



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗΣ
ΕΠΑΛΛΗΛΩΝ ΚΑΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ**

Διπλωματική Εργασία
Λαμπράκη Σταματίνα

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗΣ
ΕΠΑΛΛΗΛΩΝ ΚΑΜΠΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ**

Διπλωματική Εργασία
Λαμπράκη Σταματίνα

Επίβλεψη:
Νάκος Βύρωνας



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Προλογικό Σημείωμα

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βύωνα Νάκο, για την καθοδήγηση και την εξαιρετική συνεργασία, που προσέφερε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Λαμπράκη Σταματίνα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	1
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	3
2.1 Ιστορική Ανασκόπηση Αυτοματοποιημένης Γενίκευσης.....	3
2.2 Agent (Automatic Generalisation New Technology)	4
2.3 Συστήματα Γενίκευσης Γραμμικών Οντοτήτων	4
2.3.1 Σύστημα GALBE.....	4
2.3.2 Σύστημα PlaGe	6
2.4 Χειροκίνητη vs Αυτοματοποιημένη Γενίκευση.....	6
2.4.1 Από τη χειροκίνητη στην ψηφιακή χαρτογραφική γενίκευση.....	6
2.4.2 ‘Μετα-μέθοδοι’	7
2.4.3 Τυποποίηση της χαρτογραφικής γνώσης	7
2.4.4 ‘Εξυπνες’ δομές δεδομένων	8
2.4.5 Αξιολόγηση των γενικευμένων δεδομένων	8
2.4.6 Προσωρινές πληροφορίες και γενικότερο πλαίσιο οντοτήτων.....	9
2.4.7 Ανάλυση της σχέσης κόστους/οφέλους.....	9
2.4.8 Συλλογική-διεπιστημονική έρευνα	9
2.4.9 Οργανωμένη γνώση και σαφήνεια των διαδικασιών.....	10
3 ΘΕΩΡΙΑ	12
3.1 Εντοπισμός Καμπών κατά Μήκος Γραμμής.....	12
3.2 Εντοπισμός Κρίσιμων Σημείων κατά Μήκος Καμπής	14
3.3 Η Μέθοδος Wang & Müller.....	15
3.3.1 Εντοπισμός κρίσιμων σημείων	15
3.3.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων Wang & Müller και μεθόδου LR	17
3.3.3 Επιλογή μεθόδου Wang & Müller αντί της μεθόδου LR	18
3.3.4 Χρησιμότητα της φοράς της καμπής στη διαδικασία γενίκευσης	19
3.4 Στόχος της Συγκεκριμένης Εφαρμογής	20
4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	22
4.1 Προεπεξεργασία -Απομόνωση Προβληματικών Τμημάτων	22
4.2 Gauss και Απομόνωση Χαρακτηριστικότερων Κορυφών.....	23
4.2.1 Περιγραφή του φίλτρου	23
4.2.2 Εφαρμογή του τελεστή εξομάλυνσης Gauss	25
4.3 Χαρακτηριστικά Σημεία Γραμμής και Κλίμακα.....	26
4.4 Επιλογή, προς Διατήρηση, Καμπών	27
4.5 Εντοπισμός Σημαντικών Καμπών μέσω Gauss	27
4.6 Γενίκευση.....	31
4.7 Οι Αλγόριθμοι Γενίκευσης των Lecordix etal	31
4.7.1 Ο αλγόριθμος Balloon.....	31
4.7.2 Ο αλγόριθμος Accordion	33
4.7.3 Ο αλγόριθμος Schematization	34
4.8 Συνδυασμός των Αλγορίθμων των Lecordix etal	37
4.9 Ομοπαράλληλος Μετασχηματισμός και Γενίκευση	39
4.10 Μέθοδος Εφαρμογής Ομοπαράλληλου Μετασχηματισμού	40
4.11 Περιορισμοί Μεγέθους Διόγκωσης Καμπής.....	43
4.12 Επιπέδου Εξομάλυνσης και Αποτέλεσμα Γενίκευσης.....	45

4.13 Διάγραμμα Ροής.....	47
4.14 Η Ανάπτυξη των Αλγορίθμων	49
4.15 Ανάπτυξη Γραφικού Περιβάλλοντος Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή.....	49
4.15.1 Λειτουργίες γραφικού περιβάλλοντος Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή .	49
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	51
5.1 Αρχικά Δεδομένα και Προεπεξεργασία.....	51
5.2 Εφαρμογή σε e- μη-κυρτά Τμήματα της Νήσου Περιστέρα	51
5.2.1 Περίπτωση απομονωμένων καμπών	51
5.2.2 Περίπτωση αλληλουχίας καμπών	54
5.3 Συνολική Εφαρμογή	60
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
6.1 Θετικά	62
6.1.1 Ανεξάρτητη αντιμετώπιση τμημάτων.....	62
6.1.2 Η συγκεκριμένη μέθοδος ως εργαλείο ενός συστήματος	63
6.2 Προβλήματα.....	63
6.2.1 Εντοπισμός καμπών	63
6.2.2 Εξάρτηση αποτελέσματος από επίπεδο εξομάλυνσης.....	64
6.2.3 Αλληλεπίδραση με τον χρήστη.....	65
7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	68

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1	Αλγόριθμοι γενίκευσης οδικού δικτύου (πηγή: Mustière 2005)	5
Σχήμα 2.2	Η διαδικασία της ψηφιακής γενίκευσης (πηγή: McMaster & Shea 1992)	11
Σχήμα 3.1	Παραδείγματα εντοπισμού κρίσιμων σημείων σε φυσικές γραμμές.....	13
Σχήμα 3.2	Αρχικά εντοπισμένες καμπές, χωρίς απαλοιφή μικροκαμπών	16
Σχήμα 3.3	Τελικές εντοπισμένες καμπές	16
Σχήμα 3.4	Τυπική περίπτωση τομής κύκλου – γραμμής (πηγή: Nakos & Mitropoulos 2005)	17
Σχήμα 3.5	Γενίκευση και κριτήριο συνέχειας.....	20
Σχήμα 4.1	Οι τέσσερις τύποι γραμμών σύμφωνα με το κριτήριο της ϵ -κυρτότητας (πηγή: Nakos etal 2008).....	23
Σχήμα 4.2	Υπολογισμός βαρών σύμφωνα με κανονική κατανομή για $\sigma = 2$	24
Σχήμα 4.3	Εφαρμογή αλγόριθμου Gauss filter, για $\sigma = 20$	26
Σχήμα 4.4	Εφαρμογή της μεθόδου εντοπισμού χαρακτηριστικών κορυφών γραμμής με τη βοήθεια του τελεστή εξομάλυνσης Gauss.....	30
Σχήμα 4.5	Ο αλγόριθμος Balloon (πηγή: Lecordix etal 1997)	32
Σχήμα 4.6	Ο αλγόριθμος Balloon για μη εξομαλυσμένες καμπές.....	33
Σχήμα 4.7	Accordion σε μεμονωμένη καμπή και σε αλληλουχία (πηγή: Lecordix etal 1997)	34
Σχήμα 4.8	Ο αλγόριθμος Schematization (πηγή: Lecordix etal 1997)	35
Σχήμα 4.9	Απόκλιση Βάσεων καμπών από προσεγγιστική ευθεία	37
Σχήμα 4.10	Εντοπισμός προς αφαίρεση καμπών και υπολογισμός νέων βάσεων	38
Σχήμα 4.11	Γενίκευση φυσικής γραμμής με τους αλγόριθμους των Lecordix etal....	39
Σχήμα 4.12	Στάδια εφαρμογής γενίκευσης.....	43
Σχήμα 4.13	Εφαρμογή κοινής διόγκωσης μεγάλου βαθμού.....	44
Σχήμα 4.14	Νοητά παραλληλόγραμμα που περικλείουν καμπές	44
Σχήμα 4.15	Επίπεδα εξομάλυνσης και αποτέλεσμα γενίκευσης	46
Σχήμα 4.16	Διάγραμμα Ροής	48
Σχήμα 4.17	Γραφικό Περιβάλλον Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή.....	50
Σχήμα 5.1	Γενίκευση απομονωμένων καμπών	53
Σχήμα 5.2	Η επιρροή του μήκους των βάσεων των καμπών και της φύσης της γραμμής στο αποτέλεσμα της γενίκευσης	55
Σχήμα 5.3	Εμφάνιση γωνιών λόγω μεγάλου βαθμού εξομάλυνσης.....	56
Σχήμα 5.4	Γενίκευση αλληλουχίας καμπών	57
Σχήμα 5.5	Προβληματική περίπτωση γενίκευσης	59
Σχήμα 5.6	Περίπτωση αποτυχίας επίλυσης προβλήματος ευκρίνειας.....	60
Σχήμα 5.7	Συνολική εφαρμογή – Νήσος Περιστέρα	61
Σχήμα 6.1	Αναγνώριση κορυφών από μέθοδο Wang & Müller και από χαρτογράφο64	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας γενίκευσης, ως συστατικό της ψηφιακής χαρτογραφίας, συνεπάγεται την ανάγκη δημιουργίας εργαλείων, τα οποία προσεγγίζουν βέλτιστα το αποτέλεσμα, το οποίο παράγει ένας χαρτογράφος κατά την αντίστοιχη χειροκίνητη διαδικασία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσονται αλγόριθμοι συγχώνευσης επάλληλων καμπών για τη γενίκευση φυσικών χαρτογραφικών γραμμών, οι οποίες παρουσιάζουν πρόβλημα ευκρίνειας στην παράγωγη κλίμακα. Υπάρχοντα εργαλεία συνδυάστηκαν για τη σύνθεση μίας μεθόδου, η οποία σε πρώτο στάδιο προσεγγίζει τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τα χαρακτηριστικά μίας γραμμής και σε δεύτερο στάδιο τη μετασχηματίζει, ώστε η αναπόφευκτη απώλεια πληροφορίας να έρχεται σε ισορροπία με τη βελτίωση της ευκρίνειας και τη διατήρηση της μορφής, της θέσης και του χαρακτήρα της γραμμής. Οι αλγόριθμοι σχεδιάστηκαν, ώστε οι επιλογές του ανθρώπινου παράγοντα να καθορίζουν το αποτέλεσμα, μέσα από την αξιολόγηση του οποίου και την αναπροσαρμογή των παραμέτρων, δίνεται η δυνατότητα βελτίωσής, σύμφωνα με την κρίση, την αισθητική και την αντίληψη του χρήστη.

ABSTRACT

Automation of the generalization process, as a part of digital cartography, implies the need of developing tools, which are able to approach the manually derived result. For the present study algorithms, which merge bend series, have been developed for the generalization of natural cartographic lines, which encounter legibility problems in the target scale. Existing tools were combined for the composition of a method, which at first computes the characteristics of a line, according to the way that a human cartographer would perceive them, and secondly transforms it, so that the loss of data is balanced by the legibility improvement and the retention of shape, planimetric accuracy and character of the line. The algorithms were developed, in a way that the interaction with the user defines the result. Through the evaluation process and the readjustment of parameters, further improvements can be accomplished, so that the result meets the requirements of the user.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή χαρτογραφία αποτέλεσε την αφορμή για την επανεξέταση των χαρτογραφικών εννοιών και ενεργειών, τόσο σε επίπεδο κατανόησης, όσο και σε επίπεδο αξιολόγησής τους. Οι εν δυνάμει μεγάλες δυνατότητες των υπολογιστικών συστημάτων, είναι ικανές να δώσουν ώθηση και να εξελίξουν τη χαρτογραφία σε επίπεδα, τα οποία δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν μέσω των αναλογικών διαδικασιών. Όμως, η παθητική φύση των συστημάτων αυτών και ο εκτελεστικός τους χαρακτήρας έρχονται σε αντίθεση με τις βάσεις τις χαρτογραφίας, οι οποίες στηρίζονται στις ανθρώπινες ικανότητες της αντίληψης, της αισθητικής και της κρίσης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στο πεδίο της γενίκευσης γραμμικών οντοτήτων και συγκεκριμένα στην αυτοματοποίηση μίας τέτοιας διαδικασίας για συγκεκριμένες κατηγορίες γραμμών. Περιλαμβάνει μία μεθοδολογία μετασχηματισμού γραμμικών τμημάτων, τα οποία στην αρχική τους μορφή αντιμετωπίζουν πρόβλημα ευκρίνειας για συγκεκριμένη παράγωγη κλίμακα. Η διαδικασία περιλαμβάνει την εξομάλυνση γραμμικών οντοτήτων, τον εντοπισμό καμπών και κρίσιμων σημείων, καθώς και μία προσέγγιση γενίκευσής τους, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ευκρίνειας, το οποίο προκύπτει από το όρια της οπτικής αντίληψης.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μία ιστορική ανασκόπηση της πορείας, της ψηφιακής/αυτοματοποιημένης γενίκευσης, ορισμένα συστήματα εφαρμογής της, καθώς και μία ανάλυση των χαρακτηριστικών της σε σχέση με την αναλογική της μορφή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται προσεγγίσεις αυτόματου εντοπισμού των χαρακτηριστικών μίας γραμμής, δηλαδή, των καμπών που την απαρτίζουν και της σημαντικότητάς τους σε σχέση με τη γραμμή συνολικά, των χαρακτηριστικών της σημείων και της δυνατότητας απαλοιφής κάποιων τμημάτων της.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πορεία, η οποία ακολουθήθηκε, έως την προτεινόμενη μέθοδο, μέσα από μία ανάλυση και αξιολόγηση υπάρχοντων εργαλείων. Η τελική μέθοδος αναλύεται τόσο ως προς τον τρόπο εφαρμογής, όσο και ως προς τα αποτελέσματά της.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου σε φυσικές γραμμές, καθώς και μία διερεύνηση των εναλλακτικών αποτελεσμάτων της.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου.

Τέλος, στο παράρτημα παρατίθενται οι αλγόριθμοι, οι οποίοι κατασκευάστηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου η οποία αναπτύχθηκε. Οι αλγόριθμοι αυτοί δεν παρουσιάζονται μεμονωμένα, αλλά στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου γραφικού περιβάλλοντος διεπαφής χρήστη – υπολογιστή (Graphical User Interface).

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Ιστορική Ανασκόπηση Αυτοματοποιημένης Γενίκευσης

Σύμφωνα με τους Meng (1997) και Sarjakoski (2007), τα πρώτα βήματα προς την αυτοματοποιημένη γενίκευση έγιναν κατά την περίοδο 1960 - 1980, με προσανατολισμό την ανάπτυξη αλγορίθμων και μεθόδων γεωμετρικών υπολογισμών. Εκείνη την εποχή οι ερευνητές εστίαζαν περισσότερο στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, όπως η απλοποίηση γραμμών, παρά σε μία ολιστική μέθοδο γενίκευσης.

Κατά την περίοδο 1980-1990 έγινε μία στροφή προς διαδικασίες υψηλότερου επιπέδου, οι οποίες στόχευαν στην προσομοίωση της μεθόδου με την οποία εφαρμόζεται η χειροκίνητη γενίκευση. Ταυτόχρονα έγιναν προσπάθειες συγκέντρωσης χαρτογραφικής γνώσης από βιβλία, αλλά και από τους ίδιους τους χαρτογράφους. Η γνώση αυτή έγινε προσπάθεια να τυποποιηθεί και να δοθεί μέσω γλωσσών προγραμματισμού, στα υπολογιστικά συστήματα της εποχής. Όμως τα αποτελέσματα δεν ήταν ενθαρρυντικά. Η ανθρώπινη ικανότητα δεν είναι εύκολο να μεταδοθεί μέσω του προγραμματισμού. Τελικά στις αρχές της δεκαετίας του 1990 οι επιστήμονες κατέληξαν στην άποψη, ότι η βέλτιστη λύση μπορεί να δοθεί μόνο μέσω διαδραστικών συστημάτων γενίκευσης, στα οποία ο παράγοντας άνθρωπος θα παίρνει τις αποφάσεις.

Από το 1990 έως το 1995 έγινε μία προσπάθεια εντοπισμού των κρίσιμων προβλημάτων τα οποία προέκυπταν από τις μέχρι τώρα προσπάθειες. Επίσης, αναγνωρίστηκε η ανάγκη ποσοτικού και ποιοτικού ελέγχου, όχι μόνο του χαρτογραφικού αποτελέσματος, αλλά και του μοντέλου από το οποίο παράγεται. Τέλος, εκείνη την περίοδο ξεκίνησε να αναπτύσσεται ένας νέος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος της αυτοματοποιημένης γενίκευσης, ο οποίος βασίζεται στην τεχνολογία των agent (Automatic Generalisation New Technology) και ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου συστήματος γενίκευσης αναπτύσσονται στην επόμενη ενότητα.

Από το 1995 και μετά καθοριστικό ρόλο παίζει η ανάπτυξη του διαδικτύου και των ΣΓΠ, με την ταχύτητα να αποτελεί πια σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των χαρτογραφικών λύσεων. Επίσης, αναγνωρίστηκε η ανάγκη, καθώς και η χρησιμότητα, βελτιωμένων βάσεων δεδομένων, οι οποίες θα συμβάλλουν στην αποδοτικότητα των συστημάτων, επηρεάζοντας σημαντικά την ταχύτητα εκτέλεσης των διάφορων εφαρμογών. Την ίδια περίοδο ξεκίνησε η χρήση αντικειμενοστραφών περιβάλλοντων, τα οποία προσέφεραν ευελιξία τόσο στην υλοποίηση της γενίκευσης όσο και στη δημιουργία βάσεων δεδομένων. Τέλος, έγινε κατανοητή η δυσκολία παραγωγής γενικευμένων λύσεων και η έρευνα επέστρεψε στις περισσότερο τοπικές λύσεις, μιας και η αναπαραγωγή συνολικών αποτελεσμάτων τα οποία θα έχουν τα χαρακτηριστικά της χειροκίνητης γενίκευσης αποδείχθηκε εξαιρετικά δύσκολη.

2.2 Agent (Automatic Generalisation New Technology)

Η νέα αυτή τεχνολογία, η οποία εμφανίστηκε στις αρχές του 1990, πηγάζει από τον κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης και δεν περιορίζεται στην χαρτογραφία. Οι Russel & Norvig (2003) ορίζουν ως οντότητες agent οτιδήποτε μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων και να ενεργήσει σε αυτό μέσω επιδραστών (Effectors). Θεωρείται ότι κάθε οντότητα agent είναι ικανή να αντιληφθεί τις πράξεις της, οι οποίες μάλιστα θεωρούνται ορθές. Με τον όρο 'ορθές' εννοούνται οι πράξεις εκείνες οι οποίες προσεγγίζουν βέλτιστα το επιθυμητό αποτέλεσμα. Επίσης, υπάρχουν τα multi-agent συστήματα, τα οποία αποτελούνται από ένα σύνολο agent, οι οποίοι βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση.

Για τις ανάγκες της χαρτογραφίας, αναπτύσσεται μία συγκεκριμένη κατηγορία agent, η οποία ενεργεί αυτόνομα και επιδρά στο περιβάλλον της με σκοπό την επίτευξη ενός στόχου. Κάθε χαρτογραφική οντότητα αποτελεί agent και χαρακτηρίζεται τόσο από την ικανότητα να ενεργεί, όσο και από αυτονομία. Κάθε agent έχει ως στόχο την ανεξάρτητη γενίκευση της ίδιας, αλλά ταυτόχρονα και του συνόλου των agent με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο (Ruas & Duchene 2007).

Για να υφίσταται 'αποτελεσματικός τρόπος', 'αλληλεπίδραση' και 'στόχος', κάθε οντότητα-agent πρέπει να είναι ικανή να αντιληφθεί και να αξιολογήσει το περιβάλλον της. Σύμφωνα με αυτή την ικανότητα ορίζονται κατηγορίες οντοτήτων agent. Οι micro-agents αποτελούν οντότητες, οι οποίες είναι ικανές να αξιολογήσουν τον εαυτό τους, αλλά όχι το περιβάλλον τους, για παράδειγμα ένα κτίριο. Οι meso-agents είναι 'υπεύθυνες' για ένα σύνολο οντοτήτων και είναι ικανές να αναλύσουν το χωρικό πλαίσιο των οντοτήτων αυτών, για παράδειγμα μία ομάδα κτιρίων. Τέλος, οι macro-agents είναι υπεύθυνες για το ευρύτερο σύνολο, για παράδειγμα το σύνολο των κτιρίων ενός χάρτη (Ruas & Duchene 2007).

Κάθε οντότητα συνοδεύεται από ένα σύνολο περιορισμών, οι οποίοι μπορεί να αφορούν το μέγεθος, τη θέση, την απόσταση από άλλες οντότητες κα. Όπως προαναφέρθηκε κάθε οντότητα είναι αυτόνομη, οπότε σε περίπτωση μη ταύτισης κάποιου χαρακτηριστικού της με κάποιον αντίστοιχο περιορισμό είναι ικανή να επιλέξει από ένα σύνολο τελεστών, ώστε να γενικευτεί με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται έως ότου επιτευχθεί ένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Αντίστοιχα οι meso-agents πρέπει να καλύψουν τους γενικότερους περιορισμούς που αφορούν την ομάδα των οντοτήτων για την οποία είναι υπεύθυνοι και οι macro-agents τους αντίστοιχους για σύνολα οντοτήτων. Η διαδικασία μετασχηματισμού του χάρτη από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα επίπεδα ανατροφοδοτεί τις οντότητες με τις νέες πληροφορίες, οι οποίες αφορούν τις αλλαγές οι οποίες έλαβαν χώρα. Έπειτα πραγματοποιείται μία κυκλική διαδικασία βελτίωσης μέχρι το αποτέλεσμα να είναι βέλτιστο, δηλαδή να έχουν καλυφθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι περιορισμοί, μέσω των διαθέσιμων τελεστών (Harrie & Weibel 2007, Lamy et al 1999).

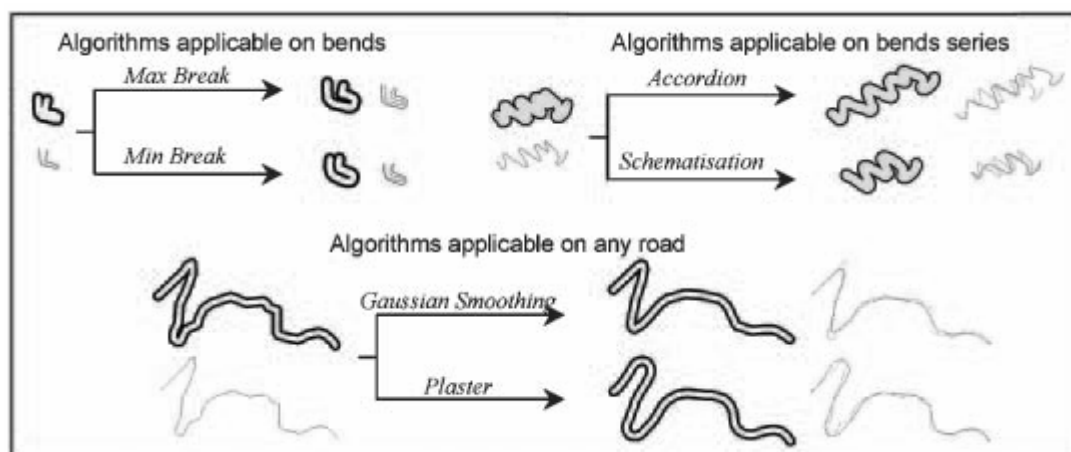
2.3 Συστήματα Γενίκευσης Γραμμικών Οντοτήτων

2.3.1 Σύστημα GALBE

Ο Mustière (2005) σε μελέτη με αντικείμενο τη γενίκευση γραμμικών οντοτήτων οδικού δικτύου θέτει αρχικά κάποιους απαραίτητους περιορισμούς. Αρχικά, τα

σύμβολα πρέπει να είναι ευκρινή, να μην αλληλοεπικαλύπτονται και οι μικρές καμπές οι οποίες θεωρούνται ως θόρυβος πρέπει να απαλείφονται. Το γενικό σχήμα της γραμμής πρέπει να διατηρείται, όπως επίσης ο χαρακτήρας της και η οριζοντιογραφική ακρίβεια. Τέλος, οι απομονωμένες καμπές πρέπει να τονίζονται. Για την κάλυψη των περιορισμών αυτών, ορίζει ένα γενικό πλαίσιο, σύμφωνα με το οποίο μία λεπτομέρεια πρέπει να μεγεθύνεται, εάν αυτό είναι απαραίτητο, ακόμα και αν το μέγεθός της κρίνεται μικρό σε σχέση με την παράγωγη κλίμακα. Οι κλειστές καμπές πρέπει να μεγεθύνονται, εάν αυτό δεν αλλοιώνει σημαντικά το σχήμα και το μέγεθός τους. Στην περίπτωση αλληλουχίας καμπών, τότε κάποιες από αυτές μπορούν να αφαιρεθούν. Και τέλος, εάν ο περιβάλλοντας χώρος μίας αλληλουχίας καμπών συμπεριλαμβάνει πολλές οντότητες, τότε είναι προτιμότερο να αφαιρεθούν καμπές, παρά να διογκωθούν.

Για την εφαρμογή του παραπάνω πλαισίου ο Mustière προτείνει τους τέσσερις εξής τελεστές: εξομάλυνση μικρών καμπών, μεγέθυνση απομονωμένων καμπών, μεγέθυνση αλληλουχίας καμπών και αφαίρεση κάποιων καμπών από αλληλουχία. Οι παραπάνω τελεστές εφαρμόζονται μέσω έξι αλγορίθμων. Οι αλγόριθμοι Max Break και Min Break αφορούν τη μεγέθυνση των απομονωμένων καμπών. Ο πρώτος διαστέλλει την καμπή προς την εξωτερική πλευρά της, ενώ ο δεύτερος υπολογίζει τον άξονά της και διαστέλλει εκείνον. Οι αλγόριθμοι Accordion και Schematisation αντιμετωπίζουν τις αλληλουχίες καμπών. Ο πρώτος διευρύνει τις καμπές προς τη βασική διεύθυνση της αλληλουχίας, ενώ ο δεύτερος, αφού αφαιρέσει τις λιγότερο σημαντικές καμπές, διευρύνει και επανασυνδέει τις υπόλοιπες. Τέλος, οι αλγόριθμοι Plaster και Gaussian Smoothing εξομαλύνουν τις μικρότερες καμπές, οι οποίες εκλαμβάνονται ως θόρυβος. Παραδείγματα εφαρμογής των αλγορίθμων φαίνονται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Αλγόριθμοι γενίκευσης οδικού δικτύου (πηγή: Mustière 2005)

Για την εφαρμογή των αλγορίθμων ο Mustière ανέπτυξε μία διαδικασία, η οποία ονομάζεται GALBE και αποτελεί ακρωνύμιο των γαλλικών λέξεων ‘Généralization Adaptative du Linéaire Basée sur l’Empâtement’. Σύμφωνα με τη διαδικασία αυτή αρχικά αναλύεται η γραμμή και διαχωρίζεται σε τμήματα. Κάθε τμήμα ανήκει σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες: (1) απομονωμένη καμπή, (2) αλληλουχία καμπών και (3) μικρές καμπές – θόρυβος. Σύμφωνα με την κατηγορία στην οποία κατατάσσεται κάθε τμήμα, εφαρμόζεται σε αυτό και ο καταλληλότερος, εκ των παραπάνω, αλγόριθμος.

2.3.2 Σύστημα PlaGe

Οι Lecordix etal (1997) τονίζουν ότι για τις ανάγκες της έρευνας, είναι απαραίτητος ο πειραματισμός με διάφορα εργαλεία, καταλήγοντας στην ανάγκη ανάπτυξης ενός διαδραστικού συστήματος στο οποίο τα εργαλεία αυτά θα μπορούν να δοκιμαστούν. Το σύστημα το οποίο προτείνει ονομάζεται PlaGe. Κατά την αναζήτηση των κατάλληλων αλγορίθμων, οι οποίοι θα εκτελούνται μέσω αυτού, οι Lecordix etal θέτουν ως στόχο την γενίκευση οδικού δικτύου, καταλήγουν σε τρία συμπεράσματα: (1) δεν έχουν αναπτυχθεί αποτελεσματικοί αλγόριθμοι για τη μεγέθυνση καμπών, απομονωμένων ή αλληλουχίας, όσον αφορά την εφαρμογή σε οδικό δίκτυο, (2) πρέπει να αντιμετωπιστεί η σμίκρυνση των καμπών, που προκαλείται από την εφαρμογή αλγορίθμων εξομάλυνσης και (3) υπάρχει ανάγκη αποτελεσματικής τμηματοποίησης μίας γραμμής, ανάλογα με τις απαραίτητες ενέργειες, οι οποίες πρέπει να γίνουν για τη γενίκευσή της.

Για το τελευταίο ζήτημα προτείνεται η διαδραστική επιλογή των τμημάτων, με την κριτική ικανότητα του χρήστη να παίζει καθοριστικό ρόλο. Για το δεύτερο ζήτημα προτείνουν τη λύση η οποία δόθηκε από τον Lowe (1989), η οποία συνίσταται στην εφαρμογή διόρθωσης σε κάθε σημείο της εξομαλυσμένης γραμμής. Τέλος, για το πρώτο ζήτημα αναπτύσσει μία σειρά αλγορίθμων, οι οποίοι αντιμετωπίζουν τόσο τις απομονωμένες καμπές, όσο και τις αλληλουχίες καμπών. Οι αλγόριθμοι αυτοί αναλύονται στην ενότητα 3.7.

2.4 Χειροκίνητη vs Αυτοματοποιημένη Γενίκευση

2.4.1 Από τη χειροκίνητη στην ψηφιακή χαρτογραφική γενίκευση

Το πέρασμα από την αναλογική στην ψηφιακή χαρτογραφία έδωσε ώθηση στην επανεξέταση της χαρτογραφικής γνώσης. Η αυτοματοποίηση κάθε διαδικασίας προϋποθέτει βαθιά γνώση του αντικειμένου και φυσικά η χαρτογραφία και ειδικότερα η γενίκευση δεν αποτελεί εξαίρεση.

Από το ξεκίνημα της χαρτογραφίας μέχρι την εμφάνιση των πρώτων ψηφιακών χαρτογραφικών εφαρμογών, τη γενίκευση αναλάμβαναν έμπειροι και δεξιότεχνες χαρτογράφοι. Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η χειροκίνητη χαρτογραφική γενίκευση αποτελεί ένα συνδυασμό επιστήμης και τέχνης (Meng 1997). Οι χαρτογραφικές γνώσεις αποτελούν θεμέλιο λίθο για τη γενίκευση, αλλά χωρίς τη δεξιοτεχνία και την εμπειρία το καλό αποτέλεσμα δεν είναι πάντα εξασφαλισμένο. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται ο όρος 'τέχνη' για την περιγραφή της χειροκίνητης γενίκευσης.

Με την εμφάνιση, όμως, των διάφορων ψηφιακών εφαρμογών και αργότερα των ΣΓΠ, εμφανίστηκε και η ανάγκη της ψηφιακής – αυτοματοποιημένης γενίκευσης, μίας διαδικασίας η οποία αποδείχτηκε εξαιρετικά περίπλοκη. Αρκετά προβλήματα εμφανίστηκαν, σε διάφορα στάδια της διαδικασίας, πολλά από τα οποία εξακολουθούν να απασχολούν τους ερευνητές.

Η Meng (1997) εντοπίζει πολύ εύστοχα αρκετά από αυτά τονίζοντας ότι παρά τις εντατικές έρευνες οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε παγκόσμια κλίμακα, δεν έχει επιτευχθεί κάποια πραγματοποιήσιμη και αποδοτική λύση, η οποία θα ξεπερνάει κάποια από τα προβλήματα αυτά, τα οποία εντοπίζονται στην προσπάθεια αυτοματοποίησης της διαδικασίας.

2.4.2 ‘Μετα-μέθοδοι’

Προβληματικά αποτελέσματα απορρέουν συχνά από λάθος επιλογή μεθόδου. Πολλοί αλγόριθμοι έχουν αναπτυχθεί για τη χαρτογραφική γενίκευση, οι οποίοι όμως δεν ακολουθούν πάντα χαρτογραφικούς κανόνες. Επίσης, η προσαρμογή ήδη υπάρχοντων αλγορίθμων σε χαρτογραφικές εφαρμογές, χωρίς όμως να είναι αυτός ο σκοπός δημιουργίας τους, οδηγεί σε μη αποδεκτά, βάσει των κανόνων γενίκευσης, αποτελέσματα. Τέλος, αλγόριθμοι οι οποίοι δημιουργήθηκαν για τη γενίκευση συγκεκριμένων οντοτήτων, χρησιμοποιούνται για διαφορετικές οντότητες, χωρίς όμως να γίνεται κάποια προσαρμογή των παραμέτρων τους. Όμως ένας αλγόριθμος ο οποίος γενικεύει ικανοποιητικά, για παράδειγμα, το οδικό δίκτυο, δεν εξασφαλίζει απαραίτητα αντίστοιχα ικανοποιητικό αποτέλεσμα εάν εφαρμοστεί σε ακτογραμμή. Πρέπει, λοιπόν, κάθε μέθοδος να συνοδεύεται από τις δυνατότητες εφαρμογής της και από πληροφορίες σχετικά με το σκοπό δημιουργίας της, την αποτελεσματικότητά της, ανάλογα με τον τρόπο και τις οντότητες στις οποίες έχει δοκιμαστεί, και άλλες πληροφορίες, ώστε να είναι δυνατή η βέλτιστη εφαρμογή της.

2.4.3 Τυποποίηση της χαρτογραφικής γνώσης

Όπως πολύ εύστοχα αναφέρει ο Mustière (2005), ‘Η απόκτηση της χαρτογραφικής γνώσης είναι ιδιαίτερα προβληματική, λόγω των πολυάριθμων και αντιφατικών κανόνων. Τις περισσότερες φορές οι χαρτογράφοι αδυνατούν να τυποποιήσουν επαρκώς τους κανόνες, ώστε αυτοί να μπορούν να κωδικοποιηθούν σε υπολογιστικό περιβάλλον. Για παράδειγμα στον κανόνα «μεγέθυνε σημαντικά μη ευδιάκριτες καμπές δρόμου, ώστε να γίνουν ευδιάκριτες, αλλά διατήρησε την οριζοντιογραφική ακρίβεια και το σχήμα όσο το δυνατόν περισσότερο», εμφανίζεται δυσκολία τυποποίησης των εννοιών «μεγέθυνε», «μη ευδιάκριτες», «καμπές», «ευδιάκριτες», «σχήμα», «σημαντικά» και «όσο το δυνατόν περισσότερο».’

Γενικά η χαρτογραφία χρησιμοποιεί όρους εύκολα κατανοητούς από τον άνθρωπο, αλλά δύσκολα από τον υπολογιστή. Οι χαρτογραφικές εφαρμογές αποτελούν οπτικοποίηση πραγματικών οντοτήτων. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί εύκολα να συνδυάσει το οπτικό ερέθισμα ενός χάρτη με τις βιβλιογραφικές γνώσεις τις οποίες κατέχει, ώστε να αντιληφθεί τις παραπάνω έννοιες. Όμως η δυσκολία τυποποίησης των εννοιών αυτών αποτελεί εμπόδιο για την αυτοματοποίηση της χαρτογραφικής διαδικασίας, και συνεπώς για την ψηφιακή χαρτογραφία.

Στην πράξη οι λύσεις των προβλημάτων γενίκευσης αντιμετωπίζονται από τους γεωμετρικούς τελεστές, καθένας από τους οποίους όμως έχει συγκεκριμένους κανόνες, τόσο ως προς τον τρόπο όσο και ως προς τις περιπτώσεις εφαρμογής του. Για την χειροκίνητη γενίκευση οι κανόνες αυτοί δεν είναι απαραίτητο να εκφραστούν με απόλυτα μαθηματικό τρόπο. Οι περιγραφικοί κανόνες είναι εξίσου αποτελεσματικοί με τους μαθηματικούς, όσο αυτοί μπορούν να κατανοηθούν από τον χαρτογράφο, ο οποίος χρησιμοποιώντας τόσο την πείρα όσο και την υποκειμενική του κρίση μπορεί για κάθε περίπτωση να εφαρμόζει τον κατάλληλο κανόνα, με τον κατάλληλο τρόπο, ενώ ταυτόχρονα μπορεί και αναγνωρίζει και την ίδια την ανάγκη χρήσης κάποιου γεωμετρικού τελεστή.

Η ψηφιακή διαδικασία όμως υστερείται πείρας και υποκειμενικής κρίσης. Οι περιγραφικοί κανόνες πρέπει να αντικατασταθούν από αιτιοκρατικούς και το σύνολο

των περιπτώσεων εφαρμογής των κανόνων αυτών πρέπει να τυποποιηθεί. Για ένα απόλυτα επιτυχημένο αποτέλεσμα, ένα λογισμικό σύστημα θα πρέπει να ακολουθήσει παρόμοιες διαδικασίες με αυτές που θα ακολουθούσε ένας έμπειρος χαρτογράφος. Τέτοιες διαδικασίες είναι η ταξινόμηση, η κατηγοριοποίηση, η σύγκριση, ο συνδυασμός, η αναγνώριση σχέσεων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η χαρτογραφική αφαίρεση (Brassel & Weibel 1988). Ένα ολοκληρωμένο σύστημα θα πρέπει να έχει όλα τα παραπάνω και επιπροσθέτως θα πρέπει να εφαρμόζει τη διαδικασία σε εύλογο χρόνο.

Μία έρευνα των Rieger & Coulson (1993) αποκάλυψε ένα ακόμη βαθύτερο πρόβλημα. Όταν 23 χαρτογράφοι ρωτήθηκαν για τη χρήση διαφόρων τελεστών γενίκευσης, οι ορισμοί οι οποίοι δόθηκαν όχι μόνο δεν ταυτίζονταν σε κάποιες περιπτώσεις, αλλά υπήρχαν και χαρτογράφοι οι οποίοι αγνοούσαν συγκεκριμένες έννοιες. Η απόκλιση των ορισμών προκάλεσε σύγχυση ακόμα και στους ίδιους, πόσο μάλλον στην προσπάθεια τυποποίησής τους.

Τέλος, σύμφωνα με την Meng (1997) το πρόβλημα της τυποποίησης εντοπίζεται εντονότερα όχι τόσο στους κανόνες, αλλά σε ποιο αφηρημένες έννοιες, όπως οι εννοιολογικές σχέσεις και η κοινή λογική, η οποία μας οδηγεί στη γενίκευση, οι οποίες αποτελούν το υπόβαθρο της χαρτογραφικής μεθόδου.

2.4.4 ‘Εξυπνες’ δομές δεδομένων

Μία αυτοματοποιημένη διαδικασία ψηφιοποίησης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται αρμονικά και να συνδυάζει τα προς γενίκευση μοντέλα με τα εργαλεία γενίκευσης. Ένα σύνολο οντοτήτων θα γινόταν πιο εύχρηστο, εάν συμπεριλάμβανε πεδία με πληροφορίες για τη γενίκευσή τους, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα προσεκτικότερης εφαρμογής των μεθόδων στα δεδομένα. Οι δομές δεδομένων θα μπορούσαν να περιέχουν εξαρχής πληροφορίες σχετικές με τη γενίκευσή τους, όπως πιθανούς περιορισμούς, οντότητες οι οποίες θα μπορούσαν να απαλειφθούν σε συγκεκριμένες κλίμακες χωρίς να δημιουργηθούν προβλήματα, προτεινόμενες μέθόδους γενίκευσης ανάλογα με τη χωρική διασπορά ή το χαρακτήρα των δεδομένων και διάφορες ανάλογες πληροφορίες. Πεδία τα οποία θα προστεθούν με σκοπό να υποβοηθήσουν το σύστημα, ώστε αυτό να μπορέσει να συνδυάσει την ουσία των δεδομένων με τις διαθέσιμες μεθόδους, θα βοηθήσουν και στην πιο ουσιαστική επεξεργασία των δεδομένων, πέρα από μία αυτόματη διαδικασία ανάγνωσης και επεξεργασίας συντεταγμένων.

2.4.5 Αξιολόγηση των γενικευμένων δεδομένων

Μέσα από τη διαδικασία γενίκευσης οι διάφορες οντότητες είναι πιθανό να επηρεαστούν, σε επίπεδο θέσης, σχήματος, μεγέθους, συμβολισμού ή ακόμη και να απαλειφθούν, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει και υποβιβασμό της ποιότητας ή της αξιοπιστίας του χάρτη. ‘Μέχρι τώρα η μόνη αξιολόγηση της αυτοματοποιημένης γενίκευσης γινόταν μέσω σύγκρισης με χειροκίνητα γενικευμένους χάρτες’ (Meng 1997). Η επιτυχία ενός γενικευμένου αποτελέσματος είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να αξιολογηθεί με σταθερά κριτήρια. Επιπροσθέτως, η αξιολόγηση ενός αποτελέσματος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν το σκοπό του χάρτη και τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται θα πρέπει να ιεραρχηθούν ανάλογα.

Τέλος, παρατηρείται μία τάση ανάπτυξης νέων μεθόδων και νέων τεχνικών, χωρίς όμως να έχει προηγηθεί μία ολοκληρωμένη αξιολόγηση των δυνατοτήτων των ήδη υπάρχοντων λύσεων (Meng 1997).

2.4.6 Προσωρινές πληροφορίες και γενικότερο πλαίσιο οντοτήτων

Συχνά η διαδικασία της αυτόματης γενίκευσης καταλήγει σε αποτέλεσμα το οποίο μοιάζει σωστά γενικευμένο, αλλά είτε δεν υπακούει στους κανόνες γενίκευσης, είτε παραποιεί την πραγματικότητα. Η πρώτη αιτία είναι η αδυναμία που παρουσιάζει ένα αυτοματοποιημένο λογισμικό σύστημα να εκμεταλλευτεί επαρκώς ορισμένες προσωρινές πληροφορίες. Κατά την Meng (1997) πλήθος χωρικών δεδομένων έχει μεγάλο βαθμό συσχέτισης με το χρόνο. Ένα αντικείμενο είναι εύκολα αναγνωρίσιμο εάν αλλάζει σε σχέση με το υπόβαθρό του. Αυτή η προσωρινή πληροφορία θα μπορούσε να ισχυροποιήσει την αξιοπιστία του αποτελέσματος και να απλοποιήσει τη γενίκευση. Η δεύτερη αιτία είναι η αδυναμία του συστήματος να λάβει υπόψιν τόσο τις πιθανές ιδιαιτερότητες, καθώς και τη φύση, των οντοτήτων που διαχειρίζεται, όσο και να αντλήσει πληροφορίες από τη γενικότερη εικόνα του χάρτη και το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο μπορεί να εντάσσεται η κάθε οντότητα.

2.4.7 Ανάλυση της σχέσης κόστους/οφέλους

Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας γενίκευσης, για να θεωρηθεί επιτυχημένη, θα πρέπει να έχει καλύτερο αποτέλεσμα από την χειροκίνητη. Είτε ως προς την ταχύτητα, είτε ως προς την εξάλειψη του παράγοντα 'ανθρώπινο λάθος', είτε ως προς έναν κατάλληλο συνδυασμό τους, ώστε τελικά να θεωρηθεί σκόπιμο να πραγματοποιείται γενίκευση μέσω ενός αυτόματου συστήματος. Επίσης, όσον αφορά για παράδειγμα το χρήστη ενός ΣΓΠ, αυτός θα εκτιμήσει την ταχύτητα γενίκευσης, η οποία θα πρέπει να γίνεται τόσο γρήγορα, ώστε ο χρήστης να μην καταναλώνει το χρόνο του περιμένοντας να ολοκληρωθεί ένα απλό zoom in/zoom out.

Ανάλογη ανάλυση σχέσης κόστους/οφέλους θα πρέπει να συνοδεύει κάθε αυτοματοποιημένη εφαρμογή. Φυσικά οι έννοιες κόστος και όφελος δεν αντιστοιχούν αποκλειστικά στον οικονομικό παράγοντα, αλλά και στους παράγοντες χρόνο, πεδία εφαρμογής του αποτελέσματος, αποτελεσματικότητα, καινοτομία κα.

2.4.8 Συλλογική-διεπιστημονική έρευνα

Ο Müller (1995) θίγει ένα κρίσιμο θέμα για την προσπάθεια αυτοματοποίησης της γενίκευσης. Η τυποποίηση της γνώσης, ώστε αυτή να μπορεί να γίνει κατανοητή από ένα υπολογιστικό σύστημα, γίνεται συνήθως από ειδικούς στους υπολογιστές, οι οποίοι όμως δε διαθέτουν το επιστημονικό υπόβαθρό της χαρτογραφίας και ειδικότερα της γενίκευσης. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν οι εξειδικευμένοι σε θέματα γενίκευσης χαρτογράφοι, οι οποίοι όμως δεν καλούνται να συμμετάσχουν όσο θα έπρεπε στην διαδικασία τυποποίησης. Αποτέλεσμα της έλλειψης συλλογικής έρευνας δεν μπορεί παρά να είναι αυτοματοποιημένες λύσεις οι οποίες δε σέβονται τη θεωρία της χαρτογραφίας και συνεπώς έχουν λιγότερες πιθανότητες να λύσουν τα προβλήματα για τα οποία αναπτύχθηκαν.

2.4.9 Οργανωμένη γνώση και σαφήνεια των διαδικασιών

Η γενίκευση καλείται να αντιμετωπίσει σημαντικά προβλήματα, ώστε να επιτύχει την ορθή, αλλά και ταυτόχρονα ευδιάκριτη αποτύπωση της πραγματικότητας σε περιορισμένο χώρο. Για τη λύση των προβλημάτων αυτών υπάρχει μεγάλος όγκος βιβλιογραφίας και πρακτικών κανόνων. Αλλά όπως αναφέρουν και οι Brassel & Weibel (1988), δεν υπάρχει η ξεκάθαρη κατανόηση και μία σαφής θεωρία της διαδικασίας της χαρτογραφικής γενίκευσης. Ακόμη, η φύση της γενίκευσης απαιτεί νοητική διαδικασία επεξεργασίας πληροφορίας, δημιουργικότητα και αντίληψη της πραγματικότητας, ικανότητες οι οποίες εμπεριέχουν σε μεγάλο βαθμό ασάφεια ορισμού τους, ώστε να εκτελεστούν από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το πρόβλημα, τελικά, το οποίο αφορά τον τρόπο εφαρμογής της γενίκευσης, έγκειται στην απόκτηση της χαρτογραφικής γνώσης. Σύμφωνα με τον Müller (1995) η γνώση για τη γενίκευση είναι δυνατόν να αντληθεί από τρεις πηγές: (1) βιβλιογραφία, (2) υπάρχοντες σειρές χαρτών και (3) εξειδικευμένοι χαρτογράφοι. Χωρίς όμως μία οργανωμένη και συλλογική προσπάθεια, η οποία θα ακολουθεί αντίστοιχες μεθοδολογίες, ώστε η πιθανή τυποποίηση της γνώσης να εμφανίζεται σε συμβατές μορφές (π.χ. αλγόριθμοι, διαγράμματα ροής, μαθηματικές σχέσεις κτλ.), καταλήγουμε ξανά σε λύσεις μη-αξιοποιήσιμες από το σύνολο των ατόμων, που ασχολούνται με το αντικείμενο της γενίκευσης.

Τέλος, παρατηρείται μεγάλη ασάφεια ως προς τους λόγους για τους οποίους γίνεται η αυτοματοποιημένη γενίκευση και τις περιπτώσεις στις οποίες αυτή θα πρέπει να εφαρμόζεται. Αυτή είναι μία παρατήρηση την οποία συναντάμε σε διάφορες μελέτες, όπως στον Müller (1995) και στους McMaster & Shea (1992). Οι McMaster & Shea (1992) προσπαθώντας να ορίσουν τη διαδικασία της ψηφιακής γενίκευσης, έχουν προτείνει ένα εννοιολογικό μοντέλο που παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 Η διαδικασία της ψηφιακής γενίκευσης (πηγή: McMaster & Shea 1992)

3 ΘΕΩΡΙΑ

3.1 Εντοπισμός Καμπών κατά Μήκος Γραμμής

‘Ως ψηφιακή γενίκευση ορίζεται η διαδικασία δημιουργίας, από ένα σύνολο αρχικών δεδομένων, ενός παράγωγου συνόλου χαρτογραφικών δεδομένων κωδικοποιημένων με συμβολικό ή ψηφιακό τρόπο, με εφαρμογή χωρικών μετασχηματισμών ή μετασχηματισμών των ιδιοτήτων τους’, Νάκος (2005). Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό μία γραμμή κατά την διαδικασία της ψηφιακής γενίκευσης μπορεί να υποστεί διάφορες τροποποιήσεις, ώστε να μεταβεί από την αρχική στην παράγωγη μορφή. Αυτές οι τροποποιήσεις εφαρμόζονται μέσω τελεστών γενίκευσης, όπως η απλοποίηση, η εξομάλυνση, η μεγέθυνση κα.

Η επιτυχημένη όμως, αυτόματη εφαρμογή των τελεστών αυτών προϋποθέτει τη δημιουργία ενός λογισμικού κατάλληλου να αξιοποιεί τις δυνατότητες ενός υπολογιστικού συστήματος να διαχειρίζεται τη γραμμή όπως θα τη διαχειριζόταν κάθε έμπειρος χαρτογράφος. Να «αντιλαμβάνεται» δηλαδή τα χαρακτηριστικά, τις ιδιαιτερότητες και γενικότερα την εικόνα της πραγματικότητας που χαρακτηρίζει κάθε χαρτογραφική γραμμή, πέρα από ένα σύνολο συντεταγμένων που εκφράζουν την ψηφιακή της αναπαράσταση.

Η ιδιαιτερότητα κάθε τελεστή και η καταλληλότητά του για συγκεκριμένες μόνο περιπτώσεις δημιουργεί την ανάγκη ύπαρξης συγκεκριμένων μεθόδων αυτόματης αναγνώρισης των περιπτώσεων αυτών για κάθε γραμμή. Η γραμμή πρέπει να αναλυθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε τελικά να αντικειμενικοποιηθούν και να κωδικοποιηθούν τα χαρακτηριστικά τα οποία θα έβλεπε το ανθρώπινο μάτι και να αξιολογηθούν κατάλληλα, ώστε να εφαρμόζονται αυτόματα, αλλά και ορθά, τα διάφορα εργαλεία γενίκευσης.

Για παράδειγμα, για την εφαρμογή του τελεστή απλοποίησης προϋποτίθεται η ύπαρξη κατάλληλης μεθόδου με την οποία θα ανιχνευθούν τα ελάχιστα ικανά σημεία τα οποία θα αναπαραστήσουν με τον καλύτερο τρόπο τη μορφή, τη θέση και το χαρακτήρα της γραμμής στη νέα κλίμακα. Επίσης, προϋποτίθεται να παρέχεται η δυνατότητα στον υπολογιστή δια μέσου κατάλληλου λογισμικού να αναγνωρίζονται οι περιπτώσεις εκείνες οι οποίες απαιτούν την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή, ώστε να αποφευχθεί για παράδειγμα η απαλοιφή σημαντικών χαρακτηριστικών της γραμμής, τα οποία μάλιστα ίσως χρειάζονταν μεγέθυνση ή και ενίσχυση στην παράγωγη κλίμακα, την αντίστροφη δηλαδή διαδικασία.

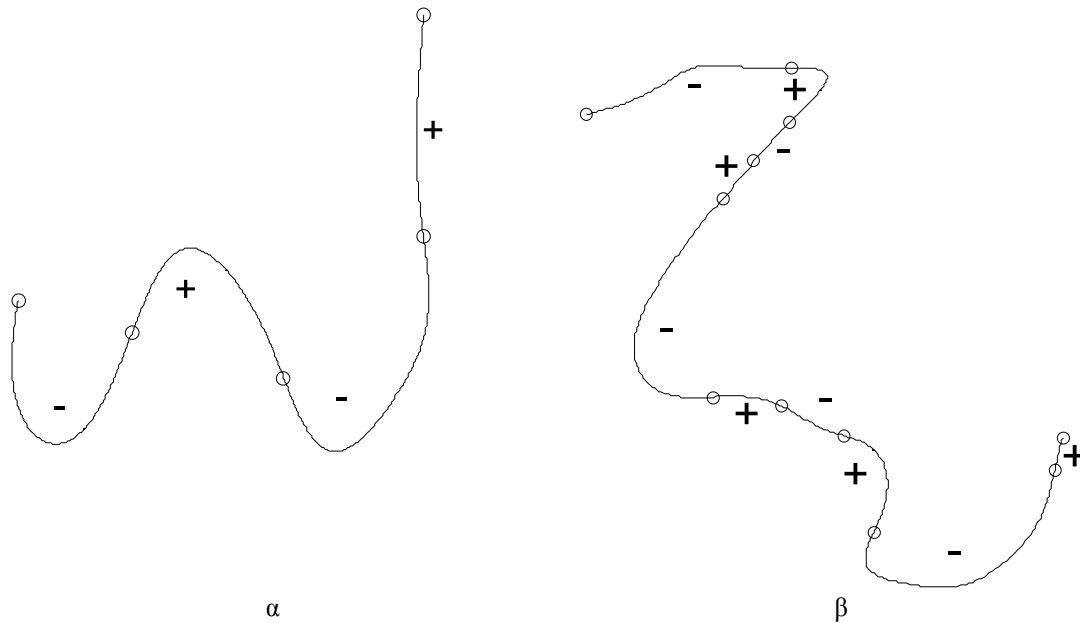
Τελικά, το πρόβλημα εντοπίζεται στην εύρεση της κατάλληλης διαδικασίας, με την οποία σε ψηφιακό περιβάλλον θα αναγνωρίζεται και θα αξιολογείται η γεωμετρία της γραμμής, έχοντας ως είσοδο τις συντεταγμένες των κορυφών της.

Σύμφωνα με τους Wang & Müller (1998) κάθε φυσική γραμμή μπορεί να ιδωθεί ως μία αλληλουχία καμπών. Μία διανυσματική καμπή μπορεί να οριστεί ως ένα τμήμα μίας γραμμής το οποίο αποτελείται από έναν αριθμό κορυφών με ομόσημες γωνίες κλίσης. Διευκρινίζεται ότι σε αυτό το σημείο κορυφή θεωρείται το κάθε σημείο της γραμμής και όχι οι κορυφές των καμπών. Η κλίση της κάθε κορυφής λοιπόν, ορίζεται ως η γωνιακή διαφορά της διεύθυνσης των ευθυγράμμων τμημάτων ‘κορυφή-επόμενο σημείο’ και ‘κορυφή-προηγούμενο σημείο’.

Μέσω της παραπάνω θεώρησης προκύπτουν δύο ακόμα χαρακτηριστικά κάθε γραμμής. Πρώτον, δύο διαδοχικές καμπές είναι πάντα ετερόσημες, δηλαδή το σύνολο

των κορυφών οι οποίες τις αποτελούν έχουν ετερόσημες κλίσεις. Και δεύτερον, μία γραμμή αποτελείται από διαδοχικές καμπές.

Ο εντοπισμός λοιπόν των καμπών μίας γραμμής μπορεί να γίνει με εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας, με τον υπολογισμό δηλαδή των κλίσεων των κορυφών – σημείων, με κάθε σύνολο διαδοχικών κορυφών ομόσημης κλίσης να αποτελούν μία καμπή (Σχήμα 3.1α).



Σχήμα 3.1 Παραδείγματα εντοπισμού κρίσιμων σημείων σε φυσικές γραμμές

Με την παραπάνω διαδικασία προκύπτει όμως το πρόβλημα του εντοπισμού ορισμένων μικροκαμπών και γενικά τμημάτων της γραμμής στα οποία παρουσιάζεται ασήμαντη αλλαγή κλίσης, για την κλίμακα για την οποία προορίζονται (Σχήμα 3.1β). Πρέπει συνεπώς να ορισθεί ένας δείκτης αντιπροσωπευτικός της σημαντικότητας κάθε εντοπισμένης καμπής.

Ο δείκτης ο οποίος επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί έχει την εξής μαθηματική έκφραση:

$$d = \frac{E(i)}{\sum_1^n E(i)} \cdot n,$$

όπου: $E(i)$ το εμβαδόν κάθε καμπής και n το συνολικό πλήθος των καμπών.

Η αναλογία:

$$d' = \frac{E(i)}{\sum_1^n E(i)},$$

θα μπορούσε από μόνη της να αποτελέσει ένα δείκτη, ο οποίος θα αξιολογούσε την κάθε καμπή ανάλογα με το εμβαδό που περικλείει σε σχέση με το συνολικό εμβαδό. Στην περίπτωση αυτή όμως ο δείκτης θα αξιολογούσε μεροληπτικά τις καμπές ανάλογα με τη γραμμή στην οποία βρίσκονται και όμοιες καμπές, αλλά σε διαφορετικές γραμμές, θα είχαν διαφορετική τιμή δείκτη. Ο πολλαπλασιασμός με το

πλήθος των καμπών ξεπερνάει σε μεγάλο βαθμό αυτό το πρόβλημα και αυξάνει την αξιοπιστία του δείκτη, καθώς και την εγκυρότητά του για μεγαλύτερο εύρος περιπτώσεων, βοηθώντας στον ορισμό συγκεκριμένου ορίου σημαντικότητας καμπής. Έπειτα από δοκιμές για διάφορες καμπύλες, ως όριο, κάτω από το οποίο οι καμπές θα απορρίπτονται ως ασήμαντες, τέθηκε η τιμή 0.17.

3.2 Εντοπισμός Κρίσιμων Σημείων κατά Μήκος Καμπής

Ο όρος ‘κρίσιμα σημεία’ αναφέρεται στα σημεία εκείνα μίας γραμμής, τα οποία αποτελούν κορυφές και σημεία αλλαγής καμπυλότητας (Attneave (1954), Freeman (1978), Jenks (1981), Thapa (1988)). Κάθε φυσική γραμμή, όπως μία ακτογραμμή ή ένα ποτάμι, αποτελείται από διαδοχικές καμπές. Κάθε μία από αυτές χαρακτηρίζεται από την καμπυλότητά της και το κρίσιμο σημείο μέγιστης καμπυλότητας, δηλαδή την κορυφή, και οριοθετείται από τα κρίσιμα σημεία ελάχιστης καμπυλότητας, δηλαδή την αρχή και το πέρας. Ο εντοπισμός των σημείων αυτών για μία μαθηματική γραμμή, η οποία εκφράζεται μέσω μίας συνάρτησης, γίνεται μέσω των παράγωγων της συνάρτησης αυτής. Τα σημεία μηδενικής παραγώγου αποτελούν κορυφές, ενώ τα σημεία μηδενικής δεύτερης παραγώγου αποτελούν αρχή και πέρας της καμπής, με προϋπόθεση την παραγωγισιμότητα της συνάρτησης στα σημεία αυτά.

Μία φυσική γραμμή όμως δεν είναι δυνατόν να εκφραστεί επακριβώς μέσω μίας μαθηματικής συνάρτησης, παρά μόνο να προσεγγιστεί τμηματικά. Για το λόγο αυτό ο εντοπισμός των κρίσιμων σημείων αποτελεί αντικείμενο έρευνας. Ειδικότερα για θέματα γενίκευσης ο εντοπισμός και η αξιολόγηση των κρίσιμων σημείων αποτελεί καίριο χαρτογραφικό πρόβλημα, διότι η επιλογή των θέσεων οι οποίες θα διαμορφώσουν μία γενικευμένη γραμμή πρέπει να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά σημεία τα οποία πρέπει να διατηρηθούν για το συγκεκριμένο επίπεδο γενίκευσης (Marino 1979).

Η επιλογή των χαρακτηριστικών σημείων αποτελεί το υπόβαθρο κάθε διαδικασίας γενίκευσης, διότι μόνο με την κατάλληλη επιλογή τους θα μπορέσει τελικά να διατηρηθεί η ακρίβεια της χωρικής οντότητας, η οποία συνίσταται από τη μορφή, τη θέση και το χαρακτήρα της.

Ένα ερώτημα που πρέπει να τεθεί σε αυτό το σημείο αφορά την ορθότητα της επιλογής των κρίσιμων σημείων, τα οποία εξάγονται μέσω της καμπυλότητας, ως χαρακτηριστικά σημεία μίας γραμμής, τα οποία θα διαμορφώσουν τη γενικευμένη μορφή της.

Ο εντοπισμός των διατηρούμενων θέσεων της γραμμής, όσων αφορά την χειροκίνητη γενίκευση γραμμών, γίνεται με τα προσωπικά, λογικά και αισθητικά κριτήρια του χαρτογράφου. Όμως, η ανάγκη για μία αυτοματοποιημένη διαδικασία εντοπισμού των χαρακτηριστικών σημείων μίας γραμμής, η οποία δεν μπορεί παρά να χρησιμοποιεί αιτιοκρατικούς κανόνες, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεσή της από ηλεκτρονικό υπολογιστή, σε συνδυασμό με την απλή μαθηματική έκφραση των κρίσιμων σημείων, οδηγεί στην ταύτισή τους με τα χαρακτηριστικά σημεία μίας γραμμής. Η θεώρηση ότι οι δύο αυτοί τύποι σημείων ταυτίζονται δεν είναι φυσικά αυθαίρετη μίας και πολλές έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα χαρακτηριστικά σημεία μίας γραμμής μπορούν να προσεγγιστούν με ικανοποιητικό τρόπο από τα κρίσιμα.

Συγκεκριμένα διάφορες χαρτογραφικές αλλά και ψυχολογικές έρευνες, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στο αντικείμενο του εντοπισμού των χαρακτηριστικών σημείων μίας γραμμής, συγκλίνουν στο συμπέρασμα της εξαγωγής τους με κριτήριο

την καμπυλότητά και συμπερασματικά την ταύτισή τους με τα κρίσιμα σημεία. Η έρευνα του Attneave (1954) αναφέρει ότι η πλειοψηφία των σημείων, τα οποία είναι ικανά να αναπαραστήσουν με ακρίβεια το σχήμα μίας καμπύλης, είναι σημεία στα οποία η καμπύλη παρουσιάζει μέγιστη απόκλιση από μία ευθεία γραμμή. Δηλαδή, ο ελάχιστος αριθμός σημείων για την αναπαράσταση μίας γραμμής συγκεντρώνεται σε περιοχές μέγιστης αλλαγής κλίσης.

Η Marino (1979) μέσα από ένα πείραμα εντοπισμού χαρακτηριστικών σημείων γραμμής, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τόσο οι χαρτογράφοι όσο και οι μη χαρτογράφοι υποδεικνύουν σημεία, στα οποία εμφανίζεται μέγιστη αλλαγή κλίση, ως τα καταλληλότερα για να διατηρηθούν κατά τη διαδικασία γενίκευσης, έτσι ώστε να διατηρηθεί ο χαρακτήρας της γραμμής.

Ο Freeman (1978) συνδέει το σχήμα μίας γραμμής με την καμπυλότητά της. Αναφέρει συγκεκριμένα πώς τα κρίσιμα σημεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός συστήματος περιγραφής του σχήματος της γραμμής. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα σημεία μέγιστης και ελάχιστης καμπυλότητας, τα σημεία καμψής, τα σημεία τομής και επαφής καθώς και σημεία ασυνέχειας της καμπυλότητας αποτελούν κρίσιμα σημεία για μία γραμμή.

Ο Jenks (1981) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ένα σύνολο χαρακτηριστικών σημείων είναι ικανό να αναπαραστήσει πιστά μία γραμμή. Τα χαρακτηριστικά σημεία είναι δυνατόν να διακριθούν σε δύο ομάδες: σε αυτά στα οποία λαμβάνουν χώρα σημαντικές οικονομικές, πολιτικές και πολιτιστικές δραστηριότητες και σε αυτά τα οποία είναι φυσικά, ενδιαφέροντα ή βασικά για τη δομή της γραμμής. Στην δεύτερη κατηγορία, ανήκουν τα σημεία τα οποία δίνουν στη γραμμή τη μοναδική και χαρακτηριστική μορφή της. Η θέση τους σχετίζεται με την αλλαγή κατεύθυνσης (κλίσης) της γραμμής και με μεγάλους 'κυματισμούς'.

Ο Thara (1988) έχει εκφράσει την άποψη ότι κατά τη διαδικασία της γενίκευσης είναι μεν τα κρίσιμα σημεία αυτά τα οποία θα πρέπει να διατηρηθούν, ώστε να διατηρηθεί και η μορφή της αρχικής γραμμής, αλλά πρέπει να γίνεται και ένα φιλτράρισμα σε αυτά, ώστε να απαλειφθούν εκείνα που αυξάνουν την πιθανότητα να προκαλέσουν 'αιχμές' στην τελική γραμμή. Δηλαδή, τα χαρακτηριστικά σημεία ταυτίζονται με τα κρίσιμα, χωρίς όμως να ισχύει το αντίστροφο, εάν ο στόχος είναι μία τελική γραμμή ομαλή, χωρίς περιττές λεπτομέρειες και αισθητικά ευχάριστη.

3.3 Η Μέθοδος Wang & Müller

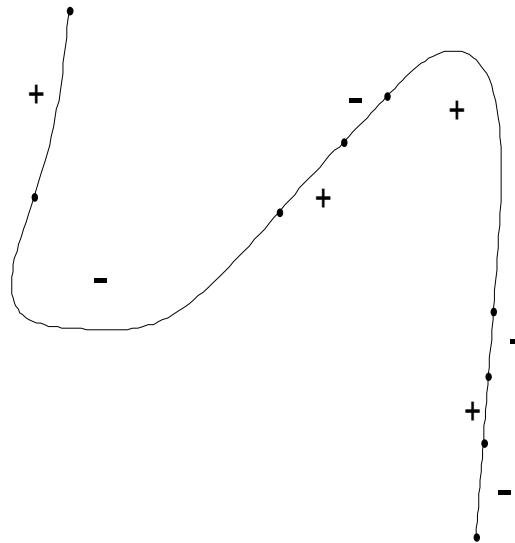
3.3.1 Εντοπισμός κρίσιμων σημείων

Εφόσον λοιπόν γίνονται αποδεκτά τα κρίσιμα σημεία ως χαρακτηριστικά της μορφής, της θέσης και του χαρακτήρα μίας γραμμής, δε μένει παρά να οριστεί μία διαδικασία εντοπισμού τους. Με τη μέθοδο των Wang & Müller (1998), πέρα από των εντοπισμό των καμπών, δίνεται και η δυνατότητα εντοπισμού των κρίσιμων σημείων. Εφόσον μία γραμμή αποτελείται από διαδοχικές καμπές, οι οποίες εντοπίζονται μέσω της αλλαγής του προσήμου της καμπυλότητας, τότε κάθε σημείο αλλαγής προσήμου αποτελεί το πέρας μίας καμψής και την αρχή της επόμενης. Επίσης, το πρώτο σημείο της γραμμής αποτελεί την αρχή της πρώτης καμψής και το τελευταίο αποτελεί το πέρας της τελευταίας (Σχήμα 3.2).

Όσον αφορά τις καμπές για τις οποίες ο δείκτης d υπολογίζεται μικρότερος του ορίου σημαντικότητας, εντοπίζεται το σημείο εκείνο το οποίο βρίσκεται κατά

προσέγγιση στο μέσο του επικαμπύλιου μήκους της γραμμής. Το σημείο αυτό εντοπίζεται προσεγγιστικά, διότι είναι πρακτικά αδύνατο να υφίσταται ψηφιοποιημένο σημείο στο πραγματικό μέσο του επικαμπύλιου μήκους. Το σημείο αυτό ορίζεται ως πέρας της προηγούμενης και ως αρχή της επόμενης, διατηρούμενης καμπής. Με αυτή τη διαδικασία απαλείφονται τελικά οι μικροκαμπές, οι οποίες δε θα εντοπίζονταν κατά ένα χειροκίνητο εντοπισμό καμπών.

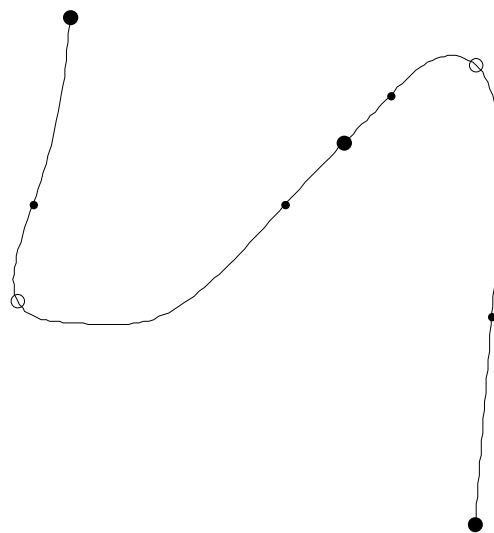
Τέλος, ως κορυφή καμπής θεωρείται το σημείο εκείνο, εσωτερικά κάθε εντοπισμένης καμπής, στο οποίο αντιστοιχεί η μέγιστη απόλυτη τιμή γωνίας κλίσης. Η χρήση της απόλυτης τιμής χρησιμοποιείται διότι οι γωνίες κλίσης υπολογίζονται είτε θετικές, είτε αρνητικές, ανάλογα με την κλίση της ίδιας της καμπής (Σχήμα 2.3).



+/- πρόσημο κλίσης καμπής

• αρχή/πέρας καμπής

Σχήμα 3.2 Αρχικά εντοπισμένες καμπές, χωρίς απαλοιφή μικροκαμπών



• Αρχή/πέρας τελικών καμπών πριν την απαλοιφή των μικροκαμπών

● Τελική αρχή/πέρας καμπής

○ Κορυφή καμπής

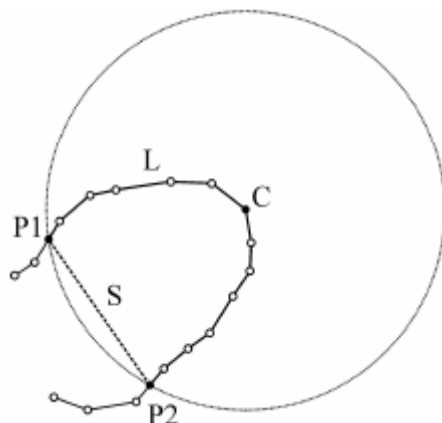
Σχήμα 3.3 Τελικές εντοπισμένες καμπές

3.3.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων Wang & Müller και μεθόδου LR

Η απλότητα της μεθόδου Wang & Müller για τον εντοπισμό καμπών και κρίσιμων σημείων σε αυτές είναι δεδομένη, όμως η αξιοπιστία μίας τόσο απλής μεθόδου, η οποία χρησιμοποιεί ως μοναδικό κριτήριο για τον εντοπισμό τις γωνίες κλίσης και ως κριτήριο σημαντικότητας μίας καμπής ένα δείκτη εμβαδού, δημιουργεί την ανάγκη διασταύρωσης των αποτελεσμάτων της με κάποια ισχυρότερη μέθοδο. Άλλωστε, η διαδικασία εντοπισμού των χαρακτηριστικών σημείων, θα επηρεάσει σε τέτοιο βαθμό την εφαρμογή των τελεστών γενίκευσης, με αποτέλεσμα μία λάθος επιλογή μεθόδου να είναι ικανή να οδηγήσει σε εσφαλμένα τελικά αποτελέσματα.

Η μέθοδος LR (Nakos & Mitropoulos 2005) δημιουργήθηκε για χαρτογραφικές εφαρμογές και συγκεκριμένα για τον εντοπισμό κρίσιμων σημείων σε διανυσματικές γραμμές. Εν συντομία, για την εφαρμογή της αποκόπτονται 'περιοχές εξέτασης' γύρω από κάθε κορυφή και υπολογίζεται η καμπυλότητά τους μέσω του δείκτη αναλογίας μήκους. Κάθε περιοχή εξέτασης υλοποιείται με την εφαρμογή κύκλου με κέντρο την εκάστοτε εξεταζόμενη κορυφή. Ο δείκτης αναλογίας μήκους LR υπολογίζεται ως το κλάσμα του επικαμπύλιου μήκους ανάμεσα στα σημεία τομής κύκλου – γραμμής, προς το μήκος της χορδής επίσης των σημείων τομής (Σχήμα 3.4). Ο LR αποτελεί δείκτη καμπυλότητας και με χρήση διαφόρων ακτινών, συνεπώς και την διαδοχική εξέταση περιοχών διαφορετικού εύρους, καταλήγουμε στη δυνατότητα εξέτασης κάθε κορυφής, τόσο τοπικά όσο και ευρύτερα. Ο δείκτης ALR, ο οποίος υπολογίζεται για κάθε κορυφή ως ο μέσος όρος δεικτών LR υπολογισμένων με διαφορετικό εύρος περιοχής εξέτασης, μειώνει την επιρροή της τοπικής γεωμετρίας της γραμμής και συνυπολογίζει τοπική και ευρύτερη γεωμετρία. Ο υπολογισμός του δείκτη ALR προτείνεται να γίνεται μέσω τεσσάρων δεικτών LR. Η περιοχή εξέτασης καθενός από αυτούς θα αντιστοιχεί στο βήμα ψηφιοποίησης, στο διπλάσιό του, στο τριπλάσιό του και στο τετραπλάσιό του.

Η μέθοδος LR χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της μεθόδου Wang & Müller. Οι λόγοι είναι τόσο η αντικειμενικότητα της μεθόδου LR, η οποία ξεπερνάει το εμπόδιο της εξέτασης μεμονωμένων σημείων των Wang & Müller, όσο και η σταθερότητα του δείκτη ALR ο οποίος συνυπολογίζει την καμπυλότητα κάθε κορυφής της γραμμής για διαφορετικές 'περιοχές εξέτασης', ξεπερνώντας και το δεύτερο εμπόδιο των Wang & Müller, το οποίο αφορούσε την αδυναμία ορισμού ισχυρού δείκτη, ο οποίος θα αντιπροσώπευε τη σημαντικότητα της κάθε κορυφής.



Σχήμα 3.4 Τυπική περίπτωση τομής κύκλου – γραμμής (πηγή: Nakos & Mitropoulos 2005)

Οι δύο μέθοδοι εντοπισμού κρίσιμων σημείων εφαρμόστηκαν σε τμήματα της ακτογραμμής της νήσου Περιστέρα. Τα τμήματα αυτά απομονώθηκαν ως ‘*ε-μη-κυρτά*’ με τη μέθοδο του Perkal (βλ. ενότητα 3.1), για την μετάβαση της ακτογραμμής από κλίμακα 1:50.0000 σε 1:1.000.000. Στα συγκεκριμένα τμήματα θα πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλοι τελεστές γενίκευσης, ώστε να αναπαρασταθούν σωστά στην τελική κλίμακα, οπότε ο ακριβής εντοπισμός των καμπών και των χαρακτηριστικών σημείων, είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Ως αποτέλεσμα των δοκιμών που έγιναν, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα, σχετικά με την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, τα οποία η μέθοδος Wang & Müller είναι ικανή να προσφέρει:

- Η μέθοδος των Wang & Müller εντοπίζει μεγαλύτερο πλήθος κορυφών σε σχέση με τη LR. Οι επιπλέον αυτές κορυφές εντοπίζονται σε καμπές ιδιαίτερα μικρού μεγέθους, γεγονός που αποδεικνύει την ευαισθησία της μεθόδου σε τοπικές λεπτομέρειες.
- Η ακρίβεια της μεθόδου Wang & Müller είναι αρκετά ικανοποιητική, διότι εντός κοινών εντοπισμένων καμπών των δύο μεθόδων, οι αντίστοιχες κορυφές είτε ταυτίζονται, δηλαδή αναπαρίστανται από το ίδιο σημείο, είτε βρίσκονται πολύ κοντά, με απόκλιση ελάχιστων σημείων, σε σχέση με τις αντίστοιχες, οι οποίες προκύπτουν από τη μέθοδο LR.
- Μικρός βαθμός εξομάλυνσης είναι αναγκαίος, ώστε τα αποτελέσματα της μεθόδου Wang & Müller να ξεπεράσουν το εμπόδιο του εντοπισμού των μικροανωμαλιών της γραμμής, οι οποίες θεωρούνται ‘θόρυβος’, και να πλησιάσουν το πλήθος των αποτελεσμάτων της μεθόδου LR.
- Στις περιπτώσεις, όπου οι καμπές εντοπίζονται σωστά από τη μέθοδο Wang & Müller, αλλά οι κορυφές εντοπίζονται σε θέση διαφορετική από εκείνη την οποία θα υποδείκνυε ένας χαρτογράφος, έχουμε αντίστοιχα εσφαλμένο αποτέλεσμα και από τη μέθοδο LR.
- Τελικά, εάν η μέθοδος Wang & Müller συνδυαστεί με κατάλληλο επίπεδο εξομάλυνσης, είναι ικανή να δώσει αποτελέσματα αντίστοιχης εγκυρότητας με αυτά της μεθόδου LR.

3.3.3 Επιλογή μεθόδου Wang & Müller αντί της μεθόδου LR

Εάν κάποιος θελήσει να συγκρίνει τις μεθόδους Wang & Müller και LR, θα διαπιστώσει ότι η δεύτερη είναι ικανή να δώσει πολύ καλύτερα αποτελέσματα και να προσεγγίσει αποτελεσματικότερα τα χαρακτηριστικά σημεία, τα οποία ένας χαρτογράφος θα επέλεγε ως τέτοια. Η μέθοδος Wang & Müller, όμως, είναι αρκετά ταχύτερη στην υλοποίησή της.

Παρόλη την αποτελεσματικότητά της, ως προς τον εντοπισμό κρίσιμων σημείων, η μέθοδος LR εμφανίζει ένα σημαντικό μειονέκτημα και αυτό οφείλεται στην ταχύτητά της. Η συγκεκριμένη μέθοδος αξιολογεί την πιθανότητα υποψηφιότητας κάθε κορυφής για χαρακτηριστικό σημείο, με βάση διαφορετικές ‘περιοχές εξέτασης’. Καθένα διαφορετικό εύρος ‘περιοχής εξέτασης’ απαιτεί και διαφορετική σάρωση των κορυφών της γραμμής. Όμως, μία πραγματική γραμμή μπορεί να αποτελείται από χιλιάδες, εκατομμύρια ή και δισεκατομμύρια σημεία, ανάλογα με το μέγεθός της. Και ενώ η μέθοδος των Wang & Müller εξάγει αποτελέσματα μέσω μίας επεξεργασίας ανά κορυφή, η μέθοδος LR θα χρειαστεί τέσσερις και μάλιστα περισσότερες πολύπλοκες.

Η μέθοδος LR έχει ένα ακόμη χαρακτηριστικό, το οποίο δεν επιτρέπει τη χρήση της για τη συγκεκριμένη εφαρμογή γενίκευσης. Παρόλο που εντοπίζει τις

χαρακτηριστικές καμπές, δεν υπολογίζει τη φορά τους, ενώ αντίθετα η μέθοδος Wang & Müller κάνει εξ' ορισμού αυτό τον υπολογισμό.

3.3.4 Χρησιμότητα της φοράς της καμπής στη διαδικασία γενίκευσης

Κάθε γραμμή, όπως ορίστηκε και από τους Wang & Müller (1998), αποτελείται από διαδοχικές, ετερόσημες καμπές. Η διαδικασία εντοπισμού των χαρακτηριστικών καμπών θα ακολουθηθεί από μία διαδικασία απαλοιφής των μη-σημαντικών και κατάλληλης προσαρμογής των σημαντικών. Όμως ο κανόνας της ετεροσημότητας των διαδοχικών καμπών θα πρέπει να ισχύσει και για τη γενικευμένη γραμμή.

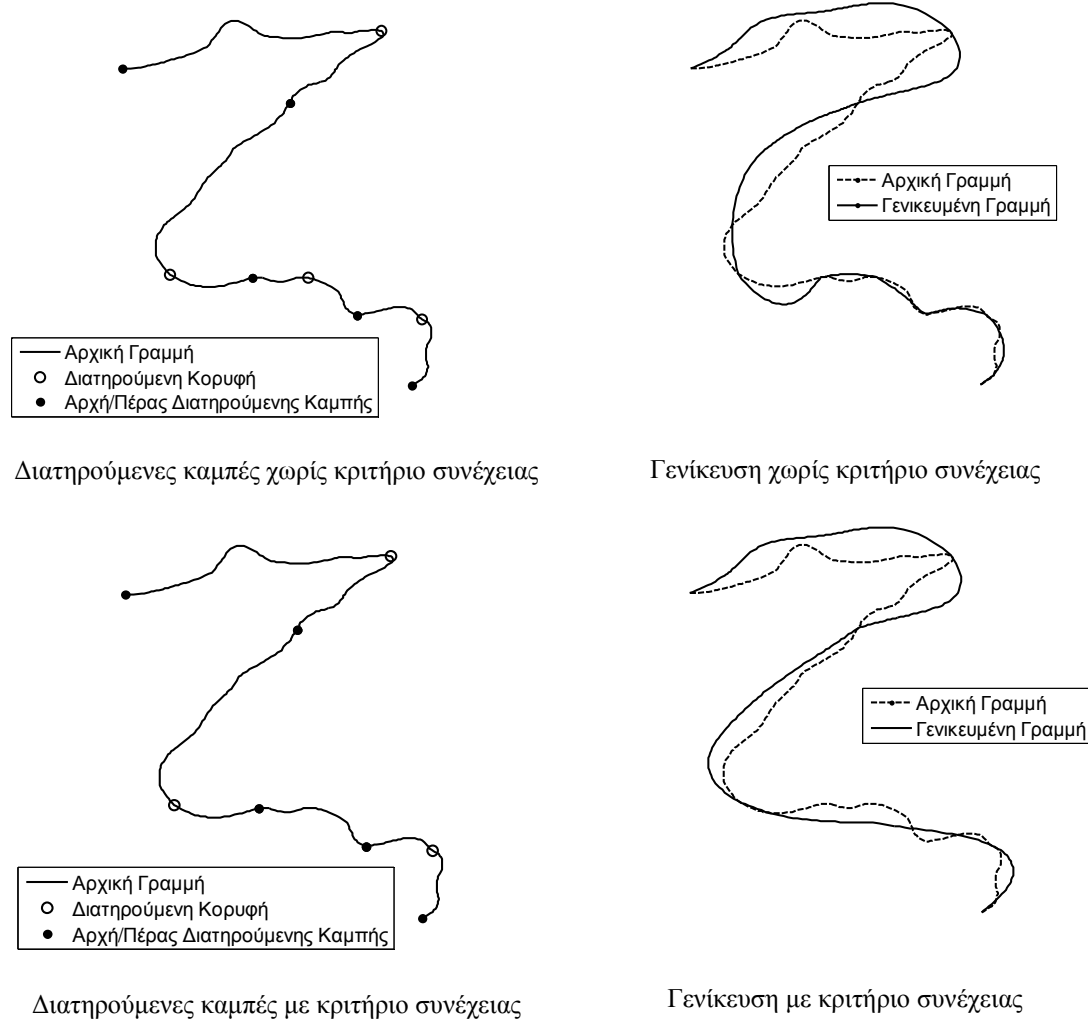
Η διαδικασία εντοπισμού χαρακτηριστικών καμπών έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο καμπών, οι οποίες είναι κατάλληλες για να διατηρηθούν. Όμως κάθε μία από αυτές θα πρέπει να εξεταστεί ξανά ως προς την καταλληλότητά της, διότι για να επιτευχθεί ένα αποτέλεσμα χαρτογραφικά αποδεκτό θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εμφάνισης ασυνεχειών στη γενικευμένη γραμμή.

Μία αιτία ασυνέχειας θα προέκυπτε από τη διατήρηση διαδοχικών ομόσημων καμπών. Οπότε έπειτα από τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών καμπών θα πρέπει να γίνει ένας δεύτερος έλεγχος, ώστε να διατηρηθούν μόνο οι ταυτόχρονα χαρακτηριστικές, αλλά και διαδοχικά ετερόσημες καμπές. Η απαλοιφή σε αυτό το στάδιο γίνεται και πάλι με κριτήριο το δείκτη d .

Η πιθανότητα να μη διατηρηθούν καμπές οι οποίες είναι σημαντικότερες και να διατηρηθούν άλλες, λιγότερο σημαντικές, υπάρχει. Συγκεκριμένα, εάν εντοπιστούν διαδοχικές ομόσημες καμπές, μόνο μία από αυτές θα είναι δυνατόν να διατηρηθεί και συγκεκριμένα αυτή με το μεγαλύτερο δείκτη d . Ανάμεσα στις απαλειφόμενες μπορεί να υπάρχουν καμπές με μεγαλύτερο δείκτη d σε σχέση με άλλες διατηρούμενες καμπές της γραμμής. Αυτή η περίπτωση θα εμφανιζόταν, εάν οι τελευταίες υπολογίζονταν ως ετερόσημες σε σχέση με τις εκατέρωθέν τους.

Η παραπάνω παρέμβαση απαλοιφής καμπών, ακόμη και ιδιαίτερα σημαντικών, μπορεί να μοιάζει αυθαίρετη, αλλά είναι απαραίτητη ώστε η νέα γραμμή να έχει εξίσου φυσική μορφή, με την αρχική. Μία μέθοδος η οποία θα διατηρούσε το σύνολο των εντοπισμένων χαρακτηριστικών καμπών, θα ήταν η προσθήκη ετερόσημων – μη πραγματικών καμπών ανάμεσα στις προς διατήρηση ομόσημες. Κάτι τέτοιο θα διατηρούσε τη συνέχεια της γραμμής, καθώς και το σύνολο των σημαντικών καμπών, αλλά θα παραποιούσε σημαντικά την πραγματικότητα.

Οπότε μία μέθοδος εντοπισμού των χαρακτηριστικών καμπών μίας γραμμής, θα πρέπει να έχει και τη δυνατότητα υπολογισμού της φοράς τους, ώστε να μη διατηρούνται άκριτα οι μεγαλύτερες καμπές, αλλά να λαμβάνεται υπόψιν και το κριτήριο της συνέχειας (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5 Γενίκευση και κριτήριο συνέχειας

3.4 Στόχος της Συγκεκριμένης Εφαρμογής

Η συγκεκριμένη εφαρμογή εστιάζει στην κατασκευή αλγόριθμου, ο οποίος θα εφαρμόζει σε γραμμικές, και συγκεκριμένα διανυσματικές οντότητες, τους εξής τελεστές γενίκευσης: (α) απαλοιφή, (β) εξομάλυνση και (γ) μεγέθυνση. Οι τελεστές (β) και (γ) προβλέπεται να συνδυάζονται κατά την εφαρμογή τους ως ενιαίος τελεστής γενίκευσης καμπών, στο ίδιο τμήμα γραμμής.

Η συνολική διαδικασία έχει ως στόχο την τροποποίηση των γραμμικών οντοτήτων, ώστε να είναι ευκρινείς σε παράγωγη κλίμακα. Σημειώνεται ότι το πρόβλημα της ευκρίνειας προκύπτει από τη μεταβολή της κλίμακας σε συνδυασμό με το όριο της οπτικής αντίληψης. Η παρέμβαση η οποία γίνεται, συνίσταται στο διαχωρισμό των περιττών λεπτομερειών από τα σημαντικά χαρακτηριστικά. Οι περιττές λεπτομέρειες απαλείφονται και τα σημαντικά χαρακτηριστικά εξομαλύνονται και στη συνέχεια μεγεθύνονται, τόσο ώστε να είναι ευδιάκριτα στη νέα κλίμακα.

Η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της μεθόδου σε τμήματα μίας γραμμικής οντότητας, τα οποία αποκόπτονται από τη συνολική γραμμή, ως υποψήφια προβληματικά τμήματα για τη νέα κλίμακα. Δηλαδή, η λύση η οποία δίνεται, εστιάζει στα ιδιαίτερος περίπλοκα τμήματα μίας γραμμής, παρεμβαίνοντας

τοπικά σε αυτά, με σκοπό την οπτική τους ενίσχυση και τελικά τη διατήρηση του χαρακτήρα και της μορφής των συγκεκριμένων τμημάτων της γραμμής. Τονίζεται ότι σκοπός δεν είναι η γενική λύση της γενίκευσης γραμμικών οντοτήτων, αλλά η στοχευμένη παρέμβαση σε συγκεκριμένες περιοχές για τις οποίες κρίνεται απαραίτητη η διατήρησή τους, αλλά ταυτόχρονα κρίνονται ως δυσδιάκριτες στην παράγωγη κλίμακα.

Η εφαρμογή περιορίζεται στο χωρικό μετασχηματισμό γραμμικών οντοτήτων, χωρίς να λαμβάνει υπόψιν γειτονικές οντότητες και πιθανά προβλήματα απεικόνισης τους, ακόμη και αν αυτά προκαλούνται από τις γραμμικές οντότητες στις οποίες γίνεται η παρέμβαση.

Τέλος, η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν έχει το χαρακτήρα μίας πλήρους αυτοματοποιημένης λύσης. Απαιτείται η παρέμβαση του χρήστη για την επιλογή κάποιων παραμέτρων, αλλά το κρισιμότερο σημείο στο οποίο συμμετέχει είναι η αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος και η πιθανή ανάγκη επανάληψης της εφαρμογής με νέες παραμέτρους.

4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

4.1 Προεπεξεργασία -Απομόνωση Προβληματικών Τμημάτων

Η μέθοδος γενίκευσης η οποία προτείνεται, όπως αναφέρεται και στην ενότητα 2.4, έχει εφαρμογή στα τμήματα εκείνα της γραμμής τα οποία εμφανίζουν πρόβλημα ευκρίνειας στην παράγωγη κλίμακα. Οπότε, τα τμήματα αυτά θα πρέπει να εντοπιστούν και να αποκοπούν από την υπόλοιπη γραμμή, ώστε να υποστούν τις κατάλληλες τροποποιήσεις.

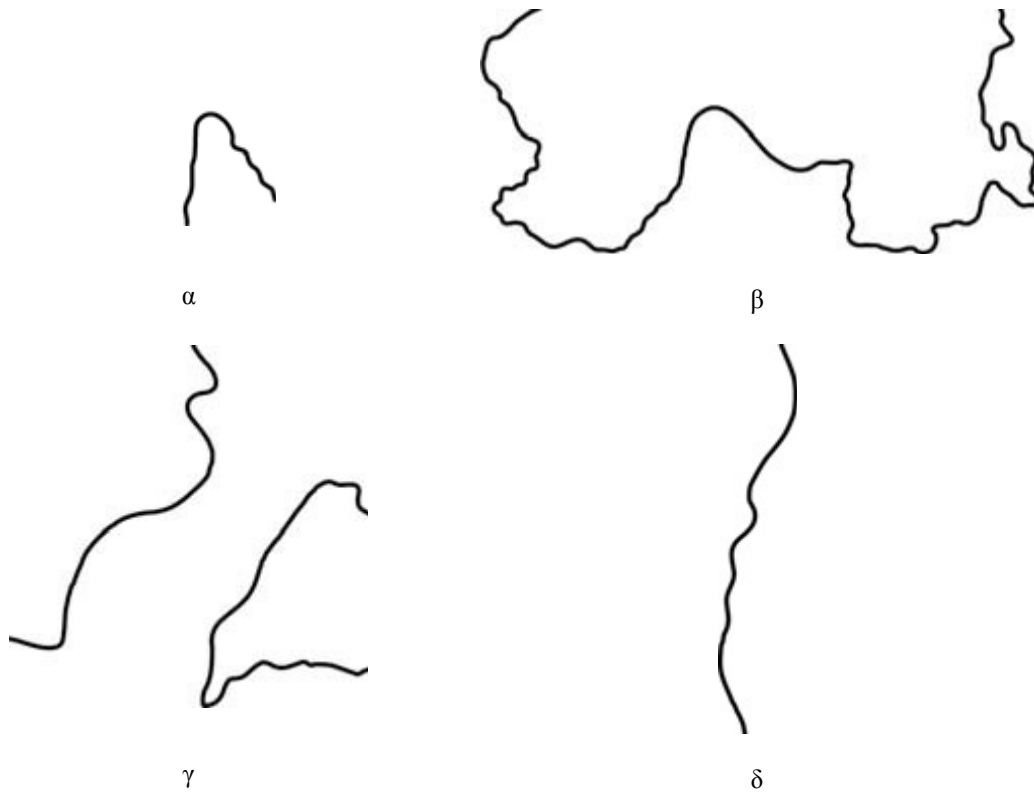
Η μέθοδος με την οποία έγινε ο διαχωρισμός των τμημάτων αυτών, είναι η ‘Δημιουργία και αναπαράσταση ϵ -μη-κυρτών καμπύλων κατά μήκος χαρτογραφικών γραμμών’ (Νάκος & Μητρόπουλος 2006), η οποία βασίζεται σε μελέτες του Perkal (1966a,b). Ο Perkal (1966a) αντιμετώπισε την αδυναμία μέτρησης του μήκους φυσικών γραμμών, λόγω άγνοιας των γεωμετρικών εξισώσεων ακριβούς περιγραφής τους, μέσω της κύλισης δίσκου διαμέτρου ϵ κατά μήκος των γραμμών αυτών. Το μήκος της φυσικής γραμμής μπορεί τελικά να υπολογιστεί έμμεσα ως συνάρτηση της διαμέτρου ϵ του δίσκου. Μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας, ο Perkal (1966a) όρισε τις ϵ -κυρτές περιοχές μίας γραμμής, ως εκείνες στις οποίες δίσκος διαμέτρου ϵ είναι δυνατόν να εφαρμόσει, χωρίς να δημιουργηθούν σημεία τομής.

Με βάση την παραπάνω διαδικασία υπολογισμού του αναπτύγματος μίας φυσικής γραμμής, ο Perkal (1966b) όρισε μία μέθοδο γενίκευσης, σύμφωνα με την οποία τα τμήματα μίας γραμμής στα οποία δε μπορεί να εφαρμόσει δίσκος διαμέτρου ϵ , δηλαδή εκείνα τα οποία ορίστηκαν ως ϵ -μη-κυρτά, αντικαθίστανται από τόξο κύκλου διαμέτρου ϵ . Εάν η διάμετρος του δίσκου είναι κατάλληλη, ώστε να εντοπίσει και να αντικαταστήσει τα τμήματα εκείνα της γραμμής, τα οποία θα αντιμετώπιζαν πρόβλημα ευκρίνειας, λόγω του ορίου της οπτικής αντίληψης, στην παράγωγη κλίμακα, τότε μετά από την αντικατάσταση η γραμμή θεωρείται γενικευμένη.

Χρησιμοποιώντας την μέθοδο εντοπισμού των ϵ -μη-κυρτών τμημάτων, μπορούμε να εντοπίσουμε και να αποκόψουμε από μία φυσική γραμμή τα τμήματα εκείνα τα οποία χρήζουν μεγέθυνσης ή απαλοιφής, ώστε να εφαρμοστούν σε αυτά οι, κατά περίπτωση, κατάλληλοι αλγόριθμοι γενίκευσης.

Σύμφωνα με τους Nakos et al (2008) η παραπάνω διαδικασία καταλήγει στην απομόνωση τεσσάρων διαφορετικών τύπων τμημάτων:

- Τύπος Α: ϵ -μη-κυρτά τμήματα, με την ϵ -μη-κυρτότητα να εντοπίζεται στη μία πλευρά της γραμμής (Σχ. 4.1α)
- Τύπος Β: Εκατέρωθεν ϵ -μη-κυρτά τμήματα (Σχ. 4.1β)
- Τύπος Γ: Ανεξάρτητα τμήματα, τα οποία παρουσιάζουν μεταξύ τους ϵ -μη-κυρτότητα (Σχ. 4.1γ)
- Τύπος Δ: ϵ -κυρτά τμήματα (Σχ. 4.1δ)



Σχήμα 4.1 Οι τέσσερις τύποι γραμμών σύμφωνα με το κριτήριο της ϵ -κυρτότητας (πηγή: Nakos et al 2008)

4.2 Gauss και Απομόνωση Χαρακτηριστικότερων Κορυφών

4.2.1 Περιγραφή του φίλτρου

‘Κάθε φίλτρο αποτελεί μία «τοπική πράξη», σε αντίθεση με τις «σημειακές πράξεις»’, Αργιαλάς (1998). Δηλαδή, κάθε τιμή, για την περίπτωση μας κάθε ζεύγος συντεταγμένων, τροποποιείται με βάση τις συντεταγμένες συγκεκριμένου πλήθους γειτονικών σημείων, με αποτέλεσμα η νέα θέση να επηρεάζεται από το ευρύτερο περιβάλλον του (‘τοπική πράξη’). Θα αναφερόμασταν σε ‘σημειακή πράξη’ εάν οι νέες συντεταγμένες προέκυπταν από συγκεκριμένο μετασχηματισμό, ανεξάρτητο από τη θέση του σημείου και των γειτονικών του.

Το φίλτρο Gauss χρησιμοποιείται συνήθως για την επεξεργασία σημάτων. Ανήκει στα φίλτρα διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων, δηλαδή σε αυτά τα οποία μειώνουν το θόρυβο και τελικά εξομαλύνουν το σήμα, για το λόγο αυτό μπορεί να θεωρηθεί και τελεστής εξομάλυνσης.

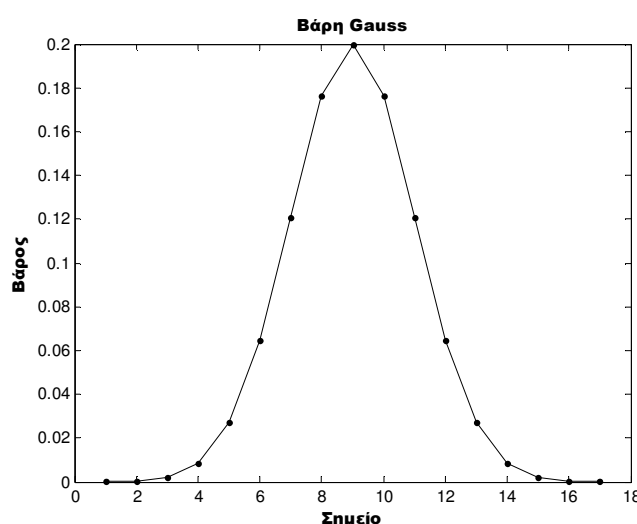
Ο τελεστής εξομάλυνσης Gauss, λοιπόν, εφαρμόζεται με τις εξής εξισώσεις:

$$X_{εξομ,i} = \sum_{k=-4\sigma}^{4\sigma} X_{αρχ,i-k} \cdot g_{\sigma,k} \quad , \text{ όπου } g_{\sigma,k} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-k^2/2\sigma^2}$$

$$Y_{εξομ,i} = \sum_{k=-4\sigma}^{4\sigma} Y_{αρχ,i-k} \cdot g_{\sigma,k}$$

Η τιμή του σ αντιστοιχεί στο πλήθος των γειτονικών σημείων που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της νέας θέσης κάθε σημείου (Lecordix et al 1997).

Στην πράξη τώρα, για την εφαρμογή των παραπάνω εξισώσεων επιλέγεται το υποοκταπλάσιο πλήθος σ των σημείων τα οποία θα συμβάλλουν στον υπολογισμό των νέων συντεταγμένων κάθε σημείου. Οι νέες συντεταγμένες υπολογίζονται για ως μέσος όρος των συντεταγμένων: του ίδιου του σημείου, των $4 \cdot \sigma$ πριν από αυτό και των $4 \cdot \sigma$ μετά από αυτό. Κάθε σημείο, όμως, κατά τον υπολογισμό του μέσου όρου έχει ένα βάρος $g_{\sigma,k}$. Το βάρος αυτό είναι υπολογισμένο ώστε το άθροισμα των βαρών, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον επανυπολογισμό των συντεταγμένων, να αντιστοιχεί στη μονάδα και ταυτόχρονα τα βάρη των συντεταγμένων των σημείων να ακολουθούν την κανονική κατανομή με κεντρικό σημείο το ίδιο το σημείο του οποίου οι συντεταγμένες υπολογίζονται (Σχήμα 4.2). Ουσιαστικά το φίλτρο εξομάλυνσης του Gauss αποτελεί εφαρμογή ενός φίλτρου κινούμενου μέσου όρου, με τα βάρη να ακολουθούν την κανονική κατανομή (Li 2007).



Σχήμα 4.2 Υπολογισμός βαρών σύμφωνα με κανονική κατανομή για $\sigma = 2$

Τελικά, κάθε σημείο της γραμμής μετατοπίζεται με βάση τις συντεταγμένες του ίδιου και των γειτονικών του. Κάθε σημείο συμβάλει στη μετατόπιση του άλλου ανάλογα με το συντελεστή g_{σ} , η τιμή του οποίου επηρεάζεται τόσο από την τιμή του σ , όσο και από το πλήθος των σημείων που παρεμβάλλονται ανάμεσα στα δύο σημεία. Ως αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής έχουμε μετατόπιση, το διάλυμα της οποίας επηρεάζεται όλο και λιγότερο από τις συντεταγμένες των πιο απομακρυσμένων σημείων, και την γραμμή να εμφανίζεται εξομαλυσμένη με τις επουσιώδεις καμπές να απαλείφονται. Το μέγεθος της εξομάλυνσης εξαρτάται τόσο από την αρχική μορφή της γραμμής, όσο και από την επιλογή της τιμής του σ από το χρήστη.

Ένα θέμα το οποίο αφορά το γραφικό αποτέλεσμα της εφαρμογής του φίλτρου Gauss σε μία γραμμική οντότητα, αποτελεί η συρρίκνωση των καμπών, η οποία είναι ανάλογη του συντελεστή εξομάλυνσης. Σύμφωνα με τον Lowe 1989 *‘το σημαντικότερο πρόβλημα της συγκεκριμένης μεθόδου εξομάλυνσης αποτελεί η συστηματική συρρίκνωση των καμπών προς το κέντρο της καμπυλότητάς τους. Η πηγή του αποτελέσματος αυτού βρίσκεται στο γεγονός ότι κάθε σημείο μίας καμπύλης επηρεάζεται από τα εκατέρωθεν γειτονικά του, τα οποία κλείνουν προς το τοπικό*

κέντρο καμπυλότητας. Όπως μάλιστα πολύ εύστοχα αναφέρει ο Li (2007), εάν εφαρμοστεί το φίλτρο Gauss σε έναν κύκλο, το αποτέλεσμα θα είναι ένας μικρότερος κύκλος.

4.2.2 Εφαρμογή του τελεστή εξομάλυνσης Gauss

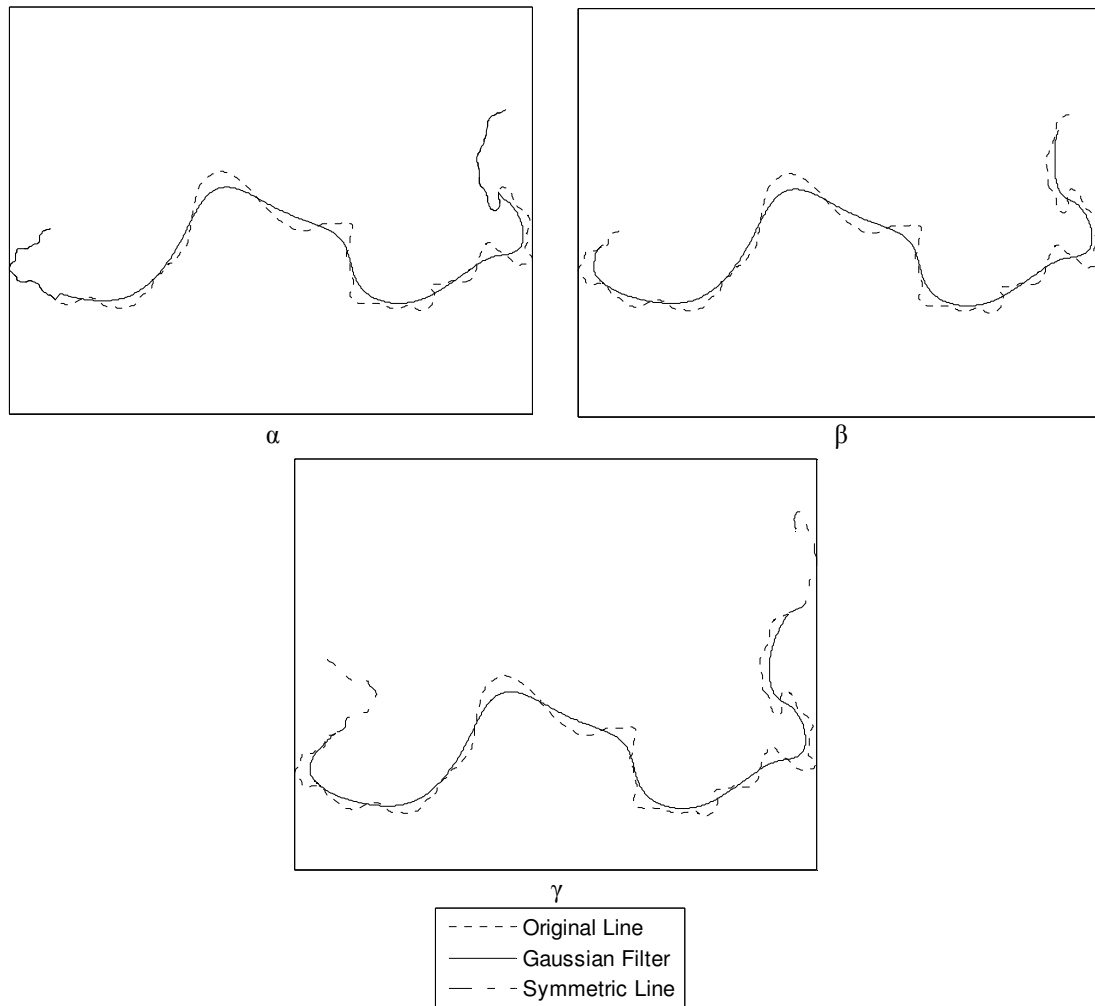
Για τη σωστή και αποτελεσματική υλοποίηση του τελεστή εξομάλυνσης Gauss πρέπει να τεθούν κάποιιοι περιορισμοί και να παρθούν κάποιες αποφάσεις σχετικά με τον ακριβή τρόπο εφαρμογής του.

Καταρχάς πρέπει το σ να λαμβάνει τιμές από 1 έως το $\frac{1}{4}$ το συνολικού πλήθους των σημείων της γραμμής, ο περιορισμός αυτός δίνεται για πρακτικούς λόγους, ώστε να είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί.

Ένας άλλος περιορισμός, ο οποίος αφορά τη διατήρηση της ακρίβειας της γεωμετρίας της γραμμής, είναι η διατήρηση των συντεταγμένων της αρχής και του πέρατός της. Η αρχή και το πέρας μίας γραμμής αποτελούν χαρακτηριστικά σημεία της και η θέση τους δεν πρέπει να μετατίθεται. Το θέμα αυτό όμως, αντιμετωπίζεται σε συνδυασμό και ως αποτέλεσμα της αντιμετώπισης του επόμενου.

Μία τελευταία απόφαση η οποία πρέπει να παρθεί αφορά τις συντεταγμένες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν, ώστε να εφαρμοστεί ο τελεστής στα αρχικά και τελικά σημεία της γραμμής. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι για την εφαρμογή του τελεστή Gauss σε σημείο i της γραμμής, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντεταγμένες των σημείων από $i - 4 \cdot \sigma$ έως $i + 4 \cdot \sigma$. Για παράδειγμα, για το πρώτο σημείο, όπου $i = 1$, το σημείο $i - 4 \cdot \sigma$ δεν υπάρχει. Το ίδιο ισχύει για τα πρώτα $4 \cdot \sigma$ καθώς και για τα τελευταία, επίσης, $4 \cdot \sigma$ σημεία της γραμμής.

Οι λύσεις οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν είναι οι παρακάτω. Πρώτον αυτά τα τμήματα της γραμμής θα μπορούσαν να μην εξομαλυνθούν, λύση όμως η οποία καταλήγει σε γραφική ανομοιογένεια και ασυνέχειες στην εξομαλυνμένη γραμμή (Σχ. 4.3α). Δεύτερον, για την εξομάλυνσή τους θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο οι συντεταγμένες των σημείων τα οποία υπάρχουν, αλλά με διπλάσιο βάρος (g_{σ}). Για παράδειγμα για $i = 1$ να χρησιμοποιηθούν μόνο τα σημεία από το 1 έως το $4 \cdot \sigma$. Το γραφικό αποτέλεσμα όμως αυτής της λύσης είναι μία ελαφριά μετατόπιση του αρχικού και του τελικού τμήματος της γραμμής προς τα σημεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της νέας θέσης, παραμορφώνοντας τη γραμμή με τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στους κανόνες της εξομάλυνσης. (Σχ. 4.3β) Η τρίτη λύση, η οποία τελικά επιλέγεται ως καταλληλότερη, είναι η δημιουργία μη πραγματικών σημείων πριν την αρχή και μετά το πέρας της γραμμής. Το πλήθος τους είναι ανάλογο του σ που επιλέγεται, συγκεκριμένα είναι $4 \cdot \sigma$ σημεία πριν την αρχή και $4 \cdot \sigma$ σημεία μετά το πέρας. Οι συντεταγμένες των μη πραγματικών σημείων, υπολογίζονται σύμφωνα με την αρχή της συμμετρίας. Τα νέα σημεία είναι συμμετρικά των πρώτων και των τελευταίων $4 \cdot \sigma$ σημείων της γραμμής, τόσο ως προς τον άξονα X, όσο και προς τον άξονα Y. Με τον τρόπο αυτό, τα μη πραγματικά σημεία ακολουθούν ομαλά την υφιστάμενη γραμμή και το αποτέλεσμα της εξομάλυνσης χαρακτηρίζεται από φυσικότητα. (Σχ. 4.3γ)



Σχήμα 4.3 Εφαρμογή αλγόριθμου Gauss filter, για $\sigma = 20$

4.3 Χαρακτηριστικά Σημεία Γραμμής και Κλίμακα

Τα χαρακτηριστικά σημεία μίας γραμμικής οντότητας, δηλαδή τα σημεία τα οποία επιλέγονται για να διατηρηθούν, ως συστατικά του χαρακτήρα της γραμμής, εξαρτώνται από την παράγωγη κλίμακα. Όχι η θέση, αλλά το πλήθος των σημείων αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με την επιθυμητή μεταβολή κλίμακας.

Για τη μετάβαση σε πολύ μικρές κλίμακες τα χαρακτηριστικά σημεία ελαττώνονται σε μεγάλο βαθμό, διότι στην προσπάθεια διατήρησης του χαρακτήρα της γραμμής και ταυτόχρονα της ευκρινείας, η γραμμική οντότητα διατηρεί μόνο τα βασικά της στοιχεία. Τμήματα τα οποία θεωρούνταν σημαντικά, χαρακτηρίζονται ως περιττές, προς απαλοιφή, λεπτομέρειες, διότι η επιφάνεια του χάρτη μπορεί να αποτυπώσει συγκεκριμένη συγκέντρωση οντοτήτων, λόγω των περιορισμών που θέτει η οπτική αντίληψη.

Οπότε πέρα από το διαχωρισμό των σημαντικών καμπών από τις μικροκαμπές, με τη βοήθεια της μεθόδου των Wang & Müller (1998), μπορεί να γίνει και επιλογή των καμπών ανάλογα με την εκάστοτε παράγωγη κλίμακα.

Μία τέτοια επιλογή θα πρέπει να γίνεται αυτόματα, ή τουλάχιστον ημιαυτόματα, με την αλληλεπίδραση δηλαδή χρήστη – υπολογιστή. Θεωρείται σκόπιμο σε αυτό το

σημείο να αναλυθούν τα προβλήματα τα οποία θα δημιουργούνταν, ανάλογα με την επιλογή του τρόπου αλληλεπίδρασης.

4.4 Επιλογή, προς Διατήρηση, Καμπών

Εάν ο χρήστης επέλεγε συγκεκριμένες καμπές τις οποίες θα θεωρούσε σκόπιμο να αφαιρεθούν, τότε θα δημιουργούνταν δύο πιθανές προβληματικές περιπτώσεις. Πρώτον, ο χρήστης θα έπρεπε να έχει την ικανότητα να επιλέξει τις χαρακτηριστικότερες καμπές και πιθανές λάθος επιλογές του θα είχαν επίπτωση στην αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος. Δεύτερον, η επιλογή μίας καμπής προς αφαίρεση θα συνεπαγόταν και την αφαίρεση μίας από τις εκατέρωθεν, ώστε να διατηρηθεί η συνθήκη της ετερόσημης διαδοχής. Όμως, στην περίπτωση μίας επιλεγμένης, ως ασήμαντης, καμπής η οποία περιβάλλεται από δύο ιδιαιτέρως σημαντικές, θα είχε ως αποτέλεσμα την πιθανώς εσφαλμένη, αλλά απαραίτητη απαλοιφή μίας χαρακτηριστικής, για τη μορφή της γραμμής, καμπή. Τελικά, η προσπάθειά του χρήστη να απαλείψει ασήμαντες καμπές, θα κατέληγε σε αναπόφευκτα λάθη, ακόμα και αν οι επιλογές του ήταν σωστές.

Εάν τώρα ο χρήστης επέλεγε ένα πλήθος καμπών προς απαλοιφή, χωρίς να υποδεικνύει συγκεκριμένα ποιες θεωρεί μικρότερης σημασίας, δε θα υπήρχε ο κίνδυνος του ανθρώπινου λάθους κατά την επιλογή. Αλλά και σε αυτή την περίπτωση θα εμφανιζόταν παρόμοιο πρόβλημα με το προηγούμενο. Κάθε καμπή η οποία θα επιλεγόταν αυτόματα για απαλοιφή θα έπρεπε να συνοδεύεται και από μία γειτονική της. Οπότε είτε θα απαλείφονταν οι πραγματικά ασήμαντες καμπές, με κίνδυνο ταυτόχρονης απαλοιφής σημαντικών, είτε για να διατηρηθούν οι σημαντικότερες θα επιλεγόταν να παραμείνουν οι γειτονικές ασήμαντες, και να απαλειφθούν κάποιες ενδιάμεσης σημασίας. Στην τελευταία περίπτωση, θα παρέμεναν οι καμπές οι οποίες θα ήταν απαραίτητες για τη διατήρηση του χαρακτήρα και του σχήματος της γραμμής, αλλά η αναγκαία διατήρηση γειτονικών τους ασήμαντων, θα συνεπαγόταν την απαραίτητη μεγέθυνσή τους, ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις της οπτικής αντίληψης. Όμως τελικά θα υπερτονίζονταν λιγότερο σημαντικά χαρακτηριστικά της γραμμής, με αποτέλεσμα πιθανή παραμόρφωσή της, οπότε και πάλι ο στόχος της διατήρησης της μορφής και του χαρακτήρα της δε θα ήταν πάντοτε επιτεύξιμος.

Το συμπέρασμα από την παραπάνω ανάλυση είναι ότι η τακτική του εντοπισμού του συνόλου των καμπών οι οποίες απαρτίζουν μία γραμμή, και η διατήρηση μόνο των απαραίτητων για την εκάστοτε κλίμακα, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά τοπολογικά λάθη.

4.5 Εντοπισμός Σημαντικών Καμπών μέσω Gauss

Ο τελεστής εξομάλυνσης Gauss, ως φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων, έχει την ιδιότητα να απαλείφει τις λεπτομέρειες μίας γραμμικής οντότητας. Όμως, όπως προαναφέρθηκε, η έννοια των 'λεπτομερειών' είναι συνδεδεμένη με την κλίμακα. Τμήματα της μορφής μίας γραμμής, τα οποία θεωρούνται λεπτομέρειες για μία κλίμακα, αποτελούν απαραίτητα χαρακτηριστικά για μία άλλη, και αντίστροφα.

Με τη βοήθεια του φίλτρου Gauss και της δυνατότητας επιλογής βαθμού εξομάλυνσης, μέσω αντίστοιχου σ , είναι δυνατόν να παρέμβουμε στη γεωμετρία της γραμμής και να την εξομαλύνουμε στον κατάλληλο βαθμό, ώστε να εμφανίζονται μόνο οι απαραίτητες καμπές για την επιθυμητή κλίμακα. Η ικανότητα ενός τελεστή

εξομάλυνσης να διατηρεί αντικειμενικά μόνο τις σημαντικές καμπές, οι οποίες φυσικά αλλάζουν ανάλογα με το βαθμό εξομάλυνσης, μπορεί να μας φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη για τον εντοπισμό των καταλληλότερων προς διατήρηση καμπών.

Τονίζεται ότι δεν υπονοείται η χρήση του αποτελέσματος της εξομάλυνσης, ως γενικευμένο προϊόν. Η χρήση του όμως, ως ενδιάμεσο βήμα για την επιλογή των προς διατήρηση καμπών μίας γραμμής, αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη, διότι ξεπερνάει τα εμπόδια του ανθρώπινου λάθους κατά την επιλογή, καθώς και το πρόβλημα των ετερόσημων διαδοχικών καμπών.

Η διαδικασία η οποία προτείνεται είναι η εφαρμογή κατάλληλου βαθμού εξομάλυνσης σε μία γραμμή και ακολούθως ο εντοπισμός των χαρακτηριστικών σημείων. Ως κατάλληλος βαθμός εξομάλυνσης θεωρείται εκείνος, ο οποίος θα καθιστά ορατές-εντοπίσιμες μόνο τις καμπές οι οποίες είναι κατάλληλες ώστε να εμφανίζονται στην παράγωγη κλίμακα. Με αυτό τον τρόπο δεν θα υπάρχει η ανάγκη απαλοιφής καμπών, η οποία δημιουργεί το πρόβλημα τελικής απαλοιφής ζευγών, αντί μεμονωμένων καμπών.

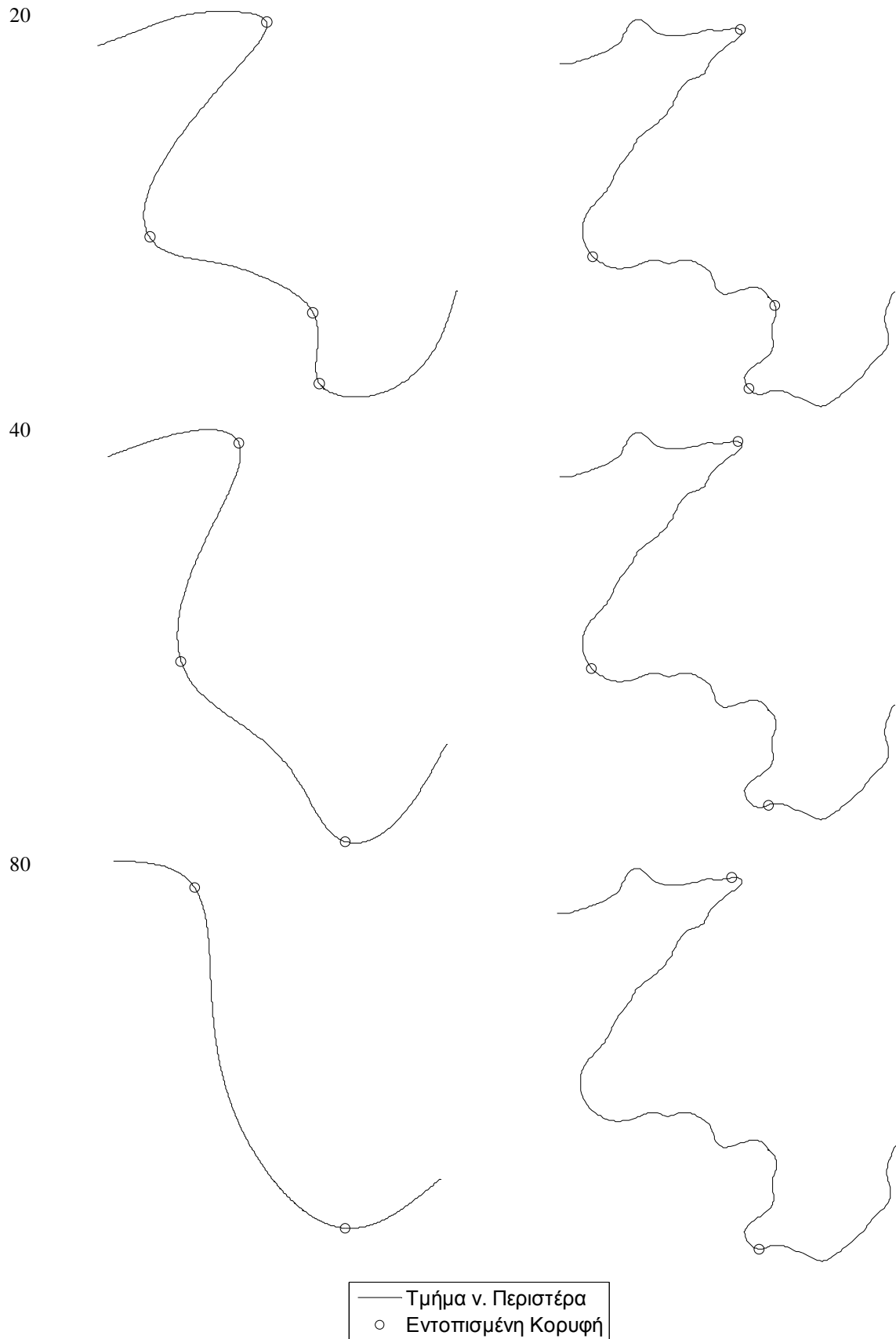
Εάν εφαρμοστεί η μέθοδος εντοπισμού χαρακτηριστικών σημείων των Wang & Müller (1998) στην κατάλληλα εξομαλυσμένη γραμμή, δε θα εντοπίζονται μικροκαμπές οι οποίες θα κρίνονται μέσω του συντελεστή d . Οπότε παύει σε ένα βαθμό να υπάρχει το εμπόδιο της εύρεσης αντικειμενικού δείκτη για το χαρακτηρισμό της σημαντικότητας των καμπών.

Παραπάνω αναφέρθηκε ότι ανάλογα με την επιλογή της παράγωγης κλίμακας δεν μεταβάλλεται η θέση, αλλά το πλήθος των σημαντικών καμπών μίας γραμμής. Οι κορυφές των καμπών οι οποίες εντοπίζονται σε μία γραμμή θα έχουν την ίδια θέση είτε αυτές εντοπιστούν στην αρχική γραμμή είτε στην εξομαλυσμένη. Με τον όρο 'θέση' σε αυτό το βήμα της διαδικασίας δεν αναφερόμαστε στο ζεύγος συντεταγμένων, αλλά σε σημείο i . Μέσω της εξομάλυνσης οι συντεταγμένες των σημείων της γραμμής μεταβάλλονται, αλλά εάν εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά σημεία της εξομαλυσμένης γραμμής, τότε αυτά μπορούν εύκολα με τη χρήση των δεικτών τους να αντιστοιχηθούν στην αρχική. Δηλαδή, δεν προτείνεται η διατήρηση των συντεταγμένων των χαρακτηριστικών σημείων της εξομαλυσμένης γραμμής, απλά ο εντοπισμός τους με τη βοήθεια αυτής και έπειτα η αντιστοίχησή τους με τα σημεία της αρχικής.

Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζονται οι κορυφές εντοπισμένων καμπών, με τη μέθοδο Wang & Müller (1998), και έπειτα η αντιστοίχησή τους στην αρχική γραμμή, για διάφορα επίπεδα εξομάλυνσης. Είναι φανερό, ότι κάθε επίπεδο εξομάλυνσης αντιστοιχεί στην επιλογή χαρακτηριστικών σημείων για μετάβαση σε διαφορετική κλίμακα.

Όσον αφορά την αρχή και το πέρας των εντοπισμένων, προς διατήρηση, καμπών, υπολογίζεται η θέση τους όπως έχει περιγραφεί αρχικά στη μέθοδο Wang & Müller (1998). Δηλαδή, τα τμήματα της γραμμής τα οποία είναι εκτός των ορίων των προς διατήρηση καμπών, θεωρούνται μικροκαμπές και στο επικαμπύλιο μέσο κάθε τέτοιου τμήματος ορίζεται το πέρας της προηγούμενης καμπής και η αρχή της επόμενης.





Σχήμα 4.4 Εφαρμογή της μεθόδου εντοπισμού χαρακτηριστικών κορυφών γραμμής με τη βοήθεια του τελεστή εξομάλυνσης Gauss

4.6 Γενίκευση

Αρχικά, λοιπόν, απομονώθηκαν τα τμήματα εκείνα της γραμμικής οντότητας τα οποία θα προκαλούσαν πρόβλημα στην παράγωγη κλίμακα. Έπειτα εσωτερικά των τμημάτων αυτών εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά σημεία, τα οποία τονίζεται ότι εξαρτώνται και αυτά από την παράγωγη κλίμακα. Τα τελευταία αποτελούν το σκελετό της νέας γραμμής, η οποία θα αποτελείται από πλήθος καμπών, ο οποίος θα αντιστοιχεί στο πλήθος των εντοπισθέντων κορυφών.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να μεταβληθεί η γεωμετρία της γραμμής, ώστε να καλύπτει τις χαρτογραφικές απαιτήσεις. Δηλαδή, πρέπει να βρεθεί η κατάλληλη ισορροπία ώστε να διατηρείται η μορφή, η θέση και ο χαρακτήρας της αρχικής γραμμής, αλλά ταυτόχρονα αυτή να καλύπτει τις απαιτήσεις ευκρίνειας, τις οποίες επιβάλλουν τα όρια της οπτικής αντίληψης.

Η λογική η οποία καθοδήγησε τη διαδικασία παρέμβασης στη γραμμή, είναι η χρήση της μέγιστης δυνατής επιφάνειας, η οποία διατίθεται, για τη μεγέθυνση των προς διατήρηση καμπών. Ως 'διαθέσιμη επιφάνεια' χαρακτηρίζονται τα κενά τα οποία δημιουργούνται στη γραμμή από τις προς απαλοιφή καμπές, τα οποία θα εκμεταλλευθούν οι διατηρούμενες για τη μεγέθυνσή τους, χωρίς όμως τη δημιουργία νέων 'ε-μη-κυρτών' τμημάτων.

Οπότε, πρέπει να βρεθούν κατάλληλοι τελεστές απαλοιφής, ώστε να αφαιρεθούν οι μη διατηρούμενες και μεγέθυνσης ώστε να επεκταθούν οι διατηρούμενες καμπές, σε τέτοιο βαθμό ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις της οπτικής αντίληψης. Σύμφωνα με το Mustière (2005), ο οποίος αναφέρεται βέβαια στη γενίκευση οδικού δικτύου, τέσσερις είναι οι βασικοί τελεστές: ένας τελεστής ο οποίος θα εξομαλύνει τις μικροκαμπές, ένας για μεγέθυνση στην περίπτωση μίας καμπής, ένας για μεγέθυνση αλληλουχίας καμπών και ένας για αφαίρεση καμπών από μία αλληλουχία.

Οι Lecordix et al (1997), επίσης σε μία εφαρμογή με αντικείμενο τη γενίκευση οδικού δικτύου, προτείνουν κάποιους αλγόριθμους οι οποίοι δοκιμάστηκαν για τη γενίκευση των 'ε-μη-κυρτών' τμημάτων της νήσου Περιστέρα. Φυσικά, η μορφή του οδικού δικτύου σε σχέση με την ακτογραμμή, διαφέρει σημαντικά, οπότε, η αυτούσια χρήση των αλγορίθμων των Lecordix et al οδηγεί σε προβληματικές λύσεις (Nakos et al 2008).

4.7 Οι Αλγόριθμοι Γενίκευσης των Lecordix et al

4.7.1 Ο αλγόριθμος Balloon

Για την περίπτωση μεμονωμένων καμπών, οι οποίες παρουσιάζουν πρόβλημα ευκρίνειας στην παράγωγη κλίμακα, οι Lecordix et al προτείνουν τον αλγόριθμο Balloon, ο οποίος διογκώνει την καμπή σύμφωνα με ένα συντελεστή διόγκωσης. Κάθε σημείο της καμπής μετατοπίζεται κάθετα σε αυτή με κατεύθυνση εξωτερικά της (σχ. 4.5). Το μέγεθος της διόγκωσης είναι ανάλογο της επικαμπύλιας απόστασης τού μετοπιζόμενου σημείου από την αρχή ή το πέρας, ανάλογα με τη θέση του σημείου. Η αρχή χρησιμοποιείται εάν το σημείο εντοπίζεται πριν την κορυφή και το πέρας εάν εντοπίζεται μετά από αυτήν. Το αποτέλεσμα είναι η καμπή να διογκώνεται σταδιακά, με μέγιστη διόγκωση στην κορυφή και μηδενική στην αρχή και το πέρας αυτής.

Οι παρακάτω σχέσεις περιγράφουν την παραπάνω διαδικασία:

$$X_c = X_i + \text{Inflating} \cdot \text{Sense} \cdot u \cdot s / s_v$$

$$Y_c = Y_i + \text{Inflating} \cdot \text{Sense} \cdot v \cdot s / s_v$$

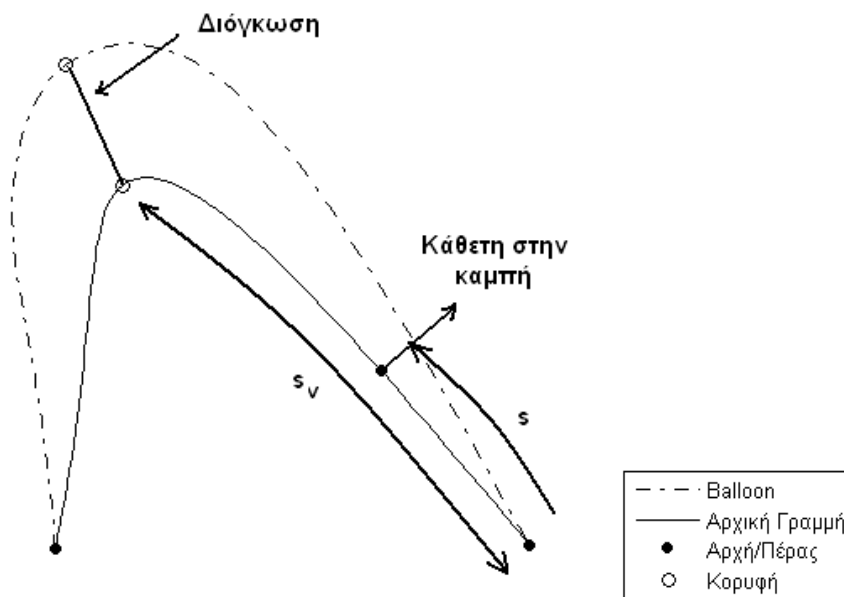
Όπου: *Inflating* : συντελεστής διόγκωσης της καμπής

Sense : +1 ή -1 ανάλογα με το πρόσημο της καμπυλότητας

u, v : συντελεστής διεύθυνσης της κάθετης στην καμπή

s : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα σε σημείο και στην αρχή ή το πέρας

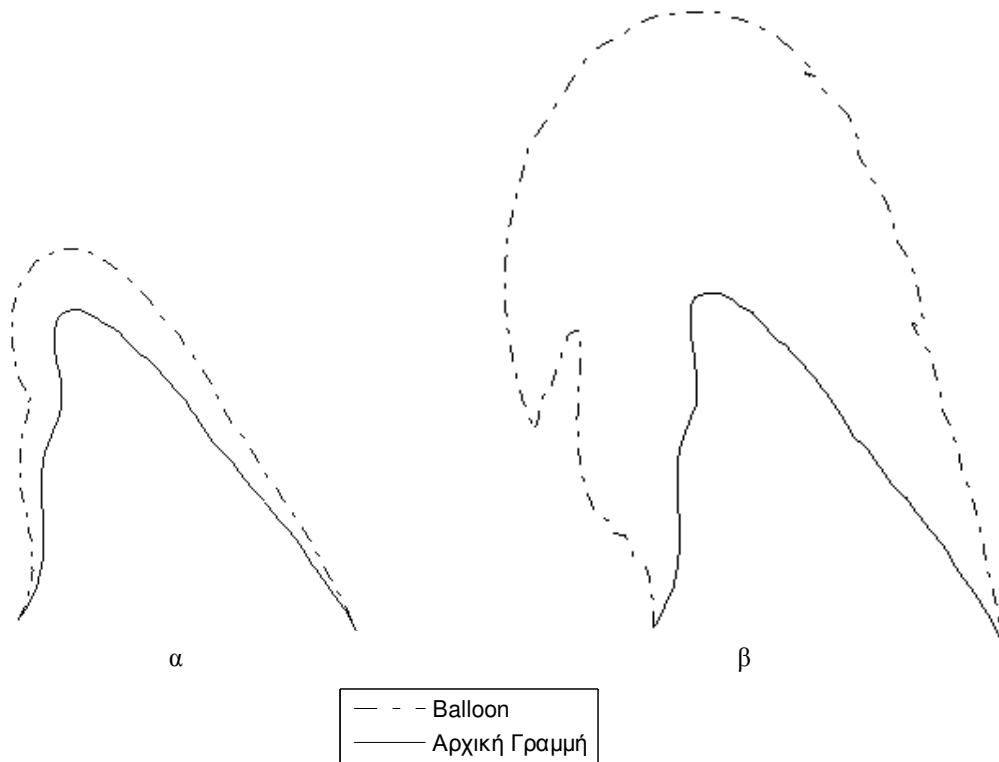
s_v : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα στην κορυφή και στην αρχή ή το πέρας



Σχήμα 4.5 Ο αλγόριθμος Balloon (πηγή: Lecordix et al 1997)

Κατά την εφαρμογή του αλγόριθμου Balloon εντοπίστηκε ένα σημαντικό πρόβλημα. Εάν η εντοπισμένη καμπή δεν είναι ομαλή, όπως και η πλειοψηφία των φυσικών χαρτογραφικών γραμμών, τότε πέρα από ένα όριο διόγκωσης καταλήγουμε σε μη αποδεκτή χαρτογραφικά λύση, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5β. Το πρόβλημα αυτό προκύπτει λόγω της κατεύθυνσης των καθέτων στα σημεία όπου εμφανίζονται μικροανωμαλίες στην καμπή. Στο σχήμα 4.6α φαίνεται ότι για μικρές τιμές διόγκωσης το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό. Όμως για παράγωγη κλίμακα για την οποία θα υπήρχε πρόβλημα ευκρίνειας για την ίδια την καμπή, το μέγεθος της διόγκωσης θα έπρεπε να είναι αντίστοιχο του σχήματος 4.6β, οπότε ο αλγόριθμος δεν είναι αποτελεσματικός για τους στόχους οι οποίοι έχουν τεθεί, εάν εφαρμοστεί με το συγκεκριμένο τρόπο.

Βέβαια, η ιδιότητά του Balloon να διατηρεί εξ' ορισμού την αρχή και το πέρας της καμπής, δηλαδή δύο εκ των τριών χαρακτηριστικών σημείων, είναι σημαντική. Αντίθετα στο τρίτο χαρακτηριστικό σημείο, την κορυφή της καμπής, εφαρμόζεται η μέγιστη διόγκωση. Η μετατόπιση αυτή, έρχεται σε αντίθεση με την αρχική θεώρηση της διατήρησης της θέσης των χαρακτηριστικών σημείων και τίθεται ένα θέμα ως προς τη διαστρέβλωση της πραγματικότητας, οπότε και την αξιοπιστία του χάρτη ο οποίος θα περιέχει μία τέτοιου είδους επεξεργασία, ειδικά στην περίπτωση μετατόπισης της κορυφής πέραν του ορίου της διακριτικής ικανότητας.



Σχήμα 4.6 Ο αλγόριθμος Balloon για μη εξομαλυσμένες καμπές

4.7.2 Ο αλγόριθμος Accordion

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος προτείνεται από τους Lecordix et al για την αντιμετώπιση είτε μεμονωμένων καμπών είτε αλληλουχίας καμπών, σε περίπτωση προβλήματος ευκρίνειάς τους στην παράγωγη κλίμακα. Ο αλγόριθμος διευρύνει μία καμπή ή μία αλληλουχία καμπών όπως υπονοεί η ονομασία του, δηλαδή αντίστοιχα της επέκτασης ενός ακορντεόν.

Στην περίπτωση μεμονωμένης καμπής τα σημεία μετατοπίζονται παράλληλα στην βάση, προς την εξωτερική πάντα πλευρά (σχ.4.7α). Το μέγεθος της μετατόπισης κάθε σημείου είναι ανάλογο του επικαμπύλιου μήκους ανάμεσα στο σημείο και στην αρχή ή το πέρας. Εάν το σημείο βρίσκεται πλησιέστερα στην αρχή, τότε χρησιμοποιείται αυτή για τον υπολογισμό του επικαμπύλιου μήκους, αλλιώς χρησιμοποιείται το πέρας. Οι παρακάτω σχέσεις αποτελούν τη μαθηματική εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας:

$$X_c = X_i + Epsilon \cdot Sense \cdot b \cdot (s / s_v - 0.5)$$

$$Y_c = Y_i + Epsilon \cdot Sense \cdot a \cdot (s / s_v - 0.5)$$

Όπου: *Epsilon* : συντελεστής διεύρυνσης της καμπής

Sense : +1 ή -1 ανάλογα με τη διεύθυνση της ευθείας, η οποία συνδέει την αρχή και το πέρας της γραμμής, και της αρχικής γραμμής

a, b : συντελεστής διεύθυνσης της ευθείας γραμμής η οποία συνδέει την αρχή και το πέρας της γραμμής

s : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα στην αρχή της καμπής και σημείο *i*

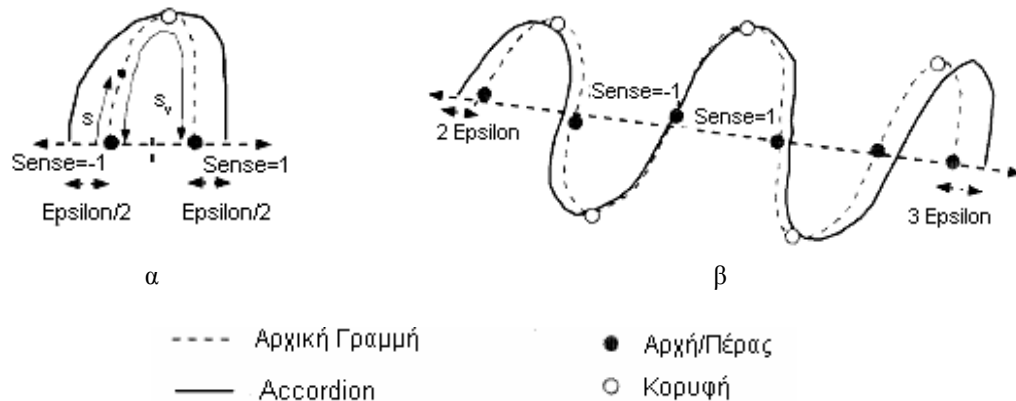
s_v : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα στην αρχή και το πέρας της καμπής

Στην περίπτωση αλληλουχίας καμπών ακολουθείται η ίδια διαδικασία για κάθε μία καμπή, όπως περιγράφουν οι παρακάτω σχέσεις και το σχήμα 4.7β:

$$X_c = X_i + Epsilon \cdot Sense \cdot b \cdot (s / s_v + (v - 1))$$

$$Y_c = Y_i + Epsilon \cdot Sense \cdot a \cdot (s / s_v + (v - 1))$$

Όπου: v : το πλήθος των καμπών



Σχήμα 4.7 Accordion σε μεμονωμένη καμπή και σε αλληλουχία (πηγή: Lecordix etal 1997)

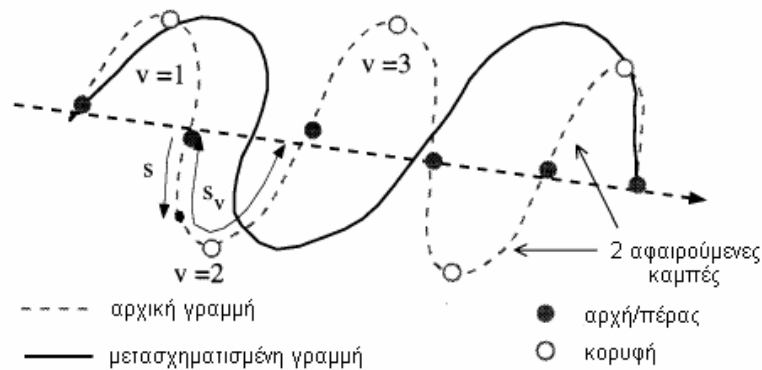
Ο αλγόριθμος Accordion έχει κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να μη διατηρείται η θέση των χαρακτηριστικών σημείων της γραμμής, αλλά αυτά να μετατοπίζονται, ώστε να επιτευχθεί η διεύρυνση των καμπών. Όμως, όπως αναφέρθηκε και για τον αλγόριθμο Balloon, η παρέμβαση στη θέση των χαρακτηριστικών σημείων δεν είναι επιθυμητή στα πλαίσια της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Επίσης, κάθε γραμμή η οποία επεξεργάζεται αποτελεί προβληματικό για την παράγωγη κλίμακα τμήμα μίας ευρύτερης γραμμικής οντότητας. Τα τμήματα αυτά, αφού επεξεργαστούν κατάλληλα, ώστε να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα ευκρίνειας, θα επανατοποθετηθούν στην αρχική γραμμή. Αυτό όμως θα είναι αδύνατον εάν έχει μεταβληθεί η αρχή και το πέρας τους. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να μεταβληθούν και τα μη προβληματικά τμήματα, ώστε τα σημεία σύνδεσής τους με τα επεξεργασμένα προβληματικά, να ταυτίζονται. Κάτι τέτοιο όμως δημιουργεί νέα θέματα προς επίλυση. Οπότε ούτε ο αλγόριθμος Accordion μπορεί να εφαρμοστεί αυτούσιος, ώστε να επιλύσει το πρόβλημα το οποίο εξετάζεται.

4.7.3 Ο αλγόριθμος Schematization

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μετατόπισης της αρχής και του πέρατος της γραμμής οι Lecordix etal προτείνουν τον αλγόριθμο Schematization. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εφαρμόζεται σε αλληλουχίες καμπών, από τις οποίες αφαιρούνται ζεύγη συνεχόμενων καμπών. Η βασική ιδέα είναι η εξής, εάν από μία αλληλουχία καμπών αφαιρεθούν ζεύγη καμπών, τότε οι εναπομένουσες, μπορούν να επεκταθούν στο κενό το οποίο δημιουργείται. Στην πράξη εφαρμόζεται ο αλγόριθμος

Accordion στις διατηρούμενες καμπές, με μέγεθος διεύρυνσης το κενό το οποίο δημιουργείται από την απαλοιφή (Σχήμα 3.8).



Σχήμα 4.8 Ο αλγόριθμος Schematization (πηγή: Lecordix etal 1997)

Εδώ σημειώνεται ότι οι Lecordix etal προτείνουν την απαλοιφή ζευγών καμπών, υπονοώντας την ανάγκη ετερόσημων διαδοχικών καμπών. Οι παρακάτω σχέσεις παρουσιάζουν την εφαρμογή του αλγόριθμου, με την παραδοχή ότι τα ζεύγη αφαιρούνται από το τέλος της αλληλουχίας και χωρίς τη δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένων καμπών.

$$X_c = X_i + \frac{d(IP(N_{infl}), IP(N_{infl} - N_{Elim}))}{Ni - N_{Elim} - 1} \cdot Sense \cdot b \cdot (s/s_v + (v-1))$$

$$Y_c = Y_i + \frac{d(IP(N_{infl}), IP(N_{infl} - N_{Elim}))}{N_{infl} - N_{Elim} - 1} \cdot Sense \cdot a \cdot (s/s_v + (v-1))$$

Όπου: N_{infl} : το πλήθος των κρίσιμων σημείων (αρχή και πέρασ)

N_{Elim} : το πλήθος των προς απαλοιφή καμπών

$IP(i)$: ο αριθμός του κρίσιμου σημείου

$Sense$: +1 ή -1 ανάλογα με τη διεύθυνση της ευθείας, η οποία συνδέει την αρχή και το πέρασ της γραμμής, και της αρχικής γραμμής

a, b : συντελεστής διεύθυνσης της ευθείας γραμμής η οποία συνδέει την αρχή και το πέρασ της γραμμής

s : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα στην αρχή της καμπής και σημείο i

s_v : επικαμπύλιο μήκος ανάμεσα στην αρχή και το πέρασ της καμπής

v : ο αριθμός της καμπής στην οποία βρίσκεται το σημείο

Φυσικά, η λύση της άκριτης απαλοιφής καμπών από την αρχή ή το τέλος της γραμμής δεν μπορεί να αποτελέσει χαρτογραφική λύση. Όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.5, οι κατάλληλες προς διατήρηση καμπές είναι δυνατόν να εντοπισθούν μέσω του συνδυασμού των αλγορίθμων Gauss και Wang & Müller.

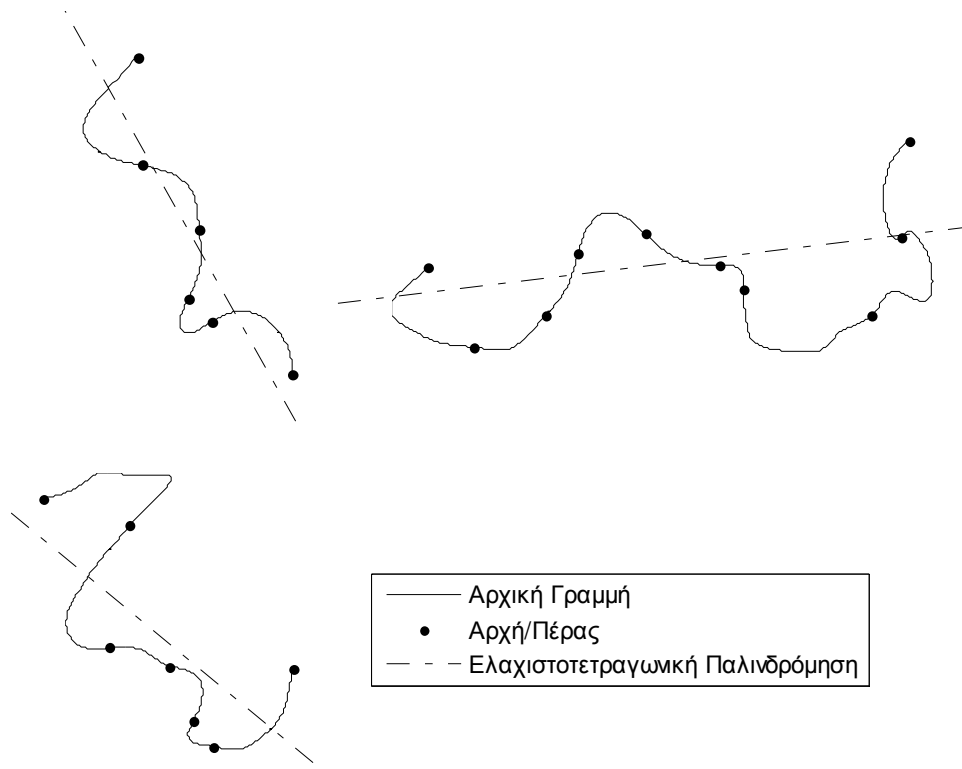
Στην περίπτωση εντοπισμού συνεχόμενων ομόσημων καμπών, πρέπει να γίνει επιλογή της σημαντικότερης εξ αυτών. Οι λιγότερο σημαντικές θα αφαιρεθούν, δημιουργώντας έτσι κενό χώρο, τον οποίο θα εκμεταλλευθούν οι εκατέρωθεν για να διευρυνθούν, ώστε να αποτελούν ευκρινείς καμπές στην παράγωγη κλίμακα. Η σημαντικότητα των καμπών κρίνεται με βάση το συντελεστή d και το σφάλμα απαλοιφής χαρακτηριστικών καμπών που προκύπτει από την αστάθεια του d είναι

μικρό σε αυτό το στάδιο, διότι οι καμπές στις οποίες αναφερόμαστε θεωρούνται όλες χαρακτηριστικές.

Ο αλγόριθμος Schematization είναι σχεδιασμένος για τη γενίκευση γραμμικών οντοτήτων οδικού δικτύου ή πιο απλά για δρόμους. Όμως οι διάφορες γραμμικές οντότητες ανάλογα με το αντικείμενο που απεικονίζουν παρουσιάζουν και διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι δρόμοι, η ακτογραμμή, τα ποτάμια κτλ παρουσιάζουν το καθένα σε κάποιο ποσοστό κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι κοινά. Για παράδειγμα, τα ποτάμια εμφανίζουν συχνά ημιτονοειδή μορφή, όπως επίσης και οι ορεινοί δρόμοι. Οπότε οι αλγόριθμοι οι οποίοι κατασκευάζονται βασιζόμενοι σε κάποιο αντίστοιχο χαρακτηριστικό δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν με αντίστοιχη επιτυχία σε άλλες οντότητες.

Ο αλγόριθμος των Lecordix etal διευρύνει μία αλληλουχία καμπών στη διεύθυνση της ευθείας, η οποία προσεγγίζει βέλτιστα τα χαρακτηριστικά σημεία των αρχών και των περάτων των καμπών. Στην περίπτωση ημιτονοειδούς μορφής κάθε αρχή ή τέλος βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την προσεγγιστική ευθεία. Όμως εάν προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε τα χαρακτηριστικά σημεία των τμημάτων μίας τυχαίας φυσικής γραμμής, παρατηρούμε ότι μία ευθεία δεν είναι ικανή να τα προσεγγίσει κατάλληλα, λόγω της τυχαιότητας της διεύθυνσης των βάσεων των καμπών.

Στο σχήμα 4.8 βλέπουμε ξεκάθαρα, ότι για μία τυχαία φυσική χαρτογραφική γραμμή, οι διευθύνσεις των βάσεων των καμπών που την απαρτίζουν, διαφέρουν μεταξύ τους και αποκλίνουν σημαντικά από την προσεγγιστική ευθεία. Ενώ μία γραμμή ημιτονοειδούς μορφής αποτελείται από καμπές, η βάση των οποίων βρίσκεται στην ίδια διεύθυνση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.7β. Οπότε, ο αλγόριθμος Schematization, ο οποίος διευρύνει τις καμπές προς συγκεκριμένη διεύθυνση, δεν είναι ικανός να παράγει ικανοποιητικά αποτελέσματα για γραμμές, των οποίων οι διευθύνσεις των βάσεων των καμπών αποκλίνουν αρκετά μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει διότι διευρύνει τις καμπές προς διεύθυνση η οποία δεν ταυτίζεται με τη διεύθυνση της βάσης τους, με αποτέλεσμα την παραμόρφωσή τους. Τέλος, ακριβώς επειδή η διεύθυνση διεύρυνσης διαφέρει από τη διεύθυνση των βάσεων, εάν υποθέσουμε ότι το αρχικό σημείο της γραμμής διατηρείται και αυτή διευρύνεται προς το τελικό, τότε το πέρας της γενικευμένης γραμμής, αδυνατεί να ταυτιστεί με το πέρας της αρχικής. Οπότε επανερχόμαστε στο πρόβλημα της ασυμβατότητας του πέρατος της γενικευμένης γραμμής με την αρχή του επόμενου τμήματος της αρχικής γραμμής.



Σχήμα 4.9 Απόκλιση Βάσεων καμπών από προσεγγιστική ευθεία

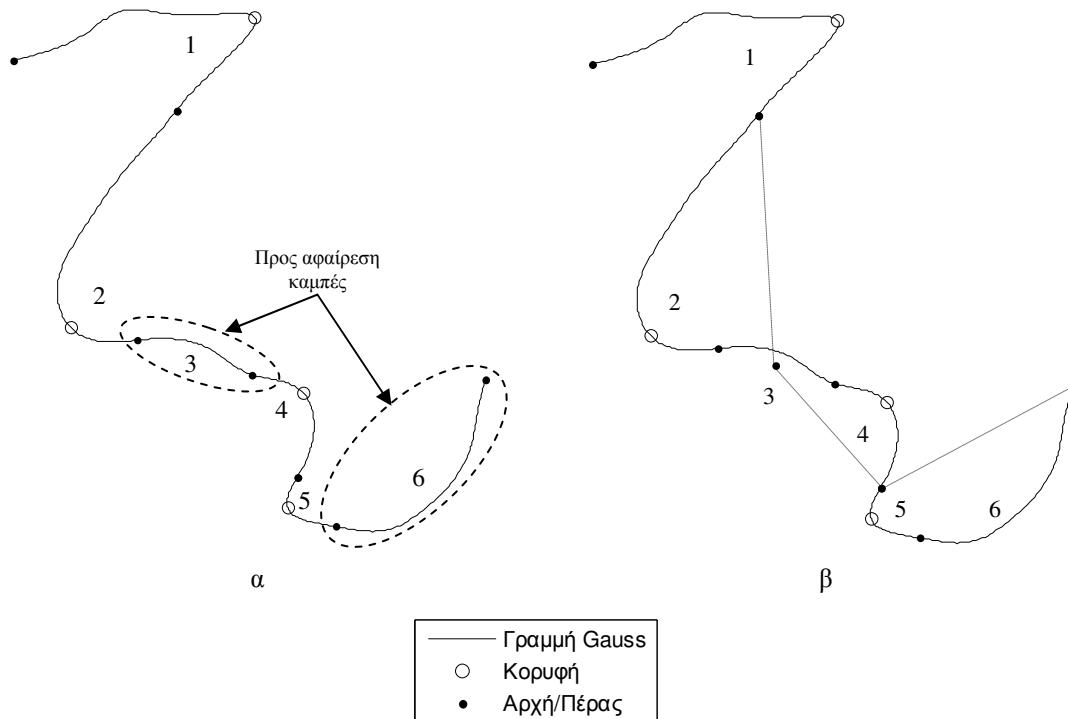
4.8 Συνδυασμός των Αλγορίθμων των Lecordix et al

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο εντοπισμός των προς αφαίρεση καμπών πραγματοποιείται μέσω συνδυασμού των αλγορίθμων Gauss και Wang & Müller. Μέσω αυτής της διαδικασίας παραβλέπονται οι μικροκαμπές και εντοπίζονται μόνο οι σημαντικές. Κατά τον εντοπισμό, όμως, είναι πιθανό να χρειασθεί η αφαίρεση κάποιων εξ αυτών, ώστε να διατηρηθεί η συνθήκη των ετερόσημων καμπών. Οι διατηρούμενες καμπές θα πρέπει να καλύψουν το κενό το οποίο δημιουργείται και εδώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος Accordion. Στην περίπτωση όμως που δεν εντοπισθούν καμπές προς απαλοιφή, εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη μεγέθυνσης των υπάρχοντων καμπών, ώστε να βελτιωθεί η ευκρίνειά τους. Οπότε, εδώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος Balloon, ο οποίος όμως προορίζεται για μεμονωμένες καμπές.

Σε μία αλληλουχία καμπών εντοπίζονται τέσσερις περιπτώσεις: (1) μία καμπή να διατηρείται και να διατηρούνται και οι εκατέρωθέν της, (2) μία καμπή να διατηρείται και να αφαιρείται μία εκ των εκατέρωθέν της, (3) μία καμπή να διατηρείται και να αφαιρούνται οι εκατέρωθέν της και (4) μία καμπή να αφαιρείται. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόβλημα ευκρίνειας της καμπής θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με τον αλγόριθμο Balloon. Στη δεύτερη, το κενό που δημιουργείται, από την αφαίρεση μίας ή περισσότερων διαδοχικών καμπών, μπορούν να το εκμεταλλευθούν οι εκατέρωθεν, ώστε να διευρυνθούν προς εκείνη την κατεύθυνση, με χρήση του αλγορίθμου Accordion. Στην τρίτη περίπτωση, η διατηρούμενη καμπή θα μπορούσε να διευρυνθεί τόσο από τη μία της πλευρά όσο και από την άλλη, επίσης με χρήση του Accordion.

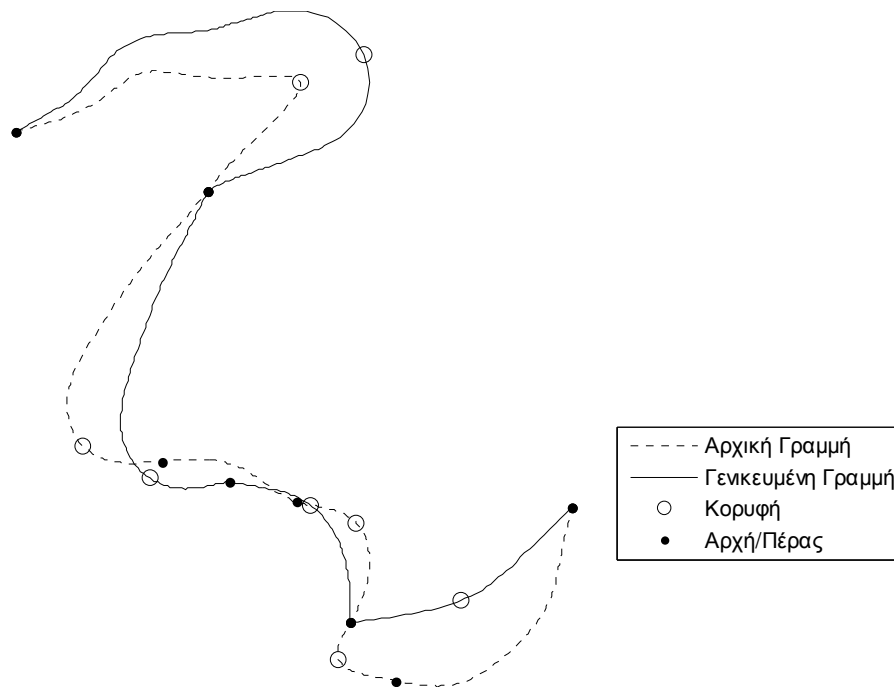
Οπότε, οι διατηρούμενες καμπές οι οποίες χρήζουν αντιμετώπισης στο θέμα της ευκρίνειας, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: (1) σε αυτές οι οποίες θα διογκωθούν με τον αλγόριθμο Balloon και (2) σε αυτές οι οποίες θα διευρυνθούν με τον αλγόριθμο Accordion, ανάλογα με το αν διατηρούνται ή όχι εκατέρωθεν καμπές.

Για παράδειγμα, στο σχήμα 4.9α οι καμπές 3 και 6 πρόκειται να αφαιρεθούν, διότι είναι ομόσημες με διαδοχική τους. Αναλυτικά η διαδικασία είναι η εξής: η καμπή 1 θα τροποποιηθεί με τον αλγόριθμο Balloon, διότι γειτονική της καμπή δε διατηρείται. Η καμπή 2 θα τροποποιηθεί με τον αλγόριθμο Accordion, διότι η διαδοχική της καμπή 3 αφαιρείται. Όμοια για τις καμπές 4 και 5. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.10 Εντοπισμός προς αφαίρεση καμπών και υπολογισμός νέων βάσεων

Φυσικά ο αλγόριθμος Accordion δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στη διεύθυνση της βάσης της καμπής, διότι θα διαταραχθεί η συνέχεια με την υπόλοιπη γραμμή. Για το λόγο αυτό κάθε καμπή στην οποία εφαρμόζεται ο συγκεκριμένος αλγόριθμος, διευρύνεται στη διεύθυνση της νέας της βάσης, όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα 4.9β. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση των καμπών 2 και 4, όπου δύο καμπές διευρύνονται ώστε να καλύψουν ενδιάμεση ή ενδιάμεσες προς αφαίρεση, ως πέρας της πρώτης και αρχή της δεύτερης ορίζεται το μέσο των συντεταγμένων της αρχής και του πέρατος του απαλοιφόμενου τμήματος.



Σχήμα 4.11 Γενίκευση φυσικής γραμμής με τους αλγόριθμους των Lecordix et al

Στο σχήμα 4.11 παρατηρείται ότι ο αλγόριθμος Balloon είναι μεν ικανός να βελτιώσει την ευκρίνεια μίας καμπής, αλλά λόγω της μεγάλης απόκλισης της γενικευμένης γραμμής από την αρχική, θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα σε σχέση με πιθανές γειτονικές οντότητες, καθώς επίσης και να δημιουργήσει θέμα αμφιλεγόμενης αξιοπιστίας του χάρτη. Για παράδειγμα, εάν η πρώτη καμπή αποτελούσε κόλπο ακτογραμμής, τότε σημαντικό τμήμα της στεριάς θα εμφανιζόταν ως θάλασσα, γεγονός που θα μπορούσε να φανεί επικίνδυνο σε περίπτωση ναυτικού χάρτη.

Όσο για τα τμήματα στα οποία έχει εφαρμοστεί ο αλγόριθμος Accordion, βλέπουμε ότι μεταβάλλεται σημαντικά η γεωμετρία. Για μικρές τιμές διεύρυνσης, είναι εμφανής μία στροφή της καμπής, και για μεγάλες τιμές διεύρυνσης η καμπή τείνει να χάσει την καμπυλότητά της. Τελικά, το αποτέλεσμα χαρακτηρίζεται από γωνίες και ασυνέχειες και η γραμμή χάνει μεγάλο ποσοστό της αρχικής της μορφής, χαρακτηριστικό όμως που θα έπρεπε να διαφυλάσσεται. Επίσης φαίνεται να δημιουργούνται νέα 'ε-μη-κυρτά' τμήματα, όπως για παράδειγμα ανάμεσα στις δύο τελευταίες καμπές.

Τελικά, οι αλγόριθμοι των Lecordix et al μπορεί να είναι αποτελεσματικοί για καμπές οι οποίες τείνουν προς την ημιτονοειδή μορφή, αλλά προκαλούν προβλήματα κατά την εφαρμογή τους σε περισσότερο πολύπλοκες περιπτώσεις, όπως μία φυσική γραμμή. Αλλά το σκεπτικό των Lecordix et al και η γενικότερη φιλοσοφία των αλγορίθμων τους θα μπορούσαν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα για τη δημιουργία νέων αλγορίθμων, οι οποίοι θα είναι καταλληλότεροι για μεγαλύτερο εύρος καμπών.

4.9 Ομοπαράλληλος Μετασχηματισμός και Γενίκευση

Τα προβλήματα που φαίνεται να υπάρχουν στις λύσεις οι οποίες δοκιμάστηκαν, είναι τόσο η μετατόπιση χαρακτηριστικών σημείων όσο και η μη διατήρηση της μορφής

της γραμμής. Ο αλγόριθμος Balloon ωθεί τη γραμμή σημαντικά έξω από τα πραγματικά της όρια και ο Accordion δημιουργεί ασυνέχειες, γωνίες και μεταβάλλει τη μορφή της. Οπότε, πρέπει να βρεθεί μία λύση η οποία θα αντιμετωπίζει τα παραπάνω προβλήματα.

Για τις καμπές οι οποίες επιλέγεται να διογκωθούν, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο το οποίο θα συνδυάζει την απαραίτητη διόγκωση με τη διατήρηση των κορυφών τους, αποφεύγοντας έτσι πιθανή μεγάλη απόκλιση της θέσης των χαρακτηριστικών σημείων, αλλά και του μεγέθους της καμπής. Για τις καμπές οι οποίες επιλέγεται να διευρυνθούν, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο το οποίο θα είναι ικανό να διατηρεί τη μορφή τους και ταυτόχρονα τις θέσεις των χαρακτηριστικών σημείων.

Η λύση, η οποία καταφέρνει να συνδυάσει τις παραπάνω ανάγκες, βρέθηκε σε ένα χαρτογραφικό μεν εργαλείο, το οποίο όμως δεν προορίζεται για τη γενίκευση γραμμών. Το εργαλείο αυτό είναι ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός σε συνδυασμό με το συντελεστή εξομάλυνσης Gauss.

Στην ενότητα 3.5 αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο το φίλτρο Gauss είναι ικανό να απαλείφει καμπές και με κατάλληλο συντελεστή εξομάλυνσης, να εμφανίζει μόνο τις κατάλληλες, άρα και σημαντικές, καμπές, για κάθε αλλαγή κλίμακας. Φυσικά, το γραφικό αποτέλεσμα δεν μπορεί να αποτελέσει χαρτογραφική λύση για το πρόβλημα της γενίκευσης, άλλωστε το φίλτρο Gauss ανήκει στους τελεστές εξομάλυνσης.

Εάν, όμως, συνδυαστούν οι ιδιότητες του Gauss να απαλείφει τις ανά κλίμακα ασήμαντες καμπές και να εξομαλύνει τις διατηρούμενες, με την κατά περίπτωση κατάλληλη διόγκωση ή διεύρυνση καμπών θα καταλήξουμε στη γενικευμένη λύση της γραμμής. Το πρόβλημα τώρα εντοπίζεται στη μαθηματική – γεωμετρική λύση, η οποία θα παράγει τις νέες διογκωμένες και διευρυμένες καμπές από τη γραμμή στην οποία έχει εφαρμοστεί το φίλτρο Gauss.

Η μέθοδος η οποία προτείνεται, είναι η χρήση ομοπαράλληλου μετασχηματισμού. Ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός μπορεί να επιδράσει ομογενώς στη γεωμετρία και τη θέση ενός αντικειμένου. Περιλαμβάνει ανεξάρτητη μετάθεση, στροφή και αλλαγή κλίμακας ως προς κάθετο και ως προς οριζόντιο άξονα.

Μία αντίστοιχη μέθοδος έχει προταθεί και από τον Lowe (1989), ο οποίος στην προσπάθειά του να αναιρέσει τη συρρίκνωση των καμπών, η οποία προκαλείται από το φίλτρο Gauss, πρότεινε την εξής διαδικασία: αρχικά εφαρμόζεται το φίλτρο εξομάλυνσης Gauss και υπολογίζεται η απόκλιση του κάθε σημείου, από την αρχική του θέση, λόγω της συρρίκνωσης. Έπειτα εφαρμόζεται, αντίστοιχη της απόκλισης, διόγκωση, ώστε το εξομαλυσμένο αποτέλεσμα να συμπίπτει με τον άξονα της αρχικής γραμμής. Αντί της απλής διόγκωσης, εδώ προτείνεται ένας συνδυασμός διόγκωσης και ομοπαράλληλου μετασχηματισμού, ο οποίος καταλήγει σε βελτιωμένο, χαρτογραφικά, αποτέλεσμα.

4.10 Μέθοδος Εφαρμογής Ομοπαράλληλου Μετασχηματισμού

Υπενθυμίζεται ότι οι καμπές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτές οι οποίες θα διογκωθούν και σε αυτές οι οποίες θα διευρυνθούν, ανάλογα με την απαλοιφή ή όχι γειτονικών καμπών. Η διαδικασία η οποία προτείνεται είναι η εξής:

1. Εφαρμόζεται ο αλγόριθμος εξομάλυνσης Gauss στο τμήμα της γραμμής, το οποίο έχει εντοπιστεί ως ϵ -μη-κυρτό, με συντελεστή εξομάλυνσης κατάλληλο ώστε να εξομαλυνθούν οι μη σημαντικές, για την παράγωγη κλίμακα, καμπές (Σχ. 4.12α).

2. Εφαρμόζεται ο αλγόριθμος των Wang & Müller στο εξομαλυσμένο τμήμα, ώστε να εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά σημεία των καμπών και να υπολογιστεί η καμπυλότητά τους (Σχ. 4.12β).
3. Εντοπίζονται πιθανές καμπές οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν λόγω του προσήμου της καμπυλότητάς τους (βλ. ενότητα 2.3.4). Στο σχήμα 4.12β φαίνεται πώς η τελευταία καμπή εντοπίζεται ομόσημη με την προηγούμενή της, οπότε επιλέγεται να αφαιρεθεί.
4. Στην εξομαλυσμένη γραμμή και για τις καμπές οι οποίες επιλέγεται να διογκωθούν, εφαρμόζεται ο αλγόριθμος Balloon.
5. Στις διογκωμένες πια καμπές και σε αυτές οι οποίες επιλέγεται να διευρυνθούν εφαρμόζεται ομοπαράλληλος μετασχηματισμός, ο οποίος θα ταυτίζει τα χαρακτηριστικά σημεία των εξομαλυσμένων ή/και διογκωμένων καμπών με τις συντεταγμένες που τους αντιστοιχούν στην αρχική γραμμή (Σχ. 4.12γ).

Στο πέμπτο στάδιο της διαδικασίας βλέπουμε πώς επιτυγχάνεται ταυτόχρονη ομαλότητα της καμπής, λόγω της χρήσης της εξομαλυσμένης μορφής της και ταυτόχρονα διατήρηση των αρχικών χαρακτηριστικών σημείων, τα οποία ο Gauss έχει μετατοπίσει.

Ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός ορίζεται από την εξής σχέση (Αναλυτική Χαρτογραφία, Νάκος 2005):

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \theta_x & \sin \theta_y \\ -\sin \theta_x & \cos \theta_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Όπου: T_x και T_y η μετάθεση

θ_x και θ_y οι στροφές των αξόνων X και Y, αντίστοιχα

S_x και S_y οι κλίμακες κατά τους άξονες X και Y, αντίστοιχα

Οι παράμετροι του ομοπαράλληλου μετασχηματισμού είναι έξι: δύο μεταθέσεις, δύο στροφές και δύο κλίμακες (κατά τον άξονα X και κατά τον άξονα Y). Ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός συχνά χρησιμοποιείται με τις ακόλουθες γραμμικές σχέσεις:

$$x' = a \cdot x + b \cdot y + c \quad (1)$$

$$y' = d \cdot x + e \cdot y + f \quad (2)$$

Οι γεωμετρικές του παράμετροι (μετάθεση, στροφές και κλίμακες) συσχετίζονται με τους συντελεστές των γραμμικών σχέσεων (a , b , c , d , e και f) από τις ακόλουθες σχέσεις:

Μετάθεση: $T_x = c$ και $T_y = f$

Στροφές: $\theta_x = \arctan\left(-\frac{d}{a}\right)$ και $\theta_y = \arctan\left(\frac{b}{e}\right)$

Κλίμακες: $S_x = \sqrt{a^2 + d^2}$ και $S_y = \sqrt{b^2 + e^2}$

Για την εφαρμογή του ομοπαράλληλου μετασχηματισμού στα σημεία της εξομαλυσμένης γραμμής υπολογίζονται, ανεξάρτητα για κάθε καμπή, οι παράμετροι a, b, c, d, e και f μέσω του παρακάτω συστήματος έξι εξισώσεων – έξι αγνώστων:

$$x'_{A,i} = a_i \cdot x_{A,i} + b_i \cdot y_{A,i} + c_i$$

$$y'_{A,i} = d_i \cdot x_{A,i} + e_i \cdot y_{A,i} + f_i$$

$$x'_{\Pi,i} = a_i \cdot x_{\Pi,i} + b_i \cdot y_{\Pi,i} + c_i$$

$$y'_{\Pi,i} = d_i \cdot x_{\Pi,i} + e_i \cdot y_{\Pi,i} + f_i$$

$$x'_{K,i} = a_i \cdot x_{K,i} + b_i \cdot y_{K,i} + c_i$$

$$y'_{K,i} = d_i \cdot x_{K,i} + e_i \cdot y_{K,i} + f_i$$

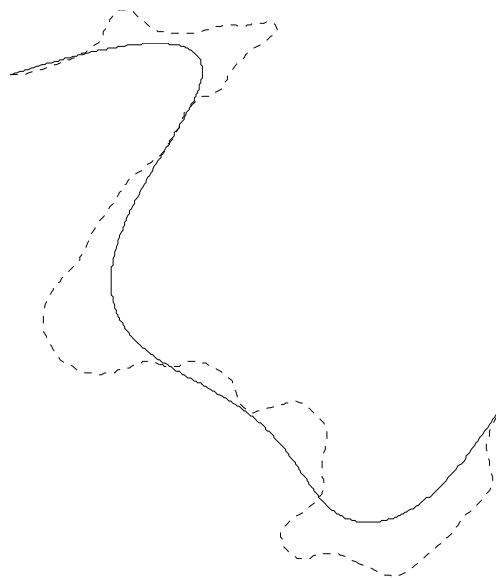
Όπου:

$x'_{A,i}$ και $y'_{A,i}$ οι συντεταγμένες της αρχής της καμπής i στην αρχική γραμμή

$x'_{\Pi,i}$ και $y'_{\Pi,i}$ οι συντεταγμένες του πέρατος της καμπής i στην αρχική γραμμή

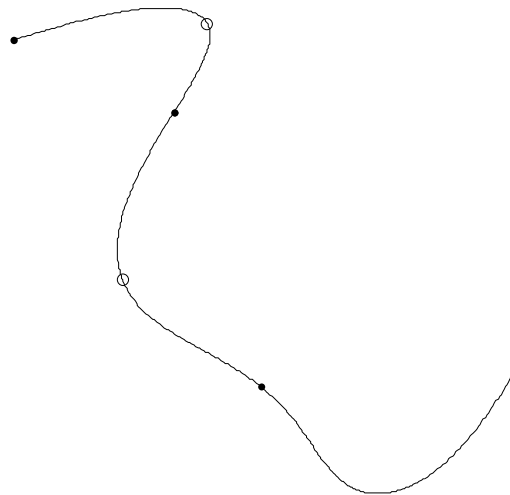
$x'_{K,i}$ και $y'_{K,i}$ οι συντεταγμένες της κορυφής της καμπής i στην αρχική γραμμή

και αντίστοιχα: $x_{A,i}, y_{A,i}, x_{\Pi,i}, y_{\Pi,i}, x_{K,i}$ και $y_{K,i}$ οι αντίστοιχες συντεταγμένες στην εξομαλυσμένη γραμμή.



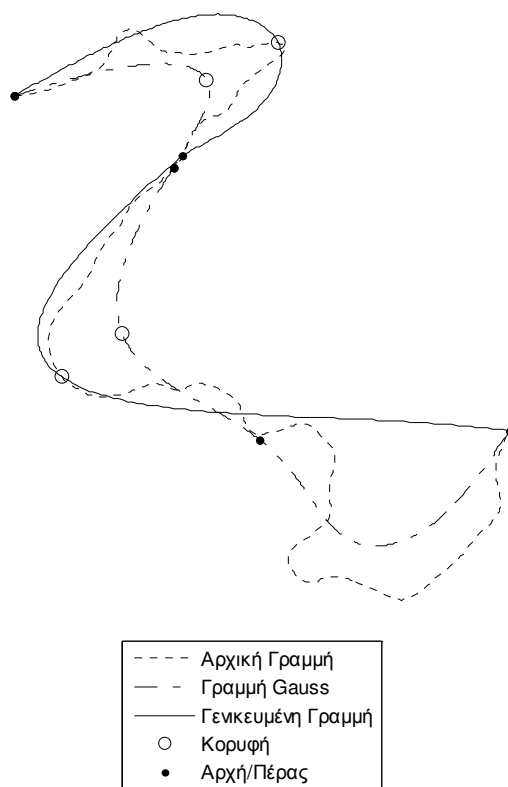
--- Αρχική Γραμμή
 — Γραμμή Gauss

α



— Γραμμή Gauss
 ○ Κορυφή
 • Αρχή/Πέρασ

β



γ

Σχήμα 4.12 Στάδια εφαρμογής γενίκευσης

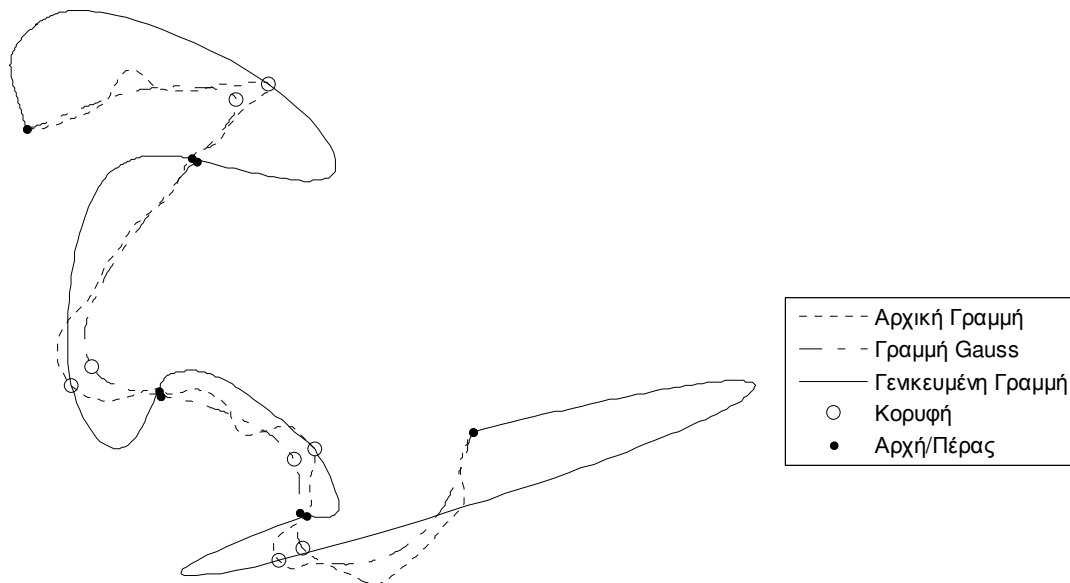
4.11 Περιορισμοί Μεγέθους Διόγκωσης Καμπής

Αφού μία καμπή κριθεί κατάλληλη για την εφαρμογή του αλγόριθμου Balloon, σε αυτή αρχικά εφαρμόζεται διόγκωση, ώστε να μεγεθυνθεί και έπειτα ομοπαράλληλος μετασχηματισμός, ώστε να διατηρηθεί η θέση της κορυφής. Δηλαδή, αρχικά μεγεθύνεται, με μέγιστη διόγκωση στην κορυφή της, και έπειτα εξαναγκάζεται να συρρικνωθεί μέσω του ομοπαράλληλου μετασχηματισμού, με μέγιστη συρρίκνωση το σημείο στο οποίο προηγουμένως εφαρμόστηκε μέγιστη διόγκωση.

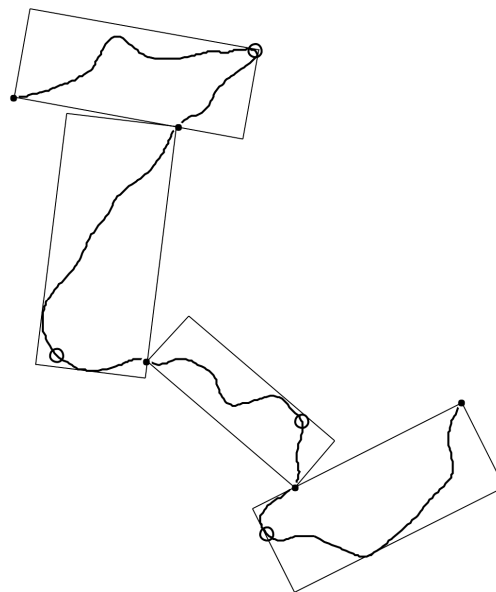
Το γεγονός αυτό 'πιέζει' την καμπή προς την αρχική κορυφή με αποτέλεσμα το μέγεθος της διόγκωσης να εκτονώνεται στα πλάγια τμήματά της, όπως θα γινόταν εάν πιέζαμε την κορυφή ενός φουσκωμένου μπαλονιού. Όμως, με αυτό τον τρόπο η καμπή είναι δυνατόν να παραμορφωθεί και κυρίως να αλλοιωθεί σε μεγάλο βαθμό τη γενικότερη μορφή της γραμμής, όπως επίσης και να δημιουργήσει νέα προβλήματα ευκρίνειας, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13. Παρατηρείται, ότι ενώ έχει εφαρμοστεί ίδια διόγκωση για το σύνολο των καμπών, κάποιες επηρεάζονται λιγότερο και άλλες περισσότερο, ανάλογα με την αρχική τους μορφή. Οπότε, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι κάθε καμπή θα πρέπει να διογκώνεται σε βαθμό ανάλογο του αρχικού της μεγέθους.

Ως μέγιστη διόγκωση ορίζεται εκείνη για την οποία η τελική μορφή της καμπής δε θα ξεπερνάει το νοητό παραλληλόγραμμο που την περικλείει (Σχ. 4.14). Εμπειρικά και έπειτα από δοκιμές η τιμή αυτή υπολογίζεται ως η απόσταση του κεντρικού σημείου του τμήματος αρχή – κορυφή και του αντίστοιχου κεντρικού του τμήματος κορυφή – πέρασ, της αρχικής πάντα γραμμής. Μέσω του συγκεκριμένου περιορισμού,

ο οποίος είναι εξαρτημένος από την ίδια την καμπή, επιτυγχάνεται τέτοιο μέγεθος διόγκωσης, ώστε όταν η καμπή συμπιέζεται λόγω του ομοπαράλληλου μετασχηματισμού, να μην αποκλίνει από το παραλληλόγραμμο του σχήματος 4.13.



Σχήμα 4.13 Εφαρμογή κοινής διόγκωσης μεγάλου βαθμού



Σχήμα 4.14 Νοητά παραλληλόγραμμα που περικλείουν καμπές

Όμως, η επεξεργασία φυσικών γραμμών αποδεικνύεται ιδιαίτερα περίπλοκη και τα χαρακτηριστικά τους δύσκολα υπολογίσιμα. Η τυχαιότητα και το πλήθος των πιθανών περιπτώσεων οδηγούν την παραπάνω διαδικασία ορισμού 'νοητού παραλληλόγραμμου' σε αποτυχία για ένα ποσοστό καμπών. Επίσης, εμφανίζονται περιπτώσεις για τις οποίες ο χρήστης επιθυμεί μεγαλύτερη διόγκωση, από την υπολογισμένη, άλλωστε η κρίση του χρήστη υπερಿಸχύει κάθε μαθηματικού υπολογισμού. Για τους λόγους αυτούς θεωρήθηκε σκόπιμο να προστεθεί μία ακόμη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το χρήστη, η οποία αφορά την επιπλέον, ανεξάρτητη, διόγκωση κάθε καμπής, αφού αυτή έχει υποστεί την προτεινόμενη έως τώρα διαδικασία μετασχηματισμού.

Με αυτόν τον τρόπο δίνεται και μία επιπλέον δυνατότητα βελτίωσης της ευκρίνειας των καμπών εκείνων οι οποίες κρίθηκαν κατάλληλες για διεύρυνση. Τέλος, η δυνατότητα επιπλέον διόγκωσης κάποιων καμπών είναι ικανή να προσφέρει εναλλακτικές προσεγγίσεις, μέσα από τις οποίες γίνεται εφικτή μία γενικευμένη λύση η οποία θα προσεγγίζει καλύτερα τη μορφή της αρχικής γραμμής. Φυσικά, η επιπλέον διόγκωση συνοδεύεται από ομοπαράλληλο μετασχηματισμό, ο οποίος επαναφέρει την καμπή στα χαρακτηριστικά σημεία, όπως αυτά εντοπίζονται στην αρχική γραμμή.

4.12 Επιπέδου Εξομάλυνσης και Αποτέλεσμα Γενίκευσης

Στην ενότητα 3.5 αναλύθηκε ο τρόπος με τον οποίο το φίλτρο Gauss είναι ικανό να διατηρήσει τις σημαντικές καμπές μίας γραμμής. Στο σχήμα 4.15 φαίνεται πώς για διαφορετικά επίπεδα εξομάλυνσης, συνεπώς για διαφορετικές παράγωγες κλίμακες, διαφοροποιείται και το αποτέλεσμα της γενίκευσης μίας γραμμής.

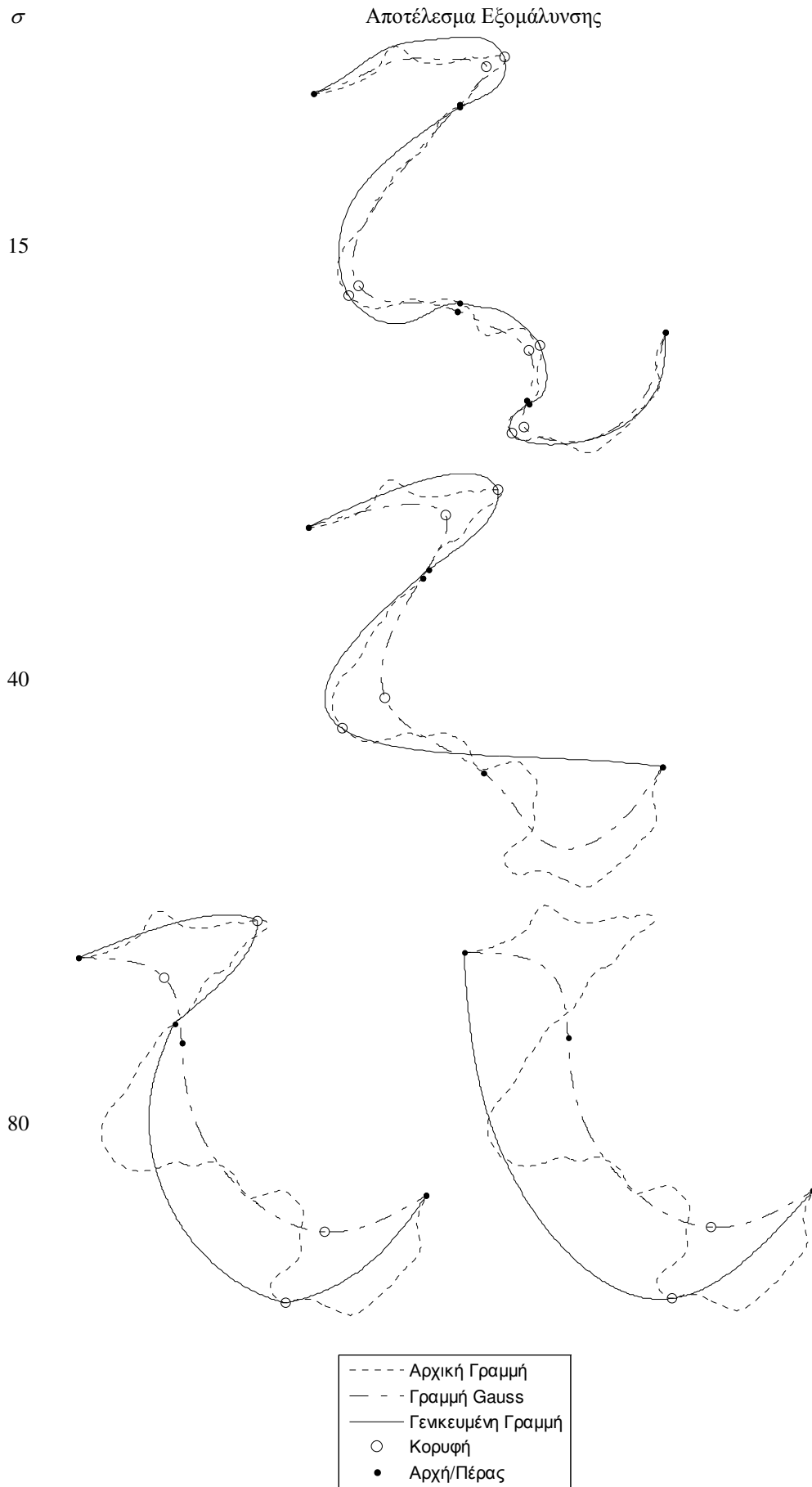
Ξεκινώντας με συντελεστή εξομάλυνσης 15, εντοπίζονται τέσσερις καμπές, οι οποίες διογκώνονται λόγω της απουσίας προς αφαίρεση καμπών. Η εξομαλυσμένη γραμμή ακολουθεί σε ικανοποιητικό βαθμό την αρχική γραμμή, χωρίς όμως να διατηρεί τις περιττές, για την παράγωγη κλίμακα, λεπτομέρειες.

Για συντελεστή εξομάλυνσης 40, εντοπίζονται τρεις καμπές, εκ των οποίων οι δύο τελευταίες, υπολογίζεται να έχουν ομόσημη καμπυλότητα, οπότε η μία εξ αυτών επιλέγεται να αφαιρεθεί, με αποτέλεσμα η γειτονική της να διευρύνεται.

Για συντελεστή εξομάλυνσης 80, εντοπίζονται μόνο δύο καμπές, οι οποίες διογκώνονται. Σε αυτό το σημείο πρέπει να παρατηρηθεί, ότι τόσο για $\sigma = 40$, όσο και για 80, οι τελικά διατηρούμενες καμπές είναι δύο, αλλά το αποτέλεσμα διαφέρει σημαντικά. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ελαστικότητα της προτεινόμενης μεθόδου, αλλά και τη σημαντική επίδραση του επιπέδου εξομάλυνσης στο τελικό αποτέλεσμα. Η δυνατότητα διαφοροποιημένων λύσεων είναι σημαντική, διότι εάν το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό, υπάρχει περιθώριο επίλυσης του προβλήματος με εναλλακτικό τρόπο, οπότε και περισσότερες πιθανότητες βέλτιστης προσέγγισης της επιθυμητής γραφικά λύσης.

Επίσης, από το σχήμα 4.15 γίνεται κατανοητό πώς μεγαλύτερα επίπεδα εξομάλυνσης, δημιουργούν κατάλληλες προϋποθέσεις για τη γενίκευση γραμμών, οι οποίες προορίζονται για μικρότερες κλίμακες.

Τέλος στο σχήμα 4.15 η τελευταία λύση προκύπτει για $\sigma = 80$, εάν αφαιρεθεί η μία εκ των δύο εντοπισμένων καμπών εσκεμμένα, ώστε να δημιουργηθεί γραμμή, κατάλληλη για εξαιρετικά μικρές κλίμακες. Ο όρος 'εσκεμμένα' χρησιμοποιείται διότι οι εντοπισμένες καμπές είναι κατάλληλες, τόσο λόγω μεγέθους όσο και λόγω προσήμου καμπυλότητας, για να διατηρηθούν, αλλά οι ανάγκες τις κλίμακας απαιτούν τη διατήρηση μόνο μίας εκ των δύο καμπών. Επιπροσθέτως, εάν εφαρμοστεί το φίλτρο Gauss με το μέγιστο δυνατό για τη γραμμή συντελεστή εξομάλυνσης, εντοπίζονται και πάλι δύο καμπές. Δηλαδή, δεν είναι δυνατόν να καταλήξουμε στον εντοπισμό μίας και μόνο καμπής εφαρμόζοντας μεγαλύτερο συντελεστή εξομάλυνσης, οπότε επιλέγεται η αφαίρεση της μικρότερης και η διεύρυνση της διατηρούμενης, με το γραφικό αποτέλεσμα που φαίνεται στο σχήμα 4.15.

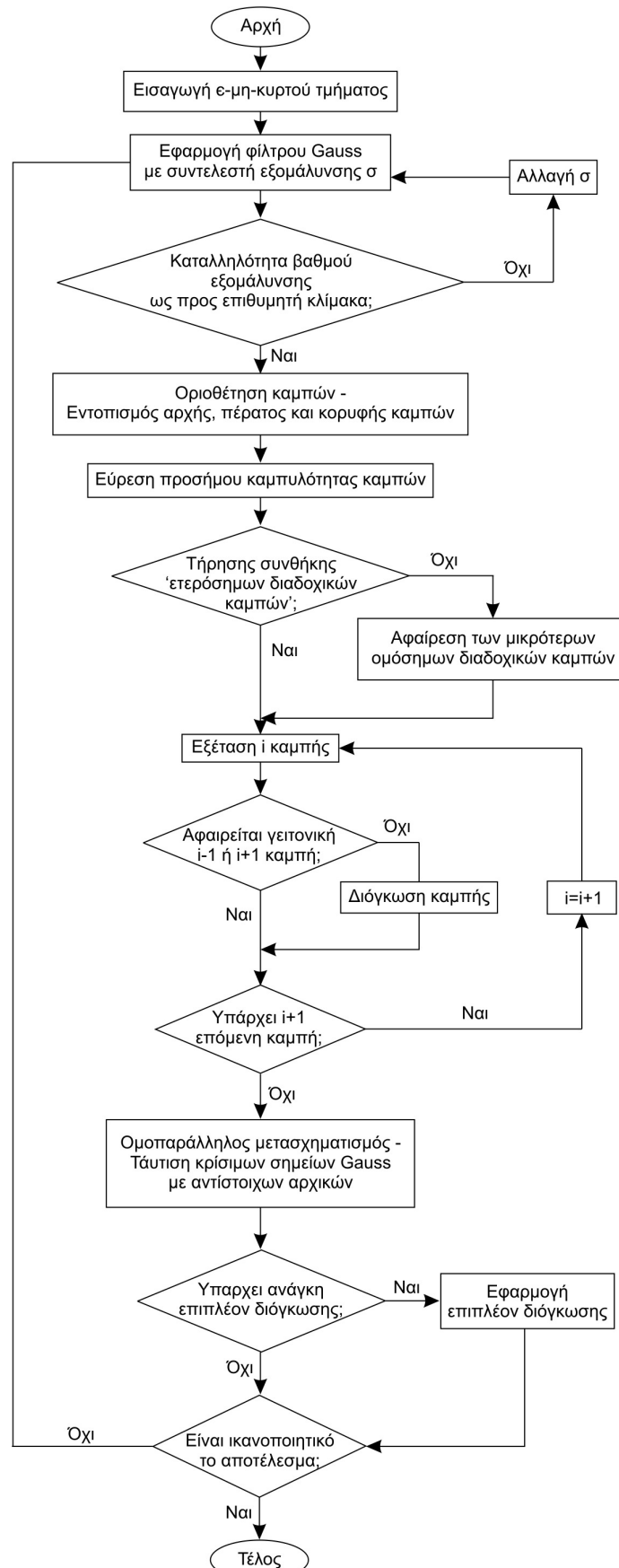


Σχήμα 4.15 Επίπεδα εξομάλυνσης και αποτέλεσμα γενίκευσης

Το σχήμα 18 κάνει προφανές, τον τρόπο με τον οποίο ο βαθμός εξομάλυνσης αποτελεί αντικειμενικό κριτήριο σημαντικότητας των καμπών. Βασικό πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής αποτελεί το γεγονός της κατάργησης της ανάγκης εργαλείου 'μέτρησης' των καμπών. Ένα τέτοιο εργαλείο το οποίο θα προσομοίαζε τον τρόπο με τον οποίο ένας χαρτογράφος θα τις ταξινομούσε ανάλογα με την αναγκαιότητα διατήρησής τους σε παράγωγη κλίμακα. Πολλοί τρόποι έχουν προταθεί για τη 'μέτρηση' της σημαντικότητας μίας καμπής. Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούν περιλαμβάνουν το σχήμα, το εμβαδόν, την καμπυλότητα καθώς και αντίστοιχους παράγοντες ή και συνδυασμό τους, καταλήγοντας όμως συνήθως σε επισφαλή αποτελέσματα. Οπότε, το γεγονός της αποδέσμευσης της διαδικασίας από την ανάγκη ενός αντίστοιχου εργαλείου, συνιστά συγκριτικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου.

4.13 Διάγραμμα Ροής

Στο σχήμα 4.16 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της προτεινόμενης μεθόδου, όπου φαίνονται τα στάδια της διαδικασίας, ο τρόπος αντιμετώπισης των διαφόρων προβλημάτων, καθώς και οι, κατά περίπτωση, αποφάσεις τόσο του υπολογιστικού συστήματος, όσο και του χρήστη.



Σχήμα 4.16 Διάγραμμα Ροής

4.14 Η Ανάπτυξη των Αλγορίθμων

Η ανάπτυξη των αλγορίθμων έγινε σε προγραμματιστικό περιβάλλον του λογισμικού Matlab έκδοσης R2008b. Πρόκειται για ένα περιβάλλον ανάπτυξης αλγορίθμων με ενσωματωμένες εργαλειοθήκες για πολυάριθμες εφαρμογές, στις οποίες περιλαμβάνεται και αντίστοιχη χαρτογραφική, η οποία έχει την ικανότητα ανάλυσης και επεξεργασίας χαρτογραφικών δεδομένων (χαρτογραφικοί υπολογισμοί, προβολές, συστήματα συντεταγμένων κ), ανάγνωσης και δημιουργίας αρχείων μορφής shapefile, καθώς και άλλες λειτουργίες, οι οποίες καθιστούν απλούστερη τη μεταχείριση χαρτογραφικών δεδομένων σε σχέση με άλλα προγραμματιστικά περιβάλλοντα.

4.15 Ανάπτυξη Γραφικού Περιβάλλοντος Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εφαρμογής θεωρήθηκε σκόπιμο να ενσωματωθεί η προτεινόμενη μέθοδος σε ένα γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη - υπολογιστή (Graphical User Interface). Κατασκευάστηκε, λοιπόν, ένα απλό περιβάλλον (Σχ. 4.17), το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των διαδικασιών, όπως αυτές παρουσιάζονται στο διάγραμμα ροής (Σχ. 4.16). Μέσω αυτού ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσδιορίζει τις απαραίτητες παραμέτρους και να ελέγχει το αποτέλεσμα της εκάστοτε γενίκευσης, καθώς επίσης και να παρακολουθεί το γραφικό αποτέλεσμα της διαδικασίας που επιλέγει, με ταυτόχρονη δυνατότητα αλληλεπίθεσης της αρχικής, της εξομαλυσμένης, της γενικευμένης γραμμής και/ή των κρίσιμων σημείων.

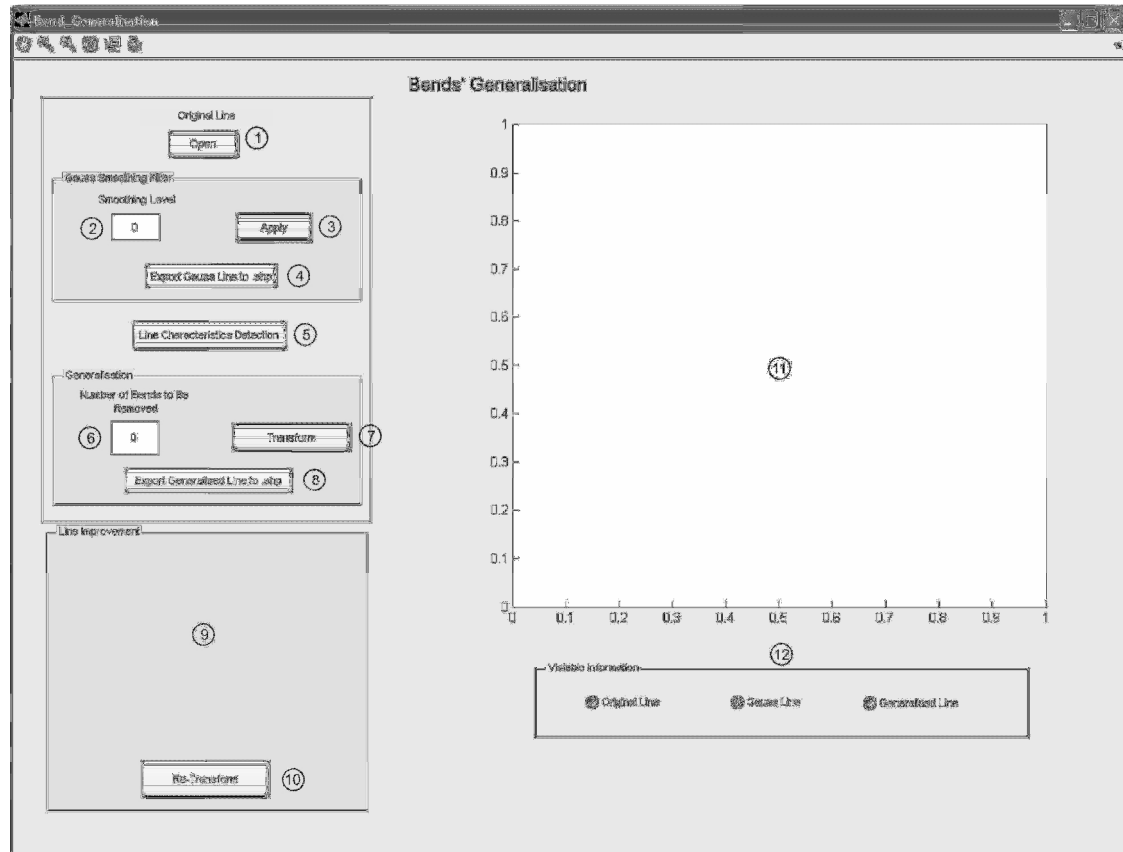
Ως είσοδος είναι δυνατόν να δοθεί αρχείο shapefile ή ascii και το τελικό αποτέλεσμα, καθώς και οι ενδιάμεσες επεξεργασίες, μπορούν να αποθηκευτούν σε μορφή shapefile. Επίσης, σε περίπτωση εισόδου μη έγκυρων παραμέτρων εμφανίζονται μηνύματα σφάλματος.

4.15.1 Λειτουργίες γραφικού περιβάλλοντος Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή

Ακολουθεί η επεξήγηση των τμημάτων που απαρτίζουν το γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη - υπολογιστή, όπως αυτά φαίνονται στο σχήμα 4.17:

1. Πλήκτρο εισόδου αρχείου αρχικών συντεταγμένων
2. Πεδίο εισόδου συντελεστή εξομάλυνσης σ
3. Εφαρμογή φίλτρου εξομάλυνσης Gauss
4. Εξαγωγή της εξομαλυσμένης γραμμής σε αρχείο μορφής shapefile
5. Εφαρμογή του αλγορίθμου Wang & Müller για τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών σημείων και της καμπυλότητας των καμπών
6. Επιλογή επιπλέον καμπών προς απαλοιφή
7. Μετασχηματισμός της γραμμής με συνδυασμό των αλγορίθμων Balloon ή/και ομοπαράλληλου μετασχηματισμού
8. Εξαγωγή της μετασχηματισμένης γραμμής σε αρχείο μορφής shapefile

9. Χώρος στον οποίο εμφανίζεται ο πίνακας χαρακτηριστικών του μετασχηματισμού κάθε καμπής και δυνατότητα εφαρμογής επιπλέον διόγκωσης
10. Εφαρμογή νέου μετασχηματισμού, με χρήση των πιθανών επιπλέον διογκώσεων που εισήχθησαν
11. Χώρος στον οποίο εμφανίζονται οι γραμμικές οντότητες κάθε σταδίου
12. Επιλογή των γραμμών, οι οποίες θα εμφανίζονται στο γράφημα (11)



Σχήμα 4.17 Γραφικό Περιβάλλον Διεπαφής Χρήστη - Υπολογιστή

5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1 Αρχικά Δεδομένα και Προεπεξεργασία

Η μέθοδος η οποία προτείνεται, θεωρήθηκε αναγκαίο να εφαρμοστεί σε φυσικές γραμμές, κατάλληλες για το σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκε. Επιλέχθηκε η ακτογραμμή της νήσου Περιστερά, η οποία αποτελεί παράδειγμα φυσικής γραμμής υψηλού βαθμού πολυπλοκότητας. Συνδυάζει απομονωμένες καμπές και πολύπλοκες αλληλουχίες καμπών, γεγονός που την καθιστά ιδανική για τον έλεγχο αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης εφαρμογής. Σημειώνεται ότι η νήσος Περιστερά ανήκει στις Σποράδες και βρίσκεται ανατολικά της Αλοννήσου.

Η ακτογραμμή έχει προκύψει από ψηφιοποίηση αναλογικού, τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:50.000, με μέσο βήμα ψηφιοποίησης τα 15m στο έδαφος, δηλαδή 0,3mm στον αρχικό χάρτη. Στο αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης έχει εφαρμοστεί κατάλληλη επεξεργασία απαλοιφής σφαλμάτων ψηφιοποίησης και εξομάλυνσης με παραμέτρους συμβατούς με την ανοχή της ψηφιοποίησης της αναλογικής γραμμής.

Τα τμήματα στα οποία εφαρμόζονται οι αλγόριθμοι γενίκευσης, οι οποίοι κατασκευάστηκαν, έχουν αποκοπεί με τη μέθοδο η οποία αναλύεται στην ενότητα 3.1. Η διάμετρος του κυκλικού δίσκου, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, αντιστοιχεί σε $\epsilon=350m$ (πραγματικό μήκος), η οποία αντιστοιχεί σε 0,35mm στο χάρτη, για παράγωγη κλίμακα 1:1.000.000. Η τιμή αυτή προκύπτει από το άθροισμα του ορίου οπτικής αντίληψης, του πάχους της χαρτογραφικής γραμμής και μία ανοχή, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση:

$$\left. \begin{array}{l} \epsilon = D + W + T \\ D = 0,2mm \\ W = 0,1mm \\ T = 0,05mm \end{array} \right\} \Rightarrow \epsilon = 0,35mm$$

,όπου: ϵ : διάμετρος κυκλικού δίσκου

D : όριο οπτικής αντίληψης

W : πάχος χαρτογραφικής γραμμής (ορίζεται στο 0,1mm, διότι εξετάζεται η περίπτωση ακτογραμμής)

T : ανοχή

5.2 Εφαρμογή σε ϵ - μη-κυρτά Τμήματα της Νήσου Περιστερά

5.2.1 Περίπτωση απομονωμένων καμπών

Η απλούστερη περίπτωση αντιμετώπισης προβλήματος ευκρίνειας σε παράγωγη κλίμακα αποτελούν οι απομονωμένες καμπές, οι οποίες χρήζουν μεγέθυνσης, ώστε να καλύπτουν το όριο της οπτικής αντίληψης. Τέτοιες περιπτώσεις αντιμετωπίζονται με διόγκωση και έπειτα με ομοπαράλληλο μετασχηματισμό, ώστε να διατηρηθούν οι

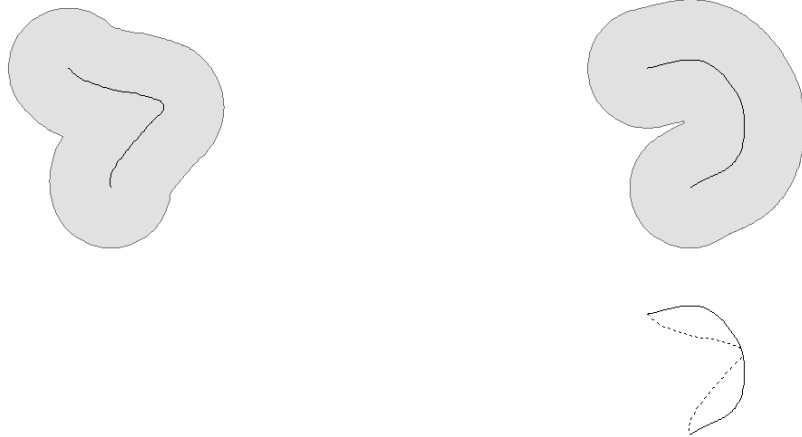
θέσεις των χαρακτηριστικών τους σημείων, όπως αυτά εντοπίζονται στην αρχική γραμμή. Η προκαταρκτική επεξεργασία των τμημάτων αυτών είναι απλή, και συνίσταται στην εφαρμογή εξομάλυνσης, με βαθμό κατάλληλο, ώστε να εξαλειφθούν οι τοπικές λεπτομέρειες της γραμμής και σε αυτή να μπορεί να εντοπιστεί μόνο μία καμπή.

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζονται περιπτώσεις γενίκευσης απομονωμένων καμπών, οι οποίες αποτελούν *ε-μη-κυρτά* τμήματα φυσικής χαρτογραφικής γραμμής. Σε πρώτο στάδιο, παρουσιάζεται η αρχική γραμμή και η ζώνη επιρροής (buffer zone), η οποία αποτελεί την εφαρμογή του κυλιόμενου δίσκου του Perkal (1966b), μέσω της οποίας φαίνεται το πρόβλημα της έλλειψης ευκρίνειας της καμπής ως προς την παράγωγη κλίμακα. Σε δεύτερο στάδιο, παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της διαδικασίας διόγκωσης και ομοπαράλληλου μετασχηματισμού, με τιμή διόγκωσης η οποία υπολογίζεται αυτόματα όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.11, καθώς επίσης και η αντίστοιχη ζώνη επιρροής. Σε περίπτωση μη ικανοποιητικού αποτελέσματος εφαρμόζεται επιπλέον διόγκωση η οποία παρουσιάζεται στο τρίτο στάδιο. Τέλος, στο τέταρτο στάδιο, παρουσιάζεται η αρχική (διακεκομμένη) και η τελικώς γενικευμένη γραμμή.

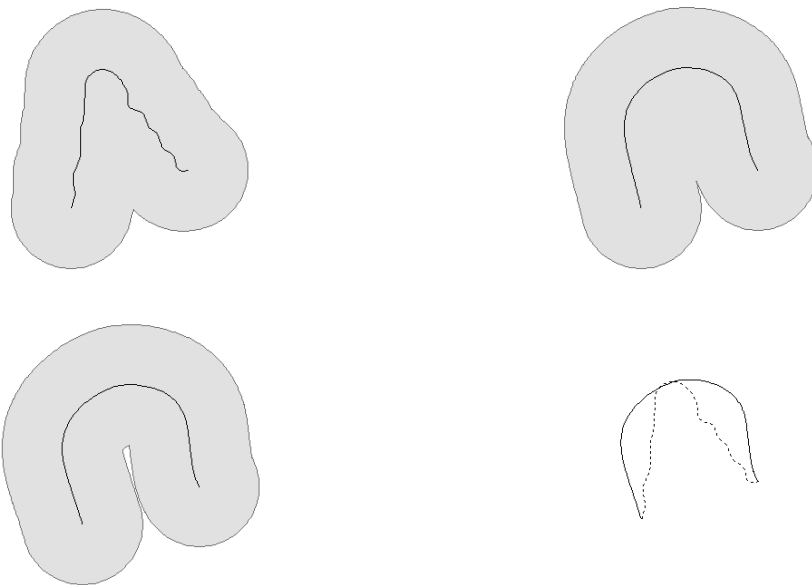
Στην πρώτη περίπτωση φαίνεται μία καμπή, η οποία έπειτα από κατάλληλη εξομάλυνση, διογκώθηκε με βάση την αυτόματα υπολογισμένη τιμή και εφαρμόστηκε σε αυτήν ομοπαράλληλος μετασχηματισμός. Το πρόβλημα της ευκρίνειας, όπως φαίνεται από τη ζώνη επιρροής επιλύθηκε, χωρίς την ανάγκη επιπλέον διόγκωσης.

Στην δεύτερη και τρίτη περίπτωση φαίνεται, πώς το αποτέλεσμα της αυτόματης διαδικασίας καταλήγει σε ανεπαρκή βελτίωση της ευκρίνειας, οπότε εφαρμόζεται επιπλέον διόγκωση, έως η γενικευμένη λύση να κριθεί ικανοποιητική, με κριτήριο πάντα τη ζώνη επιρροής.

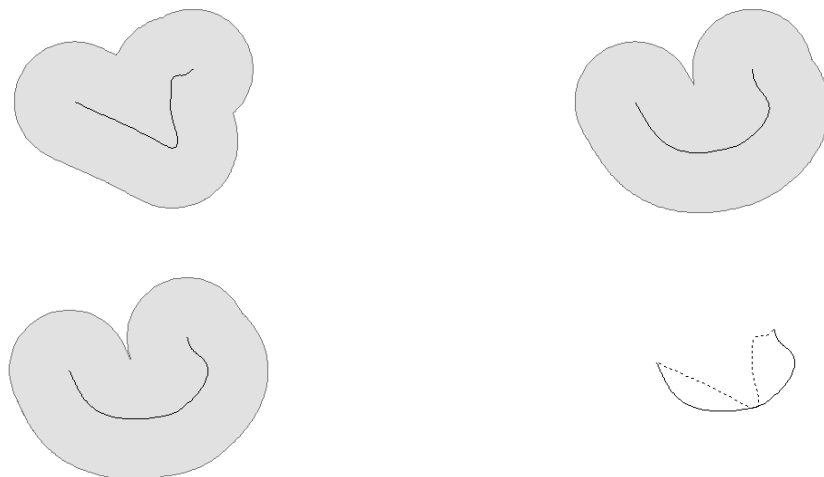
Η μορφή και το σχήμα των φυσικών χαρτογραφικών γραμμών, λόγω της πολυπλοκότητάς και της πολυμορφίας τους, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να προσεγγιστούν μαθηματικά. Για το λόγο αυτό η πρόβλεψη μίας τιμής διόγκωσης μπορεί να αποδειχθεί από προσεγγιστική έως εσφαλμένη. Μία προσπάθεια βελτίωσης της πιθανότητας ακριβέστερης πρόβλεψης θα ήταν αρκετά χρονοβόρα, λόγω των ανεξάντλητων μορφών φυσικών γραμμών οι οποίες θα έπρεπε να περιγραφούν, και σε περιπτώσεις αστοχίας η επιπλέον διόγκωση θα αποτελούσε αναπόφευκτη επιλογή. Όπως, φαίνεται και στο σχήμα 5.1 η απλή προσέγγιση μίας αρχικής τιμής διόγκωσης, σε συνδυασμό με την δυνατότητα του χρήστη να προσαυξήσει την τιμή αυτή, οδηγεί στην επίλυση του προβλήματος ευκρίνειας, παρακάμπτοντας πολύπλοκους υπολογισμούς.



Συντελεστής εξομάλυνσης: 20, Αρχική Διόγκωση: 199,25m, Επιπλέον Διόγκωση: 0m



Συντελεστής εξομάλυνσης: 15, Αρχική Διόγκωση: 157,69m, Επιπλέον Διόγκωση: 30m



Συντελεστής εξομάλυνσης: 20, Αρχική Διόγκωση: 209,78m, Επιπλέον Διόγκωση: 40m

Σχήμα 5.1 Γενίκευση απομονωμένων καμπών

5.2.2 Περίπτωση αλληλουχίας καμπών

Η περίπτωση αλληλουχίας καμπών έχει σαφώς υψηλότερο δείκτη πολυπλοκότητας σε σχέση με τις απομονωμένες καμπές. Ο βαθμός εξομάλυνσης είναι ικανός να καθορίσει το αποτέλεσμα. Ο στόχος είναι να εφαρμοστεί τόση εξομάλυνση, όση είναι απαραίτητη, ώστε κατά την εφαρμογή της μεθόδου των Wang & Müller να εντοπιστούν μόνο οι απαραίτητες, για την παράγωγη κλίμακα, καμπές. Δηλαδή, ενώ στην περίπτωση απομονωμένων καμπών ο χρήστης έπρεπε να εξαλείψει τις τοπικές λεπτομέρειες, στην περίπτωση αλληλουχίας μπορεί να χρειαστεί να εξομαλύνει τη γραμμή σε τέτοιο βαθμό, ώστε να εξαλειφθούν ολόκληρες καμπές, οι οποίες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν σημαντικές για την αρχική κλίμακα. Όμως, το πρόβλημα της ευκρίνειας σε συνδυασμό με τον περιορισμένο διαθέσιμο χώρο στο χάρτη, απαιτούν την αφαίρεση λιγότερο σημαντικών τμημάτων, ώστε να δημιουργηθεί χώρος για τη μεγέθυνση των υπολοίπων. Εδώ γίνεται εμφανής η σχέση μεταξύ σημαντικότητας ενός χαρακτηριστικού και κλίμακας. Ο δείκτης σημαντικότητας μίας καμπής δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται άμεσα από την παράγωγη κλίμακα και η εφαρμογή μεγάλων βαθμών εξομάλυνσης, ώστε να μην εντοπίζονται οι λιγότερο σημαντικές καμπές, δεν διαφέρει τελικά πολύ από την περίπτωση των απομονωμένων καμπών, όπου η εξομάλυνση απαλείφει της τοπικές λεπτομέρειες. Διότι, ως τοπικές λεπτομέρειες εκλαμβάνονται, τελικά, όχι μόνο οι μικροκαμπές, οι οποίες συναντιούνται κατά μήκος μίας απομονωμένης καμπής, αλλά και καμπές οι οποίες αποτελούν μέρος μίας αλληλουχίας, οι οποίες όμως είναι αδύνατο να εμφανιστούν στην παράγωγη κλίμακα.

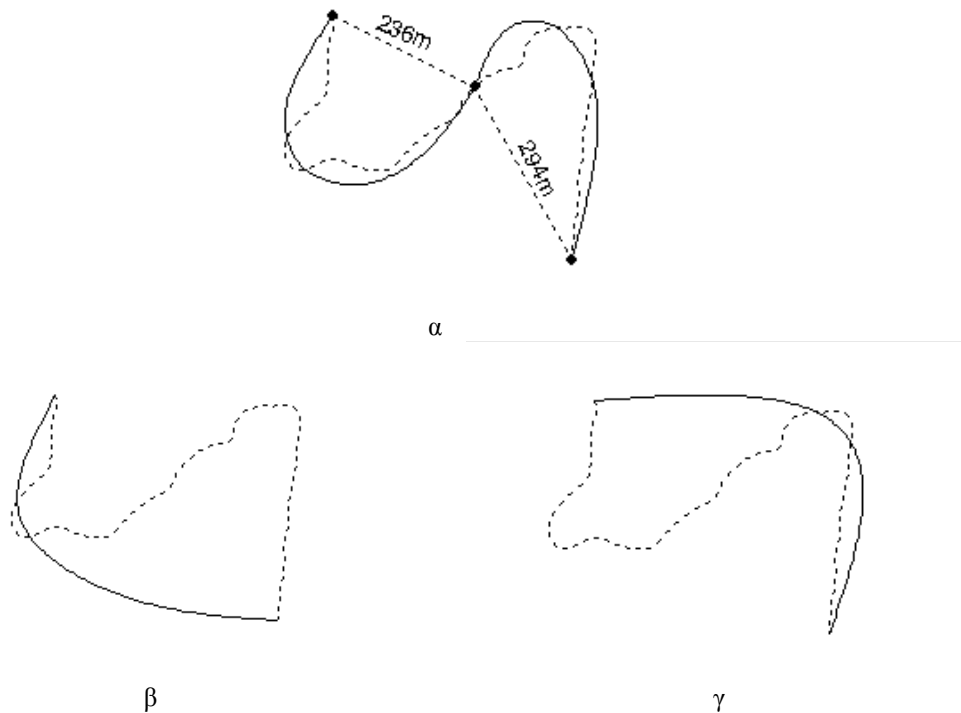
Άλλωστε, κάποιες καμπές δεν θα μπορούσαν παρά να αφαιρεθούν, λόγω της γεωμετρίας και των διαστάσεών τους. Συγκεκριμένα, για να βελτιωθεί η ευκρίνεια σε μία αλληλουχία, η μόνη περίπτωση διατήρησης του συνόλου των καμπών και διόγκωσής τους, είναι εκείνη για την οποία οι βάσεις τους θα είναι μεγαλύτερες από τη διάμετρο του κυλιόμενου δίσκου του Perkal. Δηλαδή, για συγκεκριμένη παράγωγη κλίμακα ορίζεται ένα όριο το οποίο αντιπροσωπεύει το ελάχιστο ορατό, από το ανθρώπινο μάτι, μήκος.

Εάν τώρα υποθέσουμε ότι μία αλληλουχία αποτελείται από καμπές, οι βάσεις των οποίων είναι μικρότερες του μήκους αυτού, τότε είναι σαφές, ότι η διόγκωση δεν είναι ικανή να βελτιώσει την ευκρίνεια τους. Έχοντας ως δεδομένες τις θέσεις των κρίσιμων σημείων, θεώρηση η οποία αποτελεί βάση της συγκεκριμένης εργασίας, τότε η διόγκωση, η οποία δεν επεμβαίνει στη θέση της αρχής και του πέρατος μίας καμπής, δεν είναι ικανή να βελτιώσει την ευκρίνειά της, διότι οι αποστάσεις της αρχής και του πέρατος της κάθε καμπής, δηλαδή η βάσεις τους, θα παραμείνουν σταθερές, οπότε σύμφωνα με την υπόθεση που έγινε, μη ορατές.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2α, όπου εντοπίζονται δύο εξίσου σημαντικές καμπές, εάν αυτές διατηρηθούν, τότε η παρέμβαση η οποία θα βελτιώσει την ευκρίνειά τους, δεν μπορεί παρά να είναι η διόγκωση. Όμως, οι βάσεις των καμπών, τόσο πριν όσο και μετά την διόγκωση παραμένουν σταθερές και μικρότερες της τιμής του ϵ , για κλίμακα 1:1000.000, οπότε μη ορατές.

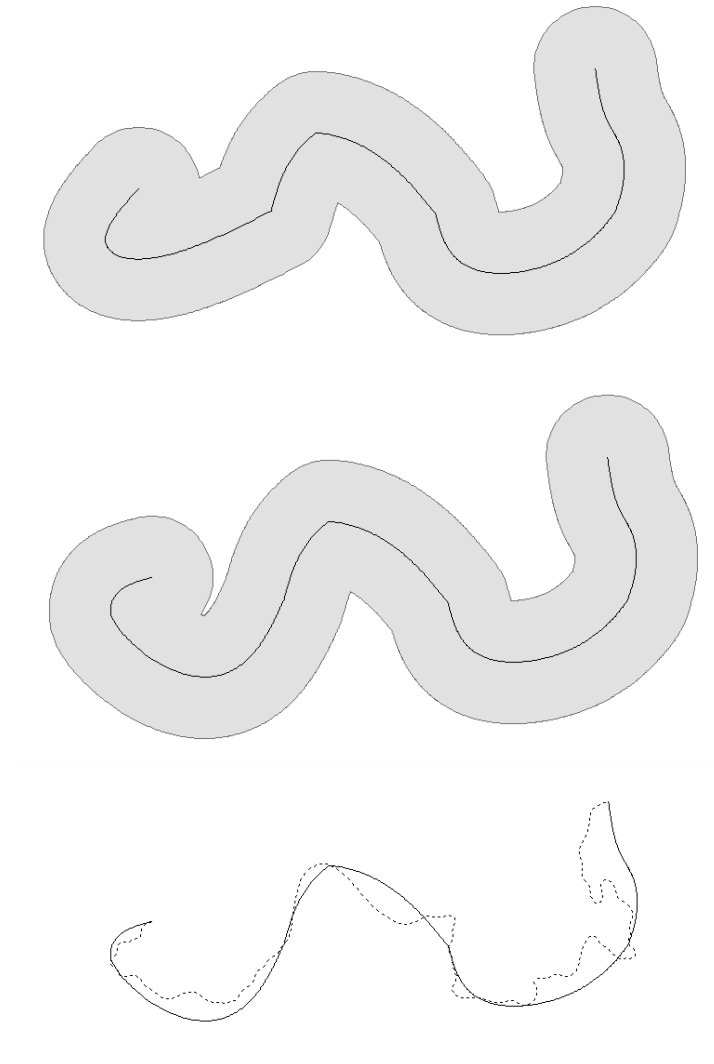
Η λύση η οποία δίνεται είναι αφαίρεση της μίας εκ των δύο καμπών, ώστε η διατηρούμενη να διευρυνθεί και να είναι ορατή στην παράγωγη κλίμακα. Όμως, η παρέμβαση αυτή, συνεπάγεται δύο σημαντικά προβλήματα. Το πρώτο αφορά τη διατήρηση της συνέχειας και του χαρακτήρα της καμπής. Είναι βασικός κανόνας μία γενικευμένη αλληλουχία καμπών να διατηρεί τη φορά της αρχικής και της τελικής καμπής, όπως αυτές ορίζονται στην αρχική γραμμή, ώστε να μη διαταράσσεται η γενική μορφή της γραμμής και να μην δημιουργούνται προβλήματα ασυνεχειών με τα

εκατέρωθεν τμήματα. Το δεύτερο αφορά την επέμβαση στην πραγματικότητα, την οποία ο χάρτης πρέπει να αναπαριστά. Εάν η γραμμή του σχήματος 5.2α είναι τμήμα μίας ακτογραμμής και η πρώτη καμπή αποτελεί ακρωτήριο, ενώ η δεύτερη κόλπο, τότε σε περίπτωση ναυτικού χάρτη είναι σημαντικό να διατηρηθεί η πρώτη καμπή, στην αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε να διατηρηθεί η δεύτερη. Τελικά, η λύση η οποία θα δοθεί πρέπει να λαμβάνει υπόψιν, όχι μόνο τη γεωμετρία, αλλά και τη φύση της γραμμής. Οπότε στην πρώτη περίπτωση πρέπει να δοθεί η λύση του σχήματος 5.2β, ενώ στη δεύτερη αυτή του σχήματος 5.2γ.



Σχήμα 5.2 Η επιρροή του μήκους των βάσεων των καμπών και της φύσης της γραμμής στο αποτέλεσμα της γενίκευσης

Ένα ακόμη ζήτημα το οποίο πρέπει να συζητηθεί, αφορά την επιρροή του βαθμού εξομάλυνσης στην τελική γραμμή. Σύμφωνα με τα παραπάνω πρέπει σε μία γραμμή να εφαρμόζεται τέτοιος βαθμός εξομάλυνσης, ώστε να εντοπίζονται σε αυτή μόνο οι καμπές οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν στην παράγωγη κλίμακα. Όμως, μεγάλος βαθμός εξομάλυνσης προκαλεί ασυνέχειες στα σημεία σύνδεσης των καμπών και γωνίες στις κορυφές της τελικής γραμμής, λόγω του μετασχηματισμού που εφαρμόζεται, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3α. Το πρόβλημα αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιπλέον διόγκωση, η οποία είναι ικανή να βελτιώσει το αποτέλεσμα δίνοντας στις τελικές καμπές, περισσότερο φυσική μορφή, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3β.



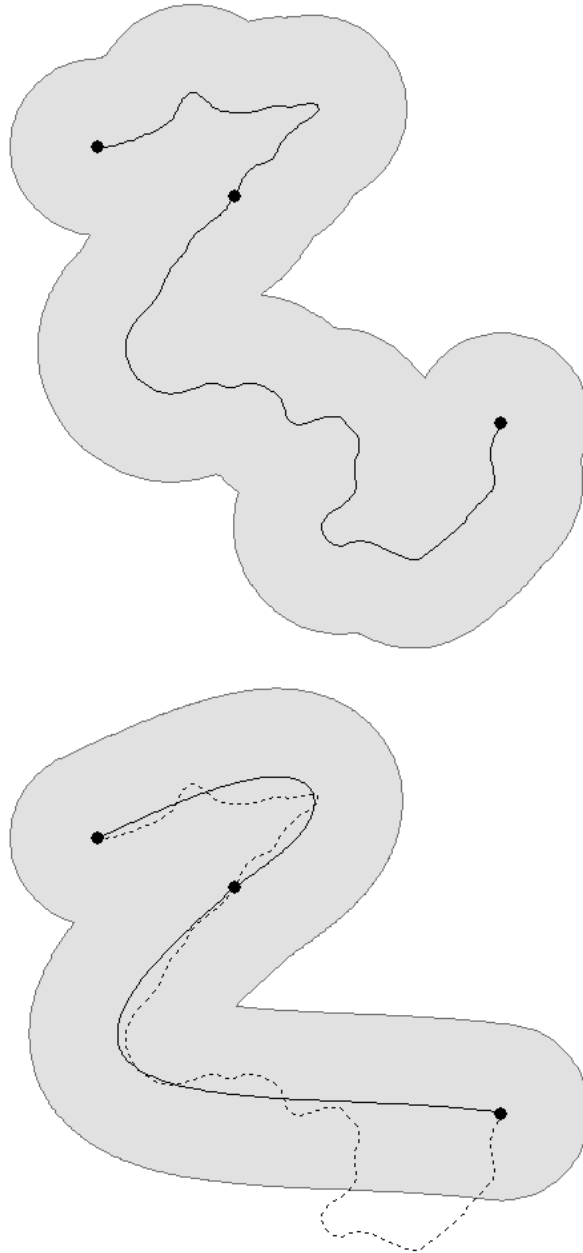
Συντελεστής εξομάλυνσης: 50, Αρχική Διόγκωση: [18,30 116,24 226,01]m
 Επιπλέον Διόγκωση: [120 0 0]m
 Σχήμα 5.4 Γενίκευση αλληλουχίας καμπών

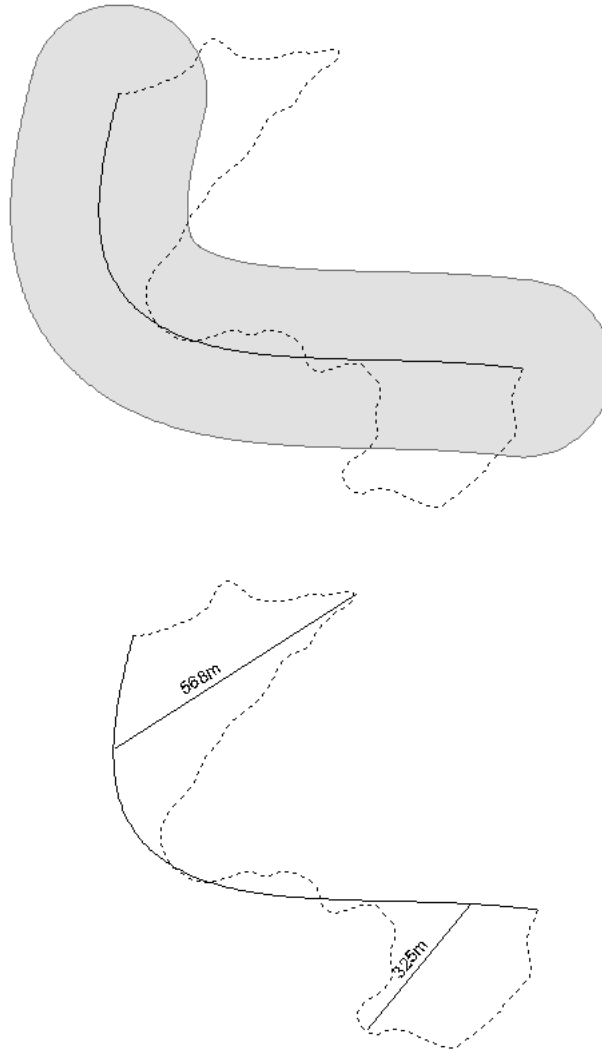
Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις στις οποίες το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό σε σχέση με τη μορφή της αρχικής γραμμής. Ο κύριος λόγος είναι τα ίδια τα χαρακτηριστικά της, τα οποία οδηγούν σε μοναδική λύση, ως προς την επίλυση της ευκρίνειας, η οποία όμως αποκλίνει από την αρχική γραμμή.

Στο σχήμα 5.5α παρουσιάζεται μία φυσική γραμμή, καθώς και η αρχή και το πέρας της κάθε καμπής, η οποία εντοπίζεται για εξομάλυνση με συντελεστή 40. Η βάση της πρώτης καμπής υπολογίζονται μικρότερη της διακριτικής ικανότητας, για παράγωγη κλίμακα 1:1.000.000, οπότε όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η καμπή αυτή δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί, οπότε θα αφαιρεθεί, δημιουργώντας τη δυνατότητα στη γειτονική της να διευρυνθεί και να βελτιώσει την ευκρίνειά της. Στο σχήμα 5.5β παρουσιάζεται η λύση η οποία θα δινόταν, εάν διατηρούνταν και οι δύο καμπές, με εμφανές το πρόβλημα της ευκρίνειας, καθώς και η απόκλιση από την αρχική γραμμή στο τελευταίο τμήμα της γραμμής.

Η μοναδική λύση η οποία είναι δυνατόν να δοθεί είναι η διατήρηση και διεύρυνση μόνο της δεύτερης καμπής, με το αποτέλεσμα να φαίνεται στο σχήμα 5.5γ. Και σε αυτή την περίπτωση είναι προφανής η απόκλιση από την αρχική γραμμή, τόσο ως προς τη μορφή, όσο και ως προς το χαρακτήρα.

Είναι σημαντικό, όμως, οι αποκλίσεις αυτές να εξετάζονται σε σχέση με το όριο διακριτικής ικανότητας στην παράγωγη κλίμακα. Βλέπουμε στο σχήμα 5.5δ ότι η απόκλιση από την πρώτη καμπή είναι σημαντική, ενώ η δεύτερη, η οποία υπολογίζεται στα 325m δεν θα είναι ορατή στην κλίμακα 1:1.000.000.





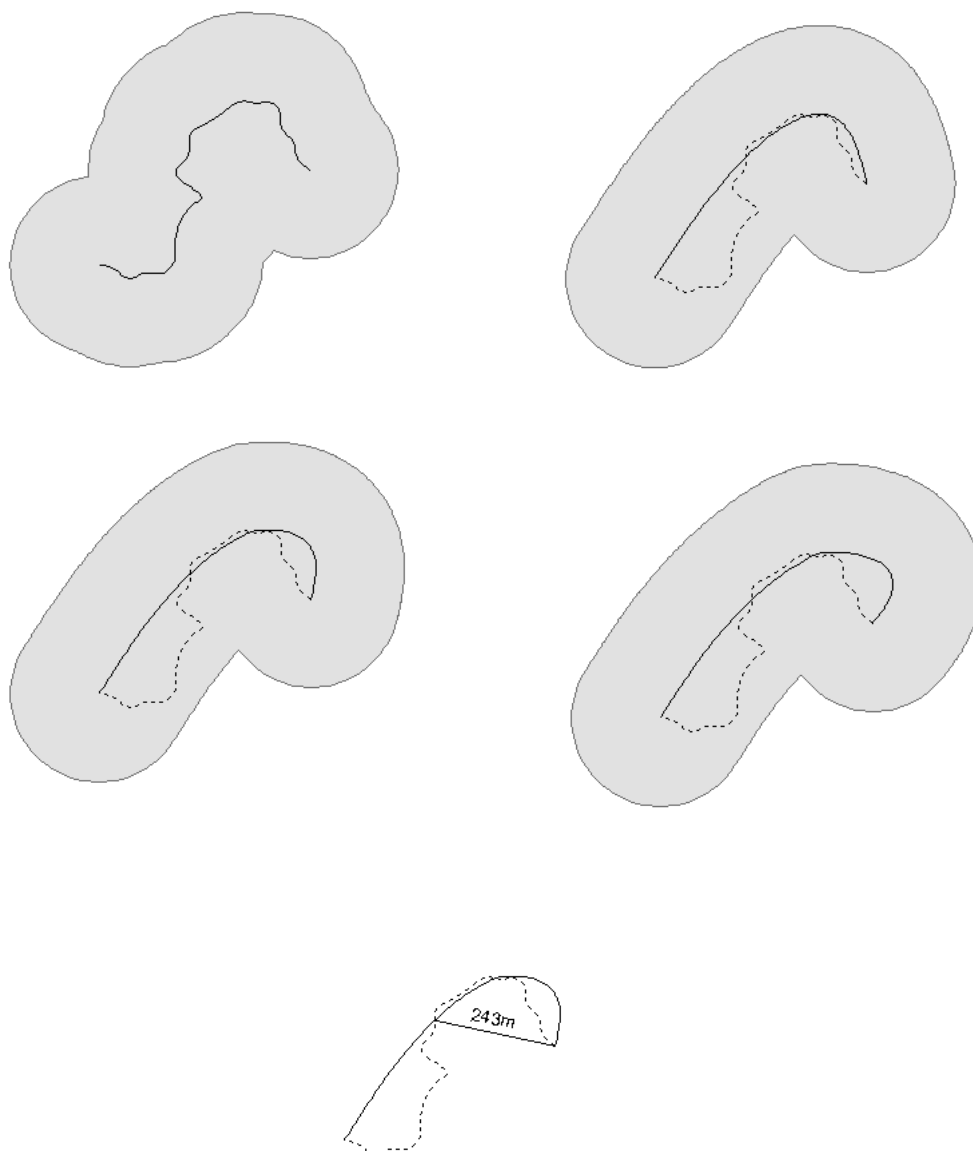
Σχήμα 5.5 Προβληματική περίπτωση γενίκευσης

Τέλος, εμφανίζονται περιπτώσεις για τις οποίες η συγκεκριμένη μέθοδος αδυνατεί να επιλύσει το πρόβλημα της ευκρίνειας. Στο σχήμα 5.6α παρουσιάζεται τμήμα φυσικής γραμμής, στην αρχική μορφή του οποίου εντοπίζονται δύο κύριες καμπές, οι οποίες όμως δεν είναι δυνατόν να διατηρηθούν στην παράγωγη κλίμακα, λόγω του προβλήματος των μη ευκρινών βάσεων που αναπτύχθηκε παραπάνω.

Ακόμα και η εφαρμογή του μέγιστου βαθμού εξομάλυνσης, για τη συγκεκριμένη γραμμή, οδηγεί σε εντοπισμό δύο καμπών, οπότε επιλέγεται η λύση της αφαίρεσης της λιγότερο σημαντικής και ο αντίστοιχος μετασχηματισμός, ο οποίος φαίνεται στο σχήμα 5.6β, με εμφανές το πρόβλημα ευκρίνειας. Η εφαρμογή επιπλέον διόγκωσης, η οποία φαίνεται στα σχήματα 5.6γ και 5.6δ, δεν είναι ικανή να βελτιώσει την ευκρίνεια της γενικευμένης γραμμής, αντίθετα επιβαρύνει το πρόβλημα της απόκλισης από την αρχική, αυξάνοντας ταυτόχρονα την πιθανότητα εμφάνισης νέων ασυνεχειών με τα γειτονικά τμήματα.

Το παραπάνω ζήτημα προκύπτει λόγω της ιδιαίτερης γεωμετρίας της συγκεκριμένης γραμμής και καθιστά σαφή τη γενικότερη δυσκολία αντιμετώπισης προβλημάτων γενίκευσης φυσικών γραμμών, λόγω της πολυμορφίας που τις συνοδεύει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το πρόβλημα δημιουργείται λόγω της θέσης των χαρακτηριστικών σημείων της γραμμής σε συνδυασμό με τον ομοπαράλληλο μετασχηματισμό, ο οποίος έπειτα από την διόγκωση επαναφέρει τη γενικευμένη

γραμμή στα αρχικά χαρακτηριστικά σημεία. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η διόγκωση της γενικευμένης γραμμής να εκτονώνεται προς το δεξί της τμήμα, ενώ το αριστερό παραμένει σταθερό. Στο σχήμα 30ε φαίνεται ότι το μήκος το οποίο δεν μεταβάλλεται μέσω της διόγκωσης είναι μη ορατό για κλίμακα 1:1.000.000, οπότε με την αδυναμία μεταβολής της μορφής της γραμμής στο συγκεκριμένο τμήμα, είναι αδύνατο να επιλυθεί το πρόβλημα της ευκρίνειας.



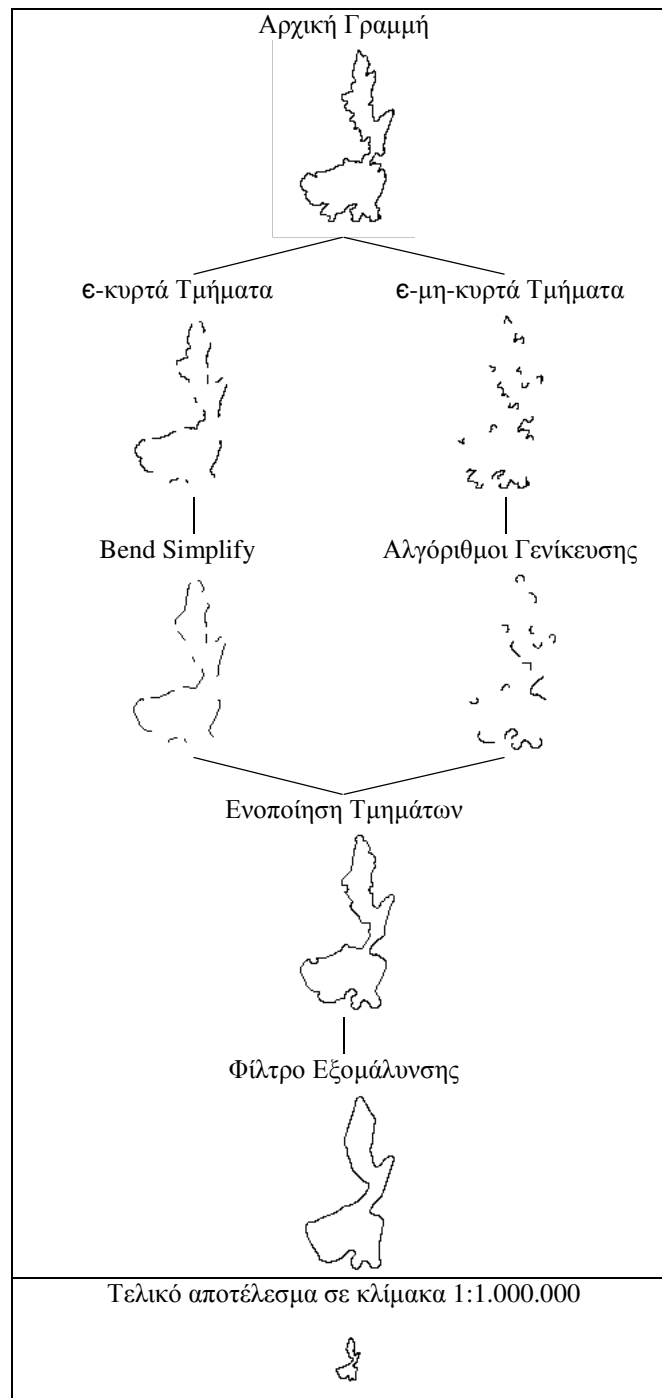
Σχήμα 5.6 Περίπτωση αποτυχίας επίλυσης προβλήματος ευκρίνειας

5.3 Συνολική Εφαρμογή

Η ακτογραμμή της νήσου Περιστέρα γενικεύτηκε με τους αλγόριθμους οι οποίοι κατασκευάστηκαν. Συγκεκριμένα, έγινε εφαρμογή των αλγορίθμων, στα ε-μη-κυρτά τμήματα της ακτογραμμής, για παράγωγη κλίμακα 1:1.000.000. Στα ε-κυρτά τμήματα

εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος bend-simplify, μέσω του προγράμματος ESRI® ArcGIS® ArcMap™ v.9.3, ώστε να είναι δυνατή η παρουσίαση ενός ολοκληρωμένου αποτελέσματος. Τέλος, τα τμήματα ενώθηκαν σε μία ενιαία γραμμή και εξομαλύνθηκαν με χρήση του φίλτρου Gauss, με μικρό βαθμό εξομάλυνσης, ώστε το αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται από φυσικότητα.

Στο σχήμα 4.7 παρουσιάζεται η συνολική διαδικασία γενίκευσης. Η ακτογραμμή εμφανίζεται σε κλίμακα 1:250.000, ώστε να είναι ευκολότερη η παρατήρηση του κάθε σταδίου, ενώ το τελικό αποτέλεσμα εμφανίζεται και στην τελική κλίμακα 1:1.000.000.



Σχήμα 5.7 Συνολική εφαρμογή – Νήσος Περιστερά

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Θετικά

6.1.1 Ανεξάρτητη αντιμετώπιση τμημάτων

Κάθε γραμμή η οποία γενικεύεται με τη συγκεκριμένη μέθοδο, αποτελεί τμήμα μίας ευρύτερης γραμμής το οποίο κρίθηκε ως 'ε-μη-κυρτό'. Ο τελικός στόχος είναι αφού γενικευτούν όλα τα 'ε-μη-κυρτά' τμήματα να επανατοποθετηθούν στη γραμμή για να εφαρμοστούν περαιτέρω απαραίτητες διαδικασίας, έως το τελικό αποτέλεσμα.

Όμως, με τη μέθοδο η οποία προτείνεται είναι πιθανό τα διάφορα τμήματα να υποστούν διαφορετικό βαθμό εξομάλυνσης, ανάλογα με τη μορφή τους και τις απαιτήσεις της παράγωγης κλίμακας. Επίσης καμπές αντίστοιχου σχήματος και μεγέθους μπορεί να διατηρηθούν σε ένα τμήμα, αλλά να κριθούν ακατάλληλες για ένα άλλο, είτε λόγω προσήμου καμπυλότητας, είτε λόγω έλλειψης χώρου. Το γεγονός αυτό, όμως, αποτελεί απόδειξη της αξιοπιστίας της διαδικασίας.

Κάθε καμπή κρίνεται σε σχέση με το τμήμα στο οποίο ανήκει. Η πολυπλοκότητα ενός συγκεκριμένου τμήματος μπορεί να απαιτεί την αφαίρεση συγκεκριμένων καμπών, ώστε να είναι δυνατή η βελτίωση της ευκρίνειας άλλων σημαντικότερων. Ενώ, σε άλλο τμήμα μπορεί αντίστοιχες καμπές όχι μόνο να διατηρούνται, αλλά και να μεγεθύνονται.

Το μέγεθος των καμπών δεν αποτελεί απαραίτητα κριτήριο διατήρησής τους, αλλά το σύνολο του τμήματος στο οποίο ανήκουν καθορίζει τη σημαντικότητά τους. Με αυτό τον τρόπο κάθε καμπή εξετάζεται τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά της, όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά της ενότητας στην οποία εντοπίζεται. Δηλαδή, δεν ορίζεται ένας απαράβατος κανόνας διατήρησης καμπών, μεγαλύτερες από ένα συγκεκριμένο μέγεθος, και μεγεθύνσής τους. Με τον τρόπο αυτό διατηρείται ακριβέστερα η μορφή και το σχήμα της συνολικής γραμμής, διότι διατηρούνται και μεγεθύνονται καμπές οι οποίες όντας απομονωμένες είναι σημαντικό να εμφανίζονται στον τελικό χάρτη, ακόμα και αν το μέγεθός τους δεν είναι αντίστοιχο των βασικών καμπών που απαρτίζουν τη συγκεκριμένη γραμμή. Αντίστοιχες καμπές όμως δεν θα τύχουν ίδιας μεταχείρισης, εάν ανήκουν σε μία αλληλουχία.

Οι Nakos et al (2008) αναφέρουν ότι η γενίκευση γραμμικών οντοτήτων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, διότι πρέπει να ληφθούν υπόψιν συγκεκριμένοι παράγοντες. Συγκεκριμένα, ο βαθμός αλλαγής κλίμακας, ο σκοπός του χάρτη και ο χαρακτήρας της ίδιας της γραμμής. Δηλαδή, μία γραμμική οντότητα πρέπει να εξεταστεί τόσο τοπικά, όσο και συνολικά, με τον υποκειμενικό παράγοντα, να καθορίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Στη διαδικασία η οποία προτείνεται, ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια, αφού η αλλαγή κλίμακας αντιμετωπίζεται από τους διαφορετικούς βαθμούς εξομάλυνσης πετυχαίνοντας τη διατήρηση μόνο των απαραίτητων χαρακτηριστικών, ο σκοπός του χάρτη ικανοποιείται μέσω της παρέμβασης του χρήστη στα διάφορα στάδια της διαδικασίας και ο χαρακτήρας της ίδιας της γραμμής λαμβάνεται υπόψιν μέσω της ανεξάρτητης εξέτασης των προβληματικών τμημάτων σε πρώτο στάδιο και έπειτα σε δεύτερο στάδιο μέσω της εξέτασης της κάθε καμπής ξεχωριστά, τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά της, όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά του τμήματος στο οποίο ανήκει.

6.1.2 Η συγκεκριμένη μέθοδος ως εργαλείο ενός συστήματος

Η πορεία της ψηφιακής γενίκευσης έχει καταλήξει στην ανάγκη αποτελεσματικών συστημάτων, τα οποία θα είναι ικανά να χρησιμοποιούν μεθόδους, όπως η συγκεκριμένη, ως κομμάτι μίας συνολικής διαδικασίας. Η τελευταίες εξελίξεις τείνουν προς τη χρήση multi-agent συστημάτων (βλ. ενότητα 1.2).

Οι Nakos et al (2008) συνοψίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου συστήματος, προορισμένου για τη γενίκευση γραμμών, στα εξής τέσσερα: μία αποτελεσματική μέθοδο κατάτμησης γραμμών, μετρήσεις ικανές να εκφράσουν το χαρακτήρα μίας χαρτογραφικής γραμμής, νέους αλγόριθμους ικανούς να εφαρμόσουν συγκεκριμένους τελεστές γενίκευσης και ένα σύστημα στο οποίο θα εντάσσονται τα παραπάνω χαρακτηριστικά με έναν αυτοματοποιημένο τρόπο.

Στο πλαίσιο ενός τέτοιου συστήματος, η συγκεκριμένη μέθοδος θα μπορούσε να ενταχθεί, ως κατάλληλη για να αντιμετωπίσει τα πολύπλοκα τμήματα της γραμμής, τα οποία χρήζουν μεγέθυνσης. Φυσικά, οι βελτιώσεις είναι αναγκαίες, ώστε να επιτευχθεί ένα κατάλληλο επίπεδο ταχύτητας, αλλά και μία ανώτερου επιπέδου επικοινωνία με το χρήστη, όπως αυτή περιγράφεται στην ενότητα 5.2.3. Διότι για την αποτελεσματική αυτοματοποίηση μίας διαδικασίας ψηφιακής γενίκευσης, το υπολογιστικό σύστημα πρέπει να είναι ικανό, όχι μόνο να εκτελεί το μαθηματικό μέρος, αλλά και να αναλύει σενάρια, καθώς και να προτείνει κατάλληλες παρεμβάσεις, οι οποίες τελικά θα φιλτραριστούν από τον ίδιο το χρήστη, ο οποίος πρέπει να έχει την ευθύνη της τελικής απόφασης.

6.2 Προβλήματα

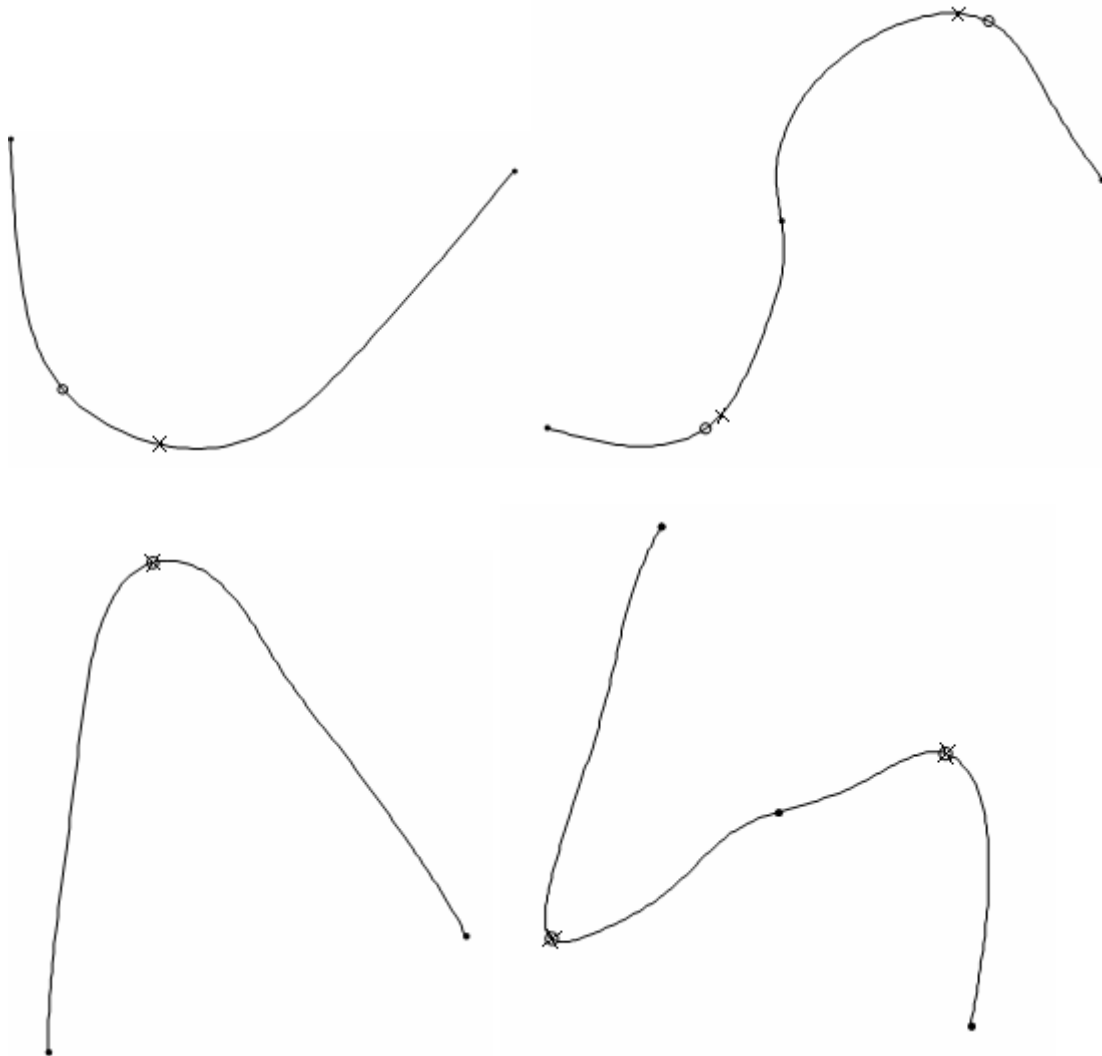
6.2.1 Εντοπισμός καμπών

Η μέθοδος η οποία προτείνεται από τους Wang & Müller, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως 'υπερβολικά γεωμετρική'. Όταν ο στόχος είναι η προσομοίωση της ανθρώπινης ικανότητας στην αναγνώριση καμπών, ο απλός υπολογισμός της αλλαγής κλίσης μεταξύ σημείων δεν μπορεί παρά ενίοτε να αστοχεί. Το επίπεδο λεπτομέρειας των τοπικών, και μάλιστα σημειακών, μόνο αλλαγών με το οποίο εξετάζει η συγκεκριμένη μέθοδος μία γραμμή δημιουργεί αμφιβολίες σχετικά με την ικανότητά του να δώσει αποτελέσματα του επιπέδου της ανθρώπινης αντίληψης.

Στο θέμα της οριοθέτησης μίας καμπής, δηλαδή, της αναγνώρισης της αρχής και του πέρατος, το πρόβλημα μπορεί να λυθεί σε μεγάλο βαθμό μέσω της εξομάλυνσης, αναγκάζοντας την παράβλεψη των τοπικών ανωμαλιών και στην εστίαση στην γενικότερη εικόνα της γραμμής.

Η αναγνώριση όμως της κορυφής, η θέση της οποίας είναι καθοριστική για το σχήμα και τη μορφή της ίδιας της γραμμής, αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολη. Η μέθοδος των Wang & Müller, μέσω του κριτηρίου της σημειακής αλλαγής κλίσης, κάποιες φορές αποτυγχάνει να εντοπίσει με επιτυχία, θέση αντίστοιχη αυτής που θα υποδείκνυε ένας χαρτογράφος. Φυσικά, όταν η απόκλιση είναι τάξης ασήμαντης σε σχέση με την κλίμακα, δεν δημιουργείται πρόβλημα στο τελικό αποτέλεσμα, αλλά στο σχήμα 6.1 φαίνεται ότι οι αποκλίσεις μπορεί να είναι σημαντικές και τελικά υπάρχει ανάγκη δημιουργίας διαφορετικού κριτηρίου εύρεσης του σημείου εκείνου το οποίο αντιπροσωπεύει την κορυφή μίας καμπής, όχι απαραίτητα με γεωμετρικούς όρους, αλλά σύμφωνα με τον τρόπο που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται μία γραμμή. Το ποσοστό αποτυχίας της μεθόδου, για τα τμήματα στα οποία δοκιμάστηκε, στα

πλαίσια της συγκεκριμένης εργασία, είναι μικρό, αλλά ενδεικτικό πιθανών προβλημάτων τα οποία θα προκληθούν σε σχέση με το τελικό αποτέλεσμα.



o Κορυφές αναγνωρισμένες από μέθοδο Wang & Müller

x Κορυφές αναγνωρισμένες από χαρτογράφο

Σχήμα 6.1 Αναγνώριση κορυφών από μέθοδο Wang & Müller και από χαρτογράφο

6.2.2 Εξάρτηση αποτελέσματος από επίπεδο εξομάλυνσης

Η μέθοδος η οποία προτείνεται προϋποθέτει πολύ καλή αντίληψη του χρήστη όσον αφορά την επίδραση του βαθμού εξομάλυνσης σε μία γραμμή. Η επιτυχία του αποτελέσματος και η καταλληλότητά του για την επιθυμητή παράγωγη κλίμακα εξαρτώνται από την επιλογή του επιπέδου εξομάλυνσης. Φυσικά, οι δοκιμές θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη λύση, αλλά όταν ο χρόνος αποτελεί παράγοντα αξιολόγησης της επιτυχίας, τότε οι πολυάριθμες δοκιμές υποβαθμίζουν το αποτέλεσμα.

6.2.3 Αλληλεπίδραση με τον χρήστη

Η μέθοδος η οποία προτείνεται απαιτεί την παρέμβαση του χρήστη τόσο για τον καθορισμό των παραμέτρων των αλγορίθμων, όσο και για την αξιολόγηση του αποτελέσματος, για τα κρισιμότερα δηλαδή σημεία, τα οποία θα ήταν ιδιαίτερα πολύπλοκο να αυτοματοποιηθούν, κυρίως λόγω του προβλήματος της τυποποίησης (βλ. ενότητα 1.4.3).

Μία νέα τάση η οποία αναπτύσσεται, είναι η ‘ενισχυμένη νοημοσύνη’. Όσον αφορά τη χαρτογραφική της εφαρμογή, πρόκειται για συστήματα τα οποία περιέχουν τα χαρτογραφικά εργαλεία, τα οποία όμως εφαρμόζονται από το χρήστη. Η ιδιαιτερότητα βρίσκεται στο γεγονός της ικανότητας του συστήματος να προτείνει κατάλληλους τελεστές και ακόμα να εκτελεί ακολουθίες διαδικασιών βασισμένων σε κανόνες. Αυτό είναι και το συγκριτικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με τα απλά διαδραστικά συστήματα (Harrie & Weibel 2007).

Η αλληλεπίδραση λοιπόν δεν είναι απαραίτητα αρνητική, μάλιστα μπορεί να συμπληρώσει σε μεγάλο βαθμό τα εμπόδια τα οποία εμφανίζονται στην προσπάθεια πλήρους αυτοματοποίησης της διαδικασίας. Η έλλειψη κριτικής ικανότητας, οπτικής αντίληψης και αξιολόγησης της ποιότητας του έργου που εκτελείται από έναν υπολογιστή, αντισταθμίζονται από την ανθρώπινη παρέμβαση.

Μία εξελιγμένη εκδοχή της προτεινόμενης μεθόδου, λοιπόν θα περιλάμβανε μεγαλύτερη συμμετοχή του υπολογιστικού συστήματος στην αντιμετώπιση του προβλήματος της γενίκευσης. Η παράγωγη κλίμακα, για παράδειγμα, θα μπορούσε να δίνεται στο σύστημα, το οποίο βάσει του ορίου ευκρίνειας και των χαρακτηριστικών της αρχικής γραμμής, θα πρότεινε στο χρήστη πιθανές ενέργειες και κατάλληλες προσεγγιστικές τιμές των παραμέτρων ή θα καθιστούσε την προσοχή του σε περιπτώσεις πιθανής λάθος αντιμετώπισης, ακόμα και σε προβλήματα τα οποία προκύπτουν από την παρέμβασή του, όπως πιθανές ασυνέχειες, υπερκαλύψεις κ.α. Βέβαια ο χρήστης είναι αυτός που θα πρέπει να πάρει τις τελικές αποφάσεις, άλλωστε η χρήση για την οποία προορίζεται ο χάρτης, καθώς και η αισθητική του ίδιου του χαρτογράφου πρέπει να καθορίσουν το τελικό γραφικό αποτέλεσμα και μόνο ο ίδιος ο χρήστης είναι ικανός να προσδώσει τον κατάλληλο χαρακτήρα σε ένα χάρτη, μέσω πάντα των διαθέσιμων στο σύστημα εργαλείων.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Attneave F., 1954, "Some Informational Aspects of Visual Perception". *Psychological Review*, 61(3): 183-193.
- Brassel K.E. and Weibel, 1988, "A Review and Conceptual Framework on Automated Map Generalization". *International Journal of Geographical Information Systems*, 2(3): 229-244.
- Dutton G., 1999, "Scale Sinuosity and Point Selection in Digital Line Generalization". *Cartography and Geographic Information Science*, 26(1): 33-53.
- Freeman H., 1978, "Shape Description via the Use of Critical Points", *Pattern Recognition*, 10: 159-166.
- Harrie L. & Weibel R., 2007, "Modelling the Overall Process of Generalisation", In *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications* (Mackaness W.A., A. Ruas, and L.T. Sarjakoski, Eds.), Elsevier Ltd., Amsterdam: 269-284.
- Jenks, G.F., 1981, "Lines, Computers, and Human Frailties", *Annals of the Association of American Geographers*, 71(1): 1-10.
- Lamy S., A. Ruas, A. Demazeau, C. Baeijs, M. Jackson, W.A. Mackaness and R. Weibel, 1999, "AGENT Project: Automated Generalisation New Technology". In *Proceedings of the 5th EC-GIS Workshop* (<http://ams.egeo.sai.jrc.it/5ec-gis>), Stresa, Italy.
- Lecordix F., C. Plazanet and J.-PH. Lagrange, 1997, "A Platform for Research in Generalization: Application to Caricature", *Geoinformatica*, 1(2): 161-182.
- Li Z., 2007, "Algorithm Foundation of Multi-Scale Representation", Taylor & Francis Group, LLC, London.
- Lowe D.G., 1989, "Organization of Smooth Image Curves at Multiple Scales", *International Journal of Computer Vision*, 3: 119-130.
- Lowe D.G., 1989, "Organization of Smooth Image Curves at Multiple Scales", *International Journal of Computer Vision*, 3: 119-130.
- Marino J.S., 1979, "Identification of Characteristic Points, along Naturally Occuring Lines: An Empirical Study", *The Canadian Cartographer*, 16(1): 70-80.
- McMaster R.B. and S.K. Shea, 1992, "Generalization in Digital Cartography", *Association of American Cartographers*, Washington D.C.:17-134
- Meng L., 1997, "Automatic Generalization of Geographic Data", *Technical Report*, VBB Viak, Stockholm, Sweden.
- Müller J.C., R. Weibel, J.P. Lagrange and F. Salge, 1995, "Generalization: State of the Art and Issues", *GIS and Generalization*, London, Taylor & Francis, 3-17
- Mustière S., 2005, "Cartographic Generalization of Roads in a Local Adaptive Approach: A Knowledge Acquisition Problem", *International Journal of Geographical Information Science*, 19(8-9): 937-955.
- Νάκος Β., 2005, *Αναλυτική Χαρτογραφία*, Αθήνα: Ε.Μ.Π..
- Νάκος Β. & Μητρόπουλος Β., 2006, "Ανάπτυξη Μεθόδων Εντοπισμού Κρίσιμων Σημείων Χαρτογραφικών Γραμμών", Τεχνική Έκθεση Προόδου, Πρόγραμμα Ενίσχυσης Βασικής Έρευνας "Πρωταγόρας", Αθήνα, 2006.
- Nakos B. & V. Mitropoulos, 2005, "Critical Point Detection Using the Length Ratio (LR) for Line Generalization", *Cartographica*, 40(3): 35-51.

- Nakos B., J. Gaffuri and S. Mustière, 2008, “*A Transition from Simplification to Generalization of Natural Occurring Lines*”, 11th ICA Workshop on *Generalisation and Multiple Representation*, Montpellier, France
- Perkal, J., 1966a. “*On the Length of Empirical Curves*”. *Discussion Paper 10*.
Department of Geography, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- Perkal, J., 1966b. “*An Attempt at Objective Generalization*”. *Discussion Paper 10*.
Department of Geography, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- Rieger M. & Coulson M., 1993, “*Consensus or Confusion: Cartographers’ Knowledge of Generalization*”, *Cartographica*, 30(2-3): 69-80.
- Ruas A. and C. Duchene, 2007, “*A Prototype Generalisation System Based on the Multi-Agent System Paradigm*”, In *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications* (Mackaness W.A., A. Ruas, and L.T. Sarjakoski, Eds.), Elsevier Ltd., Amsterdam: 269-284.
- Sarjakoski T., 2007, “*Conceptual models of generalization and multiple Representation*”, In *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications* (Mackaness W.A., A. Ruas, and L.T. Sarjakoski, Eds.), Elsevier Ltd., Amsterdam: 269-284.
- Thapa K., 1988, “*Critical Point Detection and Automatic Line Generalization in Raster Data Using Zero-Crossings*”, *The Cartographic Journal*, 25: 58-68.
- Wang Z. and J.-C. Müller, 1998, “*Line Generalization Based on Analysis of Shape Characteristics*”, *Cartography and Geographic Information Systems*, 25(1): 3-15.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρατίθεται ο αλγόριθμος του γραφικού περιβάλλοντος διεπαφής χρήστη - υπολογιστή, ο οποίος αποτελείται από ένα σύνολο αλγορίθμων, οι οποίοι εκτελούν τη διαδικασία γενίκευσης, η οποία αναπτύσσεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Οι αλγόριθμοι αναπτύχθηκαν στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab, έκδοσης R2008b.

Bend_Generalisation.m

```
function varargout = Bend_Generalisation(varargin)
% BEND_GENERALISATION M-file for Bend_Generalisation.fig
%   BEND_GENERALISATION, by itself, creates a new BEND_GENERALISATION or raises the
existing
%   singleton*.
%
%   H = BEND_GENERALISATION returns the handle to a new BEND_GENERALISATION or the
handle to
%   the existing singleton*.
%
%   BEND_GENERALISATION('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in BEND_GENERALISATION.M with the given input
arguments.
%
%   BEND_GENERALISATION('Property','Value',...) creates a new BEND_GENERALISATION
or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before Bend_Generalisation_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to Bend_Generalisation_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Bend_Generalisation

% Last Modified by GUIDE v2.5 20-Sep-2009 15:34:38

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
    'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @Bend_Generalisation_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn',  @Bend_Generalisation_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn',  [] , ...
    'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Bend_Generalisation is made visible.
function Bend_Generalisation_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Bend_Generalisation (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Bend_Generalisation
```

```

handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Bend_Generalisation wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Bend_Generalisation_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in Open.
function Open_Callback(hObject, eventdata, handles)
% emfanish parathyrou gia epilogh anamesa se shapefile kai arxeio ascii
button = questdlg('Coordinates from shapefile or from ascii?', 'Select
input', 'Shapefile', 'ASCII', 'Shapefile');
if strcmp(button, 'Shapefile')==1
    % emfanish parathyroy 'open'
    [FileName, PathName] = uigetfile('*.shp', 'Select the shp-file');
    % dinontai sth metavlthth 'grammh' oi syntetagmenes tou shapefile pou
    % epilexthhke
    grammh = shaperead(FileName);
else
    [FileName, PathName] = uigetfile('*.txt', 'Select the ASCII-file');
    grammh_for_gauss=load(FileName);
    % metatroph tw n dedomenwn tou arxeiou ascii se dedomena antistoixa enos
    % shapefile
    FileName=[FileName '.shp']
    grammh.X=grammh_for_gauss(:,1);
    grammh.Y=grammh_for_gauss(:,2);
    grammh.X(size(grammh.X,2)+1)=NaN;
    grammh.Y(size(grammh.Y,2)+1)=NaN;
end
save tempfile grammh FileName
% hObject handle to Open (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in Gauss.
function Gauss_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% emfanish parathyroy epiloghs anamesa se anoixth kai kleisth grammh
button2 = questdlg('Open or Closed Polyline?', 'Select input', 'Open', 'Closed', 'Open');
% ean prokeitai gia anoixth grammh
if strcmp(button2, 'Open')==1
    Xnew=zeros(1, size(grammh.X,2));
    Xnew(1, size(grammh.X,2)) = NaN;
    Ynew=zeros(1, size(grammh.X,2));
    Ynew(1, size(grammh.X,2)) = NaN;

    for i=1:4*s %dhmiourgei mh pragmatikh grammh prin to prwto shmeio ths grammhs kai
gia tosa
        %shmeia osa xreiazontai analoga me to s. H grammh auth einai mirror ths
%pragmatikhs toso ws pros ton aksona x oso kai ws pros ton aksona y
        fantxa(1,i)=2*grammh.X(1,i)-grammh.X(1,i+1);
        fantya(1,i)=2*grammh.Y(1,i)-grammh.Y(1,i+1);
    end

    for i=1:4*s %dhmiourgei mh pragmatikh grammh meta to teleytaio shmeio ths grammhs
kai gia tosa
        %shmeia osa xreiazontai analoga me to s. H grammh auth einai mirror ths
%pragmatikhs toso ws pros ton aksona x oso kai ws pros ton aksona y
        fantxb(1,i)=2*grammh.X(1, (size(grammh.X,2)-1))-grammh.X(1, (-
i+(size(grammh.X,2)-1)));
        fantyb(1,i)=2*grammh.Y(1, (size(grammh.Y,2)-1))-grammh.Y(1, (-
i+(size(grammh.Y,2)-1)));
    end
end

```

```

j=1;
for k = (-4*s):(4*s)
    gs(j) = (1/(s*(sqrt(2*3.14159265358979323846))))*exp((-k^2)/(2*s^2));
    j=j+1;
end

% gia thn apofygh sfalmatos stroggylopoihsis
diorthwsh_gs=(1-sum(gs))/size(gs,2);
for i=1:size(gs,2)
    gs(i)=gs(i)+diorthwsh_gs;
end

for i = 1:(size(grammh.X,2)-1) %-1 giati to teleutaio stoixeiio einai, kai
paramenei, NaN
    j=1;
    for k = (-4*s):(4*s)
        if (i-k)>0 && (i-k)<(size(grammh.X,2))
            Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+ grammh.X(i-k)*gs(j);
            Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+ grammh.Y(i-k)*gs(j);
        elseif (i-k)<=0 %gia arithmous konta sta akra ths grammhs, opou den
yparxoun arketa geitonika shmeia
            Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+ fantxa(1,1-(i-k))*gs(j);
            Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+ fantya(1,1-(i-k))*gs(j);
        elseif (i-k)>=(size(grammh.X,2))
            Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+ fantxb(1,(i-k)-(size(grammh.X,2)-1))*gs(j);
            Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+ fantyb(1,(i-k)-(size(grammh.Y,2)-1))*gs(j);
        end
        j=j+1;
    end
end
[grammh_gauss.X]=Xnew;
[grammh_gauss.Y]=Ynew;
% ean prokeitai gia kleisth grammh (sthn periptwsh kleisths grammhs ta
% prwta shmeia ephreazontai apo ta teleytaia kai ta teleytaia apo ta
% antistoixa prwta, den yparxei anagkh dhmiourgeias mh yparktwn shmeiwn
else
    Xnew=zeros(1,size(grammh.X,2));
    Xnew(1,size(grammh.X,2)) = NaN;
    Ynew=zeros(1,size(grammh.X,2));
    Ynew(1,size(grammh.X,2)) = NaN;

    j=1;
    for k = (-4*s):(4*s)
        gs(j) = (1/(s*(sqrt(2*3.14159265358979323846))))*exp((-k^2)/(2*s^2));
        j=j+1;
    end

    diorthwsh_gs=(1-sum(gs))/size(gs,2);
    for i=1:size(gs,2)
        gs(i)=gs(i)+diorthwsh_gs;
    end

    for i = 1:(size(grammh.X,2)-1) %-1 giati to teleutaio stoixeiio einai, kai
paramenei, NaN
        j=1;
        for k = (-4*s):(4*s)
            if (i-k)>0 && (i-k)<(size(grammh.X,2))
                Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+ grammh.X(i-k)*gs(j);
                Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+ grammh.Y(i-k)*gs(j);
            elseif (i-k)<=0%gia arithmous konta sto prwto kai to teleutaio shmeio tou
grammhrou, opou ta geitonika shmeia
                %den einai synexomena ston pinaka alla prepei na
                %diavasei apo thn arxh h' apo to telos tou
                %pinaka antistoixa.
                Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+grammh.X((size(grammh.X,2)-1)+(i-k))*gs(j);
                Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+grammh.Y((size(grammh.X,2)-1)+(i-k))*gs(j);
            else
                Xnew(1,i) = Xnew(1,i)+grammh.X((i-k)-(size(grammh.X,2)-1))*gs(j);
                Ynew(1,i) = Ynew(1,i)+grammh.Y((i-k)-(size(grammh.X,2)-1))*gs(j);
            end
            j=j+1;
        end
    end
end
end

```

```

    [grammh_gauss.X]=Xnew;
    [grammh_gauss.Y]=Ynew;
end
save tempfile grammh_gauss -append

% hObject    handle to Gauss (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

function Sigma_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
s=get(hObject,'string');
s=str2num(s);
if s<1 || s>=fix(size(grammh.X,2)/4)
    orio=fix(size(grammh.X,2)/4)-1;
    orio=num2str(orio);
    er=errordlg(['Value of s must be between 1 and ' orio]);
end
save tempfile s -append

% hObject    handle to Sigma (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Sigma as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Sigma as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Sigma_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Sigma (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in Wang_Muller.
function Wang_Muller_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
for i=2:size(grammh_gauss.X,2)-1
    dx(i-1)=grammh_gauss.X(i)-grammh_gauss.X(i-1);
    dy(i-1)=grammh_gauss.Y(i)-grammh_gauss.Y(i-1);
    % ypologismos ths dieythynshs gia kathe zeygos shmeiwn
    if dx(i-1)>0 && dy(i-1)>0
        dieyth(i-1) = 200/pi()* (atan(abs(dx(i-1))/abs(dy(i-1))));
    elseif dx(i-1)>0 && dy(i-1)<0
        dieyth(i-1) = 200-(200/pi()* (atan(abs(dx(i-1))/abs(dy(i-1))));
    elseif dx(i-1)<0 && dy(i-1)<0
        dieyth(i-1) = 200+(200/pi()* (atan(abs(dx(i-1))/abs(dy(i-1))));
    elseif dx(i-1)<0 && dy(i-1)>0
        dieyth(i-1) = 400-(200/pi()* (atan(abs(dx(i-1))/abs(dy(i-1))));
    elseif dx(i-1)==0 && dy(i-1)>=0
        dieyth(i-1)=0;
    elseif dx(i-1)==0 && dy(i-1)<0
        dieyth(i-1)=200;
    elseif dy(i-1)==0 && dx(i-1)>0
        dieyth(i-1)=100;
    elseif dy(i-1)==0 && dx(i-1)<0
        dieyth(i-1)=300;
    end
end

% ypologismos ths gwnias dieythynshs kathe shmeioy
for i=1:size(grammh_gauss.X,2)-3
    gwnia(i) = dieyth(i+1)-dieyth(i);
end

for i=1:size(gwnia,2)
    if gwnia(i)>350

```

```

        gwnia(i)=gwnia(i)-400;
    elseif gwnia(i)<-350
        gwnia(i)=400+gwnia(i);
    end
end

%euresh inflection points (shmeia allaghs prosh mou)
inflection=zeros;
j=0;
for i=1:size(gwnia,2)-1
    if (gwnia(i)>0 && gwnia(i+1)<0)
        j=j+1;
        inflection(j)=i;
    elseif (gwnia(i)<0 && gwnia(i+1)>0)
        j=j+1;
        inflection(j)=i+1;
    end
end
mia_kamph=0;
if inflection==0
    inflection(1)=1;
    inflection(2)=size(gwnia,2);
    mia_kamph=1;
end
%euresh peaks anamesa se inflection points

%arxh ews prwto
if mia_kamph==0
    [peakh,kor]=findpeaks(gwnia(1,1:inflection(1,1)));
    %an einai arnhtikes oi times to kanw mirror gia na findpeaks
    if isempty(peakh)
        gwnia_mirror=zeros;
        for i=1:inflection(1,1)
            gwnia_mirror(i)=-gwnia(i);
        end
        [peakh,kor]=findpeaks(gwnia_mirror);
        if isempty(peakh)
            [peakheight,k]=max(abs(gwnia_mirror));
            koryfh=k;
        else
            [peakheight,k]=max(peakh);
            koryfh=kor(k);
        end
    elseif peakh<0
        gwnia_mirror=zeros;
        for i=1:inflection(1,1)
            gwnia_mirror(i)=-gwnia(i);
        end
        [peakh,kor]=findpeaks(gwnia_mirror);
        [peakheight,k]=max(peakh);
        koryfh=kor(k);
    else
        [peakheight,k]=max(peakh);
        koryfh=kor(k);
    end
end
%endiamesa
for i=1:size(inflection,2)-1
    [peakh,kor]=findpeaks(gwnia(1,inflection(1,i):inflection(1,i+1)));
    if isempty(peakh)
        gwnia_mirror=zeros;
        for j=inflection(1,i):inflection(1,i+1)
            gwnia_mirror(j)=-gwnia(j);
        end
        [peakh,kor]=findpeaks(gwnia_mirror);
        if isempty(peakh)
            [peakheight(i+1),k]=max(abs(gwnia_mirror));
            koryfh(i+1)=k;
        else
            [peakheight(i+1),k]=max(peakh);
            koryfh(i+1)=kor(k);
        end
    elseif peakh<0
        gwnia_mirror=zeros;
        for j=inflection(1,i):inflection(1,i+1)
            gwnia_mirror(j)=-gwnia(j);
        end
    end
end

```

```

end
[peakh, kor]=findpeaks (gwnia_mirror);
if isempty(peakh)
    [peakheight (i+1), k]=max (gwnia_mirror);
    koryfh(i+1)=k;
else
    [peakheight (i+1), k]=max(peakh);
    koryfh(i+1)=kor(k);
end
else
    [peakheight (i+1), k]=max(peakh);
    koryfh(i+1)=kor(k)+inflection(1, i)-1;
end
end
end

if mia_kamph==1
    koryfh=max(koryfh);
end
%teleytaio ews telos
if mia_kamph==0
    [peakh, kor]=findpeaks (gwnia(1, inflection(1, size(inflection, 2)):size(gwnia, 2)));
    %an einai arnhtikes oi times to kanw mirror gia na findpeaks
    if isempty(peakh)
        gwnia_mirror=zeros;
        for j=inflection(1, size(inflection, 2)):size(gwnia, 2)
            gwnia_mirror(j)=-gwnia(j);
        end
        [peakh, kor]=findpeaks (gwnia_mirror);
        if isempty(peakh)
            [peakheight (size(peakheight, 2)+1), k]=max(abs (gwnia_mirror));
            koryfh(size(koryfh, 2)+1)=k;
        else
            [peakheight (size(peakheight, 2)+1), k]=max(peakh);
            koryfh(size(koryfh, 2)+1)=kor(k);
        end
    elseif peakh<0
        gwnia_mirror=zeros;
        for j=inflection(1, size(inflection, 2)):size(gwnia, 2)
            gwnia_mirror(j)=-gwnia(j);
        end
        [peakh, kor]=findpeaks (gwnia_mirror);
        if isempty(peakh)
            [peakheight (size(peakheight, 2)+1), k]=max(gwnia_mirror);
            koryfh(size(koryfh, 2)+1)=k;
        else
            [peakheight (size(peakheight, 2)+1), k]=max(peakh);
            koryfh(size(koryfh, 2)+1)=kor(k);
        end
    else
        [peakheight (size(peakheight, 2)+1), k]=max(peakh);
        koryfh(size(koryfh, 2)+1)=kor(k)+inflection(1, size(inflection, 2))-1;
    end
end
%oi koryfes kai ta intersection einai i+1 se antistoixia me th
%grammh!!

%euresh area kampwn
if mia_kamph==0

embadon(1)=polyarea(grammh_gauss.X(1, 1:inflection(1)), grammh_gauss.Y(1, 1:inflection(1)
));
    for i=1:size(inflection, 2)-1

embadon(i+1)=polyarea(grammh_gauss.X(1, inflection(i):inflection(i+1)), grammh_gauss.Y(1
, inflection(i):inflection(i+1)));
        end

embadon(size(embadon, 2)+1)=polyarea(grammh_gauss.X(1, (inflection(size(inflection, 2))):
(size(grammh_gauss.X, 2)-
1)), grammh_gauss.Y(1, (inflection(size(inflection, 2))):(size(grammh_gauss.X, 2)-1)));
    else

embadon(1)=polyarea(grammh_gauss.X(1, inflection(i):inflection(i+1)), grammh_gauss.Y(1, i
nflection(i):inflection(i+1)));
    end

% ypologismos deikth shmantikothtas kampwn

```



```

for i=1:size(embadon,2)
    deikths(i)=embadon(i)*size(koryfh,2)/sum(embadon);
end

% apokleismos tw'n mh shmantikwn koryfwn symfwna me to deikth
j=0;
for i=1:size(koryfh,2)
    if (deikths(1,i))>0.21
        j=j+1;
        koryfes_tel(1,j)=koryfh(1,i);
        deikths_tel(1,j)=deikths(1,i);
        if i-1==0
            koryfes_tel(2,j)=1;
        else
            koryfes_tel(2,j)=inflection(1,i-1)+1;
        end
        if i>size(inflection,2)
            koryfes_tel(3,j)=size(grammh_gauss.X,2)-1;
        else
            koryfes_tel(3,j)=inflection(1,i)+1;
        end
    end
end

% euresh telikwn inflection points meta ton apokleismo tw'n mh shmantikwn
% kampwn
inflection_tel(1)=1;
if size(koryfes_tel)>1
    for i=1:size(koryfes_tel,2)-1
        if koryfes_tel(3,i)==koryfes_tel(2,i+1)
            inflection_tel(i+1)=koryfes_tel(3,i)+1;
        else
            mhkos=zeros;
            for j=koryfes_tel(3,i):koryfes_tel(2,i+1)-1
                mhkos(j)=sqrt((grammh_gauss.X(j)-
grammh_gauss.X(j+1))^2+(grammh_gauss.X(j)-grammh_gauss.X(j+1))^2) ;
            end
            mhkos_sum=0;
            j=koryfes_tel(3,i);
            while mhkos_sum<(sum(mhkos)/2)
                mhkos_sum=mhkos_sum+mhkos(j);
                j=j+1;
            end
            inflection_tel(i+1)=j+1;
        end
    end
end

sz=size(inflection_tel,2);
inflection_tel(sz+1)=size(grammh_gauss.X,2)-1;

%euresh foras kampwn
for i=1:size(koryfes_tel,2)
    if gwnia(koryfes_tel(1,i))>0
        fora(1,i)=1;
    else
        fora(1,i)=-1;
    end
end

end

% eksagwgh tw'n telikwn kampwn (inflection points, deikths kai fora)
critical_points=koryfes_tel(1,:)+1;
critical_points(2,:)=inflection_tel(1,1:size(inflection_tel,2)-1);
critical_points(3,:)=inflection_tel(1,2:size(inflection_tel,2));
critical_points(4,:)=deikths_tel(1,:);
critical_points(5,:)=fora(1,:);

save tempfile critical_points -append
% hObject    handle to Wang_Muller (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function Apaleifi_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile

```

```

% o xrhsths dinei to plthtos tw n koryfwn pou epithyme na afairesei(h timh
% mporei na einai kai mhdenikh)
Nelim=get(hObject,'string');
Nelim=str2num(Nelim);
if Nelim<0 || Nelim>=size(critical_points,2)
    er=num2str(size(critical_points,2));
    errordlg(['Value be between 0 and ' er])
end
save tempfile Nelim -append
% hObject    handle to Apaleifi (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Apaleifi as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Apaleifi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Apaleifi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Apaleifi (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in Balloon_omop.
function Balloon_omop_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
data=critical_points;

infl=[data(2,:),data(3,size(data,2))];

% diathrhsh tw n kampwn ekeinwn gia tis opoies threitai h synthhkh symfwna
% me thn opoia oi kampylohtes dyo synexomenwn kampwn prepei na einai
% eteroshmes. Ksekinaei apo thn kamph me thn megisth kamphlohta kai
% briskei deksia kai aristera tis tis kampes ekeines pou tautoxrona exoun
% thn megalyterh kampylohta alla kai to katallhlo proshmo kampylohtas.

%euresh kampws me th megisth kampylohta
[m,n]=max(data(4,:));

%apothkeush ths theshs ths se pinaka
diat(1,1)=n;

%euresh kampwn oi opoies einai dynaton na diathrhthoun, ksekinontas apo thn
%kamph me th megisth kampylohta kai psaxnontas tis kampes prin apo authn
j=1;
for i=n-1:-1:1
    if data(5,i)~=data(5,i+1)
        j=j+1;
        diat(1,j)=i;
    elseif data(5,i)==data(5,i+1) && data(4,i)>data(4,diat(1,j))
        diat(1,j)=i;
    end
end

%euresh kampwn oi opoies einai dynaton na diathrhthoun, ksekinontas apo thn
%kamph me th megisth kampylohta kai psaxnontas tis kampes meta apo authn

for i=n+1:size(data,2)
    if data(5,i)~=data(5,i-1)
        j=j+1;
        diat(1,j)=i;
    elseif data(5,i)==data(5,i-1) && data(4,i)>data(4,diat(1,j))
        diat(1,j)=i;
    end
end

%oi theseis tw n kampwn oi opoies diathrountai mpainoun se auksousa seira,
%dhl sth seira me thn opoia emfanizontai sthn arxikh kampylh

```

```

diat=sort(diat);

%kataskeuazetai o neos pinakas syntetagmenwn inflection points, megethous
%kampwn kai kamyplothtwn (o pinakas periexei tis kampes oi opoies einai
%dynaton na diathrhthoun prin kan o xrhsths zhthsei thn meiwsh tou arithmou
%twn kampwn)
datanew=data(:,diat);

%an Nelim einai perittos tote apaloifetai h mikroterh akrianh kampi kai
%epeita zeygaria plhthous (Nelim-1)/2
%an Nelim einai artios tote apaloifontai zeygaria diadoxikwn kampwn, ena
%apo ta opoia mporei na einai kai to zeygari prwth-teleutaia

%an Nelim perittos
if mod(Nelim,2)==1
    min_akr=min([datanew(4,1) datanew(4,size(datanew,2))]);
    if min_akr==datanew(4,1)
        diagr_akr=1;
    else
        diagr_akr=size(datanew,2);
    end
    datanew(:,diagr_akr)=[];
    diat(:,diagr_akr)=[];
    Nelim=Nelim-1;
end

%o Nelim einai pleon artios kai prepei na afairethoun zeygaria diadoxikwn
%kampwn plhthous Nelim/2
i=0;
while i<Nelim/2
    [m,n]=min(datanew(4,:));
    if n~=1 && n~=size(datanew,2)
        if datanew(4,n-1)<datanew(4,n+1)
            o=n-1;
        else
            o=n+1;
        end
    elseif n~=1
        if datanew(4,n-1)<datanew(4,1)
            o=n-1;
        else
            o=1;
        end
    elseif n==size(datanew,2)
        if datanew(4,n+1)<datanew(4,size(datanew,2))
            o=n+1;
        else
            o=size(datanew,2);
        end
    end
    if o==1 && n==size(datanew,2)
        datanew(:,n)=[]
        diat(:,n)=[]
        datanew(:,o)=[]
        diat(:,o)=[]
    elseif n==1 && o==size(datanew,2)
        datanew(:,o)=[]
        diat(:,o)=[]
        datanew(:,n)=[]
        diat(:,n)=[]
    elseif o<n
        datanew(:,o:n)=[]
        diat(:,o:n)=[]
    else
        datanew(:,n:o)=[]
        diat(:,n:o)=[]
    end
    i=i+1;
end
critical_points_new=datanew;
%euresh tou mhkous anamesa sta arxika inflection points kathe kampis
for i=1:size(datanew,2)
    vashnew(i)= sqrt((grammh_gauss.X(data(2,i))-
grammh_gauss.X(data(3,i)))^2+(grammh_gauss.Y(data(2,i))-grammh_gauss.Y(data(3,i)))^2);
end

```

```

for i=1:size(datanew,2)
    mid_vash(i)= sqrt((grammh.X(1,fix(median([fix(datanew(3,i)-
datanew(2,i))/2+datanew(2,i) datanew(2,i)])))-grammh.X(1,fix(median([fix(datanew(3,i)-
datanew(2,i))/2+datanew(2,i)
datanew(3,i)])))))^2+(grammh.Y(1,fix(median([fix(datanew(3,i)-
datanew(2,i))/2+datanew(2,i) datanew(2,i)])))-grammh.Y(1,fix(median([fix(datanew(3,i)-
datanew(2,i))/2+datanew(2,i) datanew(3,i)])))))^2);
end

%se kathe kamph h opoia diathreita efarmozetai enas algorithmos. Ean diathrountai oi
kampes ekaterothen ths eksetazomenhs
%tote se authn efarmozetai baloon, alliws h kamph anoigei (accordion) toso
%wste na kalypsei to keno pou dhmiourgeitai apo tis kampes pou apaloifontai.
for k=1:size(datanew,2)
    %efarmozetai ballon stis ekseis periptwseis: 1) ean to arxiko plthos
    %twn kampn einai 1, 2) ean h kamph einai h prwth kai
    %diathreita h epomenh ths, 3) ean h kamph einai h teleutaia kai
    %diathreita h prohgomene ths, 4) ean h kamph den einai oute prwth
    %oute teleutaia kai diathrountai oi ekaterothen kampes
    if size(data,2)==1 || (size(datanew,2)~=1 && (diat(k)==1 && diat(k+1)-diat(k)==1))
    || (k==size(datanew,2) && diat(k)==size(data,2) && size(datanew,2)~=1 && diat(k)-
diat(k-1)==1) || (k~=1 && k~=size(datanew,2) && (diat(1,k+1)-diat(1,k-1)==2))
        %dinetai to mhkos tou anogramatos pou tha efarmostei mesw tou ballon
        infl_factor(k)=abs(vashnew(k)-mid_vash(k));
        %ypologizetai h apostash kathe shmeiou apo to kontinotero
        %inflection point apo thn arxh pros to kentro
        s(datanew(2,k))=0;
        for i=datanew(2,k)+1:datanew(1,k)-1
            s(i)=s(i-1)+sqrt((grammh_gauss.X(i)-
grammh_gauss.X(i+1))^2+(grammh_gauss.Y(i)-grammh_gauss.Y(i+1))^2);
        end

        %ypologizetai h apostash kathe shmeiou apo to kontinotero
        %inflection point apo to telos pros to kentro
        s(datanew(3,k))=0;
        for i=(datanew(3,k)-1):-1:datanew(1,k)
            s(i)=s(i+1)+sqrt((grammh_gauss.X(i)-
grammh_gauss.X(i+1))^2+(grammh_gauss.Y(i)-grammh_gauss.Y(i+1))^2);
        end

        %ypologizetai to synoliko epikapmylio mhkos apo kath inflection
        %point mexri thn koryfh ths ekastote kamphs
        sv_prin(datanew(2,k):datanew(1,k)-1)=s(1,datanew(1,k)-1);
        sv_meta(datanew(1,k):datanew(3,k))=s(1,datanew(1,k));

        %ypologizontai oi dieythynseis katheta stis opoies tha metatopistei to
        %kathe shmeio (kathe shmeio metatopizetai katheta sth deythynsh pou
        %ypologizetai apo tis syntetagmenes tou prohgomeneou kai toy
        %epomenou shmeiou, ginetai dhladh prospatheia na proseggistei h dieythynsh ths
        %efaptomenhs sto shmeio pou eksetazetai)

        %to prwto shmeio den metatopizetai opote h katheth pros th
        %metatophsh dieythynsh mporei na thewrhthei mhdenikh
        kath_dieyth(datanew(2,k))=0;
        for i=datanew(2,k)+1:datanew(3,k)-1
            dx(i)=grammh_gauss.X(i+1)-grammh_gauss.X(i-1);
            dy(i)=grammh_gauss.Y(i+1)-grammh_gauss.Y(i-1);

            if dx(i)>0 && dy(i)>0
                kath_dieyth(i) = 200/pi()* (atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
            elseif dx(i)>0 && dy(i)<0
                kath_dieyth(i) = 200-(200/pi()* (atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
            elseif dx(i)<0 && dy(i)<0
                kath_dieyth(i) = 200+(200/pi()* (atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
            elseif dx(i)<0 && dy(i)>0
                kath_dieyth(i) = 400-(200/pi()* (atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
            elseif dx(i)==0 && dy(i)>=0
                kath_dieyth(i)=0;
            elseif dx(i)==0 && dy(i)<0
                kath_dieyth(i)=200;
            elseif dy(i)==0 && dx(i)>0
                kath_dieyth(i)=100;
            elseif dy(i)==0 && dx(i)<0
                kath_dieyth(i)=300;
            end
        end
    end
end

```

```

sz=datanew(3,k)-1;

%to teleutaio shmeio den metatopizetai opote h katheth pros th
%metatophsh dieuthynsh mporei na thewrhthei mhdenikh
kath_dieyth(sz+1)=0;

%apo tis kathetes dieuthynseis ypologizontai oi dieuthynseis pros
%tis opoies metatopizontai ta shmeia
dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=kath_dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))+100;

%afairountai ta epibleon 400aria
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    while dieyth(i)>400
        dieyth(i)=dieyth(i)-400;
    end
    while dieyth(i)<0
        dieyth(i)=dieyth(i)+400;
    end
end

%ginetai h metatroph apo grad se rad
dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))*(pi()/200);

for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    u(i)=abs(sin(dieyth(i)));
    v(i)=abs(cos(dieyth(i)));
end

%analoga me th dieytynsh metatopishs, ephreazetai kai to proshmo
%tou dx kai dy. opote ypologizontai ek tw n proterwn ta proshma auta
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    if dieyth(i)>=0 && dieyth(i)<pi()/2
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=1;
    elseif dieyth(i)>=pi()/2 && dieyth(i)<pi()
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=-1;
    elseif dieyth(i)>=pi() && dieyth(i)<3*pi()/2
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=-1;
    else
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=1;
    end
end

%ypologizontai oi telikes - metatopismenes syntetagmenes kathe
%shmeiou
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    if i<datanew(1,k)
        sv(i)=sv_prin(i);
    else
        sv(i)=sv_meta(i);
    end
    Xnew_baloon(i)=
grammh_gauss.X(1,i)+infl_factor(k)*sensex(i)*u(i)*(s(i)/sv(i));
    Ynew_baloon(i)=
grammh_gauss.Y(1,i)+infl_factor(k)*sensey(i)*v(i)*(s(i)/sv(i));
end

% ean einai tetoios o syndyasmos gewmetrias ths grammhs kai foras
% pshfiopoihsis o ballon mporei anti na megalwsei thn kamph, na
% th mikrynei. Opote me thn parakatw synthhkh entopizontai oi
% periptwseis autes kai orizetai ws fora metatheshs h antitheth apo
% auth pou eixe ypologistei prin kai o baloon efarmozetai ksana
dist_arx=0;
dist_new=0;
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)-1
    dist_arx=dist_arx+sqrt((grammh_gauss.X(1,i)-
grammh_gauss.X(1,i+1))^2+(grammh_gauss.Y(1,i)-grammh_gauss.Y(1,i+1))^2);
    dist_new=dist_new+sqrt(((Xnew_baloon(1,i)-
Xnew_baloon(1,i+1))^2+(Ynew_baloon(1,i)-Ynew_baloon(1,i+1))^2);
end
    if sum(polyxpoly([grammh_gauss.X(1,datanew(2,k))
grammh_gauss.X(1,datanew(3,k))],[grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k))
grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k))],[grammh_gauss.X(1,datanew(1,k))

```

```

Xnew_baloon(1,datanew(1,k)), [grammh_gauss.Y(1,datanew(1,k))
Ynew_baloon(1,datanew(1,k))] )~0 ||
sum(polyxpoly(Xnew_baloon(1,datanew(2,k):datanew(1,k)),Ynew_baloon(1,datanew(2,k):data
new(1,k)),Xnew_baloon(1,datanew(1,k)+1:datanew(3,k)),Ynew_baloon(1,datanew(1,k)+1:data
new(3,k)))~0 || sum(polyxpoly([grammh_gauss.X(1,datanew(1,k))
median([grammh_gauss.X(1,datanew(2,k)),grammh_gauss.X(1,datanew(3,k))])), [grammh_gauss
.Y(1,datanew(1,k))
median([grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k)),grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k))])),Xnew_baloon(1
,datanew(2,k):datanew(3,k)),Ynew_baloon(1,datanew(2,k):datanew(3,k)))~0

dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=kath_dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))+300;

    for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
        while dieyth(i)>400
            dieyth(i)=dieyth(i)-400;
        end
        while dieyth(i)<0
            dieyth(i)=dieyth(i)+400;
        end
    end

dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))*(pi()/200);

    for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
        u(i)=abs(sin(dieyth(i)));
        v(i)=abs(cos(dieyth(i)));
    end

    for i=datanew(2,k):datanew(3,k);
        if dieyth(i)>=0 && dieyth(i)<pi()/2
            sensex(i)=1;
            sensey(i)=1;
        elseif dieyth(i)>=pi()/2 && dieyth(i)<pi()
            sensex(i)=1;
            sensey(i)=-1;
        elseif dieyth(i)>=pi() && dieyth(i)<3*pi()/2
            sensex(i)=-1;
            sensey(i)=-1;
        else
            sensex(i)=-1;
            sensey(i)=1;
        end
    end

    for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
        if i<datanew(1,k)
            sv(i)=sv_prin(i);
        else
            sv(i)=sv_meta(i);
        end
        Xnew_baloon(i)=
grammh_gauss.X(1,i)+infl_factor(k)*sensex(i)*u(i)*(s(i)/sv(i));
        Ynew_baloon(i)=
grammh_gauss.Y(1,i)+infl_factor(k)*sensey(i)*v(i)*(s(i)/sv(i));
    end

end

% efarmozetai omoparallhlos metasxhmatismos wste na taytistei h
% koryfh ths metasxhmatismenhs kamphs me thn antistoiXH ths arxikhhs
kory_arxikh(k)=grammh.X(1,datanew(1,k));
kory_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(1,k));
kory_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(1,k));
arxhx_arxikh(k)=grammh.X(1,datanew(2,k));
arxhy_arxikh(k)=grammh.Y(1,datanew(2,k));
arxhx_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(2,k));
arxhy_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(2,k));
telosx_arxikh(k)=grammh.X(1,datanew(3,k));
telosy_arxikh(k)=grammh.Y(1,datanew(3,k));
telosx_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(3,k));
telosy_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(3,k));
A(k)=- (arxhy_baloon(k)*kory_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosy_baloon(k) +
kory_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosy_baloon(k)) / (arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -

```

```

arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    B(k)=(arxhx_baloon(k)*korx_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*korx_baloon(k) -
arxhx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
korx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
korx_arxikh(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    C(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
arxhx_baloon(k)*korx_arxikh(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) +
arxhy_baloon(k)*korx_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
arxhx_arxikh(k)*korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
arxhx_arxikh(k)*kory_baloon(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    D(k)=(arxhy_baloon(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosy_baloon(k) +
kory_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosy_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    E(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*korx_baloon(k) -
arxhx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
korx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    F(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
arxhx_baloon(k)*kory_arxikh(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) +
arxhy_baloon(k)*kory_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
arxhy_arxikh(k)*korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_arxikh(k)*kory_baloon(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
    for j=datanew(2,k):datanew(3,k)
        Xnew(1,j)=A(k)*Xnew_baloon(1,j)+B(k)*Ynew_baloon(1,j)+C(k);
        Ynew(1,j)=D(k)*Xnew_baloon(1,j)+E(k)*Ynew_baloon(1,j)+F(k);
    end

%efarmozetai accordion stis ekseis periptwseis: 1) ean to teliko plthtos
%tw'n kampn einai 1, enw to arxiko htan megalytero tou 1, 2) ean h kamp'h
%einai h prwth sth seira kai den
%diathreitai h epomenh ths, 3) ean h kamp'h einai h teleutaia kai den
%diathreitai h prohgomeneh ths, 4) ean h kamp'h den einai oute prwth
%oute teleutaia kai den diathreitai mia apo tis ekaterothen kampes oi
%kai oi dyo ekaterothen kampes, 5) ean einai h prwth kamp'h poy
%diathreitai alla oxi kai h prwth ths arxikhs kampylhs
elseif (size(datanew,2)==1 && size(data,2)~=1) || (k==1 && diat(k+1)-diat(k)~=1)
|| (k==size(datanew,2) && diat(k)-diat(k-1)~=1) || (k~=1 && k~=size(datanew,2) &&
(diat(1,k+1)-diat(1,k-1)~=2)) || (k==1 && diat(k)~=1) || (k==size(datanew,2) &&
diat(k)~=size(data,2))

infl_factor(k)=0
%ypologizontai ta dx kai dy metaksy tw'n new'n inflection points
%kathe diathroumenhs kamp'h wste na ypologistei h gwnia dieythnshs
%ths neas vashs gia kathe diathroumenh kamp'h

%ean diathreitai mia mono kamp'h
if size(datanew,2)==1
    x_prin(k)=grammh_gauss.X(1,1);
    y_prin(k)=grammh_gauss.Y(1,1);
    x_meta(k)=grammh_gauss.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
    y_meta(k)=grammh_gauss.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
    x_prin_arx(k)=grammh.X(1,1);
    y_prin_arx(k)=grammh.Y(1,1);
    x_meta_arx(k)=grammh.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
    y_meta_arx(k)=grammh.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
    dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
    dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

```

```

%ean prokeitai gia thn prwth kamph h opoia
% diathreitai, h opoia omws den einai ths arxikhs kampylhs,
% kai epishs den diathreitai h prohgomenh alla diathreitai h
% epomenh
elseif k==1 && diat(k)~=1 && datanew(3,k)==datanew(2,k+1)
x_prin(k)=grammh_gauss.X(1,1);
y_prin(k)=grammh_gauss.Y(1,1);
x_meta(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k));
y_meta(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k));
x_prin_arx(k)=grammh.X(1,1);
y_prin_arx(k)=grammh.Y(1,1);
x_meta_arx(k)=grammh.X(1,datanew(3,k));
y_meta_arx(k)=grammh.Y(1,datanew(3,k));
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

%ean prokeitai gia thn teleytaia kamph h opoia
% diathreitai, h opoia omws den einai h teleytaia ths arxikhs kampylhs,
% kai epishs den diathreitai h epomenh alla diathreitai h
% prohgomenh
elseif k==size(datanew,2) && diat(k)~=size(data,2) &&
datanew(2,k)==datanew(3,k-1)
x_prin(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k-1));
y_prin(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k-1));
x_meta(k)=grammh_gauss.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
y_meta(k)=grammh_gauss.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
x_prin_arx(k)=grammh.X(1,datanew(3,k-1));
y_prin_arx(k)=grammh.Y(1,datanew(3,k-1));
x_meta_arx(k)=grammh.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
y_meta_arx(k)=grammh.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

%ean prokeitai gia thn teleytaia kamph h opoia
% diathreitai, h opoia omws den einai h teleytaia ths arxikhs kampylhs,
% kai epishs den diathreitai h epomenh oute h prohgomenh
elseif k==size(datanew,2) && diat(k)~=size(data,2) &&
datanew(2,k)~=datanew(3,k-1)
x_prin(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta(k)=grammh_gauss.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
y_meta(k)=grammh_gauss.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
x_prin_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta_arx(k)=grammh.X(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
y_meta_arx(k)=grammh.Y(1,size(grammh_gauss.X,2)-1);
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

%ean prokeitai gia thn prwth kamph h opoia
% diathreitai, h opoia omws den einai h prwth ths arxikhs kampylhs,
% kai epishs den diathreitai h epomenh oute h prohgomenh
elseif k==1 && diat(k)~=1 && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1)
x_prin(k)=grammh_gauss.X(1,1);
y_prin(k)=grammh_gauss.Y(1,1);

x_meta(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k+1))]);
x_prin_arx(k)=grammh.X(1,1);
y_prin_arx(k)=grammh.Y(1,1);

x_meta_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k)),grammh.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k)),grammh.Y(1,datanew(2,k+1))]);
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);
% ean h sygkekrimenh kamph einai h prwth ths kampylhs kai h epomenh
% h' oi epomenes den diathrountai h' ean h sygkekrimenh kamph einai
%endiamesh kai h epomenh h' oi epomenes den diathrountai, enw h
%prohgomenh diathreitai
elseif k==1 || (datanew(2,k)==datanew(3,k-1) && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1))

```



```

x_prin(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k));
y_prin(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k));

x_meta(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k+1))]);
x_prin_arx(k)=grammh.X(1,datanew(2,k));
y_prin_arx(k)=grammh.Y(1,datanew(2,k));

x_meta_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k)),grammh.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k)),grammh.Y(1,datanew(2,k+1))]);
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);
% ean h sygkekrimenh kamph einai h teleutaia ths kampylhs kai h
% prohgomenh h' oi prohgomenes den diathrountai h' ean h sygkekrimenh
kamph einai
%endiamesh kai h prohgomenh h' oi prohgomenes den diathrountai, enw h
%epomenh diathreitai
elseif k==size(datanew,2) || datanew(2,k)~=datanew(3,k-1) &&
datanew(3,k)==datanew(2,k+1)
x_prin(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k));
y_meta(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k));
x_prin_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta_arx(k)=grammh.X(1,datanew(3,k));
y_meta_arx(k)=grammh.Y(1,datanew(3,k));
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

%ean h sygkekrimenh kamph einai endiamesh kai h epomenh/es kathws kai
%h prohgomenh/es den diathrountai
elseif (datanew(2,k)~=datanew(3,k-1) && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1))
x_prin(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k)),grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k+1))]);
x_prin_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k-
1)),grammh.X(1,datanew(2,k))]);
y_prin_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k-
1)),grammh.Y(1,datanew(2,k))]);
x_meta_arx(k)=median([grammh.X(1,datanew(3,k)),grammh.X(1,datanew(2,k+1))]);
y_meta_arx(k)=median([grammh.Y(1,datanew(3,k)),grammh.Y(1,datanew(2,k+1))]);
dx_gr_str(k)=x_meta(k)-x_prin(k);
dy_gr_str(k)=y_meta(k)-y_prin(k);

end

%euresh ths gwnias dieythynshs ths neas vashs gia kathe kamph
if dx_gr_str(k)>0 && dy_gr_str(k)>0
gwn_str(k) = 200/pi()* (atan(abs(dx_gr_str(k))/abs(dy_gr_str(k))));
elseif dx_gr_str(k)>0 && dy_gr_str(k)<0
gwn_str(k) = 200-(200/pi()* (atan(abs(dx_gr_str(k))/abs(dy_gr_str(k))));
elseif dx_gr_str(k)<0 && dy_gr_str(k)<0
gwn_str(k) = 200+(200/pi()* (atan(abs(dx_gr_str(k))/abs(dy_gr_str(k))));
elseif dx_gr_str(k)<0 && dy_gr_str(k)>0
gwn_str(k) = 400-(200/pi()* (atan(abs(dx_gr_str(k))/abs(dy_gr_str(k))));
elseif dx_gr_str(k)==0 && dy_gr_str(k)>=0
gwn_str(k)=0;
elseif dx_gr_str(k)==0 && dy_gr_str(k)<0
gwn_str(k)=200;
elseif dy_gr_str(k)==0 && dx_gr_str(k)>0
gwn_str(k)=100;
elseif dy_gr_str(k)==0 && dx_gr_str(k)<0
gwn_str(k)=300;

```

```

end

while gwn_str(k)>400
    gwn_str(k)=gwn_str(k)-400;
end
while gwn_str(k)<0
    gwn_str(k)=gwn_str(k)+400;
end

%ευρεση τῆς γωνίας dieythynshs τῆς ἀρχικῆς vashs τῆς kamphs, dh1
%τῆς γωνίας dieythynshs pou dhmiourgeitai apo ta arxika inflection
%points
dx_gr(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k))-grammh_gauss.X(1,datanew(2,k));
dy_gr(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k))-grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k));
if dx_gr(k)>0 && dy_gr(k)>0
    gwn(k) = 200/pi()*atan(abs(dx_gr(k))/abs(dy_gr(k)));
elseif dx_gr(k)>0 && dy_gr(k)<0
    gwn(k) = 200-(200/pi()*atan(abs(dx_gr(k))/abs(dy_gr(k))));
elseif dx_gr(k)<0 && dy_gr(k)<0
    gwn(k) = 200+(200/pi()*atan(abs(dx_gr(k))/abs(dy_gr(k))));
elseif dx_gr(k)<0 && dy_gr(k)>0
    gwn(k) = 400-(200/pi()*atan(abs(dx_gr(k))/abs(dy_gr(k))));
elseif dx_gr(k)==0 && dy_gr(k)>=0
    gwn(k)=0;
elseif dx_gr(k)==0 && dy_gr(k)<0
    gwn(k)=200;
elseif dy_gr(k)==0 && dx_gr(k)>0
    gwn(k)=100;
elseif dy_gr(k)==0 && dx_gr(k)<0
    gwn(k)=300;
end

while gwn(k)>400
    gwn(k)=gwn(k)-400;
end
while gwn(k)<0
    gwn(k)=gwn(k)+400;
end

%ypologismos τῆς γωνίας strofhs τῆς kamphs, τῆς diaforas anamesa
%sth gwnia strofhs τῆς vashs kai sth gwnia strofhs τῆς neas vashs
gwn_str_v(k)=gwn_str(k);
gwn_str(k)=-gwn_str(k)+gwn(k);

while gwn_str(k)>400
    gwn_str(k)=gwn_str(k)-400;
end
while gwn_str(k)<0
    gwn_str(k)=gwn_str(k)+400;
end

%metatroph apo grad se rad
gwn(k)=gwn(k)*pi()/200;
gwn_str(k)=gwn_str(k)*pi()/200;
gwn_str_v(k)=gwn_str_v(k)*pi()/200;
%strofh kathe kamphs wste h dieythynsh τῆς ἀρχικῆς vashs na
%staytistei me th dieythynsh τῆς neas vashs
if (k~=1 && k~=size(datanew,2) && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1) &&
datanew(2,k)~=datanew(3,k-1)) || (k==1 && size(datanew,2)==1 && datanew(2,k)~=1 &&
datanew(3,k)~=size(grammh_gauss.X,2)-1)

X0(k)=median([grammh_gauss.X(1,datanew(2,k)),grammh_gauss.X(datanew(3,k))]);
Y0(k)=median([grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k)),grammh_gauss.Y(datanew(3,k))]);

Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
X0(k);

Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
Y0(k);

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))-Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))+Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

```

```

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+X0(k);

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+Y0(k);
elseif k~=1 && datanew(2,k)~=datanew(3,k-1) || ((size(datanew,2)==1 &&
size(data,2)~=1) && diat(k)==size(data,2))
    X0(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k));
    Y0(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k));

Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
X0(k);

Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
Y0(k);

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))-Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))+Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+X0(k);

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+Y0(k);
elseif k==1 && diat(k)~=1 && datanew(3,k)==datanew(2,k+1)
    X0(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k));
    Y0(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k));

Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
X0(k);

Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
Y0(k);

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))-Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))+Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+X0(k);

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+Y0(k);
elseif (k~=size(datanew,2) && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1)) ||
((size(datanew,2)==1 && size(data,2)~=1) && diat(k)==1) || (k==size(datanew,2) &&
diat(k)~=size(data,2) && datanew(2,k)==datanew(3,k-1))
    X0(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k));
    Y0(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k));

Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
X0(k);

Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
Y0(k);

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))-Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))+Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+X0(k);

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+Y0(k);
elseif (k~=size(datanew,2) && datanew(3,k)~=datanew(2,k+1)) ||
((size(datanew,2)==1 && size(data,2)~=1) && diat(k)==1)
    X0(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k));
    Y0(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k));

Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
X0(k);

Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))-
Y0(k);

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))-Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

```

```

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*cos(gw
n_str(k))+Xnew_mhd(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))*sin(gwn_str(k));

Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Xnew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+X0(k);

Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))=Ynew_str(1,datanew(2,k):(datanew(3,k)))+Y0(k);
end

% efarmozetai omoparallhlos metasxhmatismos o opoios tha taytisei
% ta krisima shmeia twn metasxhmatismenwn kampwn me ta antistoixa
% sthn arxikh grammh
korex_arxikh(k)=grammh.X(1,datanew(1,k));
kory_arxikh(k)=grammh.Y(1,datanew(1,k));
korex_gauss(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(1,k));
kory_gauss(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(1,k));
arxhx_arxikh(k)=x_prin_arx(k);
arxhy_arxikh(k)=y_prin_arx(k);
arxhx_gauss(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(2,k));
arxhy_gauss(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(2,k));
telosx_arxikh(k)=x_meta_arx(k);
telosy_arxikh(k)=y_meta_arx(k);
telosx_gauss(k)=grammh_gauss.X(1,datanew(3,k));
telosy_gauss(k)=grammh_gauss.Y(1,datanew(3,k));
A(k)=- (arxhy_gauss(k)*korex_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosy_gauss(k) +
kory_gauss(k)*telosx_arxikh(k) -
korex_arxikh(k)*telosy_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
B(k)= (arxhx_gauss(k)*korex_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*korex_gauss(k) -
arxhx_gauss(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosx_gauss(k) +
korex_gauss(k)*telosx_arxikh(k) -
korex_arxikh(k)*telosx_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
C(k)= (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k)*telosx_arxikh(k) -
arxhx_gauss(k)*korex_arxikh(k)*telosy_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k)*telosx_arxikh(k) +
arxhy_gauss(k)*korex_arxikh(k)*telosx_gauss(k) +
arxhx_arxikh(k)*korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
arxhx_arxikh(k)*kory_gauss(k)*telosx_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
D(k)= - (arxhy_gauss(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosy_gauss(k) +
kory_gauss(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosy_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
E(k)= (arxhx_gauss(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*korex_gauss(k) -
arxhx_gauss(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosx_gauss(k) +
korex_gauss(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosx_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
F(k)= (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k)*telosy_arxikh(k) -
arxhx_gauss(k)*kory_arxikh(k)*telosy_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k)*telosy_arxikh(k) +
arxhy_gauss(k)*kory_arxikh(k)*telosx_gauss(k) +
arxhy_arxikh(k)*korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
arxhy_arxikh(k)*kory_gauss(k)*telosx_gauss(k)) / (arxhx_gauss(k)*kory_gauss(k) -
arxhy_gauss(k)*korex_gauss(k) - arxhx_gauss(k)*telosy_gauss(k) +
arxhy_gauss(k)*telosx_gauss(k) + korex_gauss(k)*telosy_gauss(k) -
kory_gauss(k)*telosx_gauss(k));
for j=datanew(2,k):datanew(3,k)
Xnew_omop(1,j)=A(k)*grammh_gauss.X(1,j)+B(k)*grammh_gauss.Y(1,j)+C(k);
Ynew_omop(1,j)=D(k)*grammh_gauss.X(1,j)+E(k)*grammh_gauss.Y(1,j)+F(k);
end
end
end
end

```

```

%dinetai stis kampes apo to accordion to idio onoma me autes apo to baloon
for i=1:k
    if (size(datanew,2)==1 && size(data,2)==1)
        elseif (size(datanew,2)==1 && size(data,2)~=1) || (i==1 && diat(i+1)-diat(i)~=1)
    || (i==size(datanew,2) && diat(i)-diat(i-1)~=1) || (i~=1 && i~=size(datanew,2) &&
    (diat(1,i+1)-diat(1,i-1)~=2)) || (i==1 && diat(i)~=1) || (i==size(datanew,2) &&
    diat(i)~=size(data,2))
        Xnew(1,datanew(2,i):(datanew(3,i)))=Xnew_omop(1,datanew(2,i):(datanew(3,i)));
        Ynew(1,datanew(2,i):(datanew(3,i)))=Ynew_omop(1,datanew(2,i):(datanew(3,i)));
    end
end
o=0;
oo=0;
pp=0;
for i=1:size(Xnew,2)
    if Xnew(1,i)~=0
        o=o+1;
        xnew(1,o)=Xnew(1,i);
        ynew(1,o)=Ynew(1,i);
    end
    if sum(i==datanew(1,:))==1
        oo=oo+1;
        datanewnew(oo)=o;
    elseif sum(i==datanew(2,:))==1 || sum(i==datanew(3,:))==1
        pp=pp+1;
        datanewnewinfl(pp)=o;
    end
end

end

if size(datanew,2)==1
    critical_points_final(1,1)=datanewnew;
    critical_points_final(2,1)=datanewnewinfl(1,1);
    critical_points_final(3,1)=datanewnewinfl(1,2);
else
    for i=1:size(datanewnewinfl,2)
        if i==1
            critical_points_final(2,i)=datanewnewinfl(1,i);
        elseif i==size(datanewnewinfl,2)
            critical_points_final(3,i-1)=datanewnewinfl(1,i);
        else
            critical_points_final(3,i-1)=datanewnewinfl(1,i);
            critical_points_final(2,i)=datanewnewinfl(1,i);
        end
    end
end

end
for i=1:size(datanew,2)
    critical_points_final(1,i)=datanewnew(1,i);
end

[grammh_generalised.X]=xnew;
[grammh_generalised.Y]=ynew;

%kataskeyh pinaka me tis parembaseis pou eginan

%sthlh 1: aukswn arithmos kamphs
for i=1:k
    table(i,1)=i;
end
%sthlh 2: megethos diogkwshs (=0 ean egine mono omoparallhlos)
%sth syggekrimenh sthlh tha mporei na epemvainei o xrhsths gia na efarmozei
%megalyterh diogkwsh
for i=1:k
    table(i,2)=infl_factor(i);
end
Table_omop_bal=uitable('Data',table,'ColumnFormat',{'numeric','numeric'},'ColumnEditable',[false true],'Position',[60 105 278 212],'ColumnName',{'Bend','Inflating'});
Table_new=get(Table_omop_bal,'Data');
figure

save tempfile grammh_generalised Table_new critical_points_final Table_omop_bal -
append
% hObject handle to Balloon_omop (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% --- Executes on button press in Export.
function Export_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% apothhkeysh ths genikeymenhs grammhs se arxeio shapefile
[grammhnew(1:size(grammh_generalised.X)).Geometry] = deal('Line');
[grammhnew.X]=grammh_generalised.X;
[grammhnew.Y]=grammh_generalised.Y;
[grammhnew.Name]=FileName;
shapewrite(grammhnew,['Generalised' FileName]);
% hObject    handle to Export (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in Original.
function Original_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% emfanish ths arxikhs grammhs sto diagramma, ean o xrhsths to epithymei
if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    axes1=plot(grammh.X,grammh.Y,':k');
    hold on;
else
    axes1=plot(grammh.X,grammh.Y,':w');
    hold on;
end
axis image;
% hObject    handle to Original (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Original

% --- Executes on button press in Gauss_1.
function Gauss_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% emfanish ths eksomalysmenhs grammhs sto diagramma, ean o xrhsths to epithymei
if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    axes1=plot(grammh_gauss.X,grammh_gauss.Y,'-.k');
    hold on;
else
    axes1=plot(grammh_gauss.X,grammh_gauss.Y,'-.w');
    hold on;
end
axis image;

% hObject    handle to Gauss_1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Gauss_1

% --- Executes on button press in Generalised.
function Generalised_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% emfanish ths genikeymenhs grammhs sto diagramma, ean o xrhsths to epithymei
if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    axes1=plot(grammh_generalised.X,grammh_generalised.Y,'-k');
    hold on;
else
    axes1=plot(grammh_generalised.X,grammh_generalised.Y,'-w');
    hold on;
end
axis image;
% hObject    handle to Generalised (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Generalised

% -----
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% --- Executes on button press in retransf.
function retransf_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% efarmogh pithanhs epipleon diogkwshs

Table_new=get(Table_omop_bal,'Data');
save tempfile Table_new -append
datanew=critical_points_final;
dataold=critical_points;
for k=1:size(datanew,2)
    infl_factor(k)=Table_new(k,2);
    %ypologizetai h apostash kathe shmeiou apo to kontinotero
    %inflection point apo thn arxh pros to kentro
    s(datanew(2,k))=0;
    for i=datanew(2,k)+1:datanew(1,k)-1
        s(i)=s(i-1)+sqrt((grammh_generalised.X(i)-
grammh_generalised.X(i+1))^2+(grammh_generalised.Y(i)-grammh_generalised.Y(i+1))^2);
    end

    %ypologizetai h apostash kathe shmeiou apo to kontinotero
    %inflection point apo to telos pros to kentro

    s(datanew(3,k))=0;
    for i=(datanew(3,k)-1):-1:datanew(1,k)
        s(i)=s(i+1)+sqrt((grammh_generalised.X(i)-
grammh_generalised.X(i+1))^2+(grammh_generalised.Y(i)-grammh_generalised.Y(i+1))^2);
    end

    %ypologizetai to synoliko epikapmylio mhkos apo kath inflection
    %point mexri thn koryfh ths ekastote kamphs
    sv_prin(datanew(2,k):datanew(1,k)-1)=s(1,datanew(1,k)-1);
    sv_meta(datanew(1,k):datanew(3,k))=s(1,datanew(1,k));

    %ypologizontai oi dieythynseis katheta stis opoies tha metatopistei to
    %kathe shmeio (kathe shmeio metatopizetai katheta sth deythysh pou
    %ypologizetai apo tis syntetagmenes tou prohgomenu kai toy
    %epomenou shmeiou, ginetai dhladh prospatheia na proseggistei h dieythynsh ths
    efaptomenhs sto shmeio pou eksetazetai)

    %to prwto shmeio den metatopizetai opote h katheth pros th
    %metatophsh dieuthynsh mporei na thewrhthei mhdenikh
    kath_dieyth(datanew(2,k))=0;
    for i=datanew(2,k)+1:datanew(3,k)-1
        dx(i)=grammh_generalised.X(i+1)-grammh_generalised.X(i-1);
        dy(i)=grammh_generalised.Y(i+1)-grammh_generalised.Y(i-1);

        if dx(i)>0 && dy(i)>0
            kath_dieyth(i) = 200/pi()*atan(abs(dx(i))/abs(dy(i)));
        elseif dx(i)>0 && dy(i)<0
            kath_dieyth(i) = 200-(200/pi()*atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
        elseif dx(i)<0 && dy(i)<0
            kath_dieyth(i) = 200+(200/pi()*atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
        elseif dx(i)<0 && dy(i)>0
            kath_dieyth(i) = 400-(200/pi()*atan(abs(dx(i))/abs(dy(i))));
        elseif dx(i)==0 && dy(i)>=0
            kath_dieyth(i)=0;
        elseif dx(i)==0 && dy(i)<0
            kath_dieyth(i)=200;
        elseif dy(i)==0 && dx(i)>0
            kath_dieyth(i)=100;
        elseif dy(i)==0 && dx(i)<0
            kath_dieyth(i)=300;
        end
    end
    sz=datanew(3,k)-1;

    %to teleutaio shmeio den metatopizetai opote h katheth pros th
    %metatophsh dieuthynsh mporei na thewrhthei mhdenikh
    kath_dieyth(sz+1)=0;

    %apo tis kathetes dieuthynseis ypologizontai oi dieythynseis pros
    %tis opoies metatopizontai ta shmeia
    dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=kath_dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))+100;

```

```

%afairountai ta epibleon 400aria
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    while dieyth(i)>400
        dieyth(i)=dieyth(i)-400;
    end
    while dieyth(i)<0
        dieyth(i)=dieyth(i)+400;
    end
end

%ginetai h metatroph apo grad se rad
dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))*(pi()/200);

for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    u(i)=abs(sin(dieyth(i)));
    v(i)=abs(cos(dieyth(i)));
end

%analogia me th dieytynsh metatopishs, ephreazetai kai to proshmo
%tou dx kai dy. opote ypologizontai ek tw n proterwn ta proshma auta
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    if dieyth(i)>=0 && dieyth(i)<pi()/2
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=1;
    elseif dieyth(i)>=pi()/2 && dieyth(i)<pi()
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=-1;
    elseif dieyth(i)>=pi() && dieyth(i)<3*pi()/2
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=-1;
    else
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=1;
    end
end

%ypologizontai oi telikes - metatopismenes syntetagmenes kathe
%shmeiou
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    if i<datanew(1,k)
        sv(i)=sv_prin(i);
    else
        sv(i)=sv_meta(i);
    end
    Xnew_baloon(i)=
grammh_generalised.X(1,i)+infl_factor(k)*sensex(i)*u(i)*(s(i)/sv(i));
    Ynew_baloon(i)=
grammh_generalised.Y(1,i)+infl_factor(k)*sensey(i)*v(i)*(s(i)/sv(i));
end

% ean einai tetoios o syndyasmos gewmetrias ths grammhs kai foras
% pshfiopoihsis o ballon mporei anti na megalwsei thn kampylh, na
% thn mikrynei. Opote me thn parakatw synthhkh entopizontai oi
% periptwseis autas kai orizetai ws fora metatheshs h antitheth apo
% auth pou eixe ypologistei prin kai o baloon efarmozetai ksana
dist_arx=0;
dist_new=0;
for i=datanew(2,k):datanew(3,k)-1
    dist_arx=dist_arx+sqrt((grammh_generalised.X(1,i)-
grammh_generalised.X(1,i+1))^2+(grammh_generalised.Y(1,i)-
grammh_generalised.Y(1,i+1))^2);
    dist_new=dist_new+sqrt((Xnew_baloon(1,i)-
Xnew_baloon(1,i+1))^2+(Ynew_baloon(1,i)-Ynew_baloon(1,i+1))^2);
end
if sum(polyxpoly([grammh_generalised.X(1,datanew(2,k))
grammh_generalised.X(1,datanew(3,k))],[grammh_generalised.Y(1,datanew(2,k))
grammh_generalised.Y(1,datanew(3,k))],[grammh_generalised.X(1,datanew(1,k))
Xnew_baloon(1,datanew(1,k))],[grammh_generalised.Y(1,datanew(1,k))
Ynew_baloon(1,datanew(1,k))])~0 ||
sum(polyxpoly(Xnew_baloon(1,datanew(2,k):datanew(1,k)),Ynew_baloon(1,datanew(2,k):data
new(1,k)),Xnew_baloon(1,datanew(1,k)+1:datanew(3,k)),Ynew_baloon(1,datanew(1,k)+1:datanew(3,k)))~0 || sum(polyxpoly([grammh_generalised.X(1,datanew(1,k))
median([grammh_generalised.X(1,datanew(2,k)),grammh_generalised.X(1,datanew(3,k))]))],[grammh_generalised.Y(1,datanew(1,k))
median([grammh_generalised.Y(1,datanew(2,k)),grammh_generalised.Y(1,datanew(3,k))]))],X
new_baloon(1,datanew(2,k):datanew(3,k)),Ynew_baloon(1,datanew(2,k):datanew(3,k)))~0
    dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=kath_dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))+300;

```



```

    for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
        while dieyth(i)>400
            dieyth(i)=dieyth(i)-400;
        end
        while dieyth(i)<0
            dieyth(i)=dieyth(i)+400;
        end
    end
end

dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))=dieyth(datanew(2,k):datanew(3,k))*(pi()/200);

for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    u(i)=abs(sin(dieyth(i)));
    v(i)=abs(cos(dieyth(i)));
end

for i=datanew(2,k):datanew(3,k);
    if dieyth(i)>=0 && dieyth(i)<pi()/2
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=1;
    elseif dieyth(i)>=pi()/2 && dieyth(i)<pi()
        sensex(i)=1;
        sensey(i)=-1;
    elseif dieyth(i)>=pi() && dieyth(i)<3*pi()/2
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=-1;
    else
        sensex(i)=-1;
        sensey(i)=1;
    end
end

for i=datanew(2,k):datanew(3,k)
    if i<datanew(1,k)
        sv(i)=sv_prin(i);
    else
        sv(i)=sv_meta(i);
    end
    Xnew_baloon(i)=
grammh_generalised.X(1,i)+infl_factor(k)*sensex(i)*u(i)*(s(i)/sv(i));
    Ynew_baloon(i)=
grammh_generalised.Y(1,i)+infl_factor(k)*sensey(i)*v(i)*(s(i)/sv(i));
end

end

korx_arxikh(k)=grammh_generalised.X(1,datanew(1,k));
kory_arxikh(k)=grammh_generalised.Y(1,datanew(1,k));
korx_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(1,k));
kory_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(1,k));
arxhx_arxikh(k)=grammh_generalised.X(1,datanew(2,k));
arxhy_arxikh(k)=grammh_generalised.Y(1,datanew(2,k));
arxhx_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(2,k));
arxhy_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(2,k));
telosx_arxikh(k)=grammh_generalised.X(1,datanew(3,k));
telosy_arxikh(k)=grammh_generalised.Y(1,datanew(3,k));
telosx_baloon(k)=Xnew_baloon(1,datanew(3,k));
telosy_baloon(k)=Ynew_baloon(1,datanew(3,k));
A(k)=- (arxhy_baloon(k)*korx_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosy_baloon(k) +
kory_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
korx_arxikh(k)*telosy_baloon(k)) / (arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
B(k)=(arxhx_baloon(k)*korx_arxikh(k) - arxhx_arxikh(k)*korx_baloon(k) -
arxhx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) + arxhx_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
korx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
korx_arxikh(k)*telosx_baloon(k)) / (arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
C(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k)*telosx_arxikh(k) -
arxhx_baloon(k)*korx_arxikh(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k)*telosx_arxikh(k) +

```

```

arxhy_baloon(k)*korx_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
arxhx_arxikh(k)*korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
arxhx_arxikh(k)*kory_baloon(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
D(k)=- (arxhy_baloon(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosy_baloon(k) +
kory_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosy_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
E(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_arxikh(k) - arxhy_arxikh(k)*korx_baloon(k) -
arxhx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) + arxhy_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
korx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
kory_arxikh(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
F(k)=(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k)*telosy_arxikh(k) -
arxhx_baloon(k)*kory_arxikh(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k)*telosy_arxikh(k) +
arxhy_baloon(k)*kory_arxikh(k)*telosx_baloon(k) +
arxhy_arxikh(k)*korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
arxhy_arxikh(k)*kory_baloon(k)*telosx_baloon(k))/(arxhx_baloon(k)*kory_baloon(k) -
arxhy_baloon(k)*korx_baloon(k) - arxhx_baloon(k)*telosy_baloon(k) +
arxhy_baloon(k)*telosx_baloon(k) + korx_baloon(k)*telosy_baloon(k) -
kory_baloon(k)*telosx_baloon(k));
for j=datanew(2,k):datanew(3,k)
    Xnew(1,j)=A(k)*Xnew_baloon(1,j)+B(k)*Ynew_baloon(1,j)+C(k);
    Ynew(1,j)=D(k)*Xnew_baloon(1,j)+E(k)*Ynew_baloon(1,j)+F(k);
end
end
[grammh_generalised.X]=Xnew;
[grammh_generalised.Y]=Ynew;

save tempfile grammh_generalised -append
% hObject handle to retransf (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in Export_Gauss.
function Export_Gauss_Callback(hObject, eventdata, handles)
load tempfile
% apothikeysh ths eksomalysmenhs grammhs se arxeio morfhs shapefile
[grammhnew(1:size(grammh_gauss.X)).Geometry] = deal('Line');
[grammhnew.X]=grammh_gauss.X;
[grammhnew.Y]=grammh_gauss.Y;
[grammhnew.Name]=FileName;
shapewrite(grammhnew,['Gauss' FileName]);
% hObject handle to Export_Gauss (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```