκευση Μοντέλου & Χαρτογραφική Γενίκευση

Η έννοια της γενίκευσης στην Χαρτογραφία έχει διττή σημασία: αφορά τόσο τη γενίκευση του πραγματικού κόσμου με σκοπό την απεικόνιση του, όσο και τη γενίκευση ενός χωρικού μοντέλου με σκοπό τη μεταβολή της κλίμακας του. Η εισαγωγή των ψηφιακών μέσων στην επιστήμη της Χαρτογραφίας, χώρισε τη γενίκευση των χωρικών μοντέλων με σκοπό τη μεταβολή της κλίμακάς τους σε δύο επιμέρους έννοιες: τη γενίκευση μοντέλου και την χαρτογραφική γενίκευση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, πως η έννοια της γενίκευσης δε διαφοροποιήθηκε με την πάροδο του χρόνου και στην εξέλιξη της τεχνολογίας, αλλά προσαρμόστηκε στις αναδυόμενες ανάγκες της χαρτογραφίας. Η γενίκευση μοντέλου, η γενίκευση αντικειμένου και η χαρτογραφική γενίκευση είναι αλληλένδετες έννοιες, και πιο συγκεκριμένα είναι η ίδια έννοια εξεταζόμενη υπό διαφορετική προοπτική.

**Γενίκευση αντικειμένου.** Η γενίκευση αντικειμένου [object generalisation] αποτελεί τη διαδικασία αναπαράστασης του πραγματικού γεωγραφικού χώρου μέσω ενός χωρικού τοπογραφικού μοντέλου, το οποίο θεωρείται η αρχική βάση χωρικών δεδομένων. Η γενίκευση αντικειμένου λαμβάνει χώρα με τις διεργασίες της αφαίρεσης [abstraction], της επιλογής [selection], μείωσης της πληροφορίας [reduction of information] των οντοτήτων του πραγματικού γεωγραφικού χώρου. Είναι προφανές πως η γενίκευση αντικειμένου είναι άμεσα εξαρτώμενη από την επικείμενη χρήση (σκοπός) της βάσης δεδομένων που δημιουργεί (Rupasinghe, 2006).

**Γενίκευση μοντέλου.** Σε αντίθεση με την χαρτογραφική γενίκευση, η γενίκευση μοντέλου [model generalisation] ενεργεί μόνο στο επίπεδο του μοντέλου δεδομένων. Κατά τη γενίκευση μοντέλου, δε λαμβάνεται υπόψη ο περιορισμός στον χώρο της απεικόνισης όπως συμβαίνει κατά την χαρτογραφική γενίκευση (Rupasinghe, 2006). Στόχος της γενίκευσης μοντέλου είναι η μείωση των δεδομένων του αρχικού μοντέλου δεδομένων, ανάλογα με την προβλεπόμενη μεταβολή της κλίμακας.

**Χαρτογραφική γενίκευση.** Η χαρτογραφική γενίκευση [cartographic generalisation] μπορεί να θεωρηθεί η διαδικασία που ακολουθεί τη γενίκευση μοντέλου. Σε αντίθεση με τη γενίκευση μοντέλου, η χαρτογραφική γενίκευση ασχολείται με τη βέλτιστη χρήση του διαθέσιμου χώρου της απεικόνισης ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη επικοινωνία της πληροφορίας στον χρήστη της απεικόνισης (Rupasinghe, 2006). Είναι σαφές πως η χαρτογραφική γενίκευση αντιστοιχεί στην

γενίκευση με την «αυστηρή χαρτογραφική έννοια» και στόχος εφαρμογής της είναι η μεγιστοποίηση της ενάργειας και της αναγνωσιμότητας της χαρτογραφική απεικόνισης.

**Σκοπός γενίκευσης.** Η γενίκευση είναι ο θεμελιώδης μετασχηματισμός που υφίστανται τα χωρικά δεδομένα κατά την παραγωγή ενός χαρτογραφικού μοντέλου ή/και της γραφικής απεικόνισης του. Ο στόχος εφαρμογής της γενίκευσης, είναι κυρίως, η ορθή επικοινωνία της χωρικής πληροφορίας στον χρήστη, ανάλογα με τον απαιτούμενο σκοπό και την απαιτούμενη κλίμακα. Ουσιαστικά, κάθε «είδος» γενίκευσης (αντικειμένου, μοντέλου και χαρτογραφική) έχει παρόμοιο σκοπό: την αφαιρετική περιγραφή των δεδομένων αναφοράς ώστε να συμφωνούν με την προβλεπόμενη κλίμακα και σκοπό της απεικόνισης.

### 2.3 Χαρτογραφικοί κανόνες, Τελεστές Γενίκευσης & Ροή εργασίας

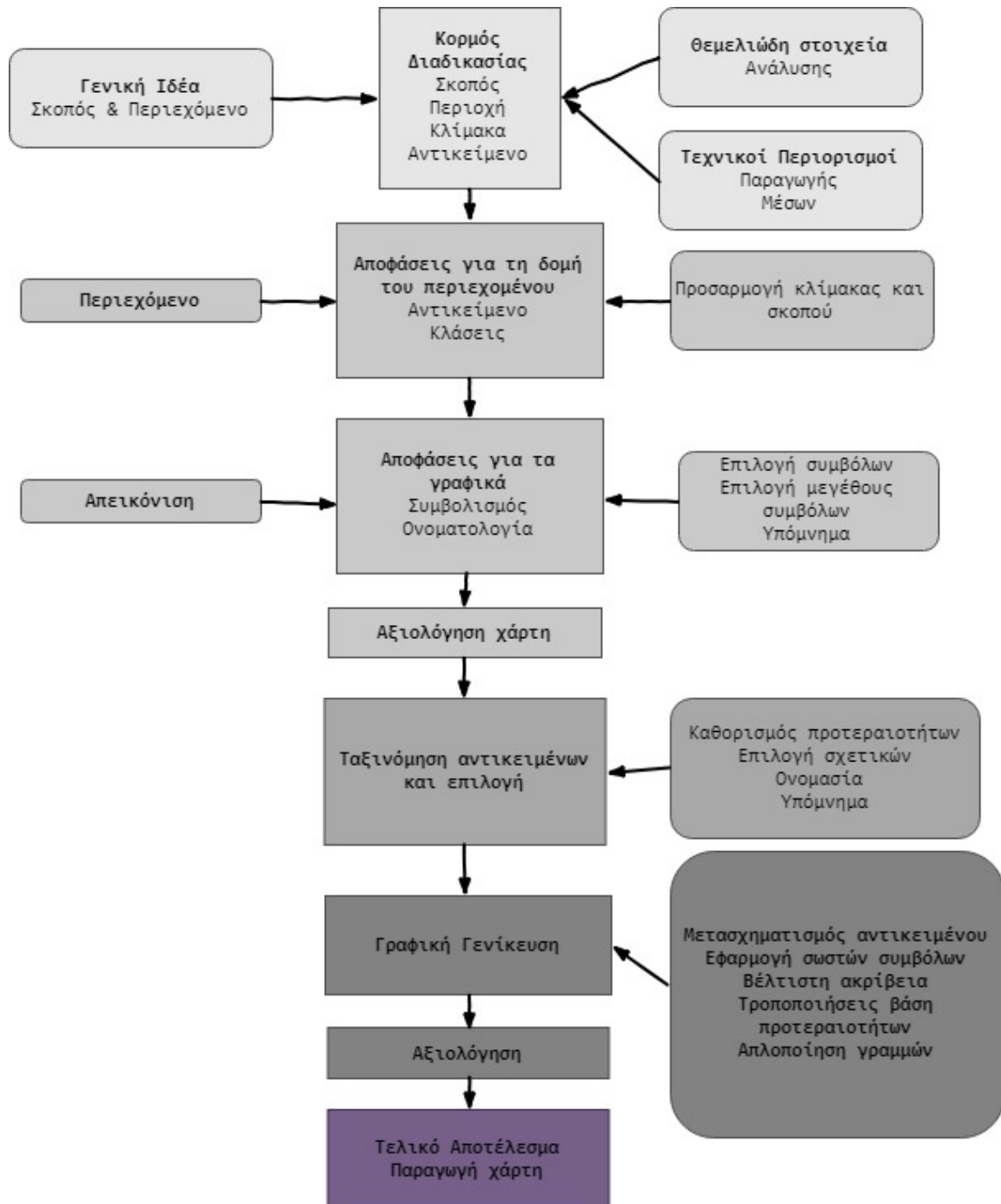
Η γενίκευση μοντέλου και η χαρτογραφική γενίκευση, είναι μία διαδικασία χαρτοσύνθεσης η οποία όμως δεν εφαρμόζεται σε χωρικά δεδομένα που αναφέρονται στον πραγματικό χώρο, αλλά εφαρμόζεται στα δεδομένα ενός χωρικού μοντέλου/απεικόνισης με στόχο τη μεταβολή της κλίμακας τους. Για τη μεταβολή της κλίμακας ενός χάρτη δεν αρκεί η απλή σμίκρυνση του, όπως φαίνεται άλλωστε και από την εφαρμογή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αλλά πρέπει να γίνουν και άλλες ενέργειες ώστε να επικοινωνείται ορθά η χωρική πληροφορία στην προβλεπόμενη κλίμακα. Η γενίκευση στην κλασική Χαρτογραφία είναι ένας μετασχηματισμός που εφαρμόζεται σε έναν χάρτη (αναφοράς), ώστε εφόσον μεταβάλλεται η κλίμακά του, να είναι δυνατή η ορθή επικοινωνίας της χωρικής πληροφορίας, δηλαδή η εξασφάλιση της ακρίβειας και της ευκρίνειας της απεικόνισης. Έτσι μπορεί να πει κανείς πως τα **βασικά χαρακτηριστικά της γενίκευσης** ενός χάρτη είναι (Stern κ.ά., 2014):

- Ένας γενικευμένος χάρτης αποτελεί μια απεικόνιση της πραγματικότητας σε μεγάλο βαθμό αφαίρεσης. Για παράδειγμα, στην κλίμακα 1:25000 η πραγματικότητα απεικονίζεται 625 εκατομμύρια φορές μικρότερη.
- Η απλή εικονική-γραφική σμίκρυνση, οδηγεί σε μη αναγνώσιμο χάρτη.
- Σε κλίμακα 1:25000, ήδη, πολλές οντότητες του χώρου δεν μπορούν να απεικονιστούν.
- Σε μικρότερες κλίμακας, η χαρτογραφική απεικόνιση όλων των οντοτήτων ενός χωρικού μοντέλου είναι ανέφικτη.
- Η πολύπλοκη και ασαφής δομή της πραγματικότητας, πρέπει να αποδοθεί βάσει της κλίμακας.

Ακόμα, η χαρτογραφική γενίκευση μπορεί να δομηθεί σε κάποια θεμελιώδη στάδια, στα οποία μεταβάλλονται τα στοιχεία που αφορούν κάθε φορά ανάλογα με τα δεδομένα εισόδου και τα απαιτούμενα δεδομένα εξόδου. Έτσι, η βασική ροή εργασιών που περιγράφει μια διαδικασία γενίκευσης μπορεί να αποδοθεί από το παρακάτω διάγραμμα (Γράφημα 4), στο οποίο αναφέρονται τα βασικά στάδια επεξεργασίας που υπόκεινται τα χωρικά δεδομένα με στόχο τη γενίκευση. Ενώ, τα στοιχεία που πρέπει να χαρακτηρίζουν μια διαδικασία γενίκευσης ομαδοποιούνται και περιγράφονται στον Πίνακα 2. Παρατηρώντας το διάγραμμα ροής μιας τυπικής διαδικασίας γενίκευσης και των πίνακα των χαρακτηριστικών της, διαπιστώνει κανείς πως είναι παρόμοια με εκείνα της χαρτοσύνθεσης, γεγονός που υποστηρίζει πως η γενίκευση εφαρμόζεται κατά την παραγωγή ενός χάρτη μιας πραγματικότητας και της γενίκευσης ενός χάρτη με σκοπό τη μεταβολή της κλίμακάς του.



Γράφημα 4: Ροή γενίκευσης, τροποποιημένη πηγή: (Stern κ.ά., 2014)



Πίνακας 2: Κανόνες γενίκευσης, πηγή: (Stern κ.ά., 2014)

<p><b>Δομή χαρτογραφικών δεδομένων:</b> το περιεχόμενο του χάρτη πρέπει να είναι σαφώς δομημένο.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η δομή και το περιεχόμενο ενός χάρτη πρέπει να προσαρμόζεται στον σκοπό του.</li> <li>• Οι οντότητες πρέπει να ταξινομούνται σύμφωνα με ξεκάθαρα και λογικά κριτήρια.</li> <li>• Η ομαδοποίηση των οντοτήτων πρέπει να είναι λογική.</li> </ul>
<p><b>Συμβολισμός:</b> εκφραστικά και σχετικά με τις οντότητες σύμβολα είναι η βάση για την ορθή επικοινωνία της χαρτογραφικής πληροφορίας στον χρήστη.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το μέγεθος και η μορφή του κάθε συμβόλου, προσαρμόζονται σύμφωνα με τα υπόλοιπα σύμβολα και τις οντότητες.</li> </ul>
<p><b>Επίπεδο γενίκευσης:</b> το επίπεδο της γενίκευσης υποδηλώνει το επίπεδο της απλοποίησης και της λεπτομέρειας των χαρτογραφικών δεδομένων.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαμηλό επίπεδο γενίκευσης υποδηλώνει υψηλή συγκέντρωση χωρικής πληροφορίας και καλά δομημένο χάρτη.</li> <li>• Υψηλό επίπεδο γενίκευσης υποδηλώνει χαμηλή συγκέντρωση χωρικής πληροφορίας και αδύναμη δομή.</li> <li>• Το επίπεδο της γενίκευσης ποικίλει σύμφωνα με το σκοπό και την κλίμακα του χάρτη.</li> <li>• Το επίπεδο γενίκευσης ορίζεται προσεκτικά.</li> <li>• Το επίπεδο γενίκευσης επηρεάζει τα σύμβολα και το υπόμνημα του χάρτη.</li> </ul>
<p><b>Επιλογή οντοτήτων:</b> η επιλογή των οντοτήτων συμφωνεί με τον σκοπό του χάρτη.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η επιλογή των οντοτήτων ακολουθεί τον σκοπό και την κλίμακα του χάρτη.</li> <li>• Οι οντότητες που είναι ορατές στην πραγματικότητα συμπληρώνονται με σημασιολογικά στοιχεία.</li> </ul>
<p><b>Γεωμετρική ακρίβεια οντοτήτων:</b> επιτυγχάνεται η βέλτιστη ακρίβεια των οντοτήτων σε θέση και σχήμα, ωστόσο η γραφική τους τοποθέτηση είναι πιο σημαντική από τη γεωμετρική ακρίβεια.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η μετατόπιση οντοτήτων γίνεται μόνο για την αύξηση της αναγνωσιμότητας και της ευκρίνειας του χάρτη.</li> <li>• Τα σύμβολα των ορατών οντοτήτων (στην πραγματικότητα) έχουν μεγάλη ακρίβεια.</li> <li>• Τα σύμβολα των μη-ορατών οντοτήτων (στην πραγματικότητα) έχουν περιορισμένη ακρίβεια).</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η μετατόπιση των οντοτήτων είναι αναγκαία, όταν οι γειτονικές οντότητες συμπίπτουν.</li> <li>• Η γεωμετρική ακρίβεια των οντοτήτων μειώνεται μόνο όταν υπάρχει ανάγκη για αύξηση της ευκρίνειας του χάρτη.</li> </ul>
<p><b>Ακρίβεια ως προς την πραγματικότητα:</b> εκ των πραγμάτων οι οντότητες της πραγματικότητας επανεξετάζονται και επαναδομούνται, ωστόσο όσο πιο κοντά γίνεται στην αρχική τους κατάσταση.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Όλες οι οντότητες που απεικονίζονται στον χάρτη υπάρχουν.</li> <li>• Αποδίδεται κατάλληλος συμβολισμός.</li> <li>• Η ονοματολογία δίδεται σωστά και με κατάλληλο τρόπο.</li> </ul>
<p><b>Αναγνωσιμότητα χαρτογραφικών στοιχείων:</b> ο χάρτης πρέπει να είναι αναγνώσιμος, χωρίς την χρήση μεγεθυντικών μέσων ακόμα και σε δυσμενείς συνθήκες (πχ χαμηλός φωτισμός).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η ευκρίνεια εξαρτάται από τις ελάχιστες διαστάσεις των γραφικών συμβόλων.</li> <li>• Οι γραφικές ελάχιστες διαστάσεις οδηγούν σε μη αναλυτική αναπαράσταση, δηλ. σε μια διεύρυνση της έννοιας της γραφικής κλίμακας.</li> <li>• Οι κανόνες γραφικής αναγνωσιμότητας ενισχύουν την ευκρίνεια του χάρτη.</li> </ul>
<p><b>Γραφική απεικόνιση οντοτήτων:</b> Το περιεχόμενο χάρτη προσαρμόζεται, ώστε να είναι ευανάγνωστο και γραφικά πειστικό.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το υπόμνημα είναι αξιόπιστο και ακριβές.</li> <li>• Η γενίκευση του σχήματος και των γραμμικών συμβόλων σέβεται τους πιο ακραίους σχηματισμούς των οντοτήτων και απαλείφει τις μικρότερες.</li> <li>• Η ποσοτική γενίκευση των οντοτήτων σέβεται την πυκνότητα των αντίστοιχων οντοτήτων στην πραγματικότητα.</li> <li>• Λαμβάνονται υπόψη οι συσχετίσεις και οι εξαρτήσεις μεταξύ των οντοτήτων στην πραγματικότητα.</li> </ul>

Πρώτο στάδιο της γενίκευσης χαρτογραφικών δεδομένων, είναι η επιλογή των δεδομένων εκείνων που θα υποστούν επεξεργασία με σκοπό τη γενίκευση, για παράδειγμα μπορεί να απαλειφθούν, να απλοποιηθεί το σχήμα τους κ.α. Μετά την επιλογή αυτών των στοιχείων, εφαρμόζονται σε αυτά μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εννοιολογική γενίκευση [semantic generalisation]. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται μέθοδοι και τεχνικές οι οποίες μεταβάλλουν τη θεματική πληροφορία των δεδομένων με σκοπό την λιγότερο πολύπλοκη απόδοση τους. Τέτοιες μέθοδοι είναι η ταξινόμηση [classification], ένωση [aggregation], η ενίσχυση της γεωμετρίας [exaggeration]. Έπειτα, εφαρμόζονται στα επιλεγμένα δεδομένα μέθοδοι που κατηγοριοποιούνται ως γεωμετρική γενίκευση [geometric generalisation], οι οποίες είναι τεχνικές που χρησιμοποιούνται

για την απλοποίηση του γεωμετρικού σχήματος των χαρτογραφικών οντοτήτων ή/και την αλλαγή θέσης των συμβόλων. Τέτοιες μέθοδοι είναι η απλοποίηση [simplification], η απαλοιφή [elimination], η μετατόπιση [displacement] κ.α. [76]. Οι κυριότερες μέθοδοι και τεχνικές των δύο αυτών κατηγοριών περιγράφονται εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο (Τελεστές Γενίκευσης).

Οι Χαρτογράφοι πολύ συχνά αναφέρονται στη γενίκευση, ως μια διαδικασία «αίνιγμα», με την έννοια ότι δεν υπάρχει βέλτιστος και τυποποιημένος τρόπος στην εφαρμογή, εντούτοις το αποτέλεσμα εξαρτάται στο μεγαλύτερο μέρος του από τον χρήστη που τον διενεργεί. Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά χαρακτηριστικά, που καθιστούν τη γενίκευση «αίνιγμα» ακόμα και για τη σύγχρονη Χαρτογραφία (Rupasinghe, 2006), μερικά από τα οποία είναι:

- Ολιστικός χαρακτήρας.
- Υποκειμενική διαδικασία.
- Διαδραστική διαδικασία.
- Απαίτηση κριτικής σκέψης και αντίληψης κατά την εκτέλεση.
- Δύσκολη αξιολόγηση.
- Πολυπλοκότητα των οντοτήτων της πραγματικότητας, του πραγματικού γεωγραφικού χώρου.

#### Τελεστές Γενίκευσης

Οι τελεστές γενίκευσης μοντέλου και οι τελεστές χαρτογραφικής γενίκευσης, είναι ουσιαστικά ο τρόπος που εφαρμόζεται η γενίκευση στα χωρικά δεδομένα, αυτό που διαφοροποιείται από διαδικασία σε διαδικασία είναι ποιοι τελεστές επιλέγονται κάθε φορά και με ποια αλληλουχία ώστε να επιτευχθεί γενίκευση των δεδομένων αναφοράς. Η επιλογή των τελεστών γίνεται βάση της γεωμετρίας των χωρικών δεδομένων και τον βαθμό αφαίρεσης που αναμένεται να εφαρμοστεί. Η αλληλουχία των εφαρμοζόμενων τελεστών εξαρτάται κυρίως από το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα και το που γίνεται η εστίαση της γενίκευσης (Spiees κ.ά., 2005).

Οι τελεστές γενίκευσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα του σκοπού που εφαρμόζονται σε: τελεστές χαρτογραφικής γενίκευσης [map generalisation operators], σε τελεστές χωρικής ανάλυσης [spatial analysis operators] και σε βοηθητικούς τελεστές [auxiliary operators] (Davis & Leander, 1999a). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τελεστές της χαρτογραφικής γενίκευσης, οι οποίοι είναι σημαντικοί για την παρούσα διπλωματική εργασία.

Πίνακας 3: Τελεστές χαρτογραφικής γενίκευσης, Πηγή: (Davis & Leander, 1999a)

<b>Απλοποίηση [Simplification]</b>	Μείωση του αριθμού των κορυφών που χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύει το στοιχείο, προκειμένου να παραχθεί μια μορφή παρόμοια με την αρχική, αν και απλούστερη.
<b>Εξομάλυνση [Smoothing]</b>	Απαλοιφή των κορυφών που χρησιμοποιούνται στην αναπαράσταση, προκειμένου να εξαλειφθούν οι μικρές διαταραχές και να καταγραφούν μόνο οι κύριες τάσεις της μορφής της οντότητας.
<b>Συνένωση σημειακών οντοτήτων [Aggregation]</b>	Ένωση σημείων τα οποία είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο, και αντικατάσταση τους με το περίγραμμα της περιοχής που αντιπροσωπεύουν.
<b>Συνένωση επιφανειακών οντοτήτων [Amalgamation]</b>	Ένωση επιφανειακών οντοτήτων με τη συγχώνευση τους.
<b>Συνένωση γραμμικών οντοτήτων [Merging]</b>	Ένωση παράλληλων γραμμικών οντοτήτων.
<b>Μετάπτωση [Collapse]</b>	Μείωση των διαστάσεων μιας οντότητας.
<b>Τυποποίηση [Enhancement]</b>	Τροποποίηση των χαρακτηριστικών ενός συμβόλου, προκειμένου να καταστεί κατάλληλο στην απεικόνιση σε μικρότερες κλίμακες.
<b>Αύξηση των διαστάσεων μιας οντότητας [Exaggeration]</b>	Αύξηση των διαστάσεων μιας οντότητας.
<b>Μετατόπιση [Displacement]</b>	Μετατόπιση οντότητας με σκοπό την ευκρίνεια της απεικόνισης.
<b>Ταξινόμηση [Classification]</b>	Ομαδοποίηση οντοτήτων σε κατηγορίες.
<b>Συμβολισμός [Symbolization]</b>	Υιοθέτηση μιας οπτική εμφάνισης για ένα αντικείμενο βασισμένο στα ουσιώδη χαρακτηριστικά του, ειδικά μετά τα αποτελέσματα της ταξινόμησης.

Οι παραπάνω τελεστές είναι ενδεικτικοί μετασχηματισμοί που εφαρμόζονται σε μια διαδικασία γενίκευσης, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή και σε συνδυασμό. (Cebrykow, 2017)

## 2.4 Αυτόματη Γενίκευση

Η αυτοματοποίηση της γενίκευσης αρχίζει να μελετάται στα μέσα της δεκαετίας του 1970, αφότου οι περισσότεροι χαρτογράφοι δεν πίστευαν απόλυτα πως «η χαρτογραφική γενίκευση είναι μία απολύτως υποκειμενική διαδικασία που εξαρτάται μόνο από την κρίση του χαρτογράφου» (Tobler 1989). Εντούτοις, είναι αρκετοί εκείνοι που τη συγκεκριμένη περίοδο στηρίζουν την άποψη πως η

αυτόματη γενίκευση είναι απίθανη, εξαιτίας της διφορούμενης και δημιουργικής της φύσης (Borhry 1972). Σήμερα, παρόλη την εξέλιξη στο πεδίο της αυτοματοποίησης της γενίκευσης, η πλήρης αυτοματοποίηση της διαδικασίας παραμένει «αίνιγμα» για τους χαρτογράφους και αντικείμενο συνεχούς έρευνας.

Από τα πρώτα στάδια της προσπάθειας για αυτόματη γενίκευση, διαπιστώνεται η δυσκολία της υλοποίησης της. Σύμφωνα με τον Monmonier (1982) (Cebrykow, 2017) η αυτοματοποίηση της γενίκευσης αποτελεί μια νοητική πρόκληση λόγω της πολυπλοκότητας της και του πολυσήμαντου χαρακτήρα της. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την πλούσια και συνεχόμενη βιβλιογραφία που αφορά το αντικείμενο, τα τελευταία είκοσι χρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος των δημοσιεύσεων έχει γίνει από κέντρα στη Δυτική Ευρώπη, όπως της Ζυρίχης, του Μόναχο, του γαλλικού Ινστιτούτου Geographique National (IGN), του Γερμανικού Ινστιτούτου Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). Ακόμα, η αυτόματη γενίκευση αποτελεί αντικείμενο έρευνας διδακτορικό, μεταπτυχιακών εργασιών και άλλων επιστημονικών δημοσιεύσεων ερευνητών (Cebrykow, 2017).

Η εξέλιξη της αυτόματης γενίκευσης μπορεί να διαχωριστεί σε δύο περιόδους. Κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου, που ξεκινά στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αντικείμενο ενδιαφέροντος των ερευνητών του πεδίου είναι η ανάπτυξη απλών αλγορίθμων γενίκευσης οι οποίοι στηρίζονται σε μαθηματικές σχέσεις (Karsznia, 2015 στο (Cebrykow, 2017)). Ο πρωτοπόρος για την ανάπτυξη αλγορίθμου αυτόματης γενίκευσης θεωρείται ο Julian Perkal (1958) ο οποίος προσπάθησε να μεταβάλει τον «υποκειμενικό» χαρακτήρα της γενίκευσης μέσω της επιβολής αντικειμενικών κριτηρίων στη διαδικασία. Ακολουθεί ο Waldo Tobler (1966) με την εισαγωγή του «κανόνα απαλοιφής νιοστού σημείου», δηλαδή ο αλγόριθμος αυτός αφορά την επιλογή σημείου μιας καμπύλης και την απαλοιφή του με σκοπό τη γενίκευση της. Η σταδιακή ανάπτυξη των αλγορίθμων αυτόματης γενίκευσης είναι προφανής στην ιστορική συνέχεια του πεδίου, όπως η εισαγωγή του αλγορίθμου Douglas-Peucker (Douglas και Peucker, 1973) για τη γενίκευση γραμμικών οντοτήτων που βασίζεται σε προηγούμενες δημοσιεύσεις. Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει αναφορά στον εμπειρικό κανόνα γενίκευσης των F.Törfer και W.Pilewizer (1966), που αφορά την επιλογή των οντοτήτων για γενίκευση. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας αποτελείται από μία σχέση μεταξύ των αρχικών οντοτήτων και των τελικών οντοτήτων (αυτών που θα παραμείνουν μετά τη γενίκευση) βάσει μαθηματικής σχέσης της αρχικής και της τελικής κλίμακας (Cebrykow, 2017).

### Προσεγγίσεις και εννοιολογικά μοντέλα γενίκευσης

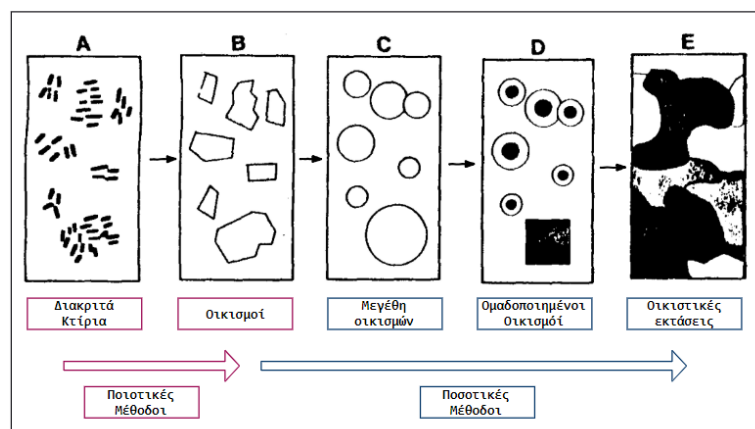
Παράλληλα με την αναγνώριση και τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της γενίκευσης σύμφωνα με τις αναφερθέντες προσεγγίσεις, έχουν γίνει προσπάθειες της εννοιολογικής μοντελοποίησης της γενίκευσης (Cebrykow, 2017). Η σύνθεση εννοιολογικών μοντέλων τα οποία προσεγγίζουν τη διαδικασία της γενίκευσης, είναι απαραίτητη ιδιαίτερα για οποιαδήποτε προσπάθεια αυτοματοποίησης καθώς με αυτό τον τρόπο γίνεται γενική προσέγγιση της διαδικασίας γεγονός που επιτρέπει την εξαγωγή των θεμελιωδών στοιχείων και συσχετίσεων που την απαρτίζουν (Cebrykow, 2017).

Ο σχεδιασμός οποιουδήποτε αυτομάτου συστήματος (εννοιολογικό μοντέλο) είναι άμεσα εξαρτώμενος από την εννοιολογική προσέγγιση του αντικειμένου. Από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα γίνεται συνεχής προσπάθεια για την ένταξη της γενίκευσης σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο (Harrie και Weibel, 2005 στο (Alves κ.ά., 2011)). Η κατηγοριοποίηση των αναδυόμενων προσεγγίσεων μπορεί να

γίνει σε αυτές που είναι προσανατολισμένες στην διαδικασία [process-oriented view] και σε αυτές που είναι προσανατολισμένες στο αντικείμενο [object-oriented view]. Στις process-oriented προσεγγίσεις η γενίκευση γίνεται αντιληπτή γίνεται αντιληπτή ως μια αλληλουχία πράξεων. Οι Brassel και Weibel (1988) είναι οι πρώτοι που εφαρμόζουν αυτή τη προσέγγιση σε ένα ολοκληρωμένο εννοιολογικό μοντέλο αυτόματης γενίκευσης, όπως αυτό περιγράφεται παρακάτω. Την προσέγγιση αυτή, των Brassel και Weibel (1988), επεκτείνουν οι McMaster και Shea (1992). Το 2005 οι Streininger και Weibel συνδυάζουν και τις δύο προσεγγίσεις σε ένα εννοιολογικό μοντέλο, το οποίο αποτελείται από τρία στάδια: την ανάλυση, τη καθαυτή γενίκευση και την οπτικοποίηση [analysis, generalisation, visualization]. Στις object-oriented προσεγγίσεις η γενίκευση εφαρμόζεται βάσει μιας ιεραρχίας. Οι Ruas και Plazanet (1996), εισάγουν ένα νέο εννοιολογικό μοντέλο αυτόματης γενίκευσης, που στηρίζεται σε αυτή την προσέγγιση, και υλοποιείται μέσω «ιεραρχικών συνθηκών». Σύμφωνα με τους Brassel και Weibel, και Mackaness (1995) μόνο ένα μοντέλο που υλοποιείται από συνθήκες και είναι επαναληπτικό, παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτή η υπόθεση εργασιών περιλαμβάνει τρία επίπεδα συνθηκών: το καθολικό [grand master plan] όπου καθορίζεται η σειρά της αλληλουχίας των πράξεων της γενίκευσης, στο επόμενο στάδιο επιλέγεται μία τοπική περιοχή βάση των συνθηκών που περιλαμβάνει το προηγούμενο στάδιο, και το τελικό στάδιο όπου υλοποιούνται οι πράξεις γενίκευσης στην επιλεγμένη περιοχή, όπως περιγράφονται στο καθολικό στάδιο (Alves κ.ά., 2011). Τα πρώτα εννοιολογικά μοντέλα αυτόματης γενίκευσης, αν και είναι απλοϊκά ως προς τις ενέργειες που περιγράφουν, αποτελούν βάσεις για την εξέλιξη του πεδίου. Οι πρώτοι που εισάγουν ολοκληρωμένα εννοιολογικά μοντέλα αυτόματης γενίκευσης είναι οι L.Ratajski (1967) και J.Morrison (1974).

Εννοιολογικό μοντέλο Ratajski. Ο Lech Ratajski (1967) πρότεινε την «θεωρία των κατωφλιών» [threshold theory], δηλαδή κάθε στοιχείο του προς γενίκευση χάρτη μπορεί να γενικευτεί ποσοτικά εάν προσαρμοστεί στην «χωρητικότητα» του χάρτη, η οποία μεταβάλλεται συναρτήσει της κλίμακας. Ακόμα, ορίζει δύο διαφορετικά είδη γενίκευσης: την ποιοτική γενίκευση (αφορά τη μείωση του περιεχομένου του χάρτη) και την ποσοτική γενίκευση (αφορά την απλοποίηση του συμβολισμού του χάρτη) (McMaster & Shea, 1992).

Γράφημα 5: Εννοιολογικό μοντέλο Ratajski, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea, 1992)



**Εννοιολογικό μοντέλο Morrison.** Ο Joel Morrison (1974) εγκαθίδρυσε τη συσχέτιση μεταξύ τεσσάρων βασικών στοιχείων της γενίκευσης: την απλοποίηση [simplification], την ταξινόμηση [classification], τον συμβολισμό [symbolization], και την επαγωγή [induction]. Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στην θεώρηση, πως ο χάρτης είναι ένα σύνολο στοιχείων της πραγματικότητας όπως αναπαρίστανται στην φαντασία του χαρτογράφου. Ακόμα, στο μοντέλο του Morrison τα τέσσερα αυτά στοιχεία της γενίκευσης, αντιμετωπίζονται ως τέσσερις ξεχωριστές διαδικασίες, με την «επιλογή» μάλιστα να αποτελεί στάδιο της προετοιμασίας των δεδομένων για γενίκευση, και η ίδια γενίκευση ξεκινά με την ταξινόμηση.

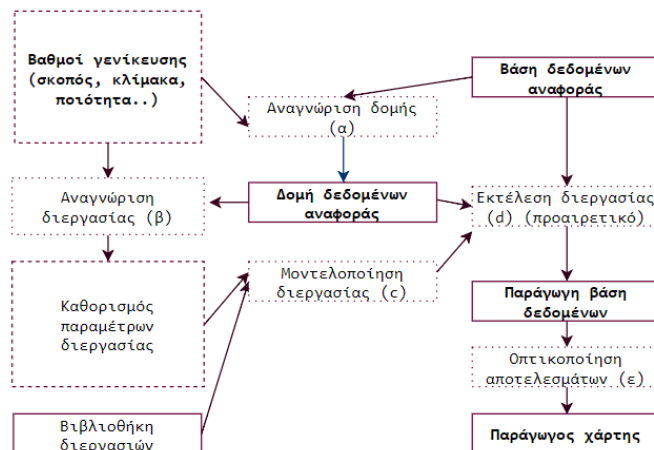
**Εννοιολογικό μοντέλο Brassel και Weibel.** Οι Kurt Brassel και Robert Weibel, αναπτύσσουν το 1988 στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης, ένα πολύ λεπτομερές εννοιολογικό μοντέλο για τη γενίκευση (McMaster & Shea, 1992). Θεωρείται ένα πρώτα μοντέλα που κάνουν λόγο για αυτόματη γενίκευση, αφού προσαρμόζει της πέντε στοιχειώδεις διαδικασίες της γενίκευσης σε ψηφιακό περιβάλλον. Οι διαδικασίες αυτές είναι: η αναγνώριση δομών, η αναγνώριση της διαδικασίας, η σχεδιασμός μοντέλου της διαδικασίας, η υλοποίηση και εφαρμογή της διαδικασίας και τέλος η οπτικοποίηση των δεδομένων.

1. **Αναγνώριση δομών.** Αναγνώριση και προσδιορισμός συγκεκριμένων οντοτήτων, ποιες οντότητες αναγνωρίζονται καθορίζεται στον σκοπό της γενίκευσης.
2. **Αναγνώριση διεργασίας.** Σε αυτό το στάδιο, γίνεται ο σαφής ορισμός της διαδικασίας της γενίκευσης.
3. **Μοντελοποίηση της διεργασίας.** Σε αυτό το στάδιο υλοποιείται ο τρόπος διαχείρισης των δομών μέσω της υλοποίησης των διαδικασιών.
4. **Εκτέλεση της διαδικασίας.** Ουσιαστικά, αυτό το στάδιο αφορά την εφαρμογή του μετασχηματισμού της γενίκευσης στα δεδομένα αναφοράς.
5. **Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων.** Αυτό το στάδιο αν και προαιρετικό είναι κομβικό, αφού αφορά την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της γενίκευσης.

Τα στάδια αυτά περιγράφονται σχηματικά, στο παρακάτω γράφημα. Σε ορθογώνια με διακεκομμένες γραμμές βρίσκεται το κάθε στάδιο επεξεργασίας, ενώ με συνεχή γραμμή περιγράφονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται.



Γράφημα 6: Εννοιολογικό μοντέλο Brassel και Weibel, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea,

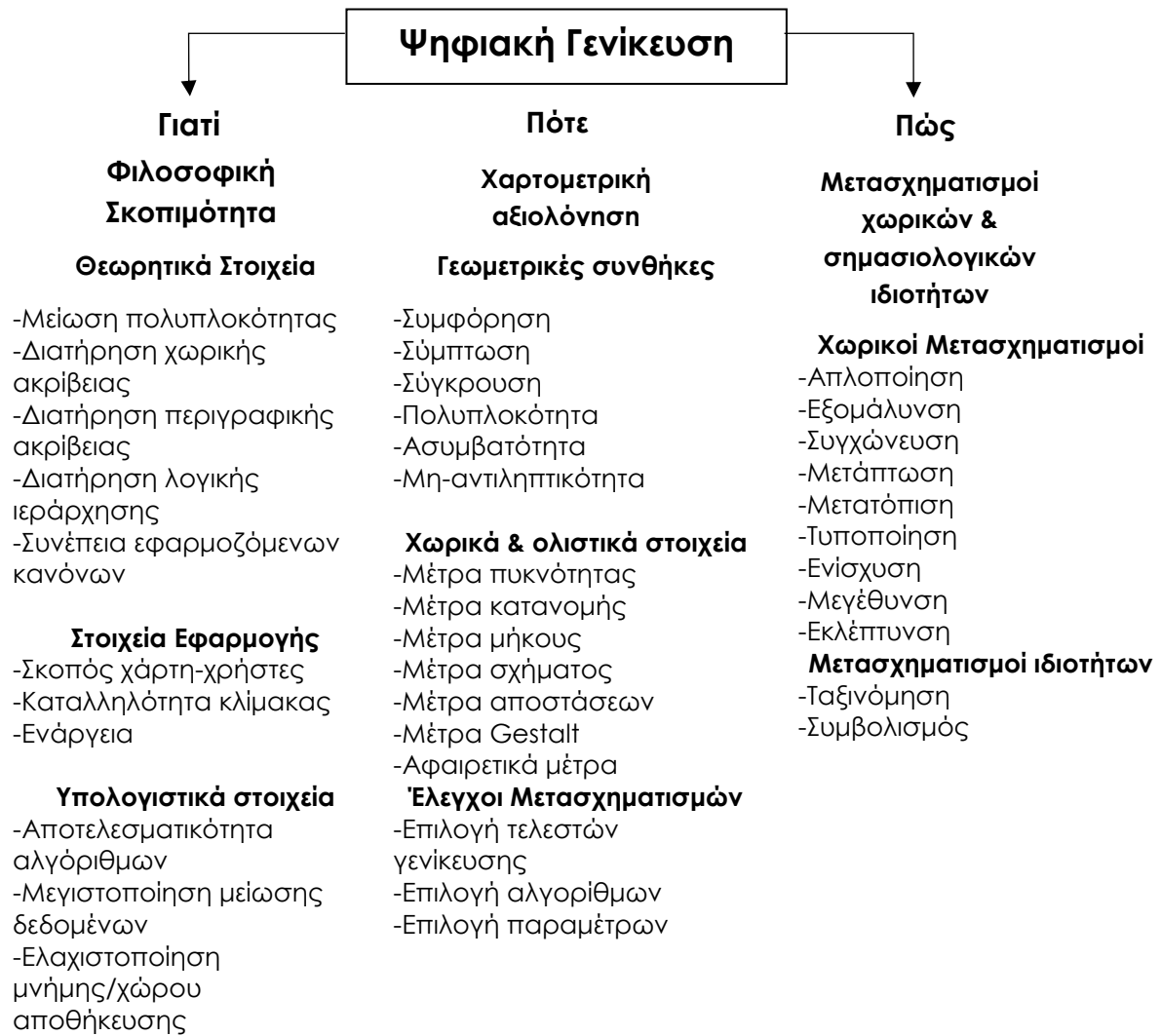


1992)

**Εννοιολογικό μοντέλο Nickerson και Freeman.** Το 1986 οι Bradford Nickerson και Herbert Freeman, διατυπώνουν την θεώρηση, πως η γενίκευση είναι μια αλληλουχία μετασχηματισμών των δεδομένων αναφοράς (αρχικών δεδομένων) αποτέλεσμα της οποίας είναι η μεταβολή της κλίμακας των αρχικών δεδομένων. Οι μετασχηματισμοί αυτοί είναι οι τελεστές γενίκευσης (Cebrykow, 2017). Ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον σημείο αυτού του εννοιολογικού μοντέλου είναι, η αναφορά στην ενδιάμεση κλίμακα [intermediate scale], δηλαδή πως η κλίμακα των παραγόμενων δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί σταδιακά μέσω γενικεύσεων με στόχο ενδιάμεσες κλίμακες.

**Εννοιολογικό μοντέλο McMaster και Shea.** Σημείο καμπής της θεωρητικής προσέγγισης της γενίκευσης μέσω εννοιολογικών μοντέλων αποτελεί η προσέγγιση των McMaster και Shea το 1998. Οι McMaster και Shea, προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν την ψηφιακή γενίκευση ως μια ερώτηση που αποτελείται από τρία σκέλη: γιατί (φιλοσοφική σκοπιμότητα), πότε (χαρτομετρική αξιολόγηση) και πώς (μετασχηματισμός χωρικών και περιγραφικών ιδιοτήτων). Σε αυτούς τους τρεις άξονες παρέθεσαν λίστες «απαντήσεων» που απαντούν, όσο δυνατόν γίνεται στο εύρος των ερωτήσεων. Σε αυτή τη λογική δημιουργήθηκε ο παρακάτω συνοπτικός πίνακας.

Γράφημα 7: Εννοιολογικό μοντέλο McMaster και Shea, τροποποιημένη πηγή: (McMaster & Shea, 1992)



**Σύγχρονες εννοιολογικές προσεγγίσεις.** Οι σύγχρονες εννοιολογικές προσεγγίσεις της γενίκευσης γίνονται κυρίως υπό την σκοπιά της αυτοματοποίησης της, χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: την προσέγγιση βάση κανόνων [rule based], την προσέγγιση βάση περιορισμών [constraint based] και την προσέγγιση με τεχνητή νοημοσύνη [amplified intelligence]. Η rule based εννοιολογική προσέγγιση αφορά τον σχεδιασμό «έξυπνων» συστημάτων με λογικούς τελεστές, δηλαδή «αν συμβεί αυτό τότε εκτέλεσε αυτήν την πράξη», πρακτικά όμως παρουσιάζει μειονεκτήματα που περιλαμβάνουν κυρίως την πολυπλοκότητα στην αναγνώριση και υλοποίηση των κανόνων. Η constraint based προσέγγιση αφορά την εφαρμογή «περιοριστικών κανόνων» στα δεδομένα αναφοράς, τα παράγωγα γενικευμένα δεδομένα είναι ουσιαστικά τα αρχικά δεδομένα στα οποία έχουν εφαρμοστεί κάποιοι περιορισμοί.

#### Πρακτικές αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων

Στόχος αυτού του κεφαλαίου, είναι η παρουσίαση της βιβλιογραφίας και των σύγχρονων πρακτικών που αφορούν την αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως εξαιτίας της πολυπλοκότητας της γενίκευσης και της δυσκολίας της πλήρους εφαρμογής της, η βιβλιογραφία που αφορά τις πρακτικές που εφαρμόζονται για την επίτευξη της, παρότι είναι πλούσια, κάθε φορά επικεντρώνεται σε ένα μεμονωμένο πρόβλημα, και για τον λόγο αυτό η περιγραφή των εφαρμογών γίνεται βάση της θεματολογίας του προβλήματος, ενώ γίνεται εστίαση στις εφαρμογές που αφορούν την αυτόματη γενίκευση τοπογραφικών χωρικών δεδομένων και τοπογραφικών χαρτών και εφαρμογών που έχουν να κάνουν με την αυτόματη γενίκευση πολυγώνων με θεματική πληροφορία, οι οποίες αφορούν και τους προβληματισμούς που τίθενται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Η έρευνα που πλαισιώνει την αυτόματη γενίκευση, έχει παρουσιάσει υποσχόμενα αποτελέσματα τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο στην εννοιολογική προσέγγιση της αυτόματης γενίκευσης, όσο και στον σχεδιασμό και την υλοποίηση εφαρμογών. Σε μία μελέτη τους για την αξιολόγηση εμπορικών λογισμικών αυτόματης γενίκευσης, οι Stoter κ.ά. (2009) αναφέρουν πως έχουν διεξαχθεί πολυάριθμες έρευνες για την «τυποποίηση» της χαρτογραφικής γνώσης, που αφορά την αυτόματη γενίκευση. Οι Reiger και Coulson (1993) αναπτύσσουν μια εφαρμογή αυτόματης διαδραστικής γενίκευσης [interactive map generalisation] (Stoter κ.ά., 2009). Σύμφωνα με τους Stoter κ.ά. (2009), σημαντικός πυλώνας έρευνας στον τομέα αυτόν, είναι η ένταξη της αντικειμενοστραφούς λογικής, με τη σύγκριση οντοτήτων σε διαφορετικά επίπεδα κλίμακας, όπως συμβαίνει στις έρευνες των Buttenfield (1991), Leither και Buttenfield (1995) και Weibel (1995). Σε άλλες έρευνες γίνεται λόγος για την υλοποίηση της αυτόματης γενίκευσης μέσω κανόνων, όπως αυτοί διαμορφώνονται από τη διαδραστική γενίκευση έμπειρων χαρτογράφων, τέτοιες έρευνες είναι των Weibel (1991), Weibel, Keller και Reichenbacher (1995), McMaster (1995) και Reichenbacher (1999). Ακόμα, σε άλλες επιστημονικές έρευνες παρουσιάζεται η εφαρμογή της μηχανικής εκμάθησης [machine learning] για την υλοποίηση αυτόματης γενίκευσης, τέτοιες έρευνες είναι των Weibel κ.ά. (1995), Plazanet, Bigolin και Ruas (1998), Mystiere (2001,2005) (Stoter κ.ά., 2009). Η καθεμία από τις παραπάνω έρευνες, παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον κυρίως στην προσέγγιση της γενίκευσης και στον τρόπο υλοποίησης της, γεγονός που αποδεικνύει τη συνεχόμενη και πολύπλευρη έρευνα σε αυτόν τον τομέα.

Από το 2010 και μετά, έχει πραγματοποιηθεί αξιοσημείωτη πρόοδος στην αυτοματοποίηση της γενίκευσης χωρικών δεδομένων, και οι έρευνες που την πλαισιώνουν παρουσιάζουν υποσχόμενα αποτελέσματα (Burghart et al., 2014, Stoter et al., 2010,2014a στο (Alves κ.ά., 2011)). Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι σημαντικότερες βιβλιογραφικές πηγές, που σχετίζονται με τον αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Η πρώτη αυτόματη γενίκευση σε έναν ολόκληρο τοπογραφικό χάρτη, χωρίς τη συμμετοχή του χρήστη, θεωρείται εκείνη των Stoter κ.ά. (2012) (Stoter κ.ά., 2013). Σε αυτήν τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε μια εμπειρική προσέγγιση. Αρχικά, γίνεται γενίκευση από κλίμακα αναφοράς 1:10000, σε κλίμακα 1:50000 με διαδραστική ημιαυτόματη μέθοδο, με σκοπό την ανάδειξη των απαιτήσεων της γενίκευσης. Η μελέτη του 2012 των Stoter κ.ά., αποτελεί επέκταση της έρευνας των Stoter, van Smaalen κ.ά. (2009). Η διαδικασία της γενίκευσης ολοκληρώνεται σε πέντε στάδια, με την χρήση τελεστών γενίκευσης όπως υλοποιούνται από έτοιμα εργαλεία λογισμικών του ArcGIS, η άλλα εργαλεία δομημένα σε Python, ή ακόμα και εργαλεία FME. Ο έλεγχος και η αξιολόγηση του αποτελέσματος στη μελέτη των Stoter κ.ά. (2012), γίνεται με τη σύγκριση του προϊόντος γενίκευσης με έναν ήδη γενικευμένο χάρτη, ο οποίος έχει προέλθει με ημιαυτόματες διαδραστικές μεθόδους. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, πως στη συγκεκριμένη μελέτη (Stoter κ.ά., 2013), γίνεται χρήση περιορισμών όχι με την έννοια που χρησιμοποιούνται σε άλλες εφαρμογές πχ για τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση της διαδικασίας, αλλά για τον καθορισμό των απαιτήσεων που διέπουν τα αποτελέσματα.

Ο J.W.N. van Smaalen το 2003, παρουσίασε μια έρευνα που προσεγγίζει το πρόβλημα της **αυτόματης ένωσης γεωγραφικών οντοτήτων**, με τίτλο *“Automated Aggregation Of Geographic Object. A New Approach to the Conceptual Generalisation of Geographic Databases”*. Σύμφωνα με τον van Smaalen, η εξέλιξη στην αυτοματοποίηση της γενίκευσης χαρτών θεματικών κατηγοριών κλάσεων [categorical maps], δηλαδή χαρτών που το μοναδιαίο τους στοιχείο είναι ένα αντικείμενο που συνοδεύεται από την κατηγορία του αντικειμένου πχ ‘κτίριο’, ‘οδικό δίκτυο’, ‘ποταμός’, ‘σιδηρόδρομος’, είναι περιορισμένη και οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι εξαρτώνται από παράγοντες που είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με σαφήνεια. Σκοπός της έρευνας του van Smaalen, είναι η ανάπτυξη μιας ροής εργασίας και ενός πρωτοτύπου εργασίας για τη γενίκευση αντικειμένων και διανυσματικών categorical χαρτών, όπως είναι χάρτες χρήσης γης μεγάλης κλίμακας. Η έρευνα αυτή βασίζεται στη δομή των χωρικών οντοτήτων σε χωρικές βάσεις δεδομένων, και εστιάζει περισσότερο στην γενίκευση μοντέλου.

Τα σημαντικά στοιχεία που αντλήθηκαν από την έρευνα του van Smaalen για τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αφορούν τον τρόπο προσέγγισης της γενίκευσης με την αυτόματη ένωση γεωγραφικών οντοτήτων. Σύμφωνα με τον van Smaalen, η γενίκευση των γεωγραφικών οντοτήτων μπορεί να επιτευχθεί ολιστικά σε έναν χάρτη κατηγοριών με την ένωση κοντινών οντοτήτων που παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς τις θεματικές τους ιδιότητες, δηλαδή ως προς την κατηγορία στην οποία ανήκουν, και ως προς τη γεωμετρία τους. Αρχικά τα δεδομένα δομούνται σε κλάσεις βάσει της κατηγορίας στην οποία ανήκουν. Σύμφωνα με τον van Smaalen η γενίκευση μοντέλου γεωγραφικών οντοτήτων που διαφέρουν ως προς το είδος μπορεί να επιτευχθεί βάσει είτε της γεωμετρίας, είτε της δομής τους, είτε βάση της θεματικής ομοιότητας τους, είτε βάση των λειτουργικών συσχετίσεων που παρουσιάζουν. Ο van Smaalen, απορρίπτει τη «διχοτόμηση» των

χαρτών που απεικονίζουν κατηγορίες σε θεματικά επίπεδα με σκοπό τη γενίκευσή τους, αλλά θεωρεί πως μία τέτοια τεχνική είναι χρήσιμη για τον εμπλουτισμό μιας χωρικής βάσης.

**Θεματική ομοιότητα κατηγοριών κλάσεων (van Smaalen, 2003).** Η γενίκευση βάσει ομοιότητας, αφορά τη ιεραρχική σύνδεση των κλάσεων ανάλογα με το επίπεδο γενίκευσης και το επίπεδο της κλίμακας αναφοράς των χωρικών δεδομένων που υφίστανται τη γενίκευση. Με αυτόν τον τρόπο και βάσει παραγόντων, όπως η θεματική συγγένεια των κατηγοριών, η λειτουργική τους σχέση κ.α., δομείται μια ιεραρχία των κλάσεων που κάθε επίπεδο της αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο γενίκευσης. Ο τρόπος που καθορίζεται ο βαθμός ομοιότητας ως προς την κατηγορία των γεωγραφικών οντοτήτων, αν και μπορεί να καθοριστεί με διάφορους τρόπους όπως ένας πίνακας ομοιότητας κατηγοριών, όπου στην πρώτη γραμμή και στην πρώτη στήλη περιλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες οντοτήτων που παρουσιάζονται σε έναν χάρτη, δεν έχει παρουσιάσει βέλτιστη λύση. Σημαντικό στοιχείο αυτής της προσέγγισης του van Smaalen, αποτελεί η ένωση χωρικών οντοτήτων όμοιας κατηγορίας για το επιδιωκόμενο επίπεδο αφαίρεσης.

Γράφημα 8: Γενίκευση βάσει θεματικής ομοιότητας κατηγοριών κλάσεων (van Smaalen), πηγή: [93]

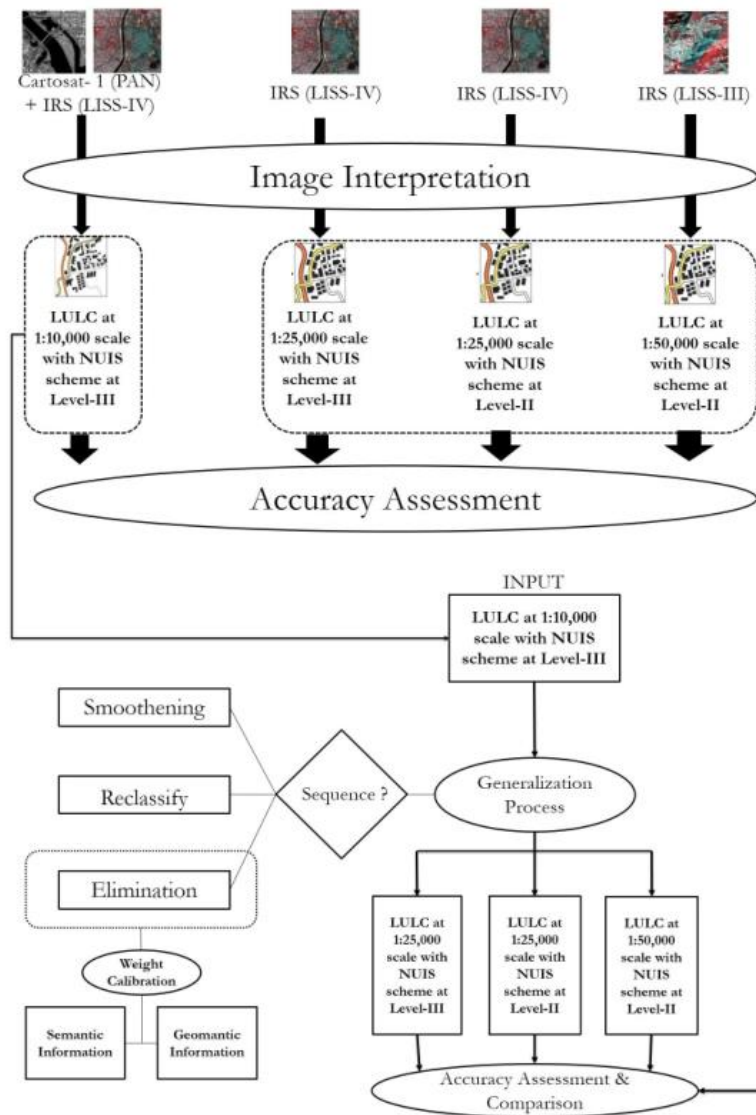


Η γεωμετρική γενίκευση των γεωγραφικών οντοτήτων στην έρευνα του van Smaalen, επιτυγχάνεται μέσω της «ένωσης των γεωμετριών τους», αυτό σημαίνει πως οι οντότητες εκείνες που επιλέγονται να ενωθούν για την εφαρμογή της γενίκευσης, μετά το πέρας της διαδικασίας, αποκτούν κοινή γεωμετρία. Η εφαρμογή μιας τέτοιας διαδικασίας αποσκοπεί κυρίως, στην απαλοιφή των «μικρών» γεωγραφικών οντοτήτων μέσω της προσκόλλησής τους σε άλλες γειτονικές.

Τα στοιχεία από την έρευνα του van Smaalen, αποτελούν την ουσία της εννοιολογικής προσέγγισης του προβλήματος στο οποίο καλείται να προτείνει μία λύση η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Ωστόσο, η εφαρμογή της έρευνας του van Smaalen (2003) αφορά την αυτόματη ένωση γεωγραφικών οντοτήτων που απεικονίζονται σε τοπογραφικούς χάρτες, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, και όχι σε πολύγωνα κτηματολογικού διαγράμματος όπως εκείνα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Ο Patrik Yadvan το 2015, ερευνά την αυτόματη γενίκευση ενός συνόλου χωρικών δεδομένων επικάλυψης/χρήσης γης κλίμακας αναφοράς 1:10'000 στα πλαίσια μια διδακτορικής έρευνας. Στόχος της έρευνας του Yadvan είναι η ανάπτυξη διαδικασιών γενίκευσης, συνδυάζοντας κανόνες που αφορούν τόσο τη γεωμετρία των πολυγώνων που απεικονίζουν την χρήση/επικάλυψη γης όσο και τις θεματικές τους ιδιότητες, έτσι ώστε να διατηρείται η κατανομή των χρήσεων/επικαλύψεων. Ακόμα, τα γενικευμένα δεδομένα υπεισέρχονται σε μια διαδικασία αξιολόγησης με την σύγκριση τους με έναν χάρτη αντίστοιχης κλίμακας.

Γράφημα 9: Ροή εργασιών για αυτόματη γενίκευση Yadav (2015), τροποποιημένη πηγή:



(Yadav, 2015)

Αρχικά, ο Yadav δημιουργεί ταξινομήσεις χρήσεων/επικαλύψεων γης που η καθεμία ανταποκρίνεται σε ένα διαφορετικό επίπεδο κλίμακας, με σκοπό την περιγραφή του γεωγραφικού χώρου μέσω χαρακτηριστικών κατάλληλων για το επίπεδο της αφαίρεσης. Η γενίκευση που εφαρμόζει ο Yadav, είναι και αυτή γενίκευση μοντέλου χωρικών δεδομένων και μετά τη διαδικασία αξιολογείται και η γραφική τους απεικόνιση. Ο Yadav ορίζει το ελάχιστο χαρτογραφούμενο στοιχείο των γραφικών απεικονίσεων των δεδομένων, σε 3mm x 3mm. Αυτό σημαίνει πως οποιοδήποτε πολύγωνο με εμβαδόν απεικόνισης μικρότερο από 9mm δεν μπορεί να απεικονίζεται στον παράγωγο γενικευμένο χάρτη. Λαμβάνοντας υπόψη το συγκεκριμένο κριτήριο, επιλέγονται όλα τα πολύγωνα στα οποία εφαρμόζεται γενίκευση. Ακόμα, και σε αυτήν την έρευνα η μέθοδος της γενίκευσης που εφαρμόζεται, είναι η ένωση των πολυγώνων που γενικεύονται με γειτονικά τους πολύγωνα. Το πιο ενδιαφέρον στοιχείο της έρευνας του Yadav, που σχετίζεται με τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι η επιλογή του πολυγώνου εκείνου στο οποίο συγχωνεύεται το κάθε πολύγωνο προς γενίκευση.

Με λίγα λόγια, ο Yadav εφαρμόζει κριτήρια γεωμετρικής και θεματικής ομοιότητας με σκοπό τον καθορισμό του βέλτιστου γειτονικού πολυγώνου με το οποίο συγχωνεύεται το κάθε πολύγωνο προς γενίκευση. Η εφαρμογή κριτηρίων ομοιότητας, από τη μία βοηθά την αυτοματοποίηση της διαδικασίας καθώς τα κριτήρια αυτά αποτελούν αντικειμενικούς καθολικούς κανόνες (συμβαίνουν για όλα τα πολύγωνα) και από την άλλη είναι εύκολα υλοποιήσιμα από έναν λογικό τελεστή. Ο Yadav προσεγγίζει την έννοια της ομοιότητας των πολυγώνων σύμφωνα με το μοντέλο ομοιότητας πολυγώνων, όπως προτάθηκε από τον Gao (2013), (P. Yadav, 2015). Η σχέση του εννοιολογικού μοντέλου ομοιότητας, είναι η (1) και περιλαμβάνει τρεις συντελεστές: έναν για τη γεωμετρική ομοιότητα των πολυγώνων, έναν για την θεματική ιδιότητα των πολυγώνων και έναν για την φασματική ομοιότητα, ο κάθε συντελεστής πολλαπλασιάζεται με έναν αριθμό, οι οποίοι κάθε φορά προσαρμόζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται το βάρος στον συντελεστή που απαιτεί η διαδικασία. Αναφέρεται πως για τις ανάγκες της έρευνας το βάρος του συντελεστή φασματικής ομοιότητας παίρνει την τιμή μηδέν.

Εξίσωση 1: Μοντέλο ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015)

$$S_{ik} = \omega_1 \cdot SE_{ik} + \omega_2 \cdot GE_{ik} + \omega_3 \cdot (1 - SP_{ik}) \quad (1)$$

Όπου  $S_{ik}$  καθορίζει την ομοιότητα μεταξύ των πολυγώνων  $i$  και  $k$ ,  $SE_{ik}$ ,  $GE_{ik}$ ,  $SP_{ik}$  οι δείκτες της θεματικής, γεωμετρικής και φασματικής πληροφορίας, ενώ τα  $\omega$  είναι τα βάρη που αντιστοιχούν σε αυτούς τους συντελεστές.

Στον υπολογισμό του συντελεστή γεωμετρικής ομοιότητας, λαμβάνονται υπόψη το μήκος του κοινού ορίου των δύο γειτονικών πολυγώνων και η περίμετρος του «μικρού» πολυγώνου που έχει επιλεχθεί προς γενίκευση. Η σχέση του συντελεστή ομοιότητας είναι η (2).

Εξίσωση 2: Συντελεστής γεωμετρικής ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015)

$$GE_{ik} = \frac{S_{ik}}{p_i} \quad (2)$$

Όπου  $GE$  ο συντελεστής γεωμετρικής ομοιότητας,  $s$  το μήκος του κοινού ορίου των πολυγώνων και  $p$  η περίμετρος του «μικρού» πολυγώνου που έχει επιλεχθεί για γενίκευση.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θεματικής ομοιότητας, συγκρίνονται οι κατηγορίες χρήσεων/επικαλύψεων γης κάθε πολυγώνου στις διαφορετικές ταξινομήσεις, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί σε προηγούμενο στάδιο. Για κάθε ταύτιση της κατηγορίας των δύο πολυγώνων, του γειτονικού και του «μικρού» πολυγώνου που έχει επιλεχθεί για γενίκευση, το κάθε γειτονικό πολύγωνο του «μικρού» πολυγώνου, λαμβάνει «πόντους» ομοιότητας που αντιστοιχούν στο επίπεδο ταξινόμησης που έγινε η ταύτιση, όπως περιγράφεται από την παρακάτω σχέση.

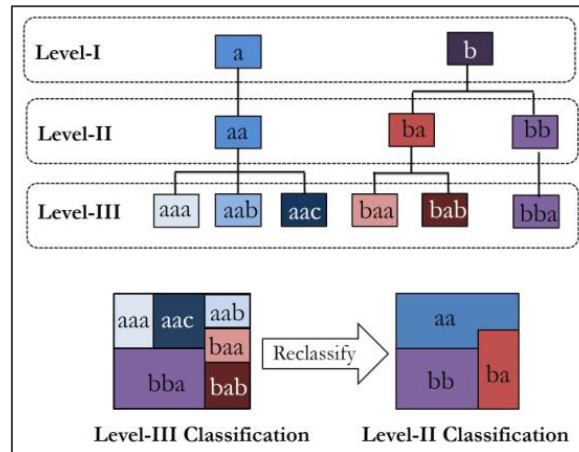
Εξίσωση 3: Συντελεστής θεματικής ομοιότητας πολυγώνων Gao (2013), πηγή: (Yadav, 2015)

$$SE_{ik} = \sum_{l=0}^n \frac{l \cdot v_l}{n} \quad (3)$$

Το  $v_l$  παίρνει την τιμή 1, αν τα πολύγωνα ανήκουν στην ίδια θεματική κλάση στο επίπεδο ταξινόμησης της κλίμακας αναφορά και 0 εάν τα πολύγωνα δεν ανήκουν στην ίδια κλάση του επιπέδου της κλίμακας αναφοράς. Η τιμή του δείκτη  $SE$  εξαρτάται από τις ταξινομήσεις ανάλογες του επιπέδου κλίμακας όπως περιεγράφηκε παραπάνω. Έτσι, η τιμή του  $SE$  είναι 2 όταν τα δύο πολύγωνα ανήκουν

στην ίδια θεματική κλάση επιπέδου-III, είναι 1 όταν τα πολύγωνα ανήκουν στην ίδια κλάση επιπέδου-II αλλά σε διαφορετική επιπέδου-III, είναι 1/3 όταν τα δύο πολύγωνα ανήκουν στην ίδια κλάση επιπέδου-I αλλά σε διαφορετικές επιπέδου-II και III, και παίρνει τιμή 0 όταν δεν παρουσιάζουν κάποια ομοιότητα ως προς της θεματικές κλάσεις. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πως λαμβάνεται υπόψη ο συντελεστής θεματικής ομοιότητας κατά τη γενίκευση, την εφαρμογή του τελεστή της επαναταξινόμησης.

Γράφημα 10: Μεταβολή θεματικών κλάσεων πολυγώνων με την εφαρμογή τελεστή επαναταξινόμησης (Yadav 2015), πηγή: (Yadav, 2015)

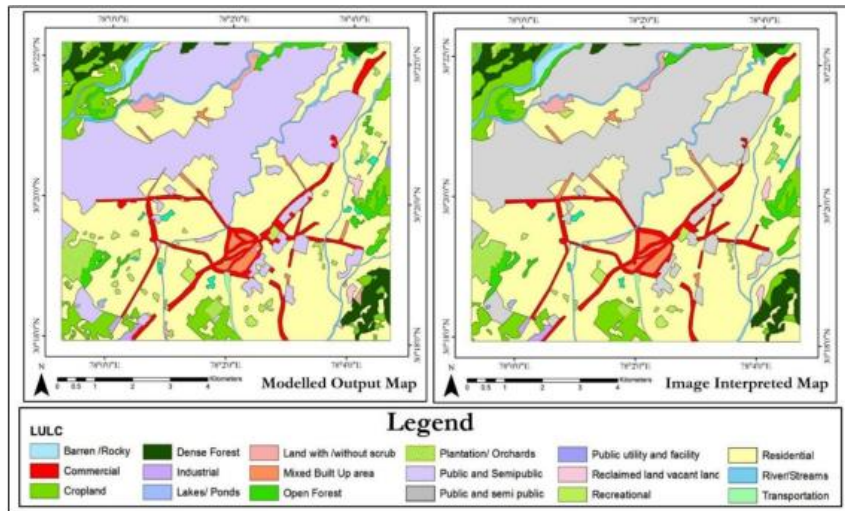


Με αυτόν τον τρόπο, αφού ένα πολύγωνο επιλεγεί για γενίκευση (εμβαδόν απεικόνισης μικρότερο  $9mm^2$ ) ενεργοποιεί την εύρεση των γειτονικών του πολυγώνων, δηλαδή των πολυγώνων με τα οποία εφάπτεται, στο καθένα από τα οποία δίνεται ένας συντελεστής ομοιότητας, ο οποίος υπολογίζεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το γειτονικό πολύγωνο με τον μεγαλύτερο συντελεστή ομοιότητας, θεωρείται ο βέλτιστος γείτονας του «μικρού» πολυγώνου και το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με αυτόν, δηλαδή τα δύο πολύγωνα αποκτούν κοινή γεωμετρία και κοινές θεματικές ιδιότητες. Συμπερασματικά οι τελεστές γενίκευσης που χρησιμοποιούνται στην διαδικασία γενίκευσης που προτείνει ο Yadav, είναι: η απαλοιφή μέσω της συγχώνευσης, η επαναταξινόμηση και η απλοποίηση.

Ο Yadav δοκιμάζει στην έρευνα του, διάφορες αλληλουχίες τελεστών γενίκευσης, καθώς και διάφορες τιμές για την τιμή των βαρών των συντελεστών ομοιότητας (γεωμετρικού και θεματικού), ώστε να προσεγγίσει το βέλτιστο προϊόν γενίκευσης διατηρώντας την κατανομή των κατηγοριών χρήσεων/επικαλύψεων γης. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα από την έρευνα του Yadav.



Εικόνα 1: Σύγκριση αποτελεσμάτων αυτόματης γενίκευσης Yadan (2015) και δεδομένων ίδιας κλίμακας (αριστερά χάρτης τηλεσκοπικών εφαρμογών), πηγή: (Yadan, 2015)

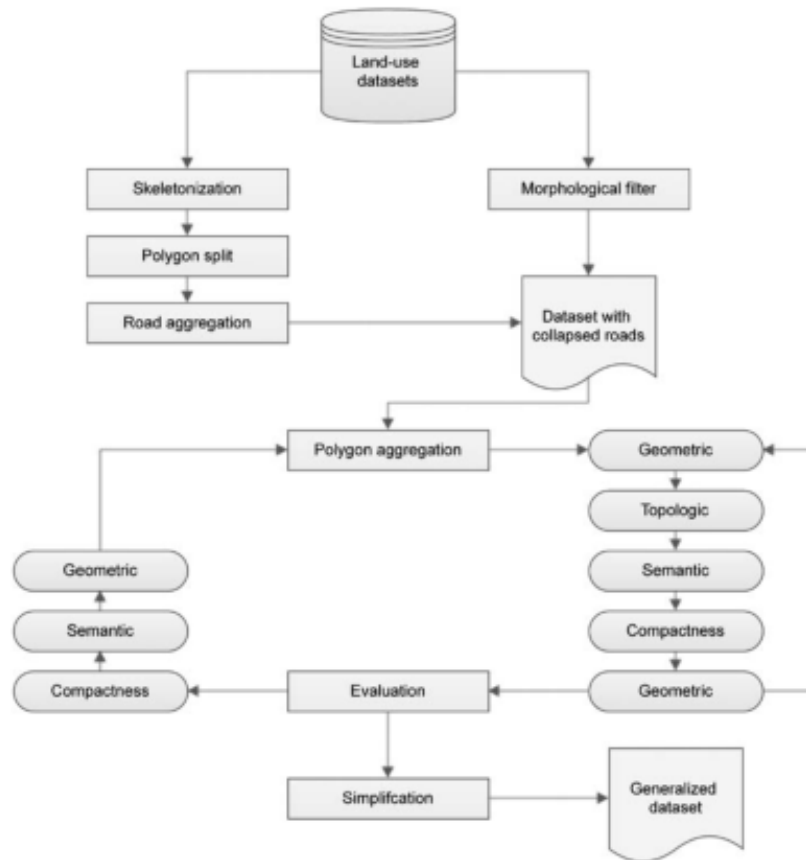


Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα και την αξιολόγησή τους, η διαδικασία που προτείνει ο Yadan παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Για τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, λαμβάνεται υπόψη το μοντέλο εννοιολογικής προσέγγισης που χρησιμοποιεί ο Yadan για την εύρεση του βέλτιστου εκείνου γειτονικού πολυγώνου με το οποίο συγκληνύεται το κάθε «μικρό» πολύγωνο που επιλέγεται για γενίκευση. Όμως, τα δεδομένα αναφοράς που χρησιμοποιεί ο Yadan αποτελούν προϊόντα Τηλεπισκόπησης, με αποτέλεσμα τα πολύγωνα που έχουν δημιουργηθεί να έχουν τυχαίο σχήμα και να είναι λίγα σε αριθμό, αν λάβει κανείς υπόψη και την κλίμακα αναφοράς η οποία είναι 1:10000.

Το 2014, ο Dimo Dimov και ο Jesus Palomar, προτείνουν μια διαδικασία αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων χρήσης γης μη-αστικής περιοχής, με την χρήση εργαλείων προγραμματισμού GIS. Στην έρευνα τους παρουσιάζονται τεχνικές και μέθοδοι για την αυτόματη γενίκευση κατηγορηματικών δεδομένων με την χρήση ArcObject του πακέτου λογισμικού ArcGIS, καθώς και ο προσδιορισμός μιας ροής εργασίας. Τα δεδομένα αναφοράς που χρησιμοποιούν για τους σκοπούς της έρευνας τους, είναι ένα συνεχές πολυγωνικό μωσαϊκό χρήσης γης χωρίς κενά, για την περιοχή της Βαλένθια, κλίμακας αναφοράς 1:1000. Στόχος των Dimov και Palomar (2014) είναι η παραγωγή ενός γενικευμένου χάρτη κλίμακας 1:25000. Στην προτεινόμενη διαδικασία γίνεται χρήση αλγορίθμων που αφορούν τόσο διανυσματικά όσο και κανονικοποιημένα δεδομένα, όπως ο αλγόριθμος Euclidean distance maps και ο αλγόριθμος τριγωνισμού του Delaunay, που χρησιμοποιείται για την απαλοιφή των στενών μερών του οδικού δικτύου. Για την γενίκευση των πολυγώνων γίνεται χρήση γεωμετρικών, θεματικών και τοπολογικών κανόνων, ενώ χρησιμοποιούνται κανόνες αξιολόγησης της μεταβολής των γεωμετρικών και των θεματικών ιδιοτήτων των πολυγώνων.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ροή εργασιών που προτείνεται από τους Dimov κ.ά. για την αυτόματη γενίκευση κατηγορηματικού χάρτη.

Γράφημα 11: Ροή εργασίας Dimon κ.ά., πηγή: (Dimon κ.ά., 2014)



**Γενίκευση οδικού δικτύου (Dimon και Palomar, 2014).** Στην αρχή της έρευνας περιγράφεται γενίκευση του οδικού δικτύου, με την χρήση μορφολογικών φίλτρων [**morphological filtering**] σε κανονικοποιημένα αρχεία της περιοχής μελέτης. Η εφαρμογή μορφολογικών φίλτρων έχει στόχο την «σκελετοποίηση» του οδικού δικτύου, και την απαλοιφή των μερών εκείνων που είναι πολύ στενά για την κλίμακα του παράγωγου γενικευμένου χάρτη. Ακόμα, προτείνεται ένας δεύτερος τρόπος γενίκευσης οδικού δικτύου μέσω της μεγέθυνσης των πολυγώνων των οικοπέδων, όμως αυτός ο τρόπος οδηγεί στην πλήρη απαλοιφή του οδικού δικτύου. Το αποτέλεσμα της καθεμιάς από τις προτεινόμενες μεθόδους, φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Σε αυτό το σημείο σημαντικό είναι να αναφερθεί η επιλογή του χρόνου γενίκευσης του οδικού δικτύου, δηλαδή η γενίκευση του πριν από τη γενίκευση των υπόλοιπων θεματικών κατηγοριών των αντικειμένων.

Γράφημα 12: Αποτέλεσμα γενίκευσης οδικού δικτύου Dimon κ.ά., αριστερά αρχικά δεδομένα δεξιά γενικευμένα δεδομένα πηγή: (Dimon κ.ά., 2014)



Αφού γενικευθεί το οδικό δίκτυο, εφαρμόζεται γενίκευση στις υπόλοιπες θεματικές κατηγορίες των οντοτήτων. Η γενίκευση και σε αυτή την έρευνα, εφαρμόζεται μέσω της συγχώνευσης γειτονικών πολυγώνων. Η εννοιολογική προσέγγιση των Dimon και Palomar (2014), ταυτίζεται με την εφαρμογή περιορισμών/απαιτήσεων που πρέπει να πληρούν τα παράγωγα, γενικευμένα δεδομένα. Οι περιορισμοί αυτού αφορούν γεωμετρικές, τοπολογικές και θεματικές ιδιότητες των πολυγώνων.

**Γεωμετρικοί περιορισμοί (Dimon και Palomar, 2014).** Οι γεωμετρικοί περιορισμοί χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διαδικασίας και εστιάζουν σε παραμέτρους, όπως το μέγεθος του πολυγώνου και άλλες που αφορούν τις γεωμετρικές απαιτήσεις της παραγώγου κλίμακας. Τέτοιοι περιορισμοί είναι:

- Ελάχιστο μέγεθος οντότητας: 5000 m<sup>2</sup>.
- Ένα πολύ «μικρό» πολύγωνο δεν πρέπει να ενώνεται με ένα πολύ «μεγάλο» πολύγωνο.
- Ένα μικρό πολύγωνο δεν πρέπει να ενώνεται με ένα μεγαλύτερο πολύγωνο, εκτός εάν η θεματική του κατηγορία είναι πιο σημαντική.

Ο αλγόριθμος ελέγχει το μέγεθος όλων των γειτονικών πολυγώνων του πολυγώνου αναφοράς και εφαρμόζει ανακατάταξη στις θεματικές κατηγορίες **[reclassification]** των γειτόνων, λαμβάνοντας υπόψη του παραπάνω γεωμετρικούς κανόνες, και αν το πολύγωνο αναφοράς είναι μεγαλύτερο των 5000m<sup>2</sup>. Επειδή, δεν ικανοποιούν όλα τα πολύγωνα τον περιορισμό να είναι μεγαλύτερα από 5000m<sup>2</sup>, η επαναταξινόμηση εφαρμόζεται, ακόμα και αν το πολύγωνο αναφοράς είναι μικρότερο από 5000m<sup>2</sup>, σε γειτονικά πολύγωνα εάν αυτά είναι μικρότερα από 2000m<sup>2</sup>.

**Τοπολογικοί περιορισμοί (Dimon και Palomar, 2014).** Σύμφωνα με τους Dimon και Palomar (2014), η προσθήκη περισσότερων παραμέτρων βελτιώνει το αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο κατά την ένωση δύο γειτονικών πολυγώνων, λαμβάνεται υπόψη το μήκος του κοινού ορίου τους, δηλαδή η ένωση γίνεται μεταξύ γειτονικών πολυγώνων που μοιράζονται κοινό όριο μεγαλύτερου μήκους. Αυτό το κριτήριο ένωσης, θεωρείται υψηλότερης σημασίας από το μέγεθος του πολυγώνου, όπως περιεγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

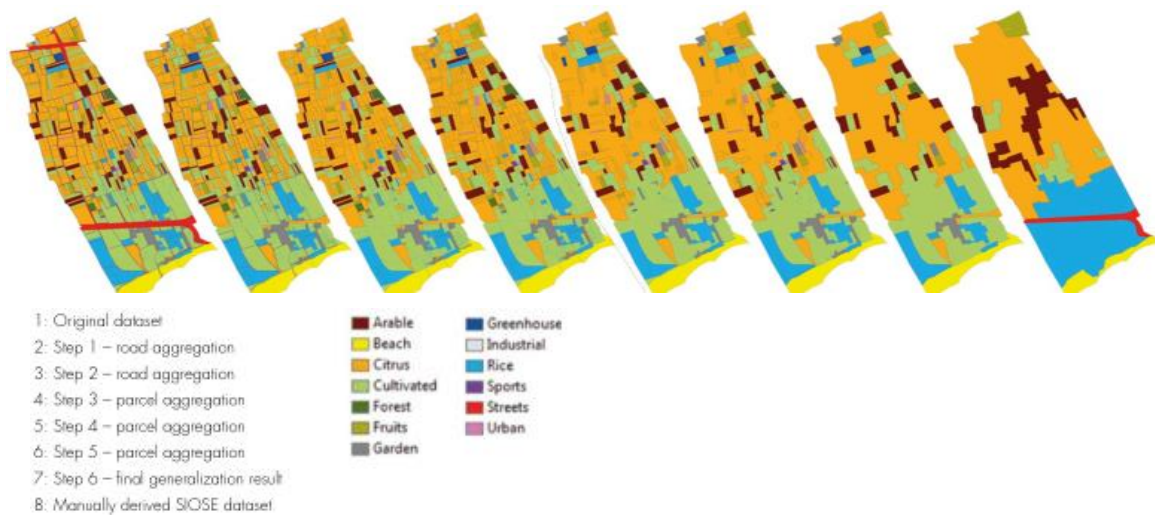
**Θεματικοί περιορισμοί (Dimon και Palomar, 2014).** Με σκοπό την ένταξη θεματικών περιορισμών κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου, οι Dimon και Palomar ένταξαν στον αλγόριθμο έναν «μετρητή κόστους» για την ένωση πολυγώνων διαφορετικών θεματικών κατηγοριών. Οπότε, ο αλγόριθμος αυτός εφαρμόζει ένα συμμετρικό πίνακα θεματικής ομοιότητας, που έχει προτείνει ο Yaolin (2002) σε χωρική βάση δεδομένων χρήσεων γης. Έτσι, δημιουργείται ένας πίνακας με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς ένωσης θεματικών κατηγοριών, στον οποίο ο αλγόριθμος εξετάζει και βρίσκει κάθε φορά τον μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Το «θεματικό κόστος» **[semantic cost]**, υπολογίζεται από τις σχέσεις:

- $\frac{L}{L + \alpha \cdot (C_a \cdot C_b) \cdot d_a + (1 - \alpha \cdot (C_a \cdot C_b)) \cdot d_b}$ , εάν οι θεματικές κατηγορίες των πολυγώνων ανήκουν στην ίδια κατηγορία ταξινόμησης.
- $\frac{\beta}{\beta + \alpha \cdot (C_a \cdot C_b) \cdot d_a + (1 - \alpha \cdot (C_a \cdot C_b)) \cdot d_b}$ , εάν οι θεματικές κατηγορίες των πολυγώνων ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες της ταξινόμησης.
- $\alpha \cdot (C_a \cdot C_b) = \frac{d_a}{d_a + d_b}$ , ο υπολογισμός της παραμέτρου  $\alpha$ , στην πρώτη περίπτωση.

- $\alpha \cdot (C_a \cdot C_b) = 1 - \frac{d_a}{d_a + d_b}$ , ο υπολογισμός της παραμέτρου  $\alpha$  στη δεύτερη περίπτωση.

Όπου  $L$  είναι η απόσταση της «ανώτερης κατηγορίας» [**superclass**] των δύο θεματικών κατηγοριών,  $C_a$  είναι η μία θεματική κατηγορία [**class a**],  $C_b$  είναι η δεύτερη θεματική κατηγορία [**class b**] και  $d_a$  είναι η απόσταση της πρώτης θεματικής κατηγορίας από την κοινή «ανώτερη κατηγορία»,  $d_b$  είναι η απόσταση της δεύτερης θεματικής κατηγορίας από την κοινή «ανώτερη κατηγορία», και  $\beta$  ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των δύο θεματικών κατηγοριών. Οι τρόποι αξιολόγησης των αποτελεσμάτων γίνονται βάσει των στατιστικών του γενικευμένου χάρτη, βάσει της θεματικής αξιολόγησης του γενικευμένου χάρτη, και βάση της σύγκρισης του με χωρική βάση που έχει δημιουργηθεί για αυτήν την παράγωγη κλίμακα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα δεδομένα που υφίσταται σταδιακή γενίκευση.

Εικόνα 2: Αποτέλεσμα σταδιακής γενίκευσης Dimon κ.ά., αριστερά αρχικά δεδομένα δεξιά πλήρως γενικευμένα, Πηγή: (Dimon κ.ά., 2014)



Οι Park W. και Yu K. (2011), δημιουργούν ένα μοντέλο γενίκευσης για χωρικά δεδομένα κτηματολογικού διαγράμματος. Αρχικά, απομονώνουν και γενικεύουν το οδικό δίκτυο. Στη συνέχεια, γενικεύουν τα πολύγωνα των γεωτεμαχίων μέσω της ένωσης τους. Οι κανόνες που χρησιμοποιούν για τη συγχώνευση πολυγώνων είναι (σημείωση εάν ένα πολύγωνο είναι μικρότερο από το καθορισμένο όριο θεωρείται μικρό):

(α) Τα μικρά πολύγωνα ενώνονται διαδοχικά

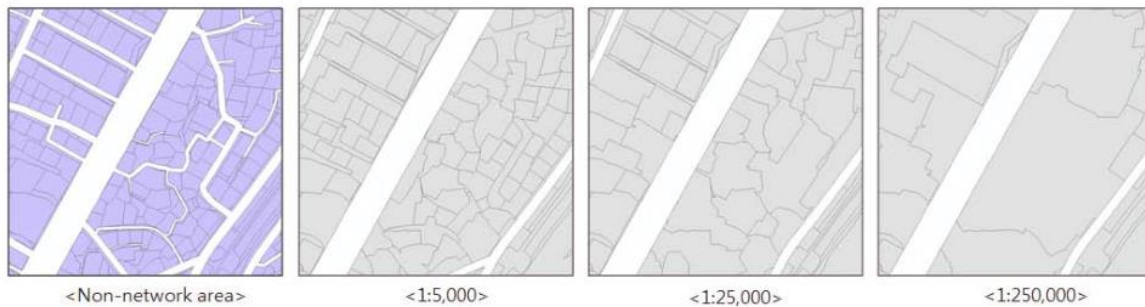
(β) Το μικρό πολύγωνο που πρόκειται να γενικευθεί, συγχωνεύεται με το γειτονικό του με το οποίο έχουν ίδια χρήση γης.

(γ) Αν το μικρό πολύγωνο που πρόκειται να γενικευθεί δεν έχει γειτονικό πολύγωνο με την ίδια χρήση γης, συγχωνεύεται με αυτό που μοιράζονται κοινό όριο μεγαλύτερου μήκους.

(δ) Αν το μικρό πολύγωνο έχει περισσότερους από έναν γείτονα με ίδια χρήση ενώνεται με εκείνον, που μοιράζονται κοινό όριο μεγαλύτερου μήκους.

(ε) Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου να ικανοποιηθεί ο εμπειρικό νόμος του Törfer.

Εικόνα 3: Αποτελέσματα συγχώνευσης πολυγώνων εκτός οδικού δικτύου για κάθε επίπεδο κλίμακας ( Park & Yu, 2011)



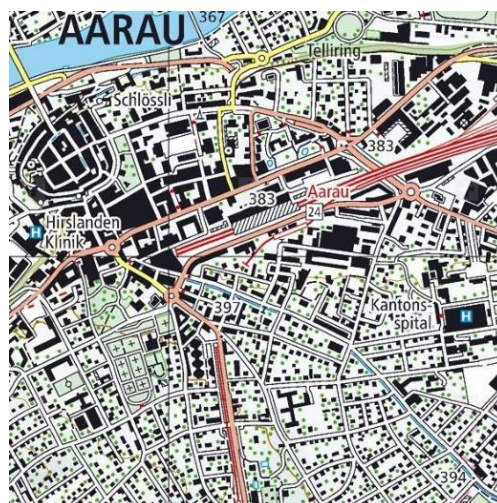
### Κενά βιβλιογραφίας

Στόχος αυτού του κεφαλαίου, είναι η παρουσίαση των βιβλιογραφικών κενών στον τομέα της αυτόματης γενίκευσης. Αυτό γίνεται υπό την σκοπιά της διερεύνησης των κενών αυτών, για την πρόταση και την εφαρμογή μιας πρακτικής αυτόματης γενίκευσης (νέας ή υπάρχουσας) σε δεδομένα χρήσης γης του Εθνικού Κτηματολογίου.

Η αυτόματη γενίκευση γραμμικών οντοτήτων (και περιγραμμάτων), είναι από τα πρώτα προβλήματα αυτόματης γενίκευσης που αντιμετώπισαν οι ερευνητές χαρτογράφοι, χαρακτηριστικό παράδειγμα ο αλγόριθμος Douglas και Peucker (1973), και αποτελεί αντικείμενο πολλαπλών δημοσιεύσεων, το οποίο δεν θα αναλυθεί επιπλέον για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και για τα σημειακά δεδομένα, των οποίων βέβαια η γενίκευση αποτελεί μεμονωμένο αντικείμενο σύγχρονης έρευνας.

Όσο αφορά τη γενίκευση χωρικών δεδομένων οργανισμών υπεύθυνων για την παραγωγή επίσημων χαρτών, φαίνεται πως έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα από Ευρωπαϊκούς και άλλους χαρτογραφικούς οργανισμούς καθώς και από διάφορα ινστιτούτα ερευνών. Ωστόσο, η αντίστοιχη έρευνα στο πλαίσιο του ελληνικού κράτους είναι στάσιμη. Οι έρευνες αυτές εστιάζουν στην γενίκευση τοπογραφικών δεδομένων, αντίστοιχων της παρακάτω εικόνας των επίσημων χωρικών δεδομένων της Ελβετίας.

Εικόνα 4: Εθνικά χαρτογραφικά δεδομένα Ελβετίας, πηγή: (Alves κ.ά., 2011)



Όσο αφορά τη γενίκευση χάρτη θεματικών κατηγοριών γεωγραφικών οντοτήτων, στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα υπήρξε αντικείμενο έρευνας διάφορων ερευνητών, παρόλα αυτά δεν υπήρξε κατάληξη σε βέλτιστη λύση. Στο προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των βασικών εννοιών για την ολοκληρωμένη κατανόηση του αντικειμένου της γενίκευσης χωρικών δεδομένων, καθώς περιγράφεται και η βιβλιογραφία που αφορά τις πρακτικές αυτόματης γενίκευσης που έχουν ερευνηθεί. Αν και έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα γύρω από τη γενίκευση χωρικών τοπογραφικών δεδομένων, εξαιτίας της ανάγκης των Χαρτογραφικών Οργανισμών για αυτοματοποίηση της γενίκευσης για σκοπούς που έχουν αναφερθεί, δεν υπάρχει αντίστοιχη δημοσίευση για τα ελληνικά δεδομένα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί, πως ακόμα και μια επιτυχημένη εφαρμογή ενός αλγόριθμου, ένα εφαρμοστεί σε διαφορετικά δεδομένα από αυτά που είναι σχεδιασμένος να διαχειρίζεται, το γεγονός μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία υλοποίησης.

Επίσης, είναι φανερή η απουσία μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης της γενίκευσης πολυγώνων με θεματική πληροφορία χρήσης γης για τα ελληνικά δεδομένα, εάν εξαιρεθεί η δημοσίευση των Dimon και Palomar (2014) (Dimon κ.ά., 2014), και η διδακτορική διατριβή του Yadav (2015) (Yadav, 2015), που αναλύονται σε προηγούμενο κεφάλαιο, και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν.

Όλες οι δημοσιεύσεις που αφορούν τη γενίκευση μωσαϊκού πολυγώνων (και όχι του σχήματος ενός πολυγώνου), εξετάζονται υπό την οπτική της αυτόματης ένωσης γειτονικών πολυγώνων. Η εννοιολογική προσέγγιση της αυτόματης ένωσης εξετάζεται εκτεταμένα από τον J. Van Smaalen (2003) στην έρευνα “Automated Aggregation of Geographic Objects, A New Approach to The Conceptual Generalisation of Geographic Database” (van Smaalen, 2003).

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής αυτόματης γενίκευσης για πολυγωνικά δεδομένα χρήσης γης του Εθνικού Κτηματολογίου. Με αυτόν τον σκοπό η προτεινόμενη μεθοδολογία και υλοποίηση στηρίζεται σε προϋπάρχουσες δημοσιεύσεις, οι οποίες έχουν να κάνουν με το πλαίσιο του αντικειμένου. Η μεθοδολογία προσέγγισης του αντικειμένου περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Μεθοδολογία Αλγόριθμου Επίλυσης

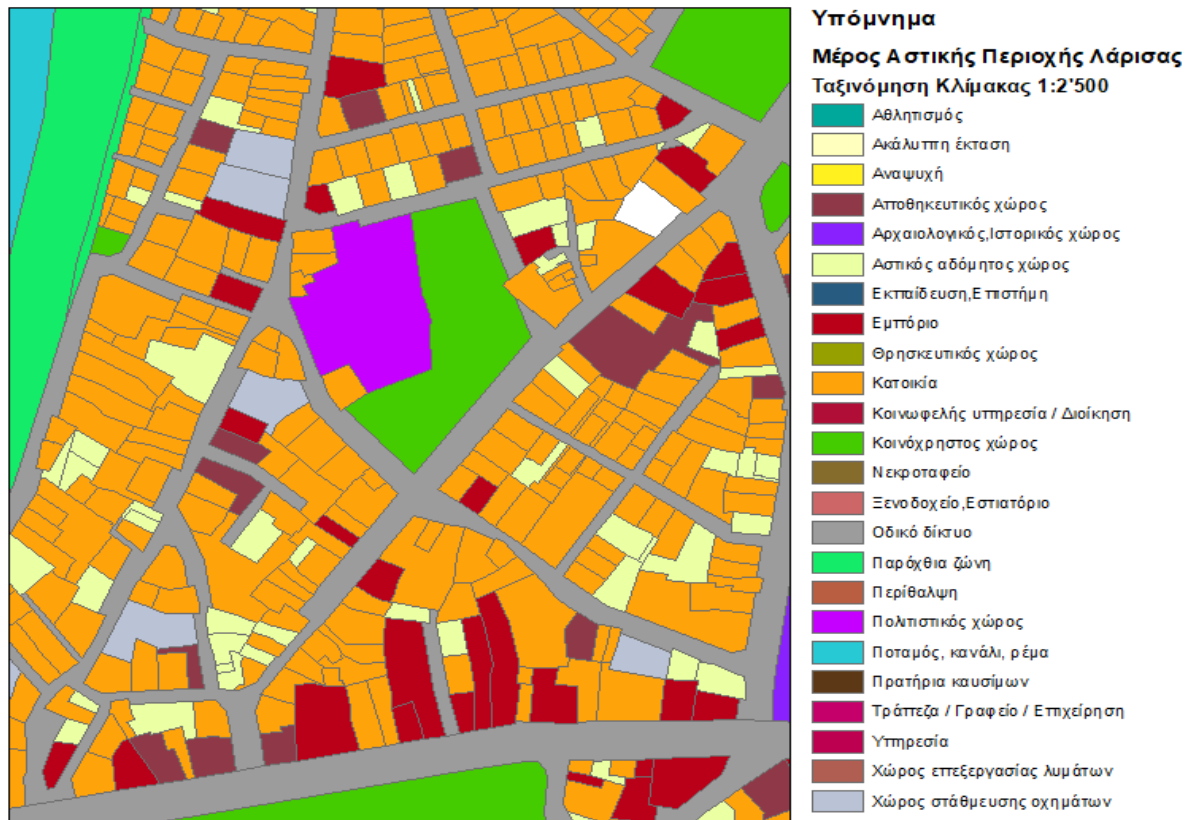
Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας που προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, για την αυτόματη γενίκευση χωρικών δεδομένων γεωτεμαχίων εντός οικοδομικών τετραγώνων, του κτηματολογικού διαγράμματος, με σκοπό την απάντηση στις ερωτήσεις: εάν είναι εφικτή η εφαρμογή αυτόματης γενίκευσης σε χωρικά δεδομένα κλίμακας αναφοράς 1:2500 για την παραγωγή χάρτη κλίμακας 1:5000 και από αυτόν παραγωγή χάρτη 1:10000 και από αυτόν παραγωγής χάρτη κλίμακας 1:25000, εάν είναι εφικτή η εφαρμογή αυτόματης γενίκευσης σε χωρικά δεδομένα κτηματολογικού διαγράμματος κλίμακας αναφοράς 1:2500, για την παραγωγή χαρτών κλιμάκων 1:5000, 1:10000 και 1:25000 υπό την προϋπόθεση διατήρησης της κατανομής των χρήσεων.

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου για την **αυτόματη γενίκευση χαρτογραφικών χωρικών δεδομένων**. Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά ορίζεται το πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει ο αλγόριθμος, δηλαδή περιγράφονται τα δεδομένα, οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί της διαδικασίας. Έπειτα, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθούνται και τέλος στο επόμενο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμοσμένης διαδικασίας.

### 3.1 Χωρικά δεδομένα κτηματολογικού διαγράμματος

Στην Ελλάδα υπάρχει συσσώρευση χωρικής πληροφορίας από την κτηματογράφηση. Τα χωρικά δεδομένα αρχικά πληρούν τις ανάγκες των εφαρμογών της ΕΚΧΑ, αλλά είναι χρήσιμη πηγή πληροφορίας και για άλλες εφαρμογές όπως χαρτογραφικές, πολεοδομικές, χωροταξικές, χωρικής ανάλυσης. Ωστόσο, η κλίμακα των κτηματολογικών δεδομένων είναι αρκετά μεγάλη για τις απαιτήσεις των αναφερθέντων εφαρμογών. Με σκοπό τα κτηματολογικά δεδομένα να χρησιμοποιηθούν σε χαρτογραφικές (ή/και άλλες) εφαρμογές, πρέπει πρώτα να γενικευθούν, δηλαδή να μετασχηματιστούν στις απαιτήσεις της κλίμακας λιγότερων λεπτομερειών. Σημαντικό είναι να ληφθεί υπόψη, πως τα κτηματολογικά δεδομένα εκτός από την γεωμετρική πληροφορία, προσφέρουν εξαιρετικά χρήσιμη θεματική πληροφορία (χρήσεις γης) για την περιοχή μελέτης. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα μέρος της περιοχή μελέτης σε κλίμακα 1:2500.

Εικόνα 5: Απεικόνιση κτηματολογικού διαγράμματος περιοχής της Λάρισας σε κλίμακα 1:2500



Η ΕΚΧΑ συλλέγει χωρικά δεδομένα που αφορούν τα γεωτεμάχια, τα οποία απαρτίζουν τον γεωγραφικό χώρο του Ελληνικού κράτους. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τόσο τα ιδιοκτησιακά καθεστάτα που διέπουν τα γεωτεμάχια, όσο και χαρακτηριστικά που αφορούν άλλες ιδιότητές τους. Τα δεδομένα αυτά καταχωρούνται σε **βάσεις δεδομένων** της ΕΚΧΑ, και προορίζονται για διάφορες εφαρμογές. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των γεωτεμαχίων που συλλέγεται κατά την κτηματογράφηση, είναι οι **χρήσεις** τους. Οι χρήσεις γης που επικρατούν σε έναν τόπο είναι σημαντικό χαρακτηριστικό του, καθώς μέσω αυτών μπορούν να εξαχθούν τα στοιχεία που τον απαρτίζουν, οι ελλείψεις και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, λειτουργικές σχέσεις μεταξύ χωρικών οντοτήτων.

Οι χρήσεις των γεωτεμαχίων, είναι ποιοτικά θεματικά δεδομένα, που οπτικοποιούνται μέσω ενός συνεχούς «μωσαϊκού» πολυγώνων. Η μορφή και η θέση κάθε πολυγώνου αποτελούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του γεωτεμαχίου, ενώ η χρήση γης είναι θεματική ιδιότητα που αντιστοιχίζεται σε αυτό, και οπτικοποιείται μέσω της απόδοσης των πολυγώνων βάσει μιας χρωματικής παλέτας.

Η γενίκευση χαρτογραφικών δεδομένων, έχει ως αποτέλεσμα χαρτογραφικές απεικονίσεις διαφορετικής κλίμακας. Οι χαρτογραφικές απεικονίσεις διαφορετικής κλίμακας διέπονται από διαφορετικούς χαρτογραφικούς κανόνες που αφορούν: το ελάχιστο μέγεθος μιας γεωγραφικής οντότητας που μπορεί να απεικονίζεται, την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαφορετικών οντοτήτων, την ελάχιστη διάσταση μιας οντότητας (Dimov κ.ά., 2014). Ακόμα, διαφορετικό επίπεδο κλίμακας αυτομάτως σημαίνει και διαφορετικό τρόπο περιγραφής της πραγματικότητας, όσο μικρότερη είναι η κλίμακα της απεικόνισης τόσο πιο «αφαιρετικά» οφείλει να γίνεται η περιγραφή των ιδιοτήτων των γεωγραφικών οντοτήτων. Για παράδειγμα, σε μία κλίμακα 1:25000 αν



απεικονίζονται τα κτίρια του απεικονιζόμενου τόπου, είναι γεγονός που δε συνάδει με τον σκοπό ενός τέτοιου χάρτη ενώ έχει επίπτωση και στη γραφική απόδοση, όπως αναλύεται στα προηγούμενα κεφάλαια.

Τα χωρικά δεδομένα του κτηματολογικού διαγράμματος της ΕΚΧΑ που μελετήθηκαν, αφορούν την περιοχή της Λάρισας, είναι το χαρτογραφικό μοντέλο αναφοράς με κλίμακα αναφοράς 1:2500. Η κλίμακα αυτή επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων χαρτών μικρότερης κλίμακας. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, εξετάζεται η παραγωγή χαρτών κλίμακας 1:5000, 1:10000 και 1:25000 μέσω αυτοματοποιημένης διαδικασίας γενίκευσης του χαρτογραφικού μοντέλου αναφοράς. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της χωρικής βάσης είναι πως αντιστοιχεί σε κλίμακα 1:2500, τα χωρικά δεδομένα παρουσιάζουν πολυγωνική γεωμετρία αυστηρή συνέχεια, με την έννοια πως δεν υπάρχουν χωρικά «κενά».

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί, πως ο λόγος που επιλέχθηκε το κτηματολογικό διάγραμμα της περιοχής της Λάρισας, είναι πως η Λάρισα περιλαμβάνει τόσο καθαρά αστική περιοχή (αστικό κέντρο), όσο και μη-αστική περιοχή (καλλιέργειες, μικρές πόλεις). Ακόμα, για περεταίρω έρευνα είναι ενδιαφέρουσα μελέτης η ύπαρξη του ποταμού, του σιδηροδρόμου και του οδικού δικτύου στα όρια της περιοχής. Ωστόσο, για τις ανάγκες και τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, απομονώθηκαν τα χωρικά δεδομένα που αφορούν γεωτεμάχια εντός οικοδομικών τετραγώνων και καλλιεργείων, τα χωρικά δεδομένα που αφορούν το οδικό δίκτυο, τα χωρικά δεδομένα που αφορούν τον ποταμό και την παρόχθια ζώνη και τα χωρικά δεδομένα που αφορούν τον σιδηρόδρομο.

### 3.2 Αυτόματη χαρτογραφική γενίκευση χωρικών δεδομένων πολυγωνικής γεωμετρίας με θεματική πληροφορία

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας προσέγγισης της χαρτογραφικής γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος της ΕΚΧΑ, ως προς τα γεωμετρικά και τα σημασιολογικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και η υλοποίηση της με εργαλεία του λογισμικού ArgGIS. Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά περιγράφεται η θεωρητική προσέγγιση της μεθοδολογίας.

**Ψηφιακή χαρτογραφική γενίκευση.** Η ψηφιακή γενίκευση είναι η γενίκευση που εφαρμόζεται σε ψηφιακά δεδομένα. Η επίτευξη της ψηφιακής χαρτογραφικής γενίκευσης χαρτογραφικών χωρικών δεδομένων γίνεται μέσω δύο διαδικασιών: τη γενίκευση μοντέλου και την χαρτογραφική γενίκευση. Οι δύο αυτές διαδικασίες μπορούν να εκτελεστούν είτε σε επιμέρους στάδια, είτε μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα. Η γενίκευση της γραφικής απεικόνισης έπεται της γενίκευσης του μοντέλου, με σκοπό την αντιμετώπιση γραφικών προβλημάτων του προϊόντος χάρτη μικρότερης κλίμακας. Το ποια διαδικασία επιλέγεται κάθε φορά, εξαρτάται από τα αρχικά δεδομένα και από το ζητούμενο αποτέλεσμα. Αν για παράδειγμα ζητούμενο είναι η γενίκευση μόνο της βάσης των χωρικών δεδομένων, δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η γραφική γενίκευση. Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι η χαρτογραφική γενίκευση των χωρικών δεδομένων του κτηματολογικού διαγράμματος, και για αυτόν τον λόγο το κριτήριο που επιλέχθηκε είναι γραφικό, όπως εξηγείται και στη συνέχεια, ωστόσο η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη δημιουργία ενός ψηφιακού χαρτογραφικού μοντέλου, μιας χαρτογραφικής βάσης δεδομένων (DCM) μέσω της γενίκευσης μοντέλου, η οποία βασίζεται στη διατήρηση των χωρικών δεδομένων που έχουν εμβαδόν μεγαλύτερο από κάποιο που ορίζεται ως ελάχιστο.

**Αυτόματη γενίκευση.** Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δεν είναι μόνο η ψηφιακή χαρτογραφική γενίκευση των δεδομένων αλλά και η αυτοματοποίηση της διαδικασίας. Ένας τρόπος αυτοματοποίησης της γενίκευσης, είναι ο καθορισμός κανόνων, σε επίπεδο χαρτογραφικού μοντέλου και χάρτη, μέσω των οποίων ελέγχεται και εκτελείται η γενίκευση (Beard, 1991 (Weibel & Dutton, 1995)). Οι κανόνες αυτοί αποτελούν περιορισμούς και απαιτήσεις που δημιουργούνται κάθε φορά ανάλογα με το επιδιωκόμενο επίπεδο γενίκευσης, και αφορούν τα θεματικά και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των χαρτογραφικών δεδομένων που εξάγονται από τη διαδικασία.

Στη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, αρχικά καθορίστηκαν το **σχήμα ταξινόμησης** και τα διάφορα επίπεδα του ανάλογα με την κλίμακα, έγινε ο καθορισμός χαρτογραφικού κριτηρίου για την επιλογή, και ο καθορισμός των γεωμετρικών και των εννοιολογικών κριτηρίων για τη συγχώνευση.

### 3.3 Γεωμετρική και Θεματική Γενίκευση

**Σχήμα ταξινόμησης.** Η θεματική γενίκευση των χαρτογραφικών δεδομένων επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: με την εφαρμογή διαφορετικής ταξινόμησης των θεματικών χαρακτηριστικών αντίστοιχης της ζητούμενης κλίμακας και με την εφαρμογή θεματικών κριτηρίων κατά τη συγχώνευση των πολυγώνων. Με τη διαφορετική ταξινόμηση επιτυγχάνεται με καλύτερο τρόπο η εξυπηρέτηση του σκοπού του χάρτη της αντίστοιχης κλίμακας, δηλαδή ο χώρος περιγράφεται με διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης σε κάθε επίπεδο κλίμακας, ενώ με την εφαρμογή θεματικών κριτηρίων κατά τη συγχώνευση των πολυγώνων δίνεται βάρος στην θεματική ομοιότητα των πολυγώνων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το **σχήμα της ταξινόμησης των χρήσεων των γεωτεμαχίων** διαχωρίζεται σε τέσσερα επίπεδα, όπως φαίνεται στο Παράρτημα Ι (Πίνακας 12). Η κλίμακα 1:2500 αντιστοιχεί στο επίπεδο Ι (38 κατηγορίες χρήσεων), η 1:5000 στο επίπεδο ΙΙ (27 κατηγορίες χρήσεων), η 1:10000 στο επίπεδο ΙΙΙ (22 κατηγορίες χρήσεων) και η 1:25000 στο επίπεδο ΙV (11 κατηγορίες χρήσεων). Τα επίπεδα ταξινόμησης και οι κατηγορίες χρήσεων που περιλαμβάνει το καθένα, επιλέχθηκαν βάσει του επιπέδου λεπτομέρειας που απαιτεί η περιγραφή ενός τόπου για το κάθε επίπεδο κλίμακας.

**Επιλογή οντοτήτων για γενίκευση.** Με στόχο την χαρτογραφική γενίκευση των πολυγωνικών χωρικών δεδομένων, καθορίζεται γραφικό όριο για τα πολύγωνα που υπάρχουν στην απεικόνιση, το γραφικό όριο περιγράφεται ως ένα κρίσιμο ελάχιστο εμβαδόν. Η ακρίβεια των μετρήσεων που μπορούν να γίνουν σε μια απεικόνιση και η απόσταση μεταξύ δύο οντοτήτων ώστε να θεωρηθούν διακριτές, είναι από τα εγγενής χαρακτηριστικά της απεικόνισης. Λαμβάνοντας υπόψη την αρχική ακρίβεια και την φύση των δεδομένων, τη διακριτική ικανότητα του ανθρώπου, γραφικούς περιορισμούς και τις επιδιωκόμενες κλίμακες το γραφικό κριτήριο, ο γραφικός περιορισμός, που επιβάλλεται στα δεδομένα με σκοπό τη γενίκευσή τους είναι πως το **ελάχιστο χαρτογραφούμενο στοιχείο** αντιστοιχεί σε μια τιμή, για τη συνέχεια της εργασίας (minimum map element), στην γραφική απεικόνιση, το οποίο αποτελεί και το κριτήριο επιλογής οντοτήτων για γενίκευση. Αυτό σημαίνει, πως σε κάθε επίπεδο κλίμακας οντότητες που αντιστοιχούν σε επιφάνεια μικρότερης της minimum map element, δεν μπορούν να απεικονιστούν. Η τιμή του minimum map element καθορίζεται σύμφωνα με της ανάγκες εκείνου που διενεργεί τη γενίκευση και εξαρτάται από την κλίμακα της απεικόνισης. Στην παρούσα εφαρμογή το ελάχιστο χαρτογραφούμενο στοιχείο είναι 3mm x 3mm. Έτσι, ο κανόνας σύμφωνα με τον οποίο επιλέγονται τα πολύγωνα προς γενίκευση διαμορφώνεται:

Εάν ένα πολύγωνο έχει επιφάνεια μικρότερης του *minimum map element*, στην απεικόνιση, ή αλλιώς εάν ένα πολύγωνο αντιστοιχεί σε γεωτεμάχιο εμβαδού μικρότερου του αντίστοιχου ελάχιστου εμβαδού για την επιδιωκόμενη κλίμακα **επιλέγεται** για γενίκευση.

Σημείωση: Στη συνέχεια της εργασίας το πολύγωνο που έχει εμβαδόν μικρότερο του *minimum map element* αναφέρεται ως «μικρό πολύγωνο», ενώ πολύγωνα με εμβαδόν μεγαλύτερο από εκείνο του *minimum map element* αναφέρονται ως «μεγάλα πολύγωνα».

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εάν ένα γεωτεμάχιο είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ελάχιστο εμβαδόν της επιδιωκόμενης κλίμακας, δεν μπορεί να εμφανιστεί στην απεικόνιση. Αυτό δε σημαίνει ότι το πολύγωνο αυτό πρέπει να «διαγραφεί», γιατί η διαγραφή πολυγώνου σε ένα συνεχές κτηματολογικό διάγραμμα πολυγώνων, αυτόματα δημιουργεί κενά στην απεικόνιση γιατί επηρεάζει τη συνέχεια και τη συνοχή της.

**Συγχώνευση γειτονικών πολυγώνων.** Ένας τρόπος αυτόματης γενίκευσης των «μικρών πολυγώνων», είναι η **απαλοιφή** τους μέσω της **συγχώνευσής** τους με **γειτονικά πολύγωνα**, δηλαδή με πολύγωνα που μοιράζονται κοινό όριο. Η ενέργεια αυτή αφενός δε δημιουργεί προβλήματα ασυνέχειας στην απεικόνιση και αφετέρου συμφωνεί με τη **τοπολογία** των δεδομένων αφού η ένωση πραγματοποιείται σε εφαιπόμενα όμοια πολύγωνα. Αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας είναι η δημιουργία ενός νέου πολυγώνου γεωμετρίας των δύο συγχωνευμένων πολυγώνων και με θεματική ιδιότητα του πολυγώνου με το μεγαλύτερο εμβαδόν.

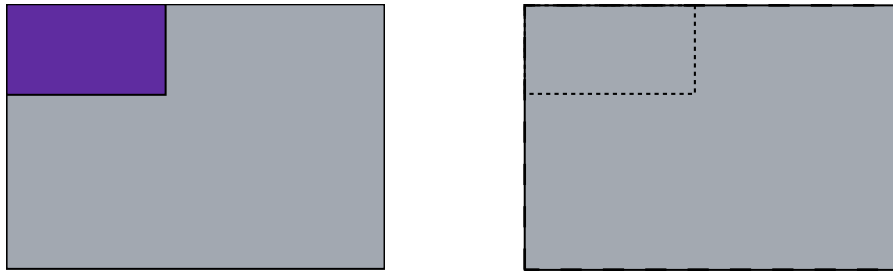
Κατά την εφαρμογή του παραπάνω κριτηρίου, οι περιπτώσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:

1. Ένα μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με ένα μεγάλο πολύγωνο, με αποτέλεσμα το νέο πολύγωνο που δημιουργείται να πληροί το κριτήριο του ελάχιστου εμβαδού.
2. Ένα μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με ένα άλλο μικρό πολύγωνο και το νέο πολύγωνο που δημιουργείται να μην έχει επαρκές εμβαδόν, δηλαδή το εμβαδόν του να είναι μικρότερο από το ελάχιστο επιτρεπόμενο εμβαδόν. Σε αυτή την περίπτωση το νέο πολύγωνο επανεισάγεται στη διαδικασία της γενίκευσης.

Μια χαρτογραφική απεικόνιση είναι μέσο για την εξαγωγή γεωμετρικών, μετρητικών και περιγραφικών χαρακτηριστικών ενός τύπου, ο **σκοπός** και η **κλίμακα** της επηρεάζουν είτε άμεσα είτε έμμεσα τα χαρακτηριστικά αυτά. Τα **περιγραφικά χαρακτηριστικά** των οντοτήτων επηρεάζονται άμεσα από τον σκοπό της απεικόνισης, καθώς ο σκοπός καθορίζει ποιες θεματικές ιδιότητες των χωρικών οντοτήτων απεικονίζονται, ενώ επηρεάζονται έμμεσα από την κλίμακα, καθώς η κλίμακα καθορίζει σε τι επίπεδο αφαίρεσης γίνεται η απόδοση των περιγραφικών αυτών ιδιοτήτων. Οπότε, σε μία διαδικασία γενίκευσης χαρτογραφικής απεικόνισης που τα θεματικά χαρακτηριστικά αφορούν τον σκοπό του χάρτη, η εφαρμογή κανόνων που αφορούν μόνο τη γεωμετρία των χαρτογραφικών οντοτήτων που απεικονίζονται στον χάρτη μικρότερης κλίμακας δεν είναι αρκετή.

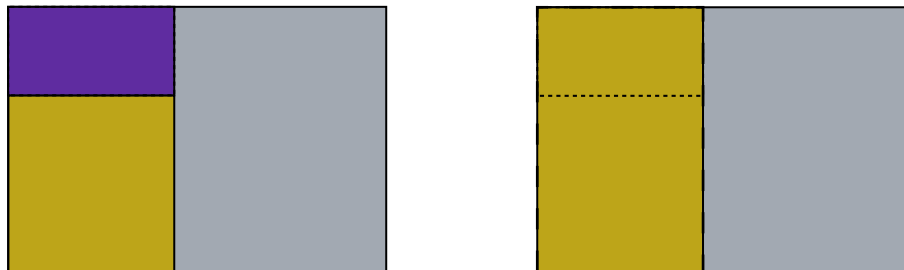
**Γεωμετρική Γενίκευση.** Η γεωμετρική γενίκευση των χαρτογραφικών δεδομένων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κανόνων που αφορούν το σχήμα και το μέγεθος των οντοτήτων. Σύμφωνα με την παραπάνω παράγραφο, η επιλογή ενός πολυγώνου για γενίκευση γίνεται βάση του εμβαδού του, το οποίο εάν είναι μικρό (δηλαδή μικρότερο από το επιτρεπόμενο ελάχιστο εμβαδόν) συγχωνεύεται με κάποιο **γειτονικό του πολύγωνο**. Τα γεωμετρικά κριτήρια που αφορούν την ένωση ενός πολυγώνου με γειτονικό του -την απαλοιφή του μικρού πολυγώνου είναι:

1. Εάν το μικρό πολύγωνο έχει ένα και μόνο γειτονικό πολύγωνο ενώνεται με αυτό.



Εικόνα 6: Συγχώνευση πολυγώνου με ένα και μοναδικό γειτονικό πολύγωνο

2. Εάν το μικρό πολύγωνο έχει περισσότερα από ένα γειτονικά πολύγωνα, ενώνεται με εκείνο με το οποίο μοιράζονται το μεγαλύτερου μήκους ανοιγμένο κοινό όριο.



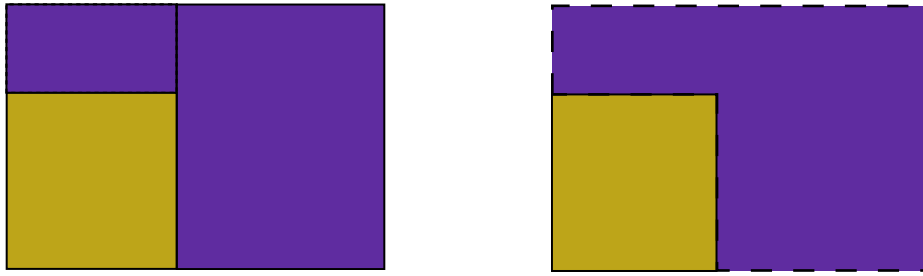
Εικόνα 7: Εύρεση βέλτιστου γείτονα, γεωμετρικό κριτήριο

Στην περίπτωση αυτή, ένα «μικρό» πολύγωνο έχει παραπάνω από ένα γειτονικά πολύγωνα, με σκοπό την επιλογή του «βέλτιστου» γειτονικού πολυγώνου για τη συγχώνευση, υπολογίζεται το μήκος των κοινών ορίων μεταξύ του μικρού πολυγώνου και όλων των υπόλοιπων γειτονικών του πολυγώνων και το μήκος αυτό ανάγεται στην περίμετρο του μικρού πολυγώνου. Ο συντελεστής που υπολογίζεται μπορεί να ονομαστεί «βαθμός γειτνίασης», και είναι ένας συντελεστής που συμπεριφέρεται σαν «δείκτης βάρους», που αντιστοιχεί σε κάθε γειτονικό πολύγωνο του μικρού πολυγώνου και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση. Ακόμα, ο συντελεστής αυτός είναι ίδιος με τον συντελεστή γεωμετρικής ομοιότητας που χρησιμοποιεί ο Yadav (2015) στην έρευνα του και προτείνεται από τον Gao (2013 στο (Yadav, 2015)). Σε κάθε περίπτωση συγχώνευσης, το νέο πολύγωνο αποκτά τις θεματικές ιδιότητες του μεγαλύτερου κατά εμβαδόν από τα δύο αρχικά πολύγωνα.

$$\text{βαθμός γειτνίασης (ανοιγμένο κοινό όριο)} = \frac{\text{μήκος κοινού ορίου}}{\text{περίμετρος μικρού πολυγώνου}}$$

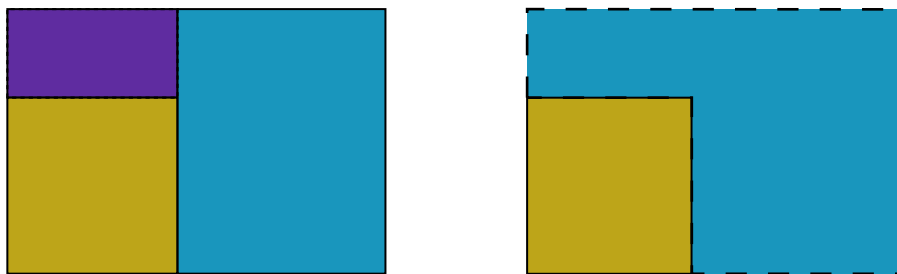
Ενώ κατά τη συγχώνευση των πολυγώνων θέτονται τα εξής εννοιολογικά κριτήρια:

1. Εάν το πολύγωνο που πρόκειται να συγχωνευτεί έχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης στην αρχική κλίμακα ενώνεται με αυτό, ανεξάρτητα από το μήκος του κοινού ορίου.



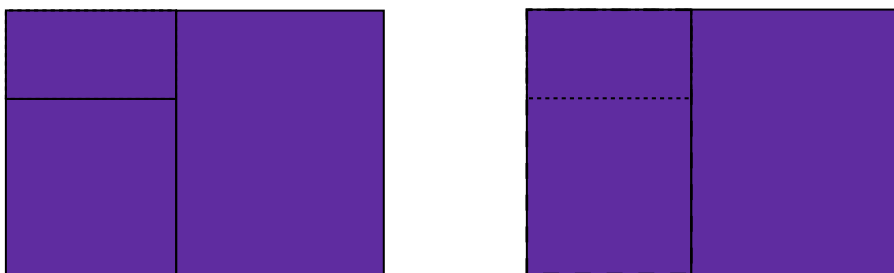
Εικόνα 8: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει εννοιολογικών κριτηρίων

- Εάν το πολύγωνο που πρόκειται να συγχωνευτεί δεν έχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης στην αμέσως προηγούμενη κλίμακα και έχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης στην επιδιωκόμενη κλίμακα ενώνεται με αυτό.



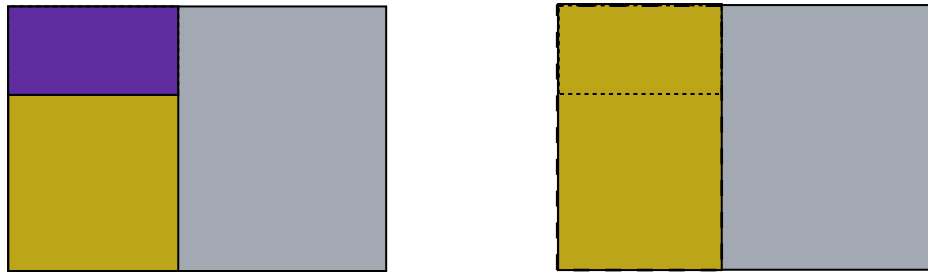
Εικόνα 9: Συγχώνευση πολυγώνων βάσει εννοιολογικού κριτηρίου

- Εάν υπάρχουν περισσότερα από ένα γειτονικά πολύγωνα που πληρούν τα κριτήρια 1 ή 2 το πολύγωνο που πρόκειται να συγχωνευτεί, ενώνεται με το γειτονικό πολύγωνο με το οποίο με το οποίο μοιράζονται το μεγαλύτερο μήκους ανηγμένο κοινό όριο.



Εικόνα 10: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει γεωμετρικού κριτηρίου

4. Εάν δεν πληρούνται τα κριτήρια 1 ή 2 το πολύγωνο που πρόκειται να συγχωνευτεί ενώνεται με το γειτονικό πολύγωνο με το οποίο μοιράζονται το μεγαλύτερου μήκους ανηγμένο κοινό όριο.



Εικόνα 11: Συγχώνευση πολυγώνου βάσει γεωμετρικού κριτηρίου

Σε κάθε περίπτωση συγχώνευσης, το νέο πολύγωνο αποκτά τις θεματικές ιδιότητες του μεγαλύτερου κατά εμβασμόν από τα δύο αρχικά πολύγωνα

**Οδικό δίκτυο, ποταμός, σιδηρόδρομος.** Ο αλγόριθμος που περιγράφεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, αφορά μόνο τα γεωτεμάχια που βρίσκονται εντός «οικοδομικών τετραγώνων» ή είναι καλλιέργειες. Με αυτόν τον τρόπο εξαιρούνται από τη γενίκευση το οδικό δίκτυο, ο ποταμός και ο σιδηρόδρομος για τους εξής λόγους:

- Ιδιαίτερη γεωμετρία, διαφορετική από τα υπόλοιπα γεωτεμάχια.
- Χρρίζουν ιδιαίτερης, ξεχωριστής διαδικασίας γενίκευσης.
- Ύπαρξη πιθανότητας, απόκτησης γενικευμένης μορφής από τρόπο.

**Διατήρηση σημαντικής χωρικής πληροφορίας.** Είναι προφανές, πως σε μερικές περιπτώσεις το γεωμετρικό-γραφικό κριτήριο επιλογής «μικρών» πολυγώνων υπερτερεί της θεματικής ιδιότητας των πολυγώνων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απαλοιφή πολυγώνων με σημαντική θεματική πληροφορία για κάποιους σκοπούς. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει η πιθανότητα σε κάποια πολύγωνα να εφαρμοστεί ο τελεστής της χαρτογραφικής γενίκευσης μετάπτωση και να απεικονιστούν ως σημεία, για τις ανάγκες του σκοπού ενός γενικευμένου χάρτη μικρότερης κλίμακας, για παράδειγμα μπορεί να απαιτείται η δημιουργία ενός χάρτη που φαίνονται οι αρχαιολογικοί χώροι σε ολόκληρη την περιοχή της Λάρισας. Για τον λόγο αυτόν, κάθε πολύγωνο πριν απαλειφθεί με τη συγχώνευση του σε ένα γειτονικό, εξάγεται και αποθηκεύεται σε ένα άλλο μέρος της χωρικής βάσης, έτσι ώστε αν απαιτείται να μπορεί να ανακτηθεί η θέση και η γεωμετρία του, ακόμα και για έλεγχο της διαδικασίας.

### 3.4 Αλγόριθμος αυτόματης γενίκευσης πολυγώνων

Ο αλγόριθμος ο οποίος υλοποιεί τη μεθοδολογία προσέγγισης της προτεινόμενης επίλυσης του προβλήματος αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκαν οι μέθοδοι και οι τεχνικές που εφαρμόζονται στα δεδομένα αναφοράς μέσω του αλγορίθμου ώστε να επέλθει η γενίκευσή τους, καθώς και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα «βήματα» που ακολουθεί ο αλγόριθμος από την εισαγωγή των δεδομένων αναφοράς έως την εξαγωγή των γενικευμένων δεδομένων.

Ο αλγόριθμος που περιγράφεται συγκρίνει το εμβαδόν κάθε πολυγώνου της περιοχής μελέτης, με το εμβαδό του ελάχιστου χαρτογραφούμενου στοιχείου [**minimum mappable element**]. Εάν το εμβαδόν του πολυγώνου του γεωτεμαχίου είναι μικρότερο από το ελάχιστο εμβαδόν, τότε το «μικρό» πολύγωνο συγχωνεύεται με το βέλτιστο γειτονικό του πολύγωνο γεωμετρικά ή/και θεματικά, σύμφωνα με τα κριτήρια που περιγράφονται στη προηγούμενη ενότητα (γεωμετρική και θεματική γενίκευση). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου δεν υπάρχει πολύγωνο με εμβαδόν μικρότερο από το ελάχιστο.

**Περιγραφή αλγορίθμου αυτόματης γενίκευσης πολυγώνων.** Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για την προσέγγιση αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Αφού η περιοχή χωριστεί σε οικοδομικά τετράγωνα, από την αφαίρεση του οδικού δικτύου, του ποταμού και του σιδηρόδρομου για κάθε οικοδομικό τετράγωνο γίνεται εύρεση του μικρότερου πολυγώνου ως προς το εμβαδόν. Το εμβαδόν αυτού του πολυγώνου συγκρίνεται με το ελάχιστο κρίσιμο εμβαδόν όπως διαμορφώνεται από τον χαρτογραφικό κανόνα επιλογής. Αν το εμβαδόν αυτό, είναι μεγαλύτερο από το κρίσιμο, η διαδικασία συνεχίζει στο επόμενο οικοδομικό τετράγωνο. Εάν το εμβαδόν αυτό είναι μικρότερο, τότε βρίσκεται ο βέλτιστος γείτονας το μικρού πολυγώνου σύμφωνα με τα εννοιολογικά και τα γεωμετρικά κριτήρια όπως αναφέρονται προηγουμένως. Έπειτα, αποθηκεύεται σε ξεχωριστό χώρο το πολύγωνο προς συγχώνευση σε περίπτωση που απαιτηθεί η ανάκτηση σου για περαιτέρω επεξεργασία. Στη συνέχεια, συγχωνεύονται τα δύο πολύγωνα (το μικρό και ο βέλτιστος γείτονας) γεωμετρικά, και στο νέο πολύγωνο αποδίδονται οι σημασιολογικές ιδιότητες του μεγαλύτερου εκ των δύο πολυγώνων. Τέλος, ενημερώνεται η γεωμετρία του οικοδομικού τετραγώνου και βρίσκεται εκ νέου το μικρότερο πολύγωνο ως προς το εμβαδόν. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου δεν υπάρχει πολύγωνο μικρότερο από το κρίσιμο ελάχιστο εμβαδόν στην απεικόνιση.

Αλγόριθμος γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος	
Input	Χωρικός πίνακας πολυγώνων οικοδομικών τετραγώνων ή/και πολυγώνων καλλιεργειών περιοχής μελέτης
1:	Καθορισμός τελικής
2:	Καθορισμός minimum map element
3:	Εύρεση αριθμού πολυγώνων περιοχής μελέτης
4:	Εύρεση αριθμού οικοδομικών τετραγώνων περιοχής μελέτης
5:	<b>For</b> για κάθε οικοδομικό τετράγωνο
6:	Επιλογή πολυγώνων που ανήκουν στο συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο
7:	Δημιουργία μεταβλητής αντιστοίχισης μοναδικού κωδικού κάθε πολυγώνου και του εμβαδού του
8:	Ταξινόμηση μοναδικών κωδικών πολυγώνων ως σε αύξουσα σειρά ως προς τα αντίστοιχα εμβαδά
9:	<b>While</b> το εμβαδόν του μικρότερου πολυγώνου του οικοδομικού τετραγώνου είναι μικρότερο από το minimum map element:
10:	Επιλογή μικρότερου πολυγώνου οικοδομικού τετραγώνου
11:	Εύρεση γειτόνων επιλεγμένου «μικρού» πολυγώνου
12:	<b>For</b> για κάθε γειτονικό πολύγωνο του μικρού πολυγώνου:
13:	Εύρεση ανοιγμένου κοινού όριου
14:	Εύρεση γειτονικών πολυγώνων με χρήση γης ίδιας με τη χρήση γης του μικρού πολυγώνου στην κλίμακα-στόχο
15:	Εύρεση βέλτιστου γειτονικού πολυγώνου για συγχώνευση:
16:	<b>If</b> αν υπάρχει μοναδικό γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης με την χρήση γης του μικρού πολυγώνου στην κλίμακα-αναφοράς: το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με αυτό
17:	<b>Else_if</b> αν υπάρχουν παραπάνω από ένα γειτονικά ίδιας χρήσης γης με την χρήση γης του μικρού πολυγώνου στην κλίμακα-αναφοράς: το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με εκείνο το γειτονικό πολύγωνο που έχουν ίδια χρήση γης στην κλίμακα αναφοράς και μεγαλύτερο ανοιγμένο κοινό όριο
18:	<b>Else_if</b> αν δεν υπάρχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης με την χρήση γης του μικρού πολυγώνου στην κλίμακα-αναφοράς & υπάρχει μοναδικό πολύγωνο ίδιας χρήσης με το μικρό πολύγωνο στην κλίμακα-στόχο: το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με εκείνο με την ίδια χρήση στην κλίμακας-στόχο
19:	<b>Else_if</b> αν δεν υπάρχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης με την χρήση γης του μικρού πολυγώνου στην κλίμακα-αναφοράς & υπάρχουν παραπάνω από ένα πολύγωνα ίδιας χρήσης με το μικρό πολύγωνο στην κλίμακα-στόχο: το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με εκείνο με την ίδια χρήση στην κλίμακας-στόχο και το μεγαλύτερο ανοιγμένο κοινό όριο
20:	<b>Else_if</b> αν δεν υπάρχει γειτονικό πολύγωνο ίδιας χρήσης γης σε καμία κλίμακα: το μικρό πολύγωνο συγχωνεύεται με το γειτονικό πολύγωνο με το οποίο μοιράζονται το μεγαλύτερο ανοιγμένο κοινό όριο
	<b>End for</b>
21:	Αποθήκευση σε διαφορετικό πίνακα της χωρικής βάσης, του μικρού πολυγώνου που συγχωνεύεται
22:	Γεωμετρική ένωση μικρού πολυγώνου και βέλτιστου γείτονα. Δημιουργία νέου πολυγώνου.
23:	Απόδοση θεματικών ιδιοτήτων στο νέο πολύγωνο, ίδιες με το μεγαλύτερο από τα δύο πολύγωνα που συγχωνεύθηκαν
24:	Ενημέρωση γεωμετρίας του οικοδομικού τετραγώνου
25:	Ταξινόμηση δομής αντιστοίχισης μοναδικού κωδικού κάθε πολυγώνου και του εμβαδού του με αύξουσα σειρά
26:	<b>End while</b>
27:	<b>End for</b>
Output:	Γενικευμένο μοντέλο περιοχής μελέτης βάση γραφικού κριτηρίου



### 3.5 Υλοποίηση αλγόριθμου αυτόματης γενίκευσης με εργαλεία και δομές δεδομένων της βιβλιοθήκης ArcPy του ArcGIS

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες ενότητες σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάπτυξη και η υλοποίηση ενός αλγορίθμου αυτόματης γενίκευσης χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην υλοποίηση του αλγορίθμου.

Αρχικά, έγινε προσπάθεια υλοποίησης του αλγορίθμου στο **Model Builder** του ArcMAP, ωστόσο παρουσιάστηκαν περιορισμοί ως προς τη χρήση λογικών και επαναληπτικών τελεστών και η υλοποίηση του αλγορίθμου έγινε με τη γλώσσα προγραμματισμού Python, στο περιβάλλον του Visual Studio, με την χρήση συναρτήσεων (εργαλείων) της βιβλιοθήκης ArcPy του εμπορικού ΣΓΠ ArcGIS, ενώ η απόδοση και η διαχείριση έγιναν στο περιβάλλον ArcMap και ArcCatalog του ArcGIS. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος μπορεί να υλοποιηθεί και με άλλα εργαλεία σε άλλο λογισμικό περιβάλλον (πχ QGIS, PostGIS), και σε δεδομένα διαφορετικού μορφότυπου, αρκεί να εξασφαλίζει εργαλεία εύρεσης των γειτονικών πολυγώνων, υπολογισμού (κοινών) ορίων και συνένωσης γειτονικών πολυγώνων.

**Περιγραφή δομής δεδομένων σε περιβάλλον ArcGIS.** Στο περιβάλλον του ArcGIS τα χωρικά δεδομένα δομούνται σε χωρικές βάσεις (geodatabases, .gdb) χωρικών πινάκων (feature class). Ένας χωρικός πίνακας περιέχει σε κάθε γραμμή του μία γεωγραφική οντότητα, σε μία στήλη τη γεωμετρική πληροφορία της οντότητας (geometric attribute), όπως το shape, η οποία είναι μοναδική για κάθε χωρικό πίνακα (είτε πολυγωνική, είτε γραμμική είτε σημειακή γεωμετρία οντοτήτων), σε μία άλλη στήλη έναν μοναδικό κωδικό που αντιστοιχεί σε κάθε γεωγραφική οντότητα και στις υπόλοιπες στήλες τα θεματικά χαρακτηριστικά (attributes) των γεωγραφικών οντοτήτων. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως στις στήλες του χωρικού πίνακα περιλαμβάνεται το εμβαδόν και η περίμετρος κάθε πολυγώνου και οι αρχικές κατηγορίες χρήσης γης για κάθε κλίμακα στόχο (target scale), δηλαδή της κλίμακας του επιθυμητού γενικευμένου χάρτη.

**Προετοιμασία δεδομένων.** Με σκοπό την εφαρμογή του παραπάνω αλγορίθμου, αρχικά απομονώθηκαν τα πολύγωνα εκείνα στα οποία εφαρμόζεται ο αλγόριθμος. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως οποιαδήποτε επεξεργασία των δεδομένων που δεν χρησιμοποιούνται στη γενίκευση, αλλά απεικονίζονται στον τελικό χάρτη για λόγους πληρότητας, γίνεται στο στάδιο της προετοιμασίας των δεδομένων. Έπειτα, προστίθεται για κάθε πολύγωνο γεωτεμαχίου μία ιδιότητα που αφορά τον μοναδικό κωδικό του οικοδομικού τετραγώνου που ανήκει, με το εργαλείο Spatial Join.

**Εύρεση αριθμού πολυγώνων.** Η εύρεση του αριθμού των πολυγώνων γίνεται με το εργαλείο Get Count του ArcGIS.

**Επιλογή πολυγώνων.** Η δομή των δεδομένων βασίζεται στο πρότυπο simple feature του OGC [Open Geospatial Consortium] που ακολουθούν σήμερα τα ΣΓΠ, όπως το ArcGIS, και χωρικές βάσεις όπως η PostGIS. Η εύρεση των γειτονικών πολυγώνων βασίζεται στη δόμηση τοπολογίας όταν και αν αυτή χρειάζεται και όχι στην αποθήκευσή τους με σύνθετο τοπολογικό μοντέλο. Η επιλογή πολυγώνων, ή γραμμών ενός μη χωρικού πίνακα (όπως ο πίνακας γειτόνων που περιγράφεται παρακάτω) γίνεται με της συνάρτησης Select by Attribute η οποία εφαρμόζει ένα ερώτημα sql στην χωρική βάση και

επιστρέφει έναν πίνακα με τα πολύγωνα που πληρούν την ιδιότητα που περιεγράφηκε στο sql ερώτημα. Εφαρμόζεται στα βήματα 10 και 21 του αλγορίθμου.

**Εύρεση γειτονικών.** Για την εύρεση των γειτονικών πολυγώνων του «μικρού» πολυγώνου για γενίκευση χρησιμοποιείται η συνάρτηση Near Neighbor, όπου ως στοιχείο εισόδου δίνεται ο χωρικός πίνακας των πολυγώνων του οικοδομικού τετραγώνου και επιστρέφει έναν μη-χωρικό πίνακα με όλα τα πολύγωνα και τα γειτονικά τους πολύγωνα στις γραμμές και στις στήλες τα στοιχεία που έχουν ζητηθεί (εδώ ζητούνται: οι χρήσεις γης σε κάθε ταξινόμηση πολυγώνων και γειτονικών πολυγώνων, μήκος κοινού ορίου, εμβαδά).

**Αποθήκευση πολυγώνου που απαλείφονται σε νέο χωρικό πίνακα.** Η διαδικασία αυτή γίνεται με το εργαλείο Copy feature, σύμφωνα με την οποία δημιουργείται αντίγραφο του χωρικού πίνακα των δεδομένων σε κάποιο άλλο σημείο της χωρικής βάσης.

**Ένωση δύο πολυγώνων.** Η ένωση δύο πολυγώνων προκύπτει με το εργαλείο Merge, εφόσον έχει εξασφαλιστεί από προηγούμενο βήμα η γειννίαση τους. Ουσιαστικά το εργαλείο αυτό, υλοποιεί την νέα γεωμετρία και δημιουργεί έναν νέο πίνακα που περιέχει μία εγγραφή η οποία αποτελεί ένωση της γεωμετρίας των δύο πολυγώνων που συγχωνεύονται.

**Απόδοση ιδιοτήτων σε ένα πολύγωνο.** Στο νέο πολύγωνο αποδίδονται σημασιολογικά χαρακτηριστικά μέσω του μοντέλου InsertCursor.

**Ενημέρωση γεωμετρίας οικοδομικού τετραγώνου.** Αφού αποδοθούν γεωμετρικά και σημασιολογικά χαρακτηριστικά στο νέο πολύγωνο, ενημερώνεται η γεωμετρία του οικοδομικού τετραγώνου με το εργαλείο Update.

Εικόνα 12: Παράδειγμα κώδικα

```
if lu_src==lu_nbr and length<>0:
    check_lu=1
    gei_same_lu=float(length)/float(length_src)
    if gei_same_lu>max_GE_same_lu:
        max_GE_same_lu=gei_same_lu
        best_same_lu_nei=code_nbr
elif lu_src<>lu_nbr and lut_src==lut_nbr and length<>0:
    check=1
    gei_same_lut=float(length)/float(length_src)
    if gei_same_lut>max_GE_same_lut:
        max_GE_same_lut=gei_same_lut
        best_same_lut_nei=code_nbr
elif lu_src<>lu_nbr and lut_src<>lut_nbr and length<>0:
    gei=float(length)/float(length_src)
    if gei>max_GE:
        max_GE=gei
        best_nei=code_nbr
```



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Εφαρμογή αλγορίθμου και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

#### 4.1 Γενικά σχόλια για την εφαρμογή του αλγορίθμου

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων της εφαρμογής του αλγορίθμου αυτόματης γενίκευσης σε περιοχές μελέτης. Η πρώτη ομάδα αποτελεσμάτων αφορά μια περιοχή μελέτης αστικού ιστού και η δεύτερη ομάδα αποτελεσμάτων, αφορά μια περιοχή μελέτη αγροτικής περιοχής με εκτάσεις καλλιεργειών. Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει αναφορά στα κριτήρια που επιλέχθηκαν οι περιοχές στις οποίες εφαρμόζεται ο προτεινόμενος αλγόριθμος για αυτόματη γενίκευση, τα οποία είναι:

- **Μικρό μέγεθος**, για πρακτικούς λόγους χρόνου και χώρου παρουσίασης.
- **Ύπαρξη ποικιλίας κλάσεων χρήσης γης**
- **Ύπαρξη χαρακτηριστικών κλάσεων χρήσης γης**, πχ για τον αστικό ιστό χαρακτηριστικές θεωρήθηκαν οι: κατοικία, εμπόριο, χώροι ενδιαφέροντος κτλ. και για την αγροτική περιοχή: καλλιέργειες διαφορετικού σχήματος, με σκοπό η περιοχή που επιλέγεται να είναι αντιπροσωπευτική.

Παράλληλα με την παρουσίαση και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων, παρατίθενται οι στατιστικοί δείκτες της περιοχής μελέτης πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου αυτόματης γενίκευσης ως ένα κριτήριο αξιολόγησης της εφαρμοζόμενης μεθόδου. Η αξιολόγηση βάσει των στατιστικών δεικτών, αφορά τη σύγκριση της κατανομής των κλάσεων χρήσης γης πριν και μετά τη γενίκευση. Η διατήρηση ή μη της κατανομής των χρήσεων γης αποτελεί έναν τρόπο εντοπισμού χονδροειδών σφαλμάτων της μεθόδου, όπως και της εκτίμησης της ποιότητας του αποτελέσματος. Ακόμα, παρουσιάζονται τα δεδομένα των περιοχών μελέτης πριν και μετά την εφαρμογή της γενίκευσης με σκοπό την οπτική αξιολόγηση τους.

Τα τρία πρώτα αποτελέσματα περιγράφουν την κλιμακωτή γενίκευση από μία κλίμακα αναφοράς 1:2500 σε μία κλίμακα 1:25000. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας στα αρχικά δεδομένα, χρησιμοποιείται ως δεδομένα εισόδου για το επόμενο επίπεδο γενίκευσης. Τα επόμενα τρία «πειράματα» έγιναν για την αξιολόγηση της πιθανότητας να μπορεί να προκύψει γενικευμένος χάρτης αρκετά μικρότερης κλίμακας, με την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η δεύτερη διαδικασία εφαρμόστηκε και σε μη αστική περιοχή μελέτης.

Με σκοπό την ορθή αξιολόγηση του αποτελέσματος ως προς την ποιότητα της χαρτογραφικής γενίκευσης, στα αποτελέσματα εμφανίζονται τα αρχικά δεδομένα στην επιδιωκόμενη κλίμακα γενίκευσης, και ύστερα ο παράγωγος σε αυτήν την κλίμακα γενικευμένος χάρτης. Αυτός ο τρόπος είναι πιο εύληπτος και μπορεί να φανεί εύκολα η αναγκαιότητα της εφαρμογής τελεστών γενίκευσης, έναντι της απλής σμίκρυνσης του χάρτη, και να διαπιστωθούν οι μετασχηματισμοί των περιγραφικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί πως για την εξαγωγή των μέσων όρων των μεταβολών στα ποσοστά κάλυψης, δεν συμπεριλήφθηκαν οι χρήσεις «Οδικό Δίκτυο», «Σιδηρόδρομος», «Ποταμός, Ρέμα, Κανάλι» και «Παρόχθια ζώνη» καθώς δεν αποτελούν προϊόν της εφαρμοζόμενης διαδικασίας.

## 4.2 Εφαρμογή 1: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 5000

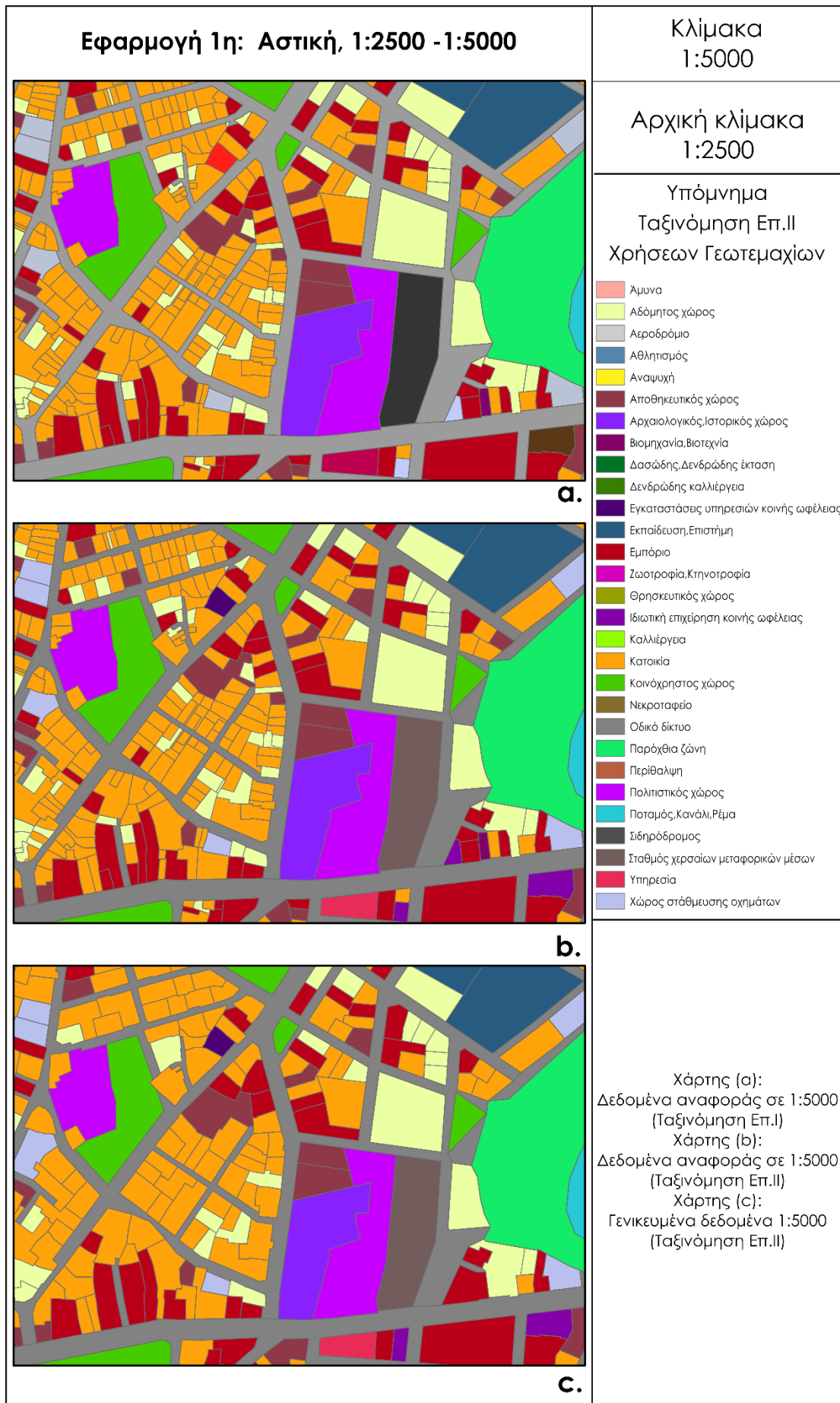
Σε αυτήν την εφαρμογή, στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:5000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων των γεωτεμαχίων, που εκφράζεται με τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 13).

Κοιτώντας των πίνακα, παρατηρούμε πως το εμβαδόν κάλυψης της κάθε χρήσης γης μεταβλήθηκε λιγότερο από 0,5 %, ενώ συγκρίνοντας τις αρνητικές τιμές και τις θετικές τιμές της μεταβολής του ποσοστού κάλυψης μπορεί να προκύψει ποιες χρήσεις ενσωματώθηκαν σε ποιες χρήσεις, η θετική τιμή σημαίνει αύξηση στην κάλυψη μιας χρήσης γης και η αρνητική σημαίνει μείωση στην κάλυψη μιας χρήσης. Επίσης, ενδιαφέρον σχολιασμού αποτελεί η εξαφάνιση της χρήσης γης «Βιομηχανία, Βιοτεχνία», αυτό σημαίνει πως τα πολύγωνα από τα οποία απαρτιζόταν η συγκεκριμένη χρήση ήταν «μικρά» για απεικόνιση και έτσι συγχωνεύθηκαν με κάποια γειτονικά τους. Η συνολική μεταβολή των ποσοστών κάλυψης των χρήσεων είναι 2,61%, γεγονός που σημαίνει πως η κατανομή των χρήσεων γης κατά την εφαρμοσμένη γενίκευση μεταβλήθηκε κατά 2,61%, ενώ ο μέσος όρος της μεταβολής των χρήσεων είναι 0,15%. Τέλος, οι χρήσεις που δεν παρουσίασαν κάποια μεταβολή είναι: «Αρχαιολογικός, Ιστορικός χώρος», «Πολιτιστικός χώρος», «Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων» και «Υπηρεσία».

Αξιολογώντας οπτικά-εμπειρικά τους χάρτες της επόμενης σελίδας, διαπιστώνεται πως δεν υπάρχουν περιοχές που προκαλούν σύγχυση στον χρήστη. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τη σύγκριση παραδειγμάτων προβληματικών περιοχών, πριν και μετά την εφαρμογή της διαδικασίας της γενίκευσης.

Πίνακας 4: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 1η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:5000	Μεταβολή ποσοστών κάλυψης (%)
Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)	Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)	(1:2500-1:5000)
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	-0,82
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	-0,23
Αρχαιολογικός, Ιστορικός χώρος	Αρχαιολογικός, Ιστορικός χώρος	0,00
Βιομηχανία, Βιοτεχνία	-	-0,16
Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	0,00
Εκπαίδευση, Επιστήμη	Εκπαίδευση, Επιστήμη	0,00
Εμπόριο	Εμπόριο	0,25
Ιδιωτική επιχείρηση κοινής κατοικία	Ιδιωτική επιχείρηση κοινής κατοικία	-0,03
Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος	1,05
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	-0,07
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	0,00
Πολιτιστικός χώρος	Πολιτιστικός χώρος	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων	Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων	0,00
Υπηρεσία	Υπηρεσία	0,00
Χώρος στάθμευσης οχημάτων	Χώρος στάθμευσης οχημάτων	-0,01
		<b>Συνολική Μεταβολή: 2,61%</b>
		<b>Μέσος όρος: 0,22%</b>



Εικόνα 13: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 1

### 4.3 Εφαρμογή 2: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1:10000 (Κλίμακα Αναφοράς 1:5000)

Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:5000, όπως προέκυψαν από την Εφαρμογή 1, και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:10000. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα III (Πίνακας 14).

Στον πίνακα της μεταβολής των ποσοστών κάλυψης παρατηρεί κανείς, πως η συνολική μεταβολή της κατανομής χρήσεων γης είναι πάνω από 8%. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξάλειψη της χρήσης «Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας» και συγχώνευση των πολυγώνων που την αποτελούν με πολύγωνα διαφορετικών χρήσεων και στην αύξηση της χρήσης «Κατοικία» κατά 3% περίπου. Σε αυτό το επίπεδο γενίκευσης, είναι λογικό η κατανομή των χρήσεων γης να επηρεαστεί περισσότερο από κάποια γενίκευση με στόχο μεγαλύτερη κλίμακα των 1:10000. Σε αυτό το σημείο, αρχίζουν να ξεχωρίζουν οι κυρίαρχες της, καθώς είναι εκείνες που παρόλη τη γενίκευση δέχονται καινούρια πολύγωνα. Η μεταβολή των ποσοστών κάλυψης χρήσεων γης σε αυτή την εφαρμογή, είναι αναμενόμενο να είναι μεγαλύτερη από εκείνη της προηγούμενης μεταβολής καθώς όχι μόνο αυξάνεται το κρίσιμο εμβαδόν (πριν 225 m<sup>2</sup>, εδώ 900 m<sup>2</sup>), αλλά μειώνονται και οι της του επιπέδου ταξινόμησης, αυτό σημαίνει πως ακόμα και κάποια πολύγωνα που σε εμβαδόν ξεπερνούσαν το κρίσιμο, παρουσίασαν μεταβολή στην κλάση των σημασιολογικών της στοιχείων.

Στον χάρτη (b), όπου φαίνονται τα δεδομένα έχοντας εφαρμόσει μόνο τον τελεστή της επαναταξινόμησης, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για γενίκευση και όχι απλά της σμίκρυνσης του χάρτη των αρχικών δεδομένων και η μεταβολή του επιπέδου αφαίρεσης των σημασιολογικών χαρακτηριστικών των πολυγώνων. Οι παρακάτω εικόνες αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις δύσκολα αναγνώσιμων περιοχών και η γενίκευση της.

Εικόνα 14: Πριν (αριστερά) και μετά τη γενίκευση (δεξιά), Εφαρμογή 2<sup>η</sup>



Όσο αφορά την οπτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, στον τρίτο χάρτη το επίπεδο λεπτομέρειας έχει φτάσει σχεδόν στο οικοδομικό τετράγωνο, δηλαδή κάποιος μπορεί να διαχωρίσει της εντός μεγάλων οικοδομικών τετραγώνων, εφόσον η κατανομή της είναι περίπου ισόποση. Στα οικοδομικά τετράγωνα, που η κατανομή διαφορετικών χρήσεων δεν είναι ισόποση, η κυρίαρχη χρήση επικρατεί των υπόλοιπων.

Σε αυτό το σημείο, της, αρχίζει να γίνεται αντιληπτή η απουσία γενίκευσης του οδικού δικτύου, καθώς κάποια κομμάτια οδών μικρού πλάτους δυσχεραίνουν την ανάγνωση και την χρήση του τρίτου



χάρτη. Ενώ το ποτάμι και η παρόχθια ζώνη, δεν φαίνεται να επηρεάζουν την ευκρίνεια της απεικόνισης παρόλο, που δεν έχουν υπεισεέλθει στη διαδικασία της γενίκευσης.

Το σύνολο της μεταβολής είναι 8,17% ενώ ο μέσος όρος 0,58%.

Πίνακας 5: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 2<sup>η</sup>

Χάρτης Αναφοράς 1:5000	Γενικευμένος Χάρτης 1:10000	Μεταβολή ποσοστών κάλυψης (%)
Χρήση Γης (Επίπεδο III)	Χρήση Γης (Επίπεδο III)	(1:5000-1:10000)
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	-1,60
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	-1,01
Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	-	-0,70
Εκπαίδευση, Επιστήμη	Εκπαίδευση, Επιστήμη	0,00
Εμπόριο	Εμπόριο	-0,77
Κατοικία	Κατοικία	3,05
Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος	0,00
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Σταθμός χειραίων μεταφορικών μέσων	Σταθμός χειραίων μεταφορικών μέσων	0,00
Υπηρεσία	Υπηρεσία	0,32
Χώρος ιστορίας, πολιτισμού	Χώρος ιστορίας, πολιτισμού	0,28
Χώρος στάθμευσης οχημάτων	Χώρος στάθμευσης οχημάτων	0,43
		<b>Συνολική Μεταβολή: 8,17%</b>
		<b>Μέσος Όρος: 0,74%</b>



Εφαρμογή 2η: Αστική, 1:5000 -1:10000	Κλίμακα 1:10000
 <p>a.</p>	<p>Αρχική Κλίμακα 1:5000</p> <p>Υπόμνημα Ταξινόμηση Επ.ΙΙΙ Χρήσεων Γεωτεμαχίων</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Άμυνα</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αδόμητος χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αεροδρόμιο</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #00ced1; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αθλητισμός, Αναψυχή</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #800000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αποθηκευτικός χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Βιομηχανία, Βιοτεχνία</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #008000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Δασώδης, Δενδρώδης έκταση</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #4b0082; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #000080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Εκπαίδευση, Επιστήμη</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ff0000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Εμπόριο</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ff00ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ζωοτροφία, Κτηνοτροφία</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Θρησκευτικός χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Καλλιέργεια</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffa500; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Κατοικία</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #32cd32; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Κοινόχρηστος χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Οδικό δίκτυο</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #00ff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Παρόχθια ζώνη</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #a0522d; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Περιβαλμη</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #00bfff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #696969; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Σιδηρόδρομος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #696969; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #dc143c; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Υψηλότητα</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #9370db; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος ιστορίας, πολιτισμού</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #b0c4de; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος στάθμευσης οχημάτων</li> </ul>
 <p>b.</p>	<p>Χάρτης (α): Δεδομένα αναφοράς σε 1:10000 (Ταξινόμηση Επ.ΙΙ)</p> <p>Χάρτης (b): Δεδομένα αναφοράς σε 1:10000 (Ταξινόμηση Επ.ΙΙΙ)</p> <p>Χάρτης (c): Γενικευμένα δεδομένα 1:10000 (Ταξινόμηση Επ.ΙΙΙ)</p>

Εικόνα 15: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 2

#### 4.4 Εφαρμογή 3: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1:25000




Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:10000, όπως προέκυψαν από την Εφαρμογή 2, και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:25000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 15).

Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα, διαπιστώνει κανείς ότι η μεταβολή που υφίσταται η κατανομή των χρήσεων γης είναι της τάξης του 7,3% και ο μέσος όρος 0,91%. Η μεταβολή αυτή είναι μικρότερη εκείνης που εμφανίζει η προηγούμενη εφαρμογή, καθώς, όπως φαίνεται και στα στατιστικά αποτελέσματα του πίνακα στο Παράρτημα ΙΙΙ, γενικεύθηκε μικρότερος αριθμός πολυγώνων.

Στην κλίμακα 1:25000 το επίπεδο λεπτομέρειας αφορά το οικοδομικό τετράγωνο, έτσι κάθε οικοδομικό τετράγωνο αποκτά την κυρίαρχη χρήση γης. Το επίπεδο ταξινόμησης ΙV, επιτρέπει τον διαχωρισμό των βασικών χρήσεων γης μέσω των οποίων μπορεί να περιγραφεί μία περιοχή (οικιακή, εμπορική και παραγωγική χρήση), ενώ μπορεί να διαπιστωθεί που υπάρχουν άλλες χρήσεις.

Πίνακας 6: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 3η

Χάρτης Αναφοράς 1:10000	Γενικευμένος Χάρτης 1:25000	Μεταβολή ποσοστών κάλυψης (%)
Χρήση Γης (Επίπεδο ΙV)	Χρήση Γης (Επίπεδο ΙV)	(1:10000-1:25000)
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	0,02
Άλλη χρήση	Άλλη χρήση	-0,30
Κοινόχρηστος Χώρος	Κοινόχρηστος Χώρος	3,64
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Χώρος Εμπορικής Χρήσης	Χώρος Εμπορικής Χρήσης	-1,32
Χώρος οικιακής χρήσης	Χώρος οικιακής χρήσης	-2,03
		<b>Συνολική Μεταβολή: 7,32%</b>
		<b>Μέσος όρος: 1,42%</b>

<p><b>Εφαρμογή 3η: Αστική, 1:10000 -1:25000</b></p>	<p>Κλίμακα 1:25000</p>
<div style="text-align: center;">  <p><b>a.</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>b.</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>c.</b></p> </div>	<p>Αρχική Κλίμακα 1:10000</p> <p>Υπόμνημα Ταξινόμηση Επ.ΙV Χρήσεων Γεωτεμαχίων</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4F81BD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Άλλη χρήση</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFF2CC; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αδόμητος χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4CAF50; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Δασώδης, Δενδρώδης έκταση</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8BC34A; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Καλλιέργεια</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4CAF50; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Κοινόχρηστος Χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #A9A9A9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Οδικό δίκτυο</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00E676; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Παρόχθια ζώνη</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00BCD4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #545454; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Σιδηρόδρομος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #C00000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος Εμπορικής Χρήσης</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8E24AA; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος Παραγωγής</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF9800; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος οικιακής χρήσης</li> </ul>
	<p>Χάρτης (α): Δεδομένα αναφοράς σε 1:25000 (Ταξινόμηση Επ.ΙΙΙ)</p> <p>Χάρτης (β): Δεδομένα αναφοράς σε 1:25000 (Ταξινόμηση Επ.ΙV)</p> <p>Χάρτης (γ): Γενικευμένα δεδομένα 1:5000 (Ταξινόμηση Επ.ΙV)</p>

Εικόνα 16: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 3

#### 4.5 Εφαρμογή 4: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 10000 (b)

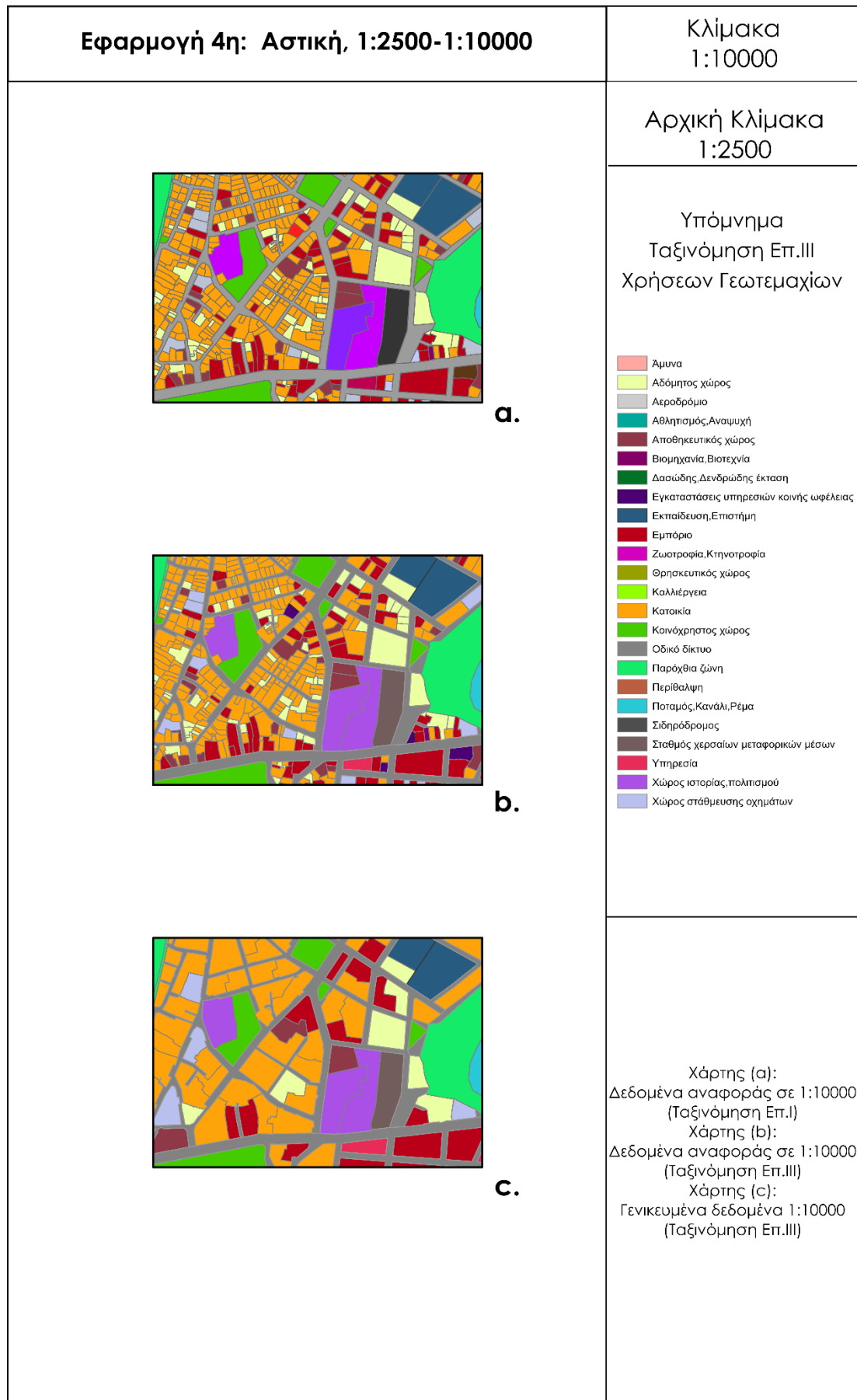
Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:10000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 16). Σκοπός αυτής και της επόμενης εφαρμογής, είναι η διαπίστωση εάν η μεθοδολογία που προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μπορεί να εφαρμοστεί σε δεδομένα κλίμακας 1:2500 με σκοπό την παραγωγή χαρτών αρκετά μικρότερης κλίμακας (1:10000 και 1:25000) χωρίς τη σταδιακή γενίκευσή τους.

Παρατηρώντας τους χάρτες αυτής της εφαρμογής και της εφαρμογής 2, διαπιστώνεται πως δεν υπάρχει διαφορά στο αποτέλεσμα της γενίκευσης, γεγονός που υποστηρίζει τη θεώρηση πως η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα αναφοράς με σκοπό τη γενίκευση σε κλίμακα 1:10000 χωρίς να υπάρχει η ανάγκη δημιουργίας ενδιάμεσης κλίμακας 1:5000.

Αυτό που αλλάζει, όπως είναι αναμενόμενο, είναι οι στατιστικοί πίνακες του αποτελέσματος καθώς αλλάζει το κρίσιμο όριο που καθορίζει ποια πολύγωνα υφίστανται συγχώνευση. Ενώ, η χρήση «Εκπαίδευση, Επιστήμη» δε μεταβλήθηκε.

Πίνακας 7: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 4η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:10000	Μεταβολή ποσοστού κάλυψης (%)
<b>Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙΙ)</b>	<b>Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)</b>	<b>(1:2500-1:10000)</b>
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	-2,42
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	-1,24
Βιομηχανία, Βιοτεχνία	Βιομηχανία, Βιοτεχνία	-0,16
Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	-0,73
Εκπαίδευση, Επιστήμη	Εκπαίδευση, Επιστήμη	0,00
Εμπόριο	Εμπόριο	-0,52
Κατοικία	Κατοικία	4,10
Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος	-0,07
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων	Σταθμός χερσαίων μεταφορικών μέσων	0,00
Υπηρεσία	Υπηρεσία	0,32
Χώρος ιστορίας, πολιτισμού	Χώρος ιστορίας, πολιτισμού	0,28
Χώρος στάθμευσης οχημάτων	Χώρος στάθμευσης οχημάτων	0,43
		<b>Συνολική Μεταβολή: 6,25%</b>
		<b>Μέσος όρος: 0,86%</b>



Εικόνα 17: Χάρτης αποτελεσμάτων εφαρμογής 4

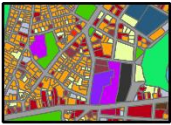


#### 4.6 Εφαρμογή 5: Γενικευμένος χάρτης αστικής περιοχής, κλίμακας 1: 25000 (b)

Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:25000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα III (Πίνακας 17). Σκοπός αυτής και της προηγούμενης εφαρμογής, είναι η διαπίστωση εάν η μεθοδολογία που προτείνεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μπορεί να εφαρμοστεί σε δεδομένα κλίμακας 1:2500 με σκοπό την παραγωγή χαρτών αρκετά μικρότερης κλίμακας (1:10000 και 1:25000) χωρίς τη σταδιακή γενίκευσή τους.

Παρατηρώντας τους χάρτες της επόμενης σελίδας διαπιστώνεται, πως δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ αυτής της εφαρμογής και της εφαρμογής 3. Όπως ήταν αναμενόμενο οι πίνακες των αποτελεσμάτων μεταβλήθηκαν αφού το κρίσιμο όριο μεταβλήθηκε και περισσότερα πολύγωνα εισέρχονται στη διαδικασία.

Πίνακας 8: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 5η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:25000	Μεταβολή στα ποσοστά κάλυψης (%) (1:2500-1:25000)
Χρήση Γης (Επίπεδο II)	Χρήση Γης (Επίπεδο II)	
Χώρος Παραγωγής	Χώρος Παραγωγής	-0,16
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	0,00
Άλλη χρήση	Άλλη χρήση	-0,43
Κοινόχρηστος Χώρος	Κοινόχρηστος Χώρος	3,57
Χώρος οικιακής χρήσης	Χώρος οικιακής χρήσης	2,50
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Χώρος Εμπορικής Χρήσης	Χώρος Εμπορικής Χρήσης	-3,08
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	-2,40
		<b>Συνολική Μεταβολή: 12,14%</b>
		<b>Μέσος όρος: 2,02%</b>

Εφαρμογή 5η: Αστική, 1:2500 -1:25000	Κλίμακα 1:25000
<div style="text-align: center;">  <p><b>a.</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>b.</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>c.</b></p> </div>	<p style="text-align: center;">Αρχική Κλίμακα 1:2500</p> <p style="text-align: center;">Υπόμνημα Ταξινόμηση Επ.ΙV Χρήσεων Γεωτεμαχίων</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4a7ebb; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Άλλη χρήση</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #fff9c4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Αδόμητος χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Δασώδης, Δενδρώδης έκταση</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Καλλιέργεια</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #32cd32; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Κοινόχρηστος Χώρος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #a9a9a9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Οδικό δίκτυο</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00ff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Παρόχθια ζώνη</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00bfff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #696969; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Σιδηρόδρομος</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος Εμπορικής Χρήσης</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος Παραγωγής</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffa500; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Χώρος οικιακής χρήσης</li> </ul>
	<p style="text-align: center;">Χάρτης (α): Δεδομένα αναφοράς σε 1:25000 (Ταξινόμηση Επ.Ι)</p> <p style="text-align: center;">Χάρτης (b): Δεδομένα αναφοράς σε 1:25000 (Ταξινόμηση Επ.ΙV)</p> <p style="text-align: center;">Χάρτης (c): Γενικευμένα δεδομένα 1:25000 (Ταξινόμηση Επ.ΙV)</p>

Εικόνα 18: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογή 5

#### 4.7 Εφαρμογή 6: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:5000

Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:5000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 18). Σκοπός αυτής και των επόμενων εφαρμογών είναι η διαπίστωση, εάν η προτεινόμενη μεθοδολογία γενίκευση μπορεί να εφαρμοστεί σε μη αστικές περιοχές.

Όπως παρατηρούμε τόσο στον πίνακα μεταβολή ποσοστών κάλυψης, όσο στους χάρτες και στα αποτελέσματα στο Παράρτημα ΙΙΙ, η μεθοδολογία εφαρμόζεται στα μη αστικά δεδομένα. Ωστόσο παρατηρούνται μικρότερες μεταβολές στα αρχικά δεδομένα επειδή τα πολύγωνα στις μη αστικές περιοχές έχουν μεγαλύτερο εμβαδόν με αποτέλεσμα πολύ λίγα να μην υπερβαίνουν το κρίσιμο όριο της γενίκευσης.

Πίνακας 9: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 6η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:5000	Μεταβολή στα ποσοστά κάλυψης (%) (1:2500-1:5000)
Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)	Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)	
Ακάλυπτη έκταση	Ακάλυπτη έκταση	0,00
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	0,05
Αστικός αδόμητος χώρος	Αστικός αδόμητος χώρος	-0,12
Βιομηχανία, Βιοτεχνία	Βιομηχανία, Βιοτεχνία	0,00
Διοίκηση, Υπηρεσία	Διοίκηση, Υπηρεσία	0,07
Καλλιέργεια	Καλλιέργεια	0,00
Κατοικία	Κατοικία	-0,06
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Χώρος στάθμευσης οχημάτων	Χώρος στάθμευσης οχημάτων	0,06
		<b>Συνολική Μεταβολή: 0,35%</b>
		<b>Μέσος όρος: 0,04%</b>





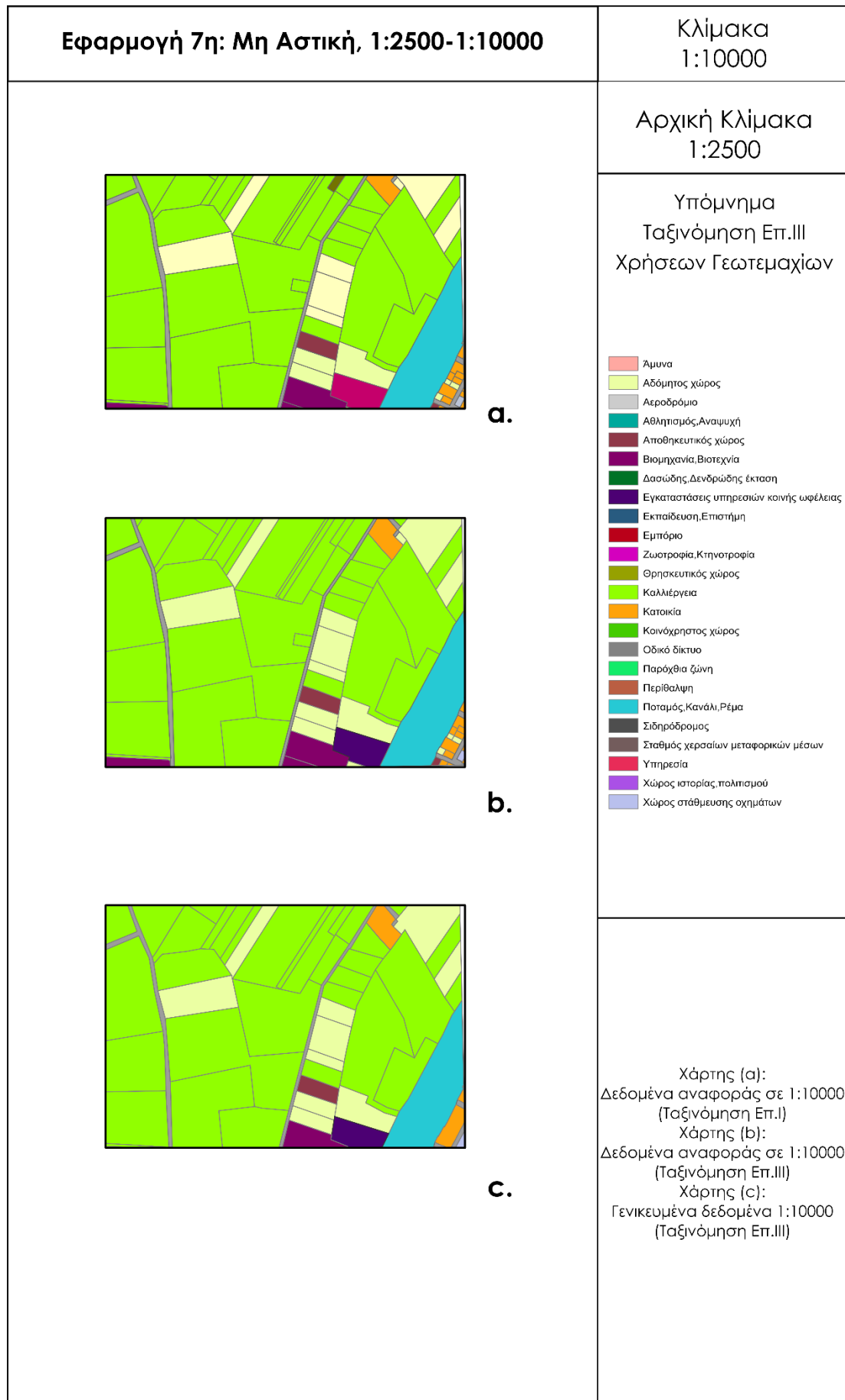
Εικόνα 19: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 6

#### 4.8 Εφαρμογή 7: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:10000

Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:10000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 19). Σκοπός αυτής της εφαρμογής είναι η διαπίστωση, εάν η προτεινόμενη μεθοδολογία γενίκευση μπορεί να εφαρμοστεί σε μη αστικές περιοχές.

Πίνακας 10: Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 7η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:10000	Μεταβολή στα ποσοστά κάλυψης (%)
Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙ)	Χρήση Γης (Επίπεδο ΙΙΙ)	(1:2500-1:10000)
Οδικό δίκτυο και ποταμός	Οδικό δίκτυο και ποταμός	0,00
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	-0,19
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	0,05
Βιομηχανία, Βιοτεχνία	Βιομηχανία, Βιοτεχνία	0,00
Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας	0,07
Καλλιέργεια	Καλλιέργεια	0,00
Κατοικία	Κατοικία	0,02
Χώρος στάθμευσης οχημάτων	Χώρος στάθμευσης οχημάτων	0,06
		<b>Συνολική Μεταβολή: 0,39%</b>
		<b>Μέσος όρος: 0,06%</b>



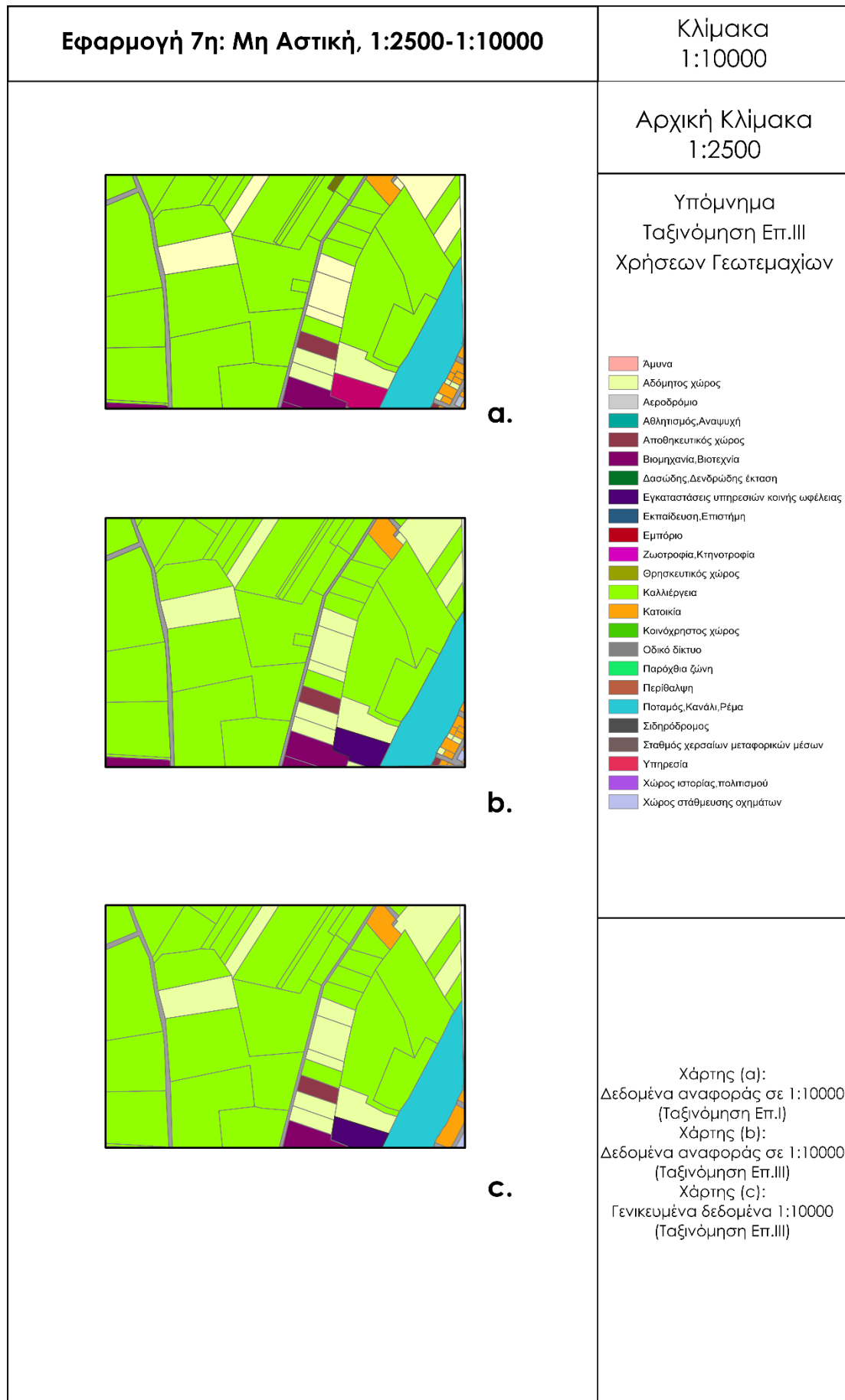
Εικόνα 20: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 7

#### 4.9 Εφαρμογή 8: Γενικευμένος χάρτης μη αστικής περιοχής, κλίμακας 1:25000

Σε αυτή την εφαρμογή, το στοιχείο εισόδου είναι τα δεδομένα σε κλίμακα 1:2500 και στοιχείο εξόδου είναι τα γενικευμένα δεδομένα κλίμακας 1:25000. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές της κατανομής των χρήσεων γης, μετρούμενες από τη μεταβολή στο ποσοστό κάλυψης της κάθε χρήσης, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται ο χάρτης των αρχικών δεδομένων και ο χάρτης των τελικών δεδομένων. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος αυτού φαίνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 19). Σκοπός αυτής της εφαρμογής είναι η διαπίστωση, εάν η προτεινόμενη μεθοδολογία γενίκευση μπορεί να εφαρμοστεί σε μη αστικές περιοχές.

Πίνακας 11:Μεταβολή ποσοστών κάλυψης, Εφαρμογή 8η

Χάρτης Αναφοράς 1:2500	Γενικευμένος Χάρτης 1:25000	Μεταβολή στα ποσοστά κάλυψης (%)
<b>Χρήση Γης (Επίπεδο IV)</b>	<b>Χρήση Γης (Επίπεδο IV)</b>	<b>(1:2500-1:25000)</b>
Αδόμητος χώρος	Αδόμητος χώρος	3,19
Άλλη χρήση	Άλλη χρήση	-1,38
Καλλιέργεια	Καλλιέργεια	2,20
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	0,00
Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	Ποταμός, Κανάλι, Ρέμα	0,00
Χώρος Εμπορικής Χρήσης	Χώρος Εμπορικής Χρήσης	-0,60
Χώρος οικιακής χρήσης	Χώρος οικιακής χρήσης	-0,73
Χώρος Παραγωγής	Χώρος Παραγωγής	-2,68
		<b>Συνολική Μεταβολή: 10,78%</b>
		<b>Μέσος όρος: 1,79%</b>



Εικόνα 21: Χάρτες αποτελεσμάτων εφαρμογής 8

#### 4.10 Συνολικός σχολιασμός αποτελεσμάτων

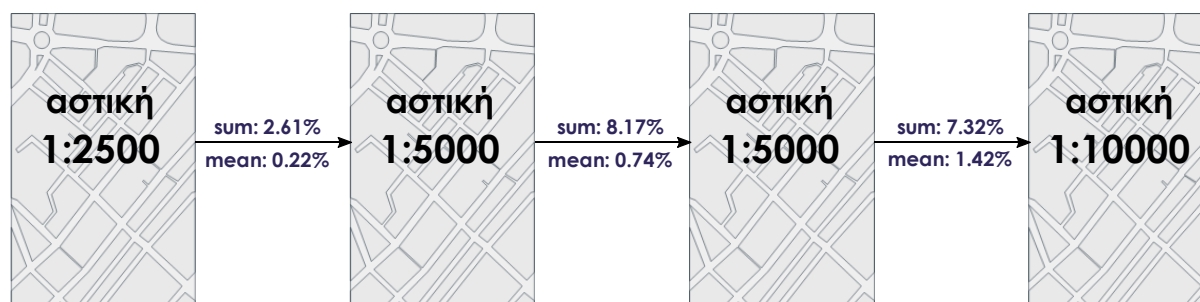
Τα στοιχεία των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των εφαρμογών είναι οι παράγωγοι χάρτες και οι στατιστικοί δείκτες. Οι παράγωγοι χάρτες αποτελούν ένα ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης καθώς κάνουν πιο εύληπτες τις μεταβολές που γίνονται στα δεδομένα. Οι στατιστικοί δείκτες που εξάγονται αφορούν τη μεταβολή στην κατανομή των χρήσεων των γεωτεμαχίων και είναι: το ποσοστό μεταβολής του εμβαδού κάθε χρήσης, τα μέγιστα και τα ελάχιστα εμβαδά πριν και μετά την εφαρμογή καθώς και η μεταβολή τους, η συνολική τιμή της μεταβολής των ποσοστών κάλυψης και ο μέσος όρος της.

Παρατηρώντας συνολικά τα αποτελέσματα διαπιστώνει κανείς, πως οι συνολικές μεταβολές που έγιναν στην κατανομή των χρήσεων σε καμία εφαρμογή δεν ξεπερνά το 10%, ενώ ο μέσος όρος της μεταβολής των ποσοστών κάλυψης κάθε εφαρμογής δεν ξεπερνά το 3%. Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η σύνοψη των αποτελεσμάτων των εφαρμογών.

Οι διαφορές μεταξύ της σταδιακής γενίκευσης και της αστεροειδής (από μία κλίμακα πολλοί παράγωγοι χάρτες διαφορετικής κλίμακας) διαπιστώνεται είναι οι αναμενόμενες, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές για την αστεροειδή γενίκευση αφού γενικεύεται μεγαλύτερο πλήθος πολυγώνων.

Άξιο σχολιασμού είναι τα ελάχιστα εμβαδά κάθε χρήση πριν και μετά την γενίκευση. Ενώ περιμένει κανείς την ανυπαρξία εμβαδού μικρότερου του κρίσιμου ελάχιστου ορίου, η ύπαρξη χαμηλών τιμών. Αυτό οφείλεται στην επιλογή του τελεστή της συγχώνευσης με γειτονικά πολύγωνα, γεγονός που σημαίνει πως εάν κάποιο πολύγωνο δεν έχει γειτονικό, δηλαδή γειτνιάζει με κάποια πολύγωνα με χρήση από τις χρήσεις που δε συμπεριλήφθηκαν στη γενίκευση, δεν μπορεί να συγχωνευθεί και παραμένει στην απεικόνιση.

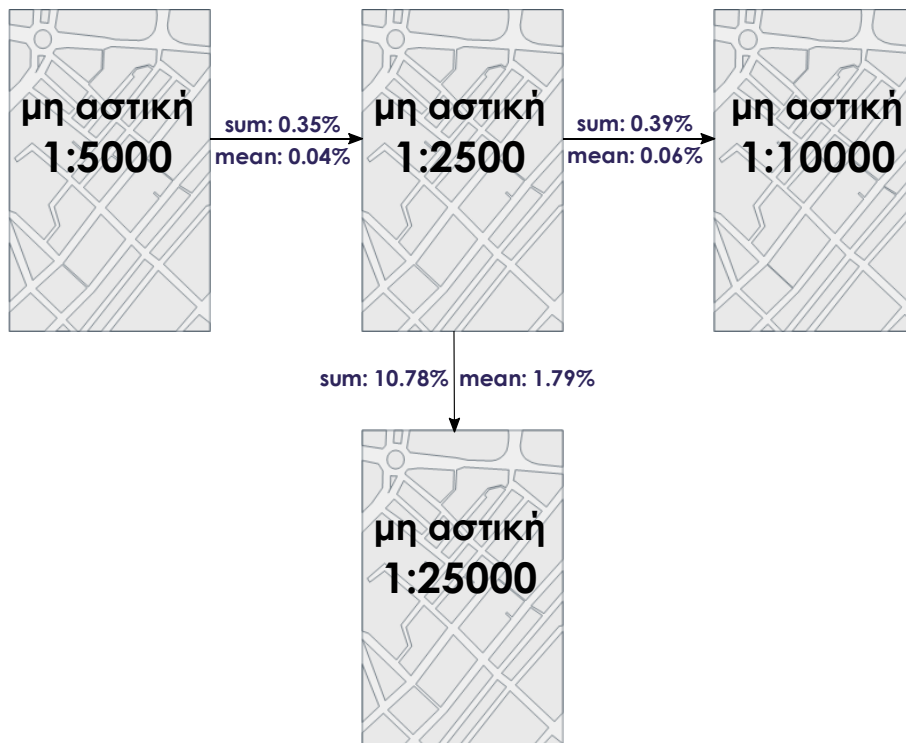
Γράφημα 13: Συνοπτικά αποτελέσματα κλιμακωτή γενίκευση αστική περιοχή



Γράφημα 14: Συνοπτικά αποτελέσματα αστεροειδής γενίκευση με αρχική κλίμακα 1:2500 αστική περιοχή



Γράφημα 15: Συνοπτικά αποτελέσματα αστεροειδής γενίκευση με αρχική κλίμακα 1:2500 μη αστική περιοχή



## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> Συμπεράσματα και επεκτάσεις

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η ανάπτυξη και η υλοποίηση μιας εφαρμογής αυτόματης χαρτογραφικής γενίκευσης σε περιβάλλον του ΣΓΠ ArcGIS, για τα χωρικά δεδομένα του Κτηματολογικού Διαγράμματος της ΕΚΧΑ για την Λάρισα. Έπειτα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση στο αντικείμενο της γενίκευσης, παρατίθεται η εννοιολογική προσέγγιση του προβλήματος και ο τρόπος υλοποίησης του.

Αρχικά, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία για τον εννοιολογικό σχεδιασμό του προτεινόμενου αλγόριθμου επίλυσης η οποία στηρίζεται: στην επιλογή των πολυγώνων εκείνων που η επιφάνεια τους είναι πολύ μικρή για την απεικόνιση, στην εύρεση του βέλτιστου γείτονα του καθενός και στη συγχώνευση του με αυτόν. Η επιλογή των πολυγώνων προς γενίκευση γίνεται βάσει χαρτογραφικού κριτηρίου που δημιουργείται από το κρίσιμο ελάχιστο εμβαδόν, όπως ορίζεται από τον χρήστη. Η εύρεση του βέλτιστου γείτονα στηρίζεται σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μεγαλύτερος βαθμός γειτνίασης) και θεματικά χαρακτηριστικά (χρήση γης στην κλίμακα αναφοράς και στην κλίμακα του παράγωγου χάρτη). Η υλοποίηση του αλγορίθμου έγινε με τη γλώσσα προγραμματισμού ρυθον και με χρήση συναρτήσεων της βιβλιοθήκης ArcPy. Σύμφωνα με τους χάρτες και τους πίνακες των αποτελεσμάτων, φαίνεται πως ο προτεινόμενος αλγόριθμος μπορεί να εφαρμοστεί για τη γενίκευση των χωρικών πολυγωνικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος κλίμακας αναφοράς 1:2500 για την παραγωγή χαρτών 1:5000, 1:10000, 1:25000.

Ο αλγόριθμος βασίζεται στο μοντέλο Simple Feature (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) της OGC και μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περιβάλλον που υποστηρίζει αυτή τη δομή, την εύρεση γειτονικών πολυγώνων, τον υπολογισμό ορίων και τη συγχώνευση.

Με τον αλγόριθμο αυτό υλοποιούνται κριτήρια (γεωμετρικά και θεματικά) με βάση τον αναλυτικό προσδιορισμό μέσω εργαλείων του GIS, για την αναγνώριση του βέλτιστου γειτονικού πολυγώνου, τα οποία μπορούν να μεταβληθούν στις ανάγκες του χρήστη. Για παράδειγμα, μπορεί σε κάποιο αρχικό στάδιο να καθοριστούν οι χρήσεις γεωτεμαχίων που θέλει ο χρήστης να εμφανίζονται στον παράγωγο χάρτη και τα κριτήρια να υλοποιούνται βάση αυτών. Μπορεί ακόμα, να προσθέσει κανείς τη σύγκριση και κατηγοριών ενδιάμεσων κλιμάκων ή ακόμα ένταξη συντελεστών βάρους στα γεωμετρικά και θεματικά κριτήρια κατά περίπτωση.

Αρχικά, η εφαρμογή θα αναπτυσσόταν στο περιβάλλον του ArcMap με τη χρήση του Model Builder, ωστόσο υπήρξαν περιορισμοί στην χρήση επαναληπτικών και λογικών τελεστών και έτσι κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού ρυθον και η χρήση των συναρτήσεων της βιβλιοθήκης arcpy.

Η προτεινόμενη εφαρμογή μπορεί πέρα από τη χαρτογραφική γενίκευση πολυγώνων κτηματολογικού διαγράμματος, μπορεί να εφαρμοστεί σε άλλες περιπτώσεις γενίκευσης συνεχών πολυγωνικών δεδομένων όπως σε γεωλογικούς χάρτες, χάρτες κάλυψης όπως Corine. Ακόμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συνένωση άλλων ιδιοτήτων του κτηματολογικού διαγράμματος που συνδέονται και με τη γεωμετρία των οικοπέδων. Βέβαια, κάθε φορά πρέπει να ληφθούν υπόψη η φύση των αρχικών και των προβλεπόμενων δεδομένων για τον καθορισμό των κριτηρίων συγχώνευσης.



Τέλος, ενώ στη παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια που αφορούν την χαρτογραφική γενίκευση, δηλαδή το ελάχιστο κρίσιμο εμβαδόν, μπορεί να γίνει χρήση του αλγορίθμου για τη γενίκευση μοντέλου με κριτήρια που αφορούν τη λεπτομέρεια καταγραφής σε μία βάση δεδομένων, ή ακόμα και με το χαρτογραφικό κριτήριο ελάχιστου εμβαδού για χάρτες οθόνης.

Όσο αφορά την περαιτέρω έρευνα του αντικείμενου, ο αλγόριθμος που προτείνεται μπορεί να υλοποιηθεί σε περιβάλλον διαφορετικό του ArcGIS χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία. Η διερεύνηση της υλοποίησης του αλγορίθμου με εργαλεία άλλων (ανοιχτών) λογισμικών ή Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (όπως το QGIS), αποτελεί ενδιαφέρον αντικείμενο διερεύνησης.

Τα κτηματολογικά διαγράμματα, εκτός από την χωρική πληροφορία που περιγράφει τα γεωτεμάχια, περιλαμβάνει χωρική πληροφορία και για άλλες οντότητες όπως το οδικό δίκτυο, τα ποτάμια και ο σιδηρόδρομος. Αυτές οι οντότητες αν και αποτελούν εγγραφές στη χωρική βάση δεδομένων, εξαιρέθηκαν από τη διαδικασία της προτεινόμενης γενίκευσης εξαιτίας της διαφορετικής τους γεωμετρίας (η γεωμετρία τους είναι γραμμική ενώ των γεωτεμαχίων είναι πολυγωνική). Η διαφορετική γεωμετρία καθιστά αναγκαία τη χρήση διαφορετικών μέσων για τη γενίκευσή τους. Στη σχετική βιβλιογραφία προτείνονται αρκετές διαφορετικές λύσεις για τη γενίκευση τέτοιων οντοτήτων, και θα ήταν ενδιαφέρον η διερεύνηση τους και η υλοποίησή τους για τα συγκεκριμένα δεδομένα.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Βιβλιογραφικές Αναφορές

Alves, M., Loch, C., Henrique de Oliveira, Fr. (2010). *Digital Cartographic Generalization for Database of Cadastral Maps*. Ημερομηνία ανάκτησης: 26/02/2019, από: [https://www.researchgate.net/publication/242778621\\_Digital\\_Cartographic\\_Generalization\\_for\\_Database\\_of\\_Cadastral\\_Maps](https://www.researchgate.net/publication/242778621_Digital_Cartographic_Generalization_for_Database_of_Cadastral_Maps)

Baella, Bl. & Pla, M. (2005). *An example of database generalization workflow: the Topographic Database of Catalonia at 1:25.000*. Istitut Cartografic de Catalunya.

Baella, Bl. & Pla, M. (2005). *MAP GENERALIZATION TO OBTAIN THE TOPOGRAPHIC MAP OF CATALONIA 1:10.000*. Istitut Cartografic de Catalunya.

Buckley, Ail., Frye, Ch., Battenfield, B. & Hultgren, T. (2005). *An Information Model for Maps: Towards Cartographic Production from GIS Databases*. Ανακτήθηκε: 26/02/2019, από ιστοσελίδα: <https://www.cartogis.org/docs/proceedings/2005/buckley.pdf>

Burghardt, D., Duchêne, C. & Mackaness W. (2014). *Abstracting Geographic Information in a Data Rich World, Methodologies and Applications of Map Generalisation*. Springer International Publishing. Switzerland.

Cebrykow, P. (2017). *Cartographic generalization yesterday and today*. Polish Cartographical Review, Vol. 49, no. 1, 5-15

Chaudhry, Om., Mackaness, W. & Regnaud, N. (2009). *A fuctional perspective on map generalisation*. Elsevier. Computers, Environment and Urban Systems 33 (2009) 349–362. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2009.07.002

Davis, Cl. & Laender, Alb. (1999). *Multiple Representations in GIS: Materialization and Spatial Analysis Operations*. ACM GIS '99 11/99 Kansas City, MO USA

Dimov, D., Palomar, J. & Ruiz, L. (2014). *AUTOMATED GENERALIZATION OF LAND-USE DATA WITH GIS-BASED PROGRAMMING*. gis.SCIENCE 3 (2014) 109-120.

Forte, O., Käuferle, D. & Streit, Ch. (2016). *The new 1:10 000 national map-defines new scales*. Ανακτήθηκε: 26/02/2019, από ιστοσελίδα: <https://www.swisstopo.admin.ch>

Gao, W., Zhilin, j. & Zhilen Li (2004). *Thematic Knoledge for thw Generalization of Land Use Data*. The Cartographic Journal Vol. 41 No. 3 pp. 245–252 December 2004.

Hampe, M. & Sester, M. (2002). *Real-time integration and generalization of spatial data for mobile applications*. Institute for cartography and geoinformatics, University of hannover. Germany.

Hampe, M., Anders, K. and Sester, M. (2003). *MRDB APPLICATIONS FOR DATA REVESION AND REAL-TIME GENERALISATION*. Proceedings of the 21 st International Cartographic Conference (ICC) 'Cartographic Renaissance' . Pp. 192-202.

Hanus, P., Peska-Siwik, Agn. & Szewczyk, R. (2017). *Spatial analysis of the accuracy of the cadastral parcel boundaries*. Elsevier Computers and Electronics in Agriculture 144 (2018) 9–15.

Hardy, P. (2000). Multi-Scale Database Generalisation For Topographic Mapping, Hydrography and Web-Mapping, Using Active Object Techniques. IAPRS, Vol. XXXII, Amsterdam

Harrie, L. & Weibel, R. (2007). *Modelling the Overall Process of Generalisation*. Στο: W. Mackaness,

A. Ruas, and L. T. Sarjakoski (eds.), 2007. *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*, Elsevier.

Hauert, J. & Wolff, Al. (2010). *Area aggregation in map generalisation by mixed-integer programming*. International Journal of Geographical Information Science. 24. 1871-1897. 10.1080/13658810903401008.

Κανέλλου, Φ. (2006). *Ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση αλγορίθμων απλοποίησης χαρτογραφικών γραμμών*(Μεταπτυχιακή Εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Klajnsek, Gr. & Zalik, B. (2003). *Merging polygons with uncertain boundaries*. Elsevier Computers & Geosciences 31 (2005) 353–359. doi:10.1016/j.cageo.2004.09.022

Lee, D. & Hardy, P. (2006). *Design and Experience of Generalization Tools*. Ημερομηνία ανάκτησης: [26/02/2019], Ανακτήθηκε από: [https://www.researchgate.net/profile/Paul\\_Hardy/publication/228950686\\_Design\\_and\\_Experience\\_of\\_Generalization\\_Tools/links/53d013ed0cf25dc05cfdc38d/Design-and-Experience-of-Generalization-Tools.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paul_Hardy/publication/228950686_Design_and_Experience_of_Generalization_Tools/links/53d013ed0cf25dc05cfdc38d/Design-and-Experience-of-Generalization-Tools.pdf)

Li Zhilin (2007). Digital Map Generalization at the Age of Enlightenment: a Review of the First Forty Years. The Cartographic journal Vol. 44 No. 1 pp. 80–93 February 2007

Liu, Y.L., Jiao, L.M. & Liu, Y.F. (2010). *LAND USE DATA GENERALIZATION INDICES BASED ON SCALE AND LANDSCAPE PATTERN*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 38, Part II

MCMaster, R. & Shea, St. (1992). *Generalization in digital cartography*. Washington DC: Association of American Geographers.

Park, W., Yu, K. (2011). Generating Multiple Scale Model for the Cadastral Map using Polygon Generalization Methodology. 14th ICA/ISPRS Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 2011, Paris

Robinson, Arth., Morrison, J., Muehrcke, Ph., Kimerling, A. & Guptill, St. (1995). *Elements of Cartography*. Εκδόσεις: John Wiley & Sons, Inc. Ελληνική Έκδοση: *Στοιχεία Χαρτογραφίας*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Rupasinghe, B. (2006). *Modelling Topographic Information in Sri Lanka within a Multiple Representation Database Management System* (Μεταπτυχιακή Εργασία). International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Enschede.

Savino, S., Rumor, M. & Congiu, S. (2011). *AUTOMATED CARTOGRAPHIC GENERALIZATION IN ITALY*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVII-4/C21

Sester, M., Anders, K., Walter, V. (1998). *Linking Objects of Different Spatial Data Sets By Intergration and Aggregation*. *GeoInformatica* 2:4, 335–358 . Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands.

Σκοπελίτη, Αντ. & Τσούλος Λ. (2011) *Best Practices for Polygon Generalisation from medium to small Scale in a GIS Framework*.

Smaalen van ,J. (2003). *Automated Aggregation of Geographic Objects. A new Approach the the Conceptual Generalisation of Geographic Datasets*. Doctoral Dissertation Wageningen University The Netherlands.

Spiees, Er., Baumgartner Uel., Arn, St., Vez, Cl. (2005). *Topographic maps : map graphics and generalisation*. Swiss Society of Cartography. Swiss Society of Cartography. Zurich.

Stanislawski, L., Buitenfield, B., Bereuter, P., Savino, S. & Brewer, C. (2014). Generalisation Operators. Στο: *Abstracting Geographic Information in a Data Rich World Methodologies and Applications of Map Generalisation*. DOI 10.1007/978-3-319-00203-3

Steiniger, St. & Weibel R. (2005). *Relations and Structures in Categorical Maps*. 8th ICA WORKSHOP on Generalisation and Multiple Representation, A Coruña (Spain), July 7-8th.

Steiniger, St. & Weibel, R. (2005). A CONCEPTUAL GRAMEWORK FOR AUTOMATED GENERALIZATION AND ITS APPLICATION TO GEOLOGIC AND SOIL MAPS. Conference: XXII. International Cartographic Conference, At La Coruña, Spain.

Stern., B., Hurni, L., Werner, M. & Wiesmann, S. (2014). Generalisation of Map Data. Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA). Ανακτήθηκε: 26/02/2019, από ιστοσελίδα: <http://www.gitta.info/Generalisati/en/text/Generalisati.pdf>

Stoter, J. (2005). *GENERALISATION WITHIN NMA'S IN THE 21ST CENTURY*. ITC, International Institute for geo-information science and earth observation. Enschede, the Netherlands. Ανακτήθηκε: 26/02/2019, από: [https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2005/htm/pdf/oral/TEMA9/Session%207/JANTIEN%20STOTER.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2005/htm/pdf/oral/TEMA9/Session%207/JANTIEN%20STOTER.pdf)

Stoter, J., Burghardt, D., Duchêne, C., Baella, B., Bakker, N., Blok, C., Pla, M., Regnauld, N., Touya, G., Schmid, St. (2009). *Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software*. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 33 Issue 5. 311-324.

Stoter, J., Nijhuis, R., Post, M., van Altena, V., Bulder, J., Bruns, B., & van Smaalen, J. (2011). *Feasibility study on automated generalisation production line for multiscale topographic products*. 14 th Workshop of the ICA commission on Generalisation and Multiple Representation 30 th of June and 1 st of July, Paris

Stoter, J., Post, M., van Vincent, Alt., Nijhuis, R., Bruns, B. (2013). *Fully automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data*. *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 41, No.1 1-13

Stoter, J., van Smaalen, J., Bakker, N., Hardy, P. (2009). *Specifying Map Requirements for Automated Generalization of Topographic Data*. *The Cartographic Journal*. Vol. 46 No.3, 214-227.

Τσούλος, Λ. (1995). *Cartographic generalization in digital enviroment*. Internationa Hydrographic Review. LXXII (2). Μόναχο.

Τσούλος, Λ. (2008). Ψηφιακή Χαρτογραφία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Ανδρ. & Στάμου Λ. (2015). Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, ΣΕΑΒ. Αθήνα. Ανακτήθηκε: [26/02/2019], από ιστοσελίδα: kallipos.gr

van Altena, V., Bakermans, J., Lentjes, P., Nijhuis, R., Post, M., Reuvers, M. & Stoter, J. (2014). *Generalisation of a 1:10k map from municipal data. This research is supported by the Dutch Technology Foundation STW, which is part of the Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO), and which is partly funded by the Ministry of Economic Affairs (Project code: 11300)*.

Vetter, An. (2014). *The automatic generalisation of buildings whilst maintaining the settlement structure: A case study based on the 1:50'000 Swiss National Map Series* (Μεταπτυχιακή Εργασία). Vienna University of Techology, Ζυρίχη.

Weibel, R. & Dutton, G. (1999). "Generalising spatial data and dealing with multiple representations," in P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire and D.W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, Second Edition, GeoInformation International: Cambridge, 125-155.

Wilson, Ian, Ware, M. & Ware, And. (2003). *A Genetic Algorith approach to cartographic map generalisation*. Elsevier Computers in Industry 52 (2003) 291–304

Yadav, P. (2015). *AUTOMATED GENERALIZATION OF LAND-USE/LAND-COVER* (Διδακτορική Διατριβή). Faculty of Geo-information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, The Netherlands

Παράρτημα I  
Πίνακας Επιπέδων Ταξινομήσεων

Παράρτημα II  
Πίνακες αποτελεσμάτων

## Σχήμα Ταξινόμησης

Πίνακας 12: Ταξινομήσεις κλάσεων χρήσης γης διαφορετικών κλιμάκων

Επίπεδο I	Επίπεδο II	Επίπεδο III	Επίπεδο IV
Σταθμός χερσαίων ΜΜΜ	Σταθμός χερσαίων ΜΜΜ	Σταθμός χερσαίων ΜΜΜ	Άλλη χρήση
Εκπαίδευση/Επιστήμη	Εκπαίδευση/Επιστήμη	Εκπαίδευση/Επιστήμη	
Περίθαλψη	Περίθαλψη	Περίθαλψη	
Δημόσια υπηρεσία	Υπηρεσίες	Υπηρεσίες	
Κοινωφελής υπηρεσία/Διοίκηση			
Τράπεζα/Γραφείο/Επιχείρηση	Ιδιωτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας	Εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας	
Πρατήριο καυσίμων			
Τηλεπικοινωνίες	Εγκαταστάσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας		
Ενέργεια			
Χώρος επεξεργασίας λυμάτων			
Άμυνα	Άμυνα		
Αθλητισμός	Αθλητισμός/Αναψυχή	Αθλητισμός/Αναψυχή	
Αναψυχή			
Αρχαιολογικός χώρος	Αρχαιολογικός/Ιστορικός χώρος	Χώροι ιστορίας/θρησκείας/πολιτισμού	
Ιστορικός χώρος			
Πολιτιστικός χώρος			
Θρησκευτικός χώρος			
Νεκροταφείο	Νεκροταφείο		
Δενδρώδης έκταση	Δασώδης/Δενδρώδης έκταση		
Δασώδης έκταση			

Χαρτογραφική γενίκευση χωρικών δεδομένων κτηματολογικού διαγράμματος Παράρτημα

Αροτραία έκταση	Καλλιέργειες	Καλλιέργειες	Καλλιέργειες
Αμπελώνας			
Ελαιώνας			
Χορτολιβαδική			
Καλλιέργειες			
Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος	Κοινόχρηστος χώρος
Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο	Οδικό δίκτυο
Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη	Παρόχθια ζώνη
Ποταμός	Ποταμός	Ποταμός	Ποταμός
Σιδηρόδρομος	Σιδηρόδρομος	Σιδηρόδρομος	Σιδηρόδρομος
Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	Αποθηκευτικός χώρος	Χώρος εμπορικής χρήσης
Εμπόριο	Εμπόριο	Εμπόριο	
Κατοικία	Κατοικία	Κατοικία	Χώρος οικιακής χρήσης
Χώρος στάθμευσης	Χώρος στάθμευσης	Χώρος στάθμευσης	
Ακάλυπτη έκταση	Ακάλυπτη έκταση	Αστικός αδόμητος χώρος/Ακάλυπτη έκταση	
Αστικός αδόμητος χώρος	Αστικός αδόμητος χώρος		
Ζωοτροφία/Ιχθυοτροφία	Κτηνοτροφία	Κτηνοτροφία	Χώρος παραγωγής
Κτηνοτροφία			
Βιομηχανία/Βιοτεχνία	Βιομηχανία/Βιοτεχνία	Βιομηχανία/Βιοτεχνία	



Εφαρμογή 1: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:5000)

Πίνακας 13: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 1η

Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Μεταβολή στο εμβαδόν (1:2500-1500)
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	
31	45,7	3457,4	16781,9	7,11	72	6,9	3457,4	18712,7	7,93	-1930,75
14	225,6	1654,6	8267,6	3,50	26	6,3	1276,3	8805,9	3,73	-538,28
1	5263,9	5263,9	5263,9	2,23	1	5263,9	5263,9	5263,9	2,23	0,00
0	0,0	0,0	0,0	0,00	2	170,1	201,7	371,8	0,16	-371,85
1	413,3	413,3	413,3	0,18	1	413,3	413,3	413,3	0,18	0,00
2	3266,9	6169,5	9436,3	4,00	2	3266,9	6169,5	9436,3	4,00	0,00
44	226,7	3215,8	22449,6	9,51	63	28,7	3215,8	21859,5	9,26	590,09
2	367,0	877,4	1244,4	0,53	3	215,1	877,4	1313,7	0,56	-69,24
149	52,3	1413,1	64436,4	27,30	306	0,4	1413,1	61947,1	26,25	2489,24
5	419,6	5770,2	14326,3	6,07	6	157,0	5770,2	14483,3	6,14	-157,02
6	90,9	35986,3	53721,7	22,76	6	90,9	35986,3	53721,7	22,76	0,00
3	585,4	14111,3	17884,2	7,58	3	585,4	14111,3	17884,2	7,58	0,00
2	3389,8	5703,6	9093,3	3,85	2	3389,8	5703,6	9093,3	3,85	0,00
1	1548,5	1548,5	1548,5	0,66	1	1548,5	1548,5	1548,5	0,66	0,00
1	5064,4	5064,4	5064,4	2,15	1	5064,4	5064,4	5064,4	2,15	0,00
2	109,3	968,2	1077,5	0,46	2	109,3	968,2	1077,5	0,46	0,00
8	357,0	957,4	5018,3	2,13	11	115,7	891,7	5030,5	2,13	-12,19
Σύνολο: 272			Σύνολο: 236027,8	Σύνολο: 100,0	Σύνολο: 508			Σύνολο: 236027,77		

## Εφαρμογή 2: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:5000-1:10000)

Πίνακας 14: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 2η

Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Μεταβολή στο εμβαδόν
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	(1:5000- 1:10000)
9	45,71	3457,43	13004,85	5,51	31	45,71	3457,43	16781,94	7,11	-3777,09
3	1654,61	2277,30	5873,76	2,49	14	225,61	1654,61	8267,57	3,50	-2393,81
0	0,00	0,00	0,00	0,00	3	367,01	877,42	1657,72	0,70	-1657,72
2	3266,86	6169,48	9436,33	4,00	2	3266,86	6169,48	9436,33	4,00	0,00
14	693,86	3215,78	20632,20	8,74	44	226,69	3215,78	22449,60	9,51	-1817,40
45	52,26	3268,33	71631,01	30,35	149	52,26	1413,14	64436,38	27,30	7194,63
5	419,55	5770,22	14326,33	6,07	5	419,55	5770,22	14326,33	6,07	0,00
6	90,94	35986,28	53721,68	22,76	6	90,94	35986,28	53721,68	22,76	0,00
3	585,44	14111,28	17884,23	7,58	3	585,44	14111,28	17884,23	7,58	0,00
1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	0,00
1	5064,44	5064,44	5064,44	2,15	1	5064,44	5064,44	5064,44	2,15	0,00
2	109,33	1728,26	1837,59	0,78	2	109,33	968,19	1077,52	0,46	760,07
3	4054,95	5703,55	15022,43	6,36	3	3389,75	5703,55	14357,23	6,08	665,20
4	1053,06	2141,06	6044,39	2,56	8	356,98	957,38	5018,28	2,13	1026,12
			236027,77	100,00				236027,77	100,00	

Εφαρμογή 3: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:10000-1:25000)

Πίνακας 15: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 3η

Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Μεταβολή στο εμβαδόν
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	(1:10000- 1:25000)
6	45,71	4199,62	13047,50	5,53	9	45,71	3457,43	13004,85	5,51	42,65
5	109,33	10838,79	30650,15	12,99	8	109,33	6169,48	31360,79	13,29	-710,64
5	419,55	12970,61	22917,00	9,71	5	419,55	5770,22	14326,33	6,07	8590,68
6	90,94	35986,28	53721,68	22,76	6	90,94	35986,28	53721,68	22,76	0,00
3	585,44	14111,28	17884,23	7,58	3	585,44	14111,28	17884,23	7,58	0,00
1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	0,00
8	693,86	9194,34	23385,73	9,91	17	693,86	3215,78	26505,96	11,23	-3120,23
27	52,26	12342,54	72872,95	30,87	49	52,26	3268,33	77675,41	32,91	-4802,46
Σύνολο: 61			Σύνολο: 236027,77	Σύνολο: 100,00	Σύνολο: 98			Σύνολο: 236027,77	Σύνολο: 100,00	

Εφαρμογή 4: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:10000)

Πίνακας 16: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 4η

Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	
Συχνότητα	Συνολικό Εμβαδόν	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Συνολικό Εμβαδόν	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Μεταβολή εμβαδού
9	13004,85	45,71	3457,43	5,51	72	18712,69	6,93	3457,43	7,93	-5707,84
3	5873,76	1654,61	2277,30	2,49	26	8805,85	6,33	1276,34	3,73	-2932,09
0	0,00	0,00	0,00	0,00	2	371,85	170,15	201,70	0,16	-371,85
0	0,00	0,00	0,00	0,00	4	1726,96	215,14	877,42	0,73	-1726,96
2	9436,33	3266,86	6169,48	4,00	2	9436,33	3266,86	6169,48	4,00	0,00
14	20632,20	693,86	3215,78	8,74	63	21859,51	28,69	3215,78	9,26	-1227,31
45	71631,01	52,26	3268,33	30,35	306	61947,14	0,43	1413,14	26,25	9683,87
5	14326,33	419,55	5770,22	6,07	6	14483,35	157,02	5770,22	6,14	-157,02
6	53721,68	90,94	35986,28	22,76	6	53721,68	90,94	35986,28	22,76	0,00
3	17884,23	585,44	14111,28	7,58	3	17884,23	585,44	14111,28	7,58	0,00
1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	0,00
1	5064,44	5064,44	5064,44	2,15	1	5064,44	5064,44	5064,44	2,15	0,00
2	1837,59	109,33	1728,26	0,78	2	1077,52	109,33	968,19	0,46	760,07
3	15022,43	4054,95	5703,55	6,36	3	14357,23	3389,75	5703,55	6,08	665,20
4	6044,39	1053,06	2141,06	2,56	11	5030,47	115,66	891,73	2,13	1013,93
Σύνολο: 98	Σύνολο: 236027,77			Σύνολο: 100,00	Σύνολο: 508	Σύνολο: 236027,77			Σύνολο: 100,00	

Εφαρμογή 5: Πίνακας Αποτελεσμάτων Αστικής Περιοχής (1:2500-1:25000)

Πίνακας 17: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 5η

Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Μεταβολή στο εμβαδόν (1:2500- 1:25000)
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	2	170,15	201,70	371,85	0,16		-371,85
3	585,44	14111,28	17884,23	7,58	3	585,44	14111,28	17884,23	7,58		0,00
5	109,33	10838,79	30650,15	12,99	12	109,33	6169,48	31662,47	13,41		-1012,32
5	419,55	12970,61	22917,00	9,71	6	157,02	5770,22	14483,35	6,14		8433,66
27	52,26	12342,54	72872,95	30,87	317	0,43	1413,14	66977,61	28,38		5895,34
1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66	1	1548,52	1548,52	1548,52	0,66		0,00
6	90,94	35986,28	53721,68	22,76	6	90,94	35986,28	53721,68	22,76		0,00
8	693,86	9194,34	23385,73	9,91	89	6,33	3215,78	30665,36	12,99		-7279,63
6	45,71	4199,62	13047,50	5,53	72	6,93	3457,43	18712,69	7,93		-5665,19
Σύνολο: 61			Σύνολο: 236027,77	Σύνολο: 100,00	Σύνολο: 508			Σύνολο: 236027,77	Σύνολο: 100,00		

Εφαρμογή 6: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:5000)

Πίνακας 18: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 6η

Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:5000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Μεταβολή στο εμβαδόν (1:2500- 1:500)
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	
31	1191,15	7992,33	27695,08	8,98	8	219,10	7773,23	27695,08	8,98	0,00
14	325,43	2000,01	2325,44	0,75	2	170,02	2000,01	2170,03	0,70	155,41
1	238,38	4452,43	8674,66	2,81	8	7,44	4452,43	9033,30	2,93	-358,64
0	825,38	4206,26	8263,88	2,68	3	825,38	4206,26	8263,88	2,68	0,00
1	4453,90	4453,90	4453,90	1,44	1	4240,35	4240,35	4240,35	1,38	213,55
2	340,86	29825,44	226465,52	73,46	38	0,22	29825,44	226465,52	73,46	0,00
44	155,18	2493,56	4339,64	1,41	16	1,04	2493,56	4524,78	1,47	-185,13
2	819,21	6984,32	7803,53	2,53	2	819,21	6984,32	7803,53	2,53	0,00
149	734,65	17159,85	17894,50	5,80	2	734,65	17159,85	17894,50	5,80	0,00
5	363,91	363,91	363,91	0,12	1	189,09	189,09	189,09	0,06	174,81
Σύνολο: 249			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100,00	Σύνολο: 81			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100,00	

Εφαρμογή 7: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:10000)

Πίνακας 19: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 7η

Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:10000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Μεταβολή στο εμβαδόν
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	
4	734,65	17159,85	25698,02	8,335935031	4	734,65	17159,85	25698,02	8,34	0,00
10	1191,15	7992,33	36131,36	11,72030327	16	7,44	7773,23	36728,38	11,91	-597,02
2	325,43	2000,01	2325,44	0,754325898	2	170,02	2000,01	2170,03	0,70	155,41
2	3232,24	5031,64	8263,88	2,680639847	3	825,38	4206,26	8263,88	2,68	0,00
1	4453,90	4453,90	4453,90	1,444757502	1	4240,35	4240,35	4240,35	1,38	213,55
33	1035,28	30321,61	226465,52	73,4609732	38	0,22	29825,44	226465,52	73,46	0,00
3	155,18	2493,56	4578,02	1,485021373	16	1,04	2493,56	4524,78	1,47	53,25
1	363,91	363,91	363,91	0,118043878	1	189,09	189,09	189,09	0,06	174,81
Σύνολο: 56			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100	Σύνολο: 81			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100,00	

Εφαρμογή 8: Πίνακας Αποτελεσμάτων Μη Αστικής Περιοχής (1:2500-1:25000)

Πίνακας 20: Πίνακας στατιστικών, Εφαρμογή 8η

Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:25000	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	Κλίμακα 1:2500	
Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Συχνότητα	Ελάχιστο Εμβαδόν	Μέγιστο Εμβαδόν	Συνολικό Εμβαδόν	Ποσοστό Κάλυψης	Μεταβολή στο εμβαδόν	
4	7106,63	19921,82	46555,85	15,10	16	7,44	7773,23	36728,38	11,91	9827,47	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	4240,35	4240,35	4240,35	1,38	-4240,35	
17	5767,61	33553,85	233252,38	75,66	38	0,22	29825,44	226465,52	73,46	6786,86	
2	819,21	6984,32	7803,53	2,53	2	819,21	6984,32	7803,53	2,53	0,00	
2	734,65	17159,85	17894,50	5,80	2	734,65	17159,85	17894,50	5,80	0,00	
1	325,43	325,43	325,43	0,11	2	170,02	2000,01	2170,03	0,70	-1844,60	
3	155,18	1929,28	2448,37	0,79	17	1,04	2493,56	4713,87	1,53	-2265,50	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	3	825,38	4206,26	8263,88	2,68	-8263,88	
Σύνολο: 29			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100,00	Σύνολο: 81			Σύνολο: 308280,05	Σύνολο: 100,00		