



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

# Χαρτομετρική Ανάλυση Ιστορικών Χαρτών



Διπλωματική Εργασία  
Ζαχαρόγιωργα-Σούρδη Άλκηστη-Θεοδώρα  
Αθήνα, Ιούλιος 2015





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

# Χαρτομετρική Ανάλυση Ιστορικών Χαρτών

Διπλωματική Εργασία  
Ζαχαρόγιωργα-Σούρδη Άλκηστη-Θεοδώρα

Εξεταστική Επιτροπή  
**Νάκος Β. (Επιβλέπων Καθηγητής)**  
**Κόκλα Μ.**  
**Τσούλος Λ.**

Αθήνα, Ιούλιος 2015



## Προλογικό Σημείωμα

*Με την ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βύρωνα Νάκο για την ανάθεση της διπλωματικής μου εργασίας και τη συνεχή καθοδήγηση του κατά την εκπόνηση της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις φίλες και συμφοιτήτριές μου Βάσια, Δέσποινα, Έλενα, Μαρία, Φωτεινή και Χρυσάνθη, που ήταν πάντα εκεί για μένα καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ευχαριστώ ακόμα τον παππού μου και τέλος, τη μητέρα μου, για τη συνεχή στήριξη της σε ότι κάνω, στην οποία και αφιερώνω την εργασία.*

Ζαχαρόγιωργα Α.



## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	1
Πίνακας εικόνων .....	3
Πίνακας πινάκων .....	5
Περίληψη .....	6
Abstract .....	6
Εισαγωγή.....	7
1 Χάρτες μελέτης.....	8
1.1 Η εποχή της Χάρτας του Ρήγα: ο 18 <sup>ος</sup> αιώνας .....	8
1.2 Ιστορικά Στοιχεία για την Χάρτα .....	8
1.3 Χαρτογραφική Αναγνώριση της Χάρτας .....	9
1.3.1 Στοιχεία Εξωτερικής Αναγνώρισης στην Χάρτα .....	10
1.3.2 Στοιχεία Εσωτερικής Αναγνώρισης στην Χάρτα .....	13
1.4 Η εποχή: Από τους παλαιολιθικούς χρόνους στον Πτολεμαίο.....	14
1.5 Ιστορικά Στοιχεία της Γεωγραφικής Υφήγησης .....	16
1.6 Χαρτογραφική Αναγνώριση του παγκόσμιου χάρτη του Πτολεμαίου.....	18
1.6.1 Στοιχεία Εξωτερικής Αναγνώρισης .....	18
1.6.2 Στοιχεία Εσωτερικής Αναγνώρισης.....	20
1.7 Το OpenStreetMap.....	21
2 Μελέτη Ιστορικών Χαρτών .....	22
2.1 Η έννοια της οριζοντιογραφικής ανάλυσης.....	22
2.2 Εργασίες αξιολόγησης ιστορικών χαρτών .....	22
2.3 Χαρτομετρική Ανάλυση.....	24
2.4 Το λογισμικό Map Analyst .....	25
2.4.1 Διαδικασία .....	25
2.4.2 Οι μετασχηματισμοί του Map Analyst .....	26
2.4.3 Αποτελέσματα .....	28
3 Σύγκριση Ιστορικών Χαρτών.....	32
3.1 Σύγκριση της Χάρτας του Ρήγα με σύγχρονο χάρτη.....	32
3.1.1 Η Χάρτα.....	32
3.1.2 Η Πελοπόννησος.....	36
3.1.3 Η Κέρκυρα.....	38
3.2 Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με σύγχρονο χάρτη .....	43

## Περιεχόμενα

3.2.1	Η Πελοπόννησος.....	44
3.2.2	Η Κέρκυρα.....	47
3.2.3	Η Κύπρος.....	50
3.3	Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με τη Χάρτα του Ρήγα.....	52
3.3.1	Η Πελοπόννησος.....	52
3.3.2	Η Κέρκυρα.....	54
4	Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	58
4.1	Συμπεράσματα.....	58
4.2	Προτάσεις.....	61
	Βιβλιογραφία.....	62
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	64
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	80



## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1-1: Διασπορά της Χάρτας στον Κόσμο .....	9
Εικόνα 1-2: Η κατά Betrin αναγνώριση ενός χάρτη .....	10
Εικόνα 1-3: Χάρτα του Ρήγα: Η αρίθμηση σύμφωνα με το δημιουργό.....	11
Εικόνα 1-4: Το Ρόδο των Ανέμων στη Χάρτα του Ρήγα.....	12
Εικόνα 1-5: Το γεωγραφικό παράθυρο της Χάρτας .....	13
Εικόνα 1-6: Χάρτης του Delisle .....	14
Εικόνα 1-7: Ο χάρτης του Ίππαρχου (150 π.Χ.) .....	15
Εικόνα 1-8: Η Γεωγραφία του Κλαύδιου Πτολεμαίου, Μάξιμος Πλανούδης.....	17
Εικόνα 1-9: Σύγχρονη αναπαράσταση του σφαιρικού αστρολάβου (αριστερά) και του παραλλακτικού κανόνα (δεξιά) .....	18
Εικόνα 1-10: Εξώφυλλο επανέκδοσης του 1535 .....	19
Εικόνα 1-11: Η κωνική πτολεμαϊκή προβολή (αριστερά) και η εφαρμογή της σε απεικόνιση του 15ου αι. Πηγή: Λιβιεράτος (2007).....	19
Εικόνα 1-12: Η αρχή των μεσημβρινών και παραλλήλων στη Γεωγραφία.....	20
Εικόνα 2-1: Τα μέρη του κύριου παραθύρου του Map Analyst.....	26
Εικόνα 2-2: Ο μετασχηματισμός ομοιότητας .....	27
Εικόνα 2-3: Ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός .....	27
Εικόνα 2-4: Πλέγμα παραμόρφωσης με βήμα 5000 m .....	29
Εικόνα 2-5: Διανύσματα μετατόπισης.....	30
Εικόνα 2-6: Κύκλοι μετατόπισης.....	30
Εικόνα 2-7: Ισαριθμικές κλίμακας (μαύρο χρώμα) και στροφής (κόκκινο χρώμα) ....	31
Εικόνα 3-1: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m.....	34
Εικόνα 3-2: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m .....	35
Εικόνα 3-3: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m.....	37
Εικόνα 3-4: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m .....	37
Εικόνα 3-5: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m.....	40
Εικόνα 3-6: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 1000 m .....	40
Εικόνα 3-7: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m (Helmert).....	41
Εικόνα 3-8: Ομόλογα σημεία α (κόκκινο χρώμα) .....	42
Εικόνα 3-9 Ομόλογα σημεία β (κόκκινο χρώμα) .....	42
Εικόνα 3-10: Χάρτες της Ελλάδας του Πτολεμαίου (μετά από σύνθεση στο Photoshop).....	43
Εικόνα 3-11: Χάρτες της Ελλάδας του Πτολεμαίου (μετά από σύνθεση στο Photoshop).....	44
Εικόνα 3-12: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m.....	46
Εικόνα 3-13: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m .....	46
Εικόνα 3-14: Διανύσματα μετατόπισης.....	47
Εικόνα 3-15: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m.....	49
Εικόνα 3-16: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 1000 m .....	49
Εικόνα 3-17: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m.....	51
Εικόνα 3-18: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m .....	51
Εικόνα 3-19: Σημεία σύνδεσης (κόκκινο χρώμα) .....	52
Εικόνα 3-20: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 50 m.....	53

Εικόνα 3-21: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 50 m .....	54
Εικόνα 3-22: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 20 m.....	56
Εικόνα 3-23: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 50 m .....	56
Εικόνα 4-1: Πλέγμα παραμόρφωσης στην περιοχή της Κέρκυρας .....	59
Εικόνα 4-2: Η Κέρκυρα σε χάρτη του Delisle και στη Χάρτα του Ρήγα .....	60

## Πίνακας πινάκων

Πίνακας 3-1: Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	33
Πίνακας 3-2 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	36
Πίνακας 3-3 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	38
Πίνακας 3-4 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	44
Πίνακας 3-5 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	48
Πίνακας 3-6: Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	50
Πίνακας 3-7 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	52
Πίνακας 3-8 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης .....	55



## Περίληψη

Μέχρι την εξέλιξη των απαραίτητων τεχνολογικών μέσων, οι διαδικασίες υπολογισμού και απεικόνισης των παραμορφώσεων ιστορικών χαρτών ήταν επίπονες και χρονοβόρες. Αυτό οδήγησε στην προσπάθεια αυτοματοποίησης των παραπάνω διαδικασιών, με την ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού. Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη της οριζοντιογραφικής ακρίβειας ιστορικών χαρτών του ελλαδικού χώρου, με τη χρήση του προγράμματος Map Analyst. Με την εφαρμογή συγκριτικών μεθόδων, εξήχθησαν συμπεράσματα για τις παραμορφώσεις της Χάρτας του Ρήγα και χαρτών του Πτολεμαίου σε σχέση με έναν σύγχρονο χάρτη, αλλά και μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα της χαρτομετρικής ανάλυσης ήταν η μέση και η τοπική κλίμακα και η στροφή των χαρτών. Ακολούθησε η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, με την αξιοποίηση των πλεγμάτων παραμόρφωσης, των διανυσμάτων μετατόπισης και των ισαριθμικών καμπυλών της κλίμακας και της στροφής.

## Abstract

Current technological innovation, provide effective tools for the calculation and visualization of the historical maps' distortions, a laborious and time consuming processing task of the past. This fact led to the automation of these processes, by developing appropriate software. This study deals with the evaluation of the planimetric accuracy of historical maps of Greece, using Map Analyst. The use of comparative methods provided useful conclusions for the deformations of Charta of Rigas and of maps of Ptolemy, in relation to a modern reference map, and the relationship between the aforementioned maps as well. The results of the cartometric analysis carried out were the mean and the local scale and rotation of the maps. Finally, several visualizations of the results, including the distortion grids, the displacement vectors and cycles and isolines of scale and rotation are presented.



## Εισαγωγή

Η μελέτη των ιστορικών χαρτών, από χαρτογραφική σκοπιά, αποτελεί κλάδο της αναλυτικής χαρτογραφίας. Με την εξέλιξη των τεχνολογικών εργαλείων, έχει διευκολυνθεί το έργο των ερευνητών, αφού πλέον ο υπολογισμός και η απεικόνιση των παραμορφώσεων γίνεται με τη βοήθεια εξειδικευμένων λογισμικών. Εκμεταλλευόμενη τις σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα της χαρτομετρικής ανάλυσης, η εργασία έχει ως στόχο την διερεύνηση της οριζοντιογραφικής ακρίβειας της Χάρτας του Ρήγα και χαρτών του Πτολεμαίου για τον ελλαδικό χώρο. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, για τη χαρτομετρική ανάλυση των ιστορικών χαρτών και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, είναι το Map Analyst.

Το κύριο μέρος της εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία επισκόπηση των ιστορικών στοιχείων της Χάρτας του Ρήγα και της Γεωγραφικής Υφήγησης του Πτολεμαίου, και περιγράφεται εν συντομία ο χάρτης του OrdnanceStreetMap, που χρησιμοποιήθηκε ως σύγχρονος χάρτης αναφοράς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται καταγραφή της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για τη μελέτη των ιστορικών χαρτών. Παρουσιάζεται η έννοια της οριζοντιογραφικής ανάλυσης, και αναλύεται λεπτομερώς το λογισμικό Map Analyst, οι λειτουργίες και τα αποτελέσματα του.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί την παρουσίαση των συγκρίσεων που έγιναν και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από αυτές για τις παραμορφώσεις των ιστορικών χαρτών. Χωρίζεται σε τρεις μεγάλες ενότητες, η πρώτη αφορά τη σύγκριση της Χάρτας με το σύγχρονο χάρτη αναφοράς, η δεύτερη τη σύγκριση των χαρτών του Πτολεμαίου με το σύγχρονο χάρτη αναφοράς και η τρίτη παρουσιάζει τη σύγκριση μεταξύ των δύο ιστορικών χαρτών, θέτοντας ως χάρτη αναφοράς τη Χάρτα του Ρήγα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την εργασία, και γίνεται σύγκρισή τους με τα πορίσματα αντίστοιχων μελετών που έχουν εκπονηθεί από τη χαρτογραφική κοινότητα. Τέλος, γίνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Ακολουθούν η βιβλιογραφία και τα παραρτήματα I και II.

## 1 Χάρτες μελέτης

### 1.1 Η εποχή της Χάρτας του Ρήγα: ο 18<sup>ος</sup> αιώνας

Ο 18<sup>ος</sup> αιώνας, ως αιώνας του Διαφωτισμού, χαρακτηρίζεται από τη θεαματική πρόοδο των επιστημών και του πνεύματος. Όπως είναι λογικό η χαρτογραφία δεν μένει ανεπηρέαστη από την πρόοδο της εποχής και περνάει από τη διακοσμητική αισθητική του 17<sup>ου</sup> αιώνα στην επιστημονική της περίοδο.

“Οργανώθηκαν εθνικές αποστολές με σκοπό την τοπογραφική ερευνά περιοχών πού έπρεπε να χαρτογραφηθούν εξ αρχής, τη στιγμή πού ο τριγωνισμός, η αλλιώς ή βασισμένη σε τριγωνομετρικές μεθόδους τοπογράφηση, έγινε το κατεξοχήν εργαλείο για την κατασκευή χαρτών. Η ίδια η εικόνα του χάρτη αρχίζει να αλλάζει καθώς προστίθενται γεωγραφικές ή ιστορικές πληροφορίες με τη μορφή κειμένου πάνω στο χάρτη. Στις απαρχές ήδη του 18ου αιώνα, ο γάλλος χαρτογράφος Γκιγιώμ Ντελιλ (1675-1726) ανοίγει το δρόμο, εισάγοντας την ακρίβεια και τη μεγαλύτερη αξιοπιστία στη χαρτογραφία” ([www.pistos.gr](http://www.pistos.gr)).

Ο ελληνικός κόσμος που διανύει την εποχή του Νεοελληνικού Διαφωτισμού ξεκινά, με πρώτους τους λόγιους της διασποράς, παράλληλα με τις άλλες επιστήμες, να ασχολείται τον 18<sup>ο</sup> αιώνα με τις επιστήμες της γεωγραφίας και της χαρτογραφίας. Έτσι, μετά από έναν αιώνα, χωρίς σχεδόν καθόλου παραγωγή χαρτογραφικών έργων στο ελληνικό γίγνεσθαι, ξεκινούν να εκδίδονται χάρτες του ελλαδικού χώρου στην ελληνική γλώσσα που έχουν συνταχθεί από Έλληνες. Παρόλα αυτά, οι χάρτες αυτοί δεν συμβαδίζουν με την εξέλιξη της επιστήμης της χαρτογραφίας στην υπόλοιπη Ευρώπη, αφού βρίσκονται σε πρωτόλειο στάδιο και είναι ως επί το πλείστον παράγωγοι και όχι πρωτότυποι.

Σημειώνεται εδώ, ότι στους χάρτες που εκδίδονται στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες περιλαμβάνεται και ο ελλαδικός χώρος, άλλοτε με αναφορές στην Αρχαία Ελλάδα και άλλοτε απεικονίζοντας τον ελλαδικό χώρο της εποχής.

### 1.2 Ιστορικά Στοιχεία για την Χάρτα

Τον Αύγουστο του 1796 ο Ρήγας πραγματοποιεί το δεύτερο ταξίδι του στη Βιέννη, που διαρκεί μέχρι τα τέλη του 1797. Ανάμεσα στα υπόλοιπα προς εκτύπωση έργα που έχει προετοιμάσει τα προηγούμενα χρόνια στη Βλαχία, βρίσκεται και η Χάρτα της Ελλάδος. Η Μεγάλη Χάρτα της Ελλάδος είναι ένας χάρτης που απεικονίζει την Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή της Βαλκανικής, τυπώθηκε το 1797 σε 1220 αντίτυπα στο τυπογραφείο του J. Nitsch στη Βιέννη, με χαρακτή τον Αυστριακό Franz Müller και χρηματοδότη τον Ευστράτιο Αργέντη, ο οποίος προκατέβαλλε για την έκδοση της Χάρτας και του έργου "Νέος Ανάχαρσις" του Ρήγα 1100 φιορίνια (Legrand 1892).

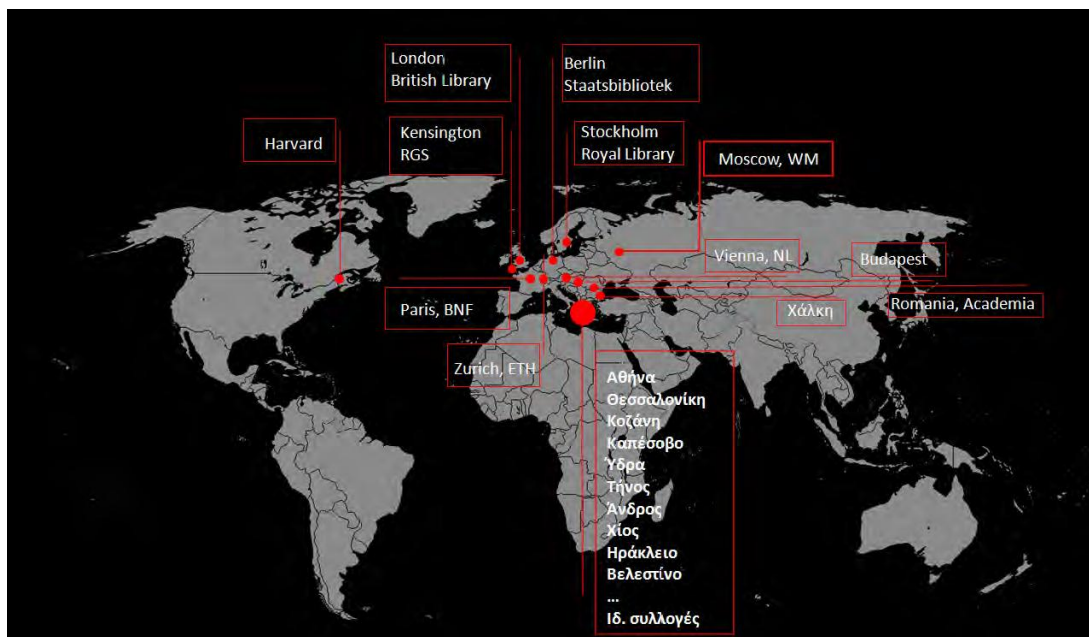


Οι εκτιμήσεις για το **χρόνο προετοιμασίας** της Χάρτας διαφέρουν. Έτσι, υποστηρίζεται πως διήρκεσε έξι μήνες (Tolias, 2010) πριν την άφιξη του Ρήγα στη Βιέννη ή κατά τη διάρκεια της παραμονής του εκεί, ενώ σύμφωνα με άλλους μελετητές υποστηρίζεται ότι η προετοιμασία ενός τόσο απαιτητικού έργου χρειαζόταν 4-5 χρόνια (Dascalakis 1937, Camariano 1938).

### Διασπορά πρωτότυπων

Από τα 1220 αντίτυπα της Χάρτας, τα 624 στάλθηκαν στη Σμύρνη, τα 50 στο Βουκουρέστι, κάποια άλλα στο Ιάσιο και αρκετά πουλήθηκαν στη Βιέννη. Μεγάλος αριθμός αντιγράφων κατασχέθηκε από τις αυστριακές αρχές.

Σήμερα διασώζονται 57 αντίτυπα της Χάρτας, 38 από αυτά βρίσκονται στην Ελλάδα και 19 στο εξωτερικό (Εικόνα 1-1). (Παζαρλή 2014).

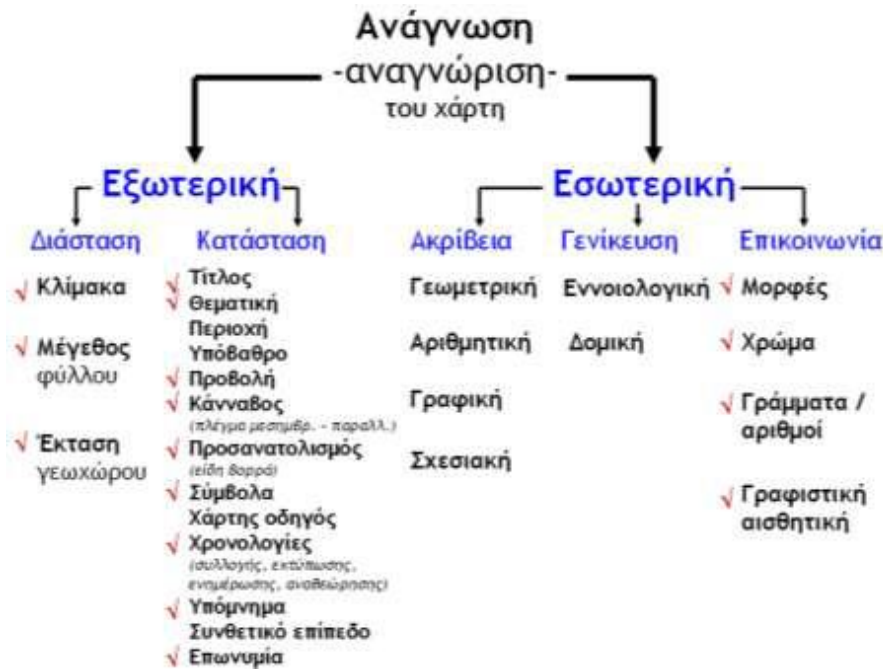


Εικόνα 1-1: Διασπορά της Χάρτας στον Κόσμο

Πηγή: Παζαρλή (2014)

### 1.3 Χαρτογραφική Αναγνώριση της Χάρτας

Βασισμένη στη μεθοδολογία και τους κανόνες του Betrin (1967) η Μ. Παζαρλή δίνει τον παρακάτω ορισμό “Με τον όρο αναγνώριση εννοούμε μια συστηματική **ανάγνωση, έρευνα και κατανόηση** ενός πλήθους χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν τη συνολική ποιότητα ενός χάρτη, οποιουδήποτε τύπου” (Παζαρλή 2014, 91). Η αναγνώριση του χάρτη διαχωρίζεται στην εξωτερική αναγνώριση και την εσωτερική (Εικόνα 1-2).



Εικόνα 1-2: Η κατά Betrin αναγνώριση ενός χάρτη

Πηγή: Παζαρλή (2014)

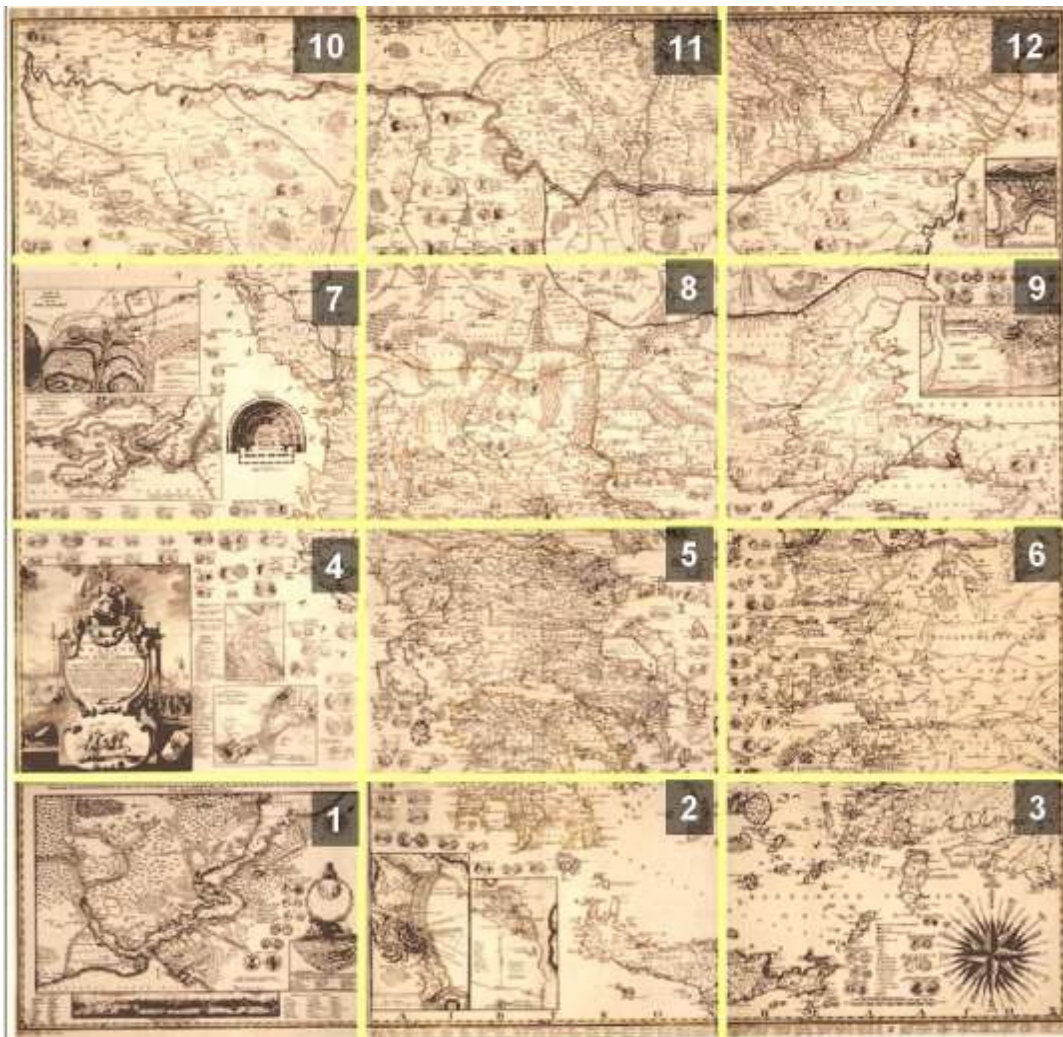
### 1.3.1 Στοιχεία Εξωτερικής Αναγνώρισης στην Χάρτα

Τα εξωτερικά στοιχεία ενός χάρτη είναι εκείνα που είναι άμεσα αναγνωρίσιμα από τον παρατηρητή. Η εξωτερική αναγνώριση διαχωρίζεται σε “κατά διάσταση” και σε “κατά κατάσταση” αναγνώριση (Παζαρλή 2014). Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται το μέγεθος (διαστάσεις) του φύλλου, η κλίμακα και η έκταση του γεωχώρου που απεικονίζεται στον χάρτη. Στην δεύτερη κατηγορία υπάγονται ο τίτλος του χάρτη, η θεματική περιοχή, το υπόβαθρο, η προβολή, ο κάνναβος, ο προσανατολισμός, τα σύμβολα, ο χάρτης οδηγός, οι χρονολογίες, το υπόμνημα, το συνθετικό επίπεδο και η επωνυμία (Παζαρλή 2014).

#### “Κατά διάσταση” αναγνώριση

Η Χάρτα είχε συνολικές **διαστάσεις** περίπου 2x2 m και τυπώθηκε σε δώδεκα φύλλα διαστάσεων περίπου 70x50 cm το καθένα. Τα φύλλα είναι διατεταγμένα τρία προς την διαμήκη κατεύθυνση και τέσσερα προς την κατά πλάτος κατεύθυνση που αριθμούνται από 1 έως 12 (Εικόνα 1-3). Στη Χάρτα εντάχθηκε η οριζοντιογραφία της Κωνσταντινούπολης, ως πρώτο φύλλο, που είχε κυκλοφορήσει χωριστά ένα χρόνο πριν από τη δημοσίευση των υπόλοιπων φύλλων έντεκα (Παζαρλή 2014, Boutoura 2008).

Σημειώνεται πως “έως τότε οι συνήθεις διαστάσεις των επιτοίχιων χαρτών που τυπώνονταν στην ελληνική χαρτογραφική παραγωγή δεν ξεπερνούσαν τα 1,47x0,67 m, σε ένα ή δύο φύλλα”. (Παζαρλή 2014, 30). Οι υπόλοιποι χάρτες, σε φύλλα, εκδίδονται αργότερα από τον Άνθιμο Γαζή (1800, 1810) και τον Ιωάσαφ Ιβηρίτη (Tolias 2010)



Εικόνα 1-3: Χάρτα του Ρήγα: Η αρίθμηση σύμφωνα με το δημιουργό  
 Πηγή: Boutoura (2008)

*“Παρόλο που ο Ανάχαρσης έχει συνδεθεί πολλαπλώς με την έκδοση της Χάρτας, με τους περισσότερους μελετητές άλλοτε να θεωρούν τη Χάρτα ως απλό συνοδευτικό τεύχος στον Ανάχαρση και άλλοτε το αντίστροφο, οι μνημειακές διαστάσεις της Χάρτας υποδεικνύουν την πρόθεση του Ρήγα να χρησιμοποιείται αυτοτελώς και όχι ως απλό παρακολούθημα του Ανάχαρση ή άλλων έργων του” (Παζαρή 2014, 31).*

Η **κλίμακα του χάρτη** είναι μεταβαλλόμενη και κυμαίνεται από 1:550000 έως 1:650000, γι’ αυτό και θεωρούμε κατά προσέγγιση ως μέση κλίμακα την 1:600000.

Η **έκταση** που απεικονίζεται στη Χάρτα είναι προσεγγιστικά η περιοχή της Βαλκανικής χερσονήσου. Πιο συγκεκριμένα περιέχει κατά γεωγραφικό μήκος την περιοχή από τον Δούναβη έως το Λιβυκό πέλαγος και κατά γεωγραφικό πλάτος την περιοχή από το Ιόνιο Πέλαγος και τις Δαλματικές Ακτές έως τη Μικρά Ασία και το δυτικό τμήμα της Μαύρης Θάλασσας.

**“Κατά κατάσταση” αναγνώριση**

Ο πλήρης **τίτλος** βρίσκεται στο τέταρτο φύλλο της Χάρτας και είναι:

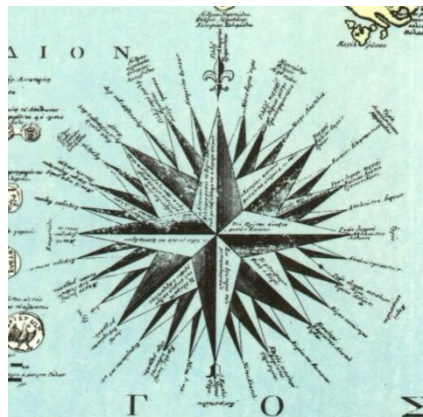
“Χάρτα της Ελλάδος εν ής περιέχονται αι Νήσοι αυτής και μέρος των εις την Ευρώπην και Μικράν Ασίαν πολυαρίθμων αποικιών αυτής περιοριζομένων, απ’ ανατολών δια των Μύρων της Λυκίας μέχρι του Αργανθονίου όρος της Βιθυνίας, απ’ άρκτου, δια του Άκ Κερμανίου, των Καρπαθίων όρων και Δουνάβεως και Σάββα των ποταμών. Από δυσμών δια του Ούννα και του Ιονίου πελάγους. Από μεσημβρίας δια του Λιβυκού. Τα πλείω με τας παλαιάς και νέας ονομασίας. Προς δε 9 επιπεδογραφίας τινών περιφήμων πόλεων και τόπων Αυτής συντείνουσαι εις την κατάληψιν του Νέου Αναχάρσιδος. Μία χρονολογία των βασιλέων και μεγάλων ανθρώπων Αυτής. 161 τύποι ελληνικών νομισμάτων ερανισθέντων εκ του αυτοκρατορικού ταμείου της Αυστρίας προς αμυδράν ιδέαν της αρχαιολογίας. Εν σώμα εις 12 τμήματ. Νυν πρώτον εκδοθείσα παρά του Ρήγα Βελεστινλή του Θετταλού, χάριν των Ελλήνων και Φιλελλήνων. 1797. Εχαράχθη παρά του Φρανσουά Μύλλερ εν Βιέν.(νη)”. (Καραμπελόπουλος 1998, www.karaberopoulos.gr).

Συμπληρωματικά, ο τίτλος του φύλλου 1 της Χάρτας που είχε κυκλοφορήσει αυτόνομα είναι:

“Επιπεδογραφία της Κωνσταντινουπόλεως, του κόλπου της, του Καταστένου της, της από το σταυροδρόμι θέας της, των περί αυτήν και του Σαραγίου με τας παλαιάς και νέας ονομασίας παρά του Ρήγα Βελεστινλή Θετταλού 1796” (Παζαρλή 2014, 100).

Το **θεματικό περιεχόμενο** του χάρτη όπως αποτυπώνεται και στον τίτλο είναι ο χάρτης της Ελλάδας και η γύρω περιοχή.

Όσον αφορά τον **προσανατολισμό**, το σύμβολο που χρησιμοποιείται για τις διευθύνσεις είναι το “ρόδο των ανέμων” (Εικόνα 1-4). Απεικονίζει 32 διευθύνσεις, και τα ονόματα των ανέμων στην αρχαία ελληνική, την τουρκική και γαλλική γλώσσα.

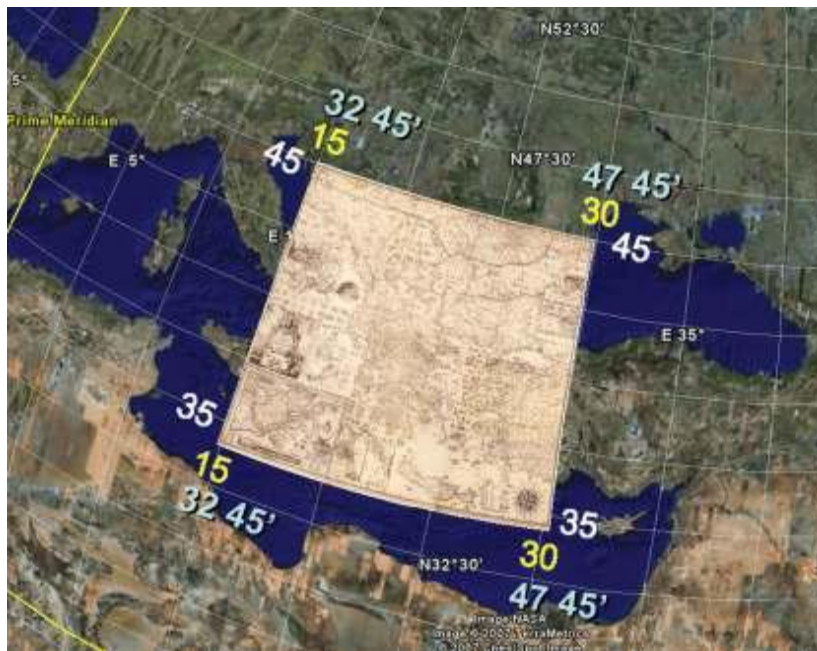


Εικόνα 1-4: Το Ρόδο των Ανέμων στη Χάρτα του Ρήγα

Το **υπόμνημα** της Χάρτας είναι ιδιαίτερα εκτενές για τα δεδομένα της εποχής και επεξηγεί 19 σύμβολα. Σημειώνεται εδώ ότι στους χάρτες της εποχής, και στους προγενέστερους, συνηθιζόταν να μην υπάρχει υπόμνημα ή να υπάρχει ένα πολύ σύντομο.

Οι **χρονολογίες** που αναγράφονται είναι 1796, όποτε και εκδόθηκε η οριζοντιογραφία της Κωνσταντινούπολης, και 1797, όποτε και τυπώθηκε η Χάρτα στο σύνολο της.

Βασικό στοιχείο μελέτης των ιστορικών χαρτών είναι η μελέτη των εικόνων του πλέγματος των **γεωγραφικών συντεταγμένων** (Εικόνα 1-5), και ιδιαίτερα του γεωγραφικού μήκους. Ως βασικός μεσημβρινός χρησιμοποιήθηκε αυτός που διέρχεται από το νησί Ferro, ανάγοντας τις συντεταγμένες στο γεωγραφικό σύστημα που χρησιμοποιείται σήμερα, δηλαδή με αρχή τον μεσημβρινό του Greenwich, το γεωγραφικό μήκος της Χάρτας κυμαίνεται, προσεγγιστικά, από  $15^{\circ}$  έως  $30^{\circ}$  και το γεωγραφικό πλάτος από  $34^{\circ}$  έως  $46^{\circ}$  (Boutoura 2008). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Ρήγας έκανε αλλαγές στο γεωγραφικό πλαίσιο του προτύπου του Delisle (βλ. παράγραφο 1.3.2), με χαρακτηριστικότερη την απόκλιση κατά  $0.5^{\circ}$  στο γεωγραφικό μήκος της Κωνσταντινούπολης, που είχε ως αποτέλεσμα τη μεγέθυνση του χάρτη σε αυτό το τμήμα, δίνοντας έτσι έμφαση στην περιοχή, με σαφές ιδεολογικό στίγμα (Τόλιας 2010).



Εικόνα 1-5: Το γεωγραφικό παράθυρο της Χάρτας

Πηγή: Boutoura (2008)

### 1.3.2 Στοιχεία Εσωτερικής Αναγνώρισης στην Χάρτα

“Η εσωτερική αναγνώριση του χάρτη αφορά στο **είδος** του (γεωμετρικού ή θεματικού περιεχομένου / πρωτογενής ή παράγωγος) και το **κοινό** στο οποίο απευθύνεται” (Παζαρλή 2014, 104).

Σύμφωνα με το **περιεχόμενο** της, η Χάρτα δεν έχει γεωμετρικό χαρακτήρα αλλά πρόκειται για τυπικό θεματικό χάρτη (Παζαρλή 2014). Επιπλέον, έχει απορριφθεί το σενάριο που έφερε τη Χάρτα ως έναν συγκαλυμμένο στρατιωτικό χάρτη, αφού ο χάρτης του Delisle που χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο ήταν ο χάρτης της αρχαίας Ελλάδας και όχι κάποιος σύγχρονος ή κάποιος της Βυζαντινής εποχής. “Ο Ρήγας σκόπιμα χρησιμοποίησε της αρχαίας Ελλάδος, διότι προσπάθησε να αντικαταστήσει την μέχρι τότε ονοματολογία της οθωμανικής πολιτικής διαίρεσης καθώς και τα τοπωνύμια, στα οποία έδωσε αρχαία ελληνικά ονόματα” (Καραμπελόπουλος 1998, www.karaberopoulos.gr). Τα ορθογραφικά λάθη που εμφανίζονται στη Χάρτα

αποδίδονται στον Αυστριακό χαρακτή, που δεν ήταν εξοικειωμένος με την ελληνική γλώσσα (Tolias 2010).

Η Χάρτα της Ελλάδος είναι ένας **παράγωγος** χάρτης. Εξετάζοντας την ακτογραμμή, τον γεωγραφικό κάνναβο και το γεωμετρικό περιεχόμενο της Χάρτας, διαπιστώνεται πως συμβαδίζει με μία σειρά χαρτών της εποχής, που ανήκουν στην “οικογένεια” χαρτών Delisle (Εικόνα 1-6), με μία μικρή απόκλιση στον κάνναβο, που περιγράφηκε και παραπάνω (βλ. παράγραφο 1.3.1). Κανένα από τα προβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα δεν προσομοιάζει την προβολή της Χάρτας, οπότε και κατατάσσεται στο πρότυπο του Delisle, που ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένο τον 18<sup>ο</sup> αιώνα (Boutoura 2008). Ο Λιβιεράτος (2008) θεωρεί πως η Χάρτα είναι συμβατή με την προβολή Delisle όσον αφορά την “εσωτερική” αναγνώριση του χάρτη αλλά όχι όσον αφορά την “εξωτερική” αναγνώριση του.



Εικόνα 1-6: Χάρτης του Delisle

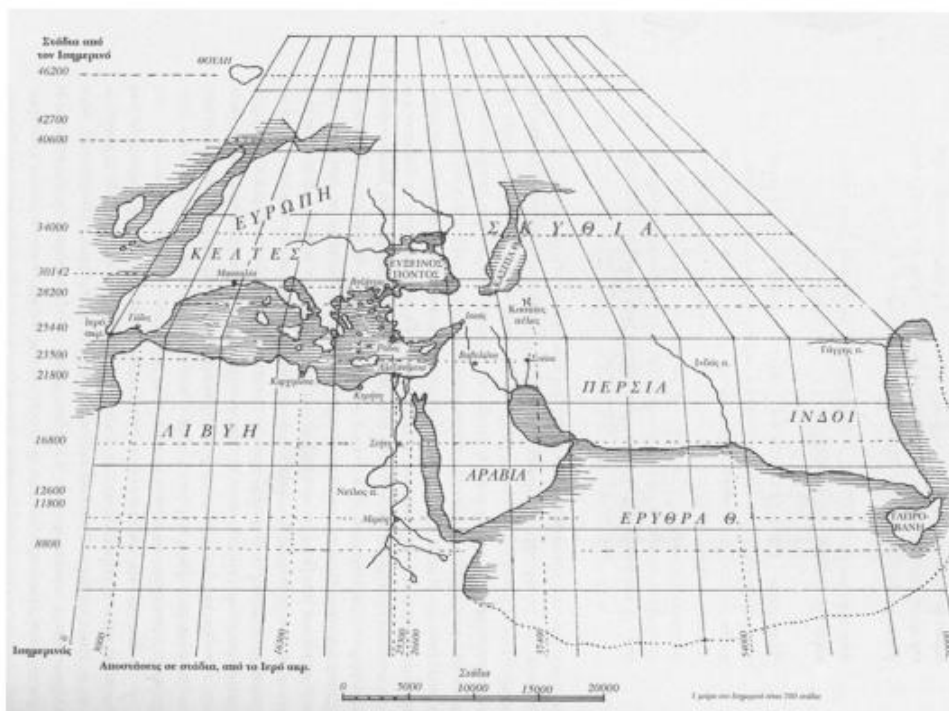
Πηγή: Λιβιεράτος (2007)

Η Χάρτα, ως θεματικός χάρτης, απευθύνεται στο ευρύ **κοινό**. Λόγω της μεγάλης κλίμακας, ο χάρτης είναι ευανάγνωστος, και επιπλέον, τα σύμβολα, τα σχόλια και το υπόμνημα του, τον καθιστούν επικοινωνιακά αποτελεσματικό για τον το χρήστη.

#### 1.4 Η εποχή: Από τους παλαιολιθικούς χρόνους στον Πτολεμαίο

Η ανάγκη απεικόνισης του χώρου οδήγησε τους ανθρώπους από την παλαιολιθική κιάλας εποχή στη δημιουργία των πρώτων χαρτών. Έχουν βρεθεί σχέδια -χάρτες της

εποχής- χαραγμένα σε σπηλιές και όστρακα, από το 30.000 π.Χ. Παρόλα αυτά τα πρώτα δείγματα χαρτών που έγιναν με τη χρήση γεωμετρικών οργάνων χρονολογούνται το 2300 π.Χ. (el.wikipedia.org). Με την ανάπτυξη των σχεδιαστικών γεωμετρικών οργάνων η χαρτογραφία πέρασε σταδιακά σε πιο εξελιγμένους χάρτες. Περίοδος σταθμός για την χαρτογραφία ήταν η “εποχή των Ελλήνων” (περίπου 6<sup>ος</sup> αι. π.Χ. – 2<sup>ος</sup> αι. μ.Χ.). “Η μέθοδος των Ελλήνων περιλάμβανε μια προσομοίωση της γήινης πραγματικότητας και τη σύνδεση της μέσω μετρήσεων, με τη μαθηματική προσέγγιση της, βασιζόμενη από τη μια στις μητρικές επιστήμες της χαρτογραφίας (γεωμετρία, αστρονομία, γεωδαισία, γεωγραφία) και από την άλλη στην επιστημονική παρατήρηση.” (Τσορλίνη 2011, 33). Τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ξεκίνησε η ανάπτυξη της επιστημονικής χαρτογραφίας, όταν πρωτοεισήχθη η έννοια των μεσημβρινών και των παραλλήλων σε πρωτόλεια μορφή από τον Μεσσήνη της Σικελίας. Αυτό οδήγησε στο επόμενο διάστημα στην επινόηση του καννάβου γεωγραφικών συντεταγμένων. Στους επόμενους αιώνες αξιοσημείωτη είναι η συμβολή του Ερατοσθένη τον 3<sup>ο</sup> αι. π.Χ. και του Ίππαρχου τον 2<sup>ο</sup> αι. π.Χ. Ο Ίππαρχος διαίρεσε την περίμετρο της Γης (η οποία είχε υπολογιστεί από τον Ερατοσθένη) σε 360<sup>ο</sup> και καθιέρωσε το ορθογώνιο πλέγμα γεωγραφικών συντεταγμένων (Εικόνα 1-7) Τον 1<sup>ο</sup> αι. μ.Χ. χαρακτηρίζει η επέκταση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, η οποία συνοδεύτηκε και από εξάπλωση της γεωγραφικής γνώσης. Τους Ρωμαίους δεν τους ενδιέφερε η χαρτογραφία καθ’ αυτή, θεωρούσαν όμως χρήσιμη τη γεωγραφία για στρατιωτικές και διοικητικές ανάγκες, γι’ αυτό και είχαν αναπτύξει ιδιαίτερως τεχνικές κτηματογράφησης των εδαφών τους, επομένως υπήρχε μεγάλος όγκος πληροφορίας (Τσορλίνη 2011, Τσότσος 2000).



Εικόνα 1-7: Ο χάρτης του Ίππαρχου (150 π.Χ.)

Πηγή: Μιχαηλίδου (2004)

Σε αυτό το πλαίσιο δραστηριοποιήθηκε ο Πτολεμαίος (85-165 μ.Χ.), ο οποίος ασχολήθηκε με πολλές επιστήμες, με κύριες αυτές της αστρονομίας, της φυσικής,

της χαρτογραφίας και της γεωγραφίας. Αξίζει να σημειωθεί πως βασική επιδίωξη του Πτολεμαίου ήταν η συλλογή και η οργάνωση της ήδη υπάρχουσας γνώσης, με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι εύκολα αντιληπτή και διαθέσιμη στον οποιοδήποτε θέλει να ασχοληθεί με το αντικείμενο (Ρωσικόπουλος 2006). *“Ήταν επομένως ώριμες οι συνθήκες για να φτάσει η αρχαία γεωγραφία στο απόγειο της ακμής της κατά τον 2<sup>ο</sup> μ.Χ. αι. με τον Κλαύδιο Πτολεμαίο: τα κείμενα και οι χάρτες που αποδίδονται σ’ αυτόν αποτελούσαν την επιτομή της συσσωρευμένης γνώσης της εποχής για τη γήινη σφαίρα”* (Τσότσος 2000, 5).

## 1.5 Ιστορικά Στοιχεία της Γεωγραφικής Υφήγησης

Ο Πτολεμαίος θεωρείται ο πρώτος χαρτογράφος, με την σύγχρονη έννοια του όρου. Το χαρτογραφικό έργο του Πτολεμαίου “Γεωγραφική Υφήγησης” ή “Γεωγραφία”, συντάχθηκε στην Αλεξάνδρεια το 150 μ.Χ., και είχε προαναγγελθεί από τον ίδιο στο κύριο αστρονομικό του έργο την “Αλμαγέστη”. Η Γεωγραφία του Πτολεμαίου αποτελεί έναν άτλαντα του τότε γνωστού κόσμου. Το έργο εκδόθηκε σε έξι τόμους που περιελάμβαναν θέσεις (με σφαιρικές συντεταγμένες φ, λ) και τοπωνύμια περίπου 6500 τόπων, καθώς και χάρτες. *“Στον πρώτο τόμο ο Πτολεμαίος αναλύει την ύλη και περιγράφει την επιστημονική μέθοδο της προσέγγισης. Στους υπόλοιπους τόμους Β’-Στ’ παραθέτει τις γεωγραφικές πληροφορίες και παραθέτει λεπτομερούς χάρτες”* (el.wikipedia.org).

Την εποχή εκείνη η αντιγραφή του έργου ήταν δύσκολη και χρονοβόρα. Παρόλα αυτά το κείμενο της Γεωγραφικής Υφήγησης κατάφερε να διασωθεί, μέχρι την εφεύρεση της τυπογραφίας, από τους βιβλιογράφους που το αντέγραψαν. Οι πρωτότυποι χάρτες όμως του έργου ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αντιγραφούν, γι’ αυτό και χάθηκαν. Οι χάρτες προστέθηκαν πάλι στο κείμενο κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, οπότε οι λόγιοι της εποχής ξανασχεδίασαν τους χάρτες, βασιζόμενοι στις γεωγραφικές συντεταγμένες που είχε καταγράψει ο Πτολεμαίος. Γνωστές εκδόσεις είναι αυτή του βυζαντινού μοναχού Μάξιμου Πλανούδη (Εικόνα 1-8), που σχεδίασε μόνος του τους χάρτες και τους συμπλήρωσε στο κείμενο το 1295, και το αντίγραφο του Εμμανουήλ Χρυσολωρά όπως στάλθηκε στον Ιταλό Πάλλα Στρότσι το 1379 (el.wikipedia.org). Έτσι, έφτασε να διασωθεί το έργο του Πτολεμαίου και να τυπωθεί το 1477 στην Μπολόνια. Η πρώτη αυτή έκδοση της Γεωγραφίας αποτέλεσε σταθμό και στην ιστορία της τυπογραφίας, αφού ήταν το πρώτο βιβλίο με ενσωματωμένες εικόνες. *“Εκτοτε εκδόθηκε πολλές φορές με χρήση της τέχνης της ξυλογραφίας [...] Το αρχαιότερο αντίγραφο που σώζεται σήμερα χρονολογείται στον 13ο αιώνα και βρέθηκε στο ανάκτορο του σουλτάνου στην Κωνσταντινούπολη”* (el.wikipedia.org).

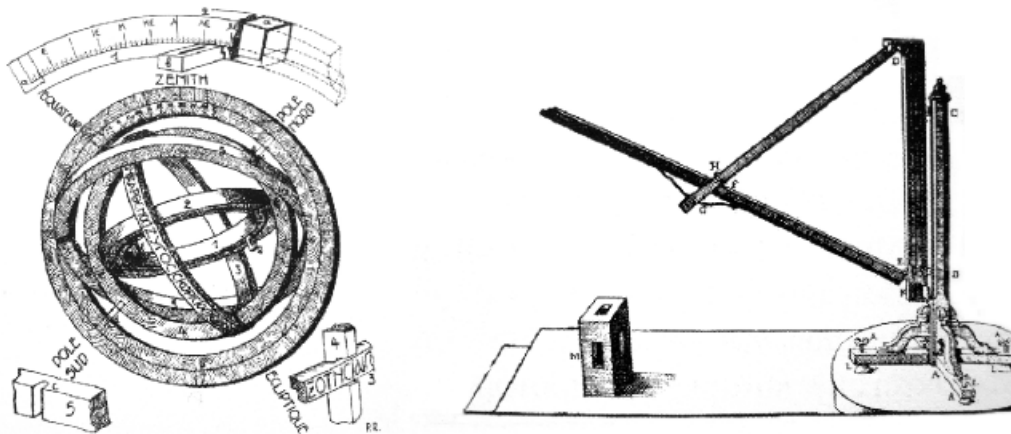




Εικόνα 1-8: Η Γεωγραφία του Κλαύδιου Πτολεμαίου, Μάξιμος Πλανούδης

Πηγή: [www.hellinon.net](http://www.hellinon.net)

Ο Πτολεμαίος αναφέρεται στο έργο του σε πολλά αστρονομικά και γεωδαιτικά όργανα μέτρησης και αναλύει τη χρήση και τη χρησιμότητα τους. Και σε αυτόν τον τομέα ήταν σημαντική η συμβολή του Πτολεμαίου, δηλαδή στην ανάπτυξη των οργάνων σχεδιασμού και μέτρησης, με κυριότερα τον σφαιρικό αστρολάβο και τον παραλλακτικό κανόνα που κατασκεύασε (Εικόνα 1-9) (Τσορλίνη 2011).



1-9: Σύγχρονη αναπαράσταση του σφαιρικού αστρολάβου (αριστερά) και του παραλλακτικού κανόνα (δεξιά)

Πηγή: Ρωσικόπουλος (2006)

## 1.6 Χαρτογραφική Αναγνώριση του παγκόσμιου χάρτη του Πτολεμαίου

Αφενός επειδή δεν πρόκειται για μεμονωμένο χάρτη, αλλά για έναν χάρτη που περιλαμβάνεται σε ένα βιβλιογραφικό έργο, και αναλύεται λεπτομερέστερα σε τμήματα μέσα σε μία σειρά βιβλίων, και αφετέρου επειδή δεν σώζεται το πρωτότυπο, δεν είναι εύκολη η χαρτογραφική αναγνώριση του χάρτη με την αυστηρή έννοια του όρου (όπως έγινε για την Χάρτα του Ρήγα στο κεφ. 1.3). Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια προσέγγισης των χαρτογραφικών στοιχείων της “Γεωγραφίας”, βάσει των στοιχείων που συλλέχθηκαν για τον παγκόσμιο χάρτη του Πτολεμαίου.

### 1.6.1 Στοιχεία Εξωτερικής Αναγνώρισης

“Κατά διάσταση” αναγνώριση

Λόγω της μη διάσωσης του πρωτότυπου, και κυρίως λόγω των πάρα πολλών μεταβολών που εμφανίζει, δεν υπάρχει κάποια, προσεγγιστική έστω, τιμή **κλίμακας** που μπορεί να θεωρηθεί ως κύρια κλίμακα του χάρτη στο σύνολο του. Βάσει των υπολογισμών που παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.2, υπολογίζεται η μέση κλίμακα για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας.

Όσον αφορά την **έκταση** που απεικονίζεται είναι, τα όρια του τότε γνωστού κόσμου. Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, το βόρειο άκρο είναι ο παράλληλος της νήσου Θούλης (63° βόρεια του Ισημερινού) και το νότιο άκρο ο παράλληλος της “Αντι-Μερόης” (16° 25' νότια του Ισημερινού). Έτσι, η κατά πλάτος έκταση που απεικονίζεται είναι, σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, περίπου 80° ή 40.000 στάδια. Αντίστοιχα, υπολογίζει την κατά μήκος έκταση σε περίπου 180°, από τις Μακάρους νήσους έως τις Σίνες (Κίνα), και αντιστοιχεί σε 72.000 στάδια (Τσορλίνη 2011).

“Κατά κατάσταση” αναγνώριση

Παρατίθεται ο **τίτλος** του συνολικού έργου: “Γεωγραφική Υφήγησις” του Κλαύδιου Πτολεμαίου (Εικόνα 1-10)

Το **θεματικό περιεχόμενο** του χάρτη είναι όλα τα μέρη της Γης από την Δυτική Ευρώπη μέχρι την Καθαία (Κίνα), όπως ήταν γνωστά κατά τον 2ο αιώνα μ.Χ. (el.wikipedia.org).

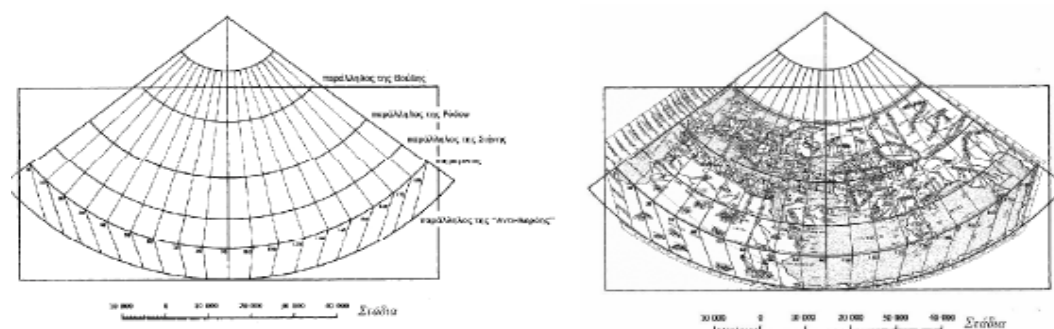


Εικόνα 1-10: Εξώφυλλο επανέκδοσης του 1535

Πηγή: el.wikipedia.org

Στο έργο του Πτολεμαίου δεν υπάρχει **υπόμνημα** με τη μορφή που γνωρίζουμε στη σύγχρονη χαρτογραφία. Παρόλα αυτά, οι χάρτες συνοδεύονται από πίνακες με τοπωνύμια και τις σφαιρικές συντεταγμένες τους.

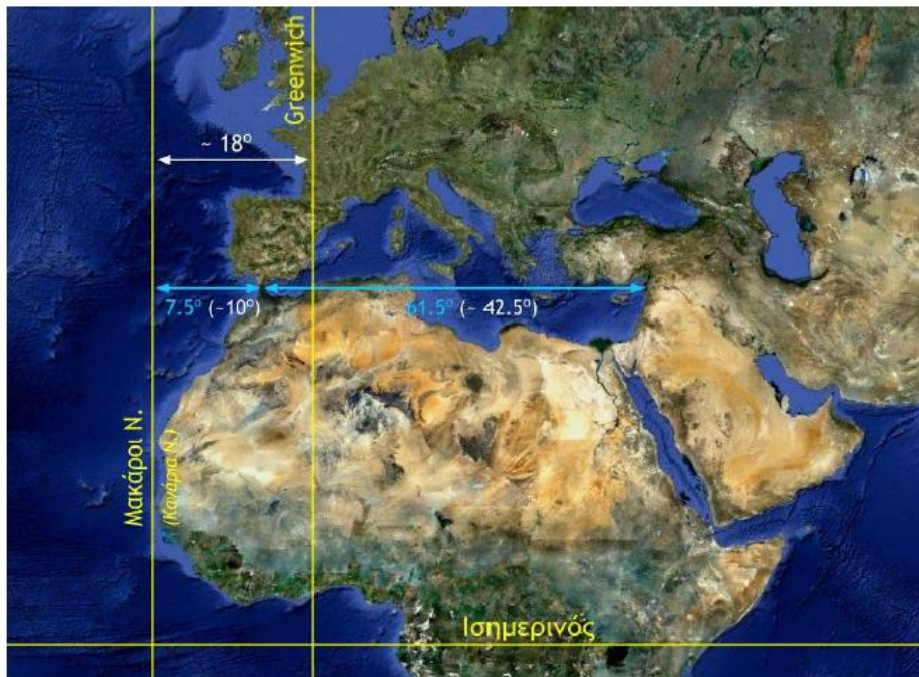
Όσον αφορά την **προβολή** του χάρτη, ο Πτολεμαίος επιλέγει την κωνική προβολή έναντι της σφαιρικής που χρησιμοποιούταν ως τότε (Εικόνα 1-11)



Εικόνα 1-11: Η κωνική πτολεμαϊκή προβολή (αριστερά) και η εφαρμογή της σε απεικόνιση του 15ου αι. Πηγή: Λιβιεράτος (2007)

Όσον αφορά το πλέγμα των **γεωγραφικών συντεταγμένων**, ως αφετηρία του γεωγραφικού μήκους, χρησιμοποιήθηκε ο μεσημβρινός που διέρχεται από τις Μακάρους νήσους (Κανάρια νησιά) και βρίσκεται 18° δυτικά του Greenwich. Ως αφετηρία του γεωγραφικού πλάτους, χρησιμοποιήθηκε ο Ισημερινός, του οποίου η

θέση πλησιάζει τον σημερινό Ισημερινό. “Η διαφορά μήκους του μεσημβρινού των Μάκαρων νήσων (Κανάρια ν.) από το Greenwich είναι  $\sim 18^\circ$ . Στο πτολεμαϊκό σύστημα, το σημερινό Γιβραλτάρ απέχει  $7,5^\circ$  κατά μήκος, από τις Μακάρους νήσους, έναντι των  $\sim 10^\circ$  σημερινού μήκους, ενώ το “μήκος” της Μεσογείου είναι  $\sim 61,5^\circ$  στο πτολεμαϊκό σύστημα, έναντι των  $42,5^\circ$  σήμερα” (Τσορλίνη 2011, 137) (Εικόνα 1-12).



Εικόνα 1-12: Η αρχή των μεσημβρινών και παραλλήλων στη Γεωγραφία

Πηγή: Τσορλίνη (2011)

“Το βασικότερο σφάλμα, ωστόσο, του Πτολεμαίου ήταν η αποδοχή των μετρήσεων του Ποσειδώνιου και η υποεκτίμηση του μεγέθους της Γης. Έτσι, η Ευρώπη και η Ασία εκτείνονται στο μισό ημισφαίριο, ενώ στην πραγματικότητα καλύπτουν μόνο  $130^\circ$ . Η Μεσόγειος επίσης εκτείνεται σε  $62^\circ$  ενώ στην πραγματικότητα καλύπτει  $42^\circ$ . Ενώ οι Άραβες από το 13<sup>ο</sup> αιώνα διόρθωσαν την παραμόρφωση αυτή, εντούτοις παραμένει στην Ευρωπαϊκή χαρτογραφία μέχρι το 1700” (Μιχαηλίδου 2004, 12).

### 1.6.2 Στοιχεία Εσωτερικής Αναγνώρισης

Εξετάζοντας το **περιεχόμενο**, πρόκειται για γεωγραφικό χάρτη, που έχει γεωμετρικό χαρακτήρα.

Είναι **παράγωγος** χάρτης, με την έννοια ότι δεν προέρχεται από πρωτογενείς μετρήσεις, αλλά από αξιοποίηση δεδομένων που ήδη υπήρχαν. Ο Πτολεμαίος, για τη σύνταξη του παγκοσμίου χάρτη, στηρίχθηκε σε μεγάλο βαθμό στο έργο του Μαρίνου του Τύριου. Άλλα έργα που συνέβαλαν στην πραγματοποίηση της Γεωγραφίας, και ήταν ιδιαίτερα προωθητικά, είναι αυτά του Ερατοσθένη, του Ίππαρχου και του Στράβωνα (Αυίας 2000).

## 1.7 Το OpenStreetMap

Το OpenStreetMap (OSM) έχει προκύψει από εθελοντές (πάνω από 500.000 άτομα), οι οποίοι ανανεώνουν και προσθέτουν διαρκώς δεδομένα, στηριζόμενοι σε αεροφωτογραφίες, μετρήσεις από GPS και τοπικούς χάρτες. *“Το OpenStreetMap έχει ελεύθερα δεδομένα που διατίθενται με άδεια Open Data Commons Open Database License (ODbL), τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς για οποιονδήποτε σκοπό, εφόσον μνημονευθεί το OpenStreetMap και οι συνεισφέροντές του. Η προσαρμογή και αξιοποίηση των δεδομένων επιτρέπεται μόνο υπό την ίδια άδεια χρήσης. Τα δεδομένα διατίθενται με την άδεια Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 license (CC BY-SA)”* (el.wikipedia.org).

Το Map Analyst είναι συνδεδεμένο με ένα OpenStreetMap διακομιστή, έτσι όταν ο χρήστης είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο, μπορεί να έχει πρόσβαση στο OSM, το οποίο εμφανίζεται ως προεπιλογή στη θέση του χάρτη αναφοράς του προγράμματος.

Ο χάρτης που κατεβαίνει από το OSM χρησιμοποιεί τη Μερκατορική προβολή. Θεωρητικά, είναι αρκετά λανθασμένη επιλογή ως χάρτης αναφοράς, επειδή η προβολή αυτή έχει μεγάλες παραμορφώσεις στα επιφανειακά μεγέθη. Το Map Analyst, για να εξαλείψει τις παραμορφώσεις λόγω προβολής, μετατρέπει τα σημεία ελέγχου σε γεωγραφικές συντεταγμένες, χρησιμοποιώντας το ελλειψοειδές WGS84, και στη συνέχεια τα προβάλλει σε μια Εγκάρσια Ισοδύναμη Κυλινδρική προβολή. Οι υπολογισμοί των παραμορφώσεων του ιστορικού χάρτη γίνονται σε αυτή την προβολή και εν συνεχεία απεικονίζονται στη Μερκατορική προβολή του χάρτη αναφοράς (mapanalyst.org).

## 2 Μελέτη Ιστορικών Χαρτών

### 2.1 Η έννοια της οριζοντιογραφικής ανάλυσης

Απαραίτητη για την ανάλυση ιστορικών χαρτών και απολύτως συνυφασμένη με την έννοια της χαρτομετρικής ανάλυσης είναι η έννοια της οριζοντιογραφικής ακρίβειας ενός χάρτη. Η έννοια εισήχθηκε από τον Laxton (1976) και είχε στόχο το σαφή διαχωρισμό της από την έννοια της γεωδαιτικής ακρίβειας, η οποία χρησιμοποιούταν ευρέως για τον ορισμό της “ακρίβειας ενός χάρτη”. Σύμφωνα με τον Laxton (1976) λοιπόν, η γεωδαιτική ακρίβεια περιγράφει την ακρίβεια εντοπισμού μιας θέσης του χάρτη σε ένα ορισμένο σύστημα συντεταγμένων, και αφορά τα μαθηματικά στοιχεία του χάρτη, όπως το ελλειψοειδές αναφοράς, την προβολή και το μεσημβρινό αναφοράς. Από την άλλη, η οριζοντιογραφική ακρίβεια αφορά το βαθμό που οι αποστάσεις και τα εμβαδά, που απεικονίζονται, συμπίπτουν με την πραγματική τους τιμή. Η οριζοντιογραφική ακρίβεια προσδιορίζεται συγκρίνοντας χαρακτηριστικά όπως θέσεις, αποστάσεις, εμβαδά και γωνίες στο χάρτη με την πραγματικότητα, επιτρέποντας την εκτίμηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του χάρτη και κρίνοντας τελικά την καταλληλότητά του για την αξιοποίηση του σε ιστορικές μελέτες (Jenny & Hurni 2011) και (Laxton 1976).

### 2.2 Εργασίες αξιολόγησης ιστορικών χαρτών

Αν και είναι δεδομένη η ανάγκη ύπαρξης μιας μεθοδολογίας μελέτης των ιστορικών χαρτών, είναι πολύ αμφίβολο το κατά πόσο αυτή θα βρει εφαρμογή σε όλους τους χάρτες. Πολύ συχνά ένας χάρτης δεν μπορεί να προσεγγιστεί με μια συγκεκριμένη θεωρητική μέθοδο, έτσι η κρίση και η διαίσθηση του μελετητή αποτελεί αναμφίβολα βασικό στοιχείο στην ανάλυση ενός ιστορικού χάρτη. Παρόλα αυτά, αν και δεν υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι, που εφαρμόζονται σε όλους τους χάρτες, με σκοπό μία πρώτη τεχνική αξιολόγηση τους (Harley 1968).

Ο Harley (1968) κατατάσσει τις εργασίες αξιολόγησης των ιστορικών χαρτών σε τρεις κατηγορίες.

Η πρώτη αφορά τη **χρονομετρική ακρίβεια**, δηλαδή τη χρονολόγηση και την ταυτοποίηση (identification) του χάρτη, και πραγματοποιείται με μια εκ των ακόλουθων μεθόδων:

#### **α. Φυσικός έλεγχος**

Πρόκειται για μια καθαρά αρχαιολογική μέθοδο που αντιμετωπίζει το χάρτη ως αντικείμενο και εξάγει συμπεράσματα βάσει των υλικών του, δηλαδή την περγαμηνή, το χαρτί, το χρώμα και το μελάνι του χάρτη.

**β. Εξέταση του υδατογραφήματος**

Είναι μια αρκετά ακριβής μέθοδος που εφαρμόζεται στους χάρτες που είναι σχεδιασμένοι ή τυπωμένοι σε χαρτί με υδατογράφημα. Επιτρέπει στο μελετητή να εξάγει συμπεράσματα για τον τόπο που προέρχεται το χαρτί και να χρονολογήσει το χάρτη με απόκλιση 20-30 ετών.

**γ. Εξέταση της παλαιογραφίας και του χαρτογραφικού ύφους**

Εδώ τα συμπεράσματα στηρίζονται στην μελέτη των σχεδιαστικών στοιχείων του χάρτη. Έτσι, ρόλο παίζουν ιδιαίτερα τα σύμβολα και χρώματα, που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και το στυλ του χαρτογράφου, και από εκεί εξάγονται συμπεράσματα για την ταυτότητα του δημιουργού και την “ηλικία” του χάρτη. Βοηθητικά προς αυτή τη μέθοδο λειτουργεί η χρήση της υπέρυθρης και υπεριώδους ακτινοβολίας για την τεκμηρίωση των αποδεικτικών στοιχείων.

**δ. Εσωτερικές αποδείξεις**

Πρόκειται για την πιο απλή και πιο αξιόπιστη μέθοδο, η οποία αναζητά τη χρονολογία του χάρτη επάνω στο χαρτί, η οποία όμως, όπως είναι λογικό, δεν βρίσκει εφαρμογή σε όλους τους χάρτες.

Αφού ολοκληρωθεί η χρονολόγηση και η ταυτοποίηση, ο δημιουργός ακολουθεί **ελέγχους του περιεχομένου** του χάρτη, ώστε να διαπιστωθεί η εγκυρότητα του και η γεωδαιτική και οριζοντιογραφική του ακρίβεια. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται είναι οι εξής:

**α. Μαθηματικοί έλεγχοι**

Πρόκειται για τεχνικές που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό των μαθηματικών ιδιοτήτων του χάρτη, όπως είναι η κλίμακα, η προβολή, ο προσανατολισμός και οι παραμορφώσεις του. Εξετάζουν επίσης την ακρίβεια και τον τρόπο κατασκευής του χάρτη.

**β. Τοπογραφικοί έλεγχοι**

Για πολλούς μελετητές δεν αρκεί ο μαθηματικός έλεγχος, έτσι ένας χάρτης μπορεί να χαρακτηριστεί αξιόπιστος ή μη μόνο μετά τον έλεγχο του με αυτή τη μέθοδο (τοπογραφικοί έλεγχοι). Πρόκειται ουσιαστικά για τη σύγκριση της πληροφορίας του χάρτη με πληροφορία που έχει αντληθεί από τοπογραφικές μεθόδους, όπως επίγειες μετρήσεις και αεροφωτογραφίες.

Τρίτη κατηγορία είναι η **σύγκριση του χάρτη** με άλλους, στα πλαίσια του προσδιορισμού της οριζοντιογραφικής ακρίβειας. Τα βασικά εργαλεία αυτής της ανάλυσης είναι:

**α. Μελέτη της ακτογραμμής και των τοπωνυμίων**

Η λεπτομερής εξέταση της ακτογραμμής σε σύγκριση με άλλους χάρτες, και σε συνδυασμό συνήθως με το γεωγραφικό κάρναβο και την ακρίβεια του χάρτη, οδηγεί στην κατάταξη του σε μία οικογένεια χαρτών με παρεμφερή χαρακτηριστικά. Η συγκριτική μελέτη της ονοματολογίας των τοπωνυμίων είναι συχνή κατά τη μελέτη ιστορικών χαρτών και είθισται να είναι συνυφασμένη με τη μελέτη της ακτογραμμής, μιας και από μόνη της δεν μπορεί να δώσει αρκετά στοιχεία αναγνώρισης.

## 6. Χαρτο-βιβλιογραφία (*Carto-bibliography*)

Αφορά τη μελέτη χαρτών βάσει στοιχείων που ανακτήθηκαν από βιβλιογραφική αναζήτηση. Πρόκειται για μια συμπληρωματική μέθοδο, η οποία όμως μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες κατά την μελέτη ιστορικών χαρτών (Harley 1968).

### 2.3 Χαρτομετρική Ανάλυση

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των μαθηματικών στοιχείων των ιστορικών χαρτών που μελετώνται. Στοχεύει ουσιαστικά στη χαρτομετρική ανάλυση των χαρτών με συγκριτικές μεθόδους. Η χαρτομετρική ανάλυση αφορά τη διερεύνηση της οριζοντιογραφικής ακρίβειας ενός ιστορικού χάρτη (Jenny 2006). Πρόκειται για τα στοιχεία εκείνα που τα χαρακτηριστικά τους είναι ανεξάρτητα του ανάγλυφου. Εξ' ορισμού είναι στοιχεία που αφορούν οι δύο διαστάσεις τους, όπως οι δρόμοι, τα ίχνη κτιρίων, τα ποτάμια και οι λίμνες ([en.mimi.hu/gis/](http://en.mimi.hu/gis/)). Συγκεκριμένα, αυτό που ενδιαφέρει να προσδιοριστεί, ως αποτέλεσμα της χαρτομετρικής ανάλυσης, είναι ο βαθμός που τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, αποστάσεις και εμβαδά, των αναγνωρίσιμων στοιχείων του ιστορικού χάρτη, συμπίπτουν με την πραγματική τους τιμή. Για την οπτικοποίηση της γεωμετρικής ακρίβειας, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές γραφικής απεικόνισης, όπως τα διανύσματα σφάλματος και τα πλέγματα παραμόρφωσης (Jenny 2006).

Σημειώνεται ότι με την εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων, έχουν ξεκινήσει οι αναλύσεις και συγκρίσεις ανάγλυφων (π.χ. Pearson et al. 2009), δεν έχουν όμως αναπτυχθεί πλήρως μεθοδολογίες χαρτομετρικής ανάλυσης σε τρισδιάστατα αντικείμενα και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Η άμεση γεωμετρική αναπαράσταση είναι ιδιαίτερα δύσκολη, αν όχι αδύνατη, στους περισσότερους χάρτες. Έτσι απαιτείται η μεσολάβηση ενός ενδιάμεσου μοντέλου, που λειτουργεί βοηθητικά στη διαδικασία της γεωμετρικής περιγραφής του χάρτη. Αυτό ακριβώς επιτυγχάνεται με τις συγκριτικές μεθόδους -επιτρέπουν την έμμεση γεωμετρική αναπαράσταση- γι' αυτό και είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς ως εργαλεία μελέτης ιστορικών χαρτών (Boutoura & Livieratos 2006).

Η ανάλυση ενός ιστορικού χάρτη μπορεί να στηρίξει ή να καταρρίψει μία υπόθεση σχετικά με τεχνικές πτυχές της δημιουργίας του. Μπορούν για παράδειγμα, να ελεγχθούν υποθέσεις σχετικά με τις τοπογραφικές μεθόδους και τις πηγές του χάρτη ή να εξετάζει την προβολή και το ελλειψοειδές αναφοράς. Η ανάλυση μπορεί ακόμα να ελέγξει την αξιοπιστία των πληροφοριών που λαμβάνονται για ιστορική έρευνα (π.χ. τη μελέτη των αλλαγών στη χρήση γης, της βλάστησης, και την παράκτια διάβρωση) (Blakemore & Harley 1980, Jenny et al. 2007).



## 2.4 Το λογισμικό Map Analyst

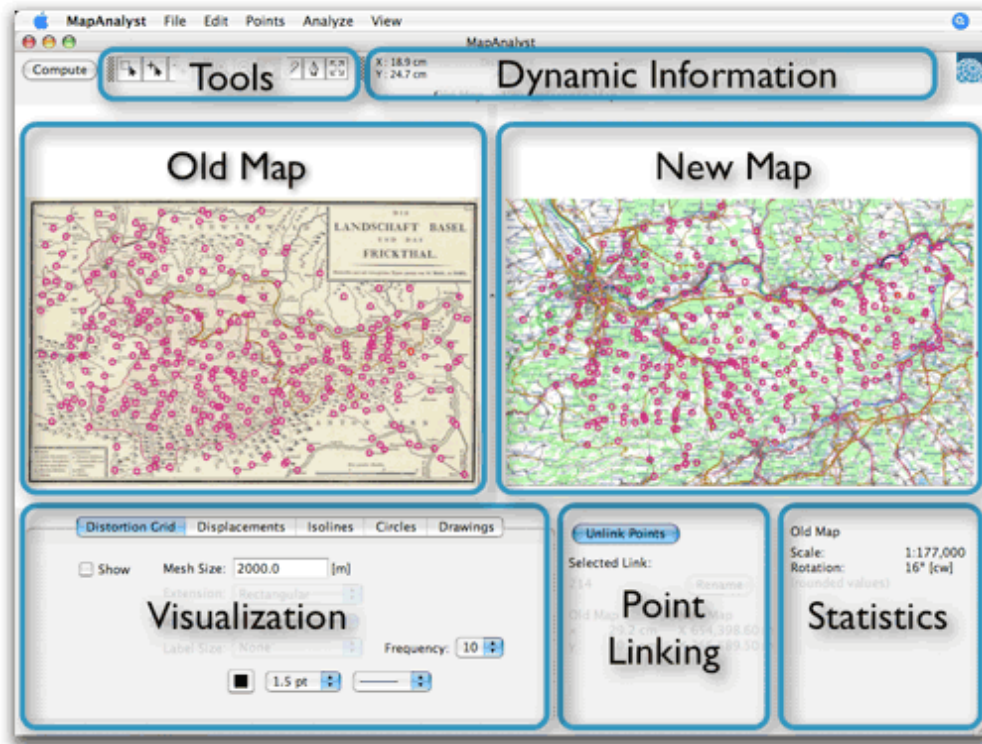
Αν και οι μελετητές ιστορικών χαρτών έχουν αναπτύξει διάφορες τεχνικές ανάλυσης και απεικόνισης της οριζοντιογραφικής ακρίβειας των χαρτών, για τη γρήγορη και εύκολη εφαρμογή αυτών των τεχνικών απαιτείται η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και η ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού και εφαρμογών (mapanalyst.org).

Μέχρι το 2005, οι εφαρμογές που είχαν αναπτυχθεί για την ανάλυση της γεωμετρίας ιστορικών χαρτών, δεν ήταν εύκολα διαθέσιμες, ήταν σχεδιασμένες για συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα και βασιζόταν σε ακριβά, μη φιλικά για το χρήστη συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, με μικρές δυνατότητες επέκτασης. Έτσι, για τη σωστή ανάλυση ενός ιστορικού χάρτη, ο μελετητής χρειαζόταν να έχει εξειδικευμένες γνώσεις στον προγραμματισμό, τα μαθηματικά, τη σχεδίαση σε υπολογιστές και τη θεωρία σφαλμάτων (Jenny 2006). Αυτό οδήγησε το Ινστιτούτο Χαρτογραφίας του ΕΤΗ της Ζυρίχης να αναπτύξει ένα νέο λογισμικό ανάλυσης και παρουσίασης ακρίβειας ιστορικών χαρτών το 2005, το λογισμικό του Map Analyst από τους Bernhard Jenny και τον Adrian Weber (mapanalyst.org).

Πρόκειται για μια ελεύθερη, φιλική προς τον χρήστη εφαρμογή Java που υποστηρίζεται από όλα τα κύρια λειτουργικά συστήματα υπολογιστών.

### 2.4.1 Διαδικασία

Χρησιμοποιώντας το Map Analyst, επιτυγχάνεται η σύγκριση μεταξύ δύο χαρτών (Εικόνα 2-1), με τη λογική της υπέρθεσης. Ορίζεται ένας από τους δύο συγκρινόμενους χάρτες ως χάρτης αναφοράς (reference map), έτσι, εισάγοντας το δεύτερο χάρτη, το πρόγραμμα υπολογίζει την απόκλισή του από το χάρτη αναφοράς. Για να επιτευχθεί αυτή η σύγκριση, που οδηγεί τελικά στην αναπαράσταση της ακρίβειας του χάρτη και τον υπολογισμό των μαθηματικών στοιχείων και δεικτών, σκοπεύονται ζεύγη ομόλογων σημείων στους δύο χάρτες. Συγκρίνοντας τις θέσεις των σχετικών σημείων, το Map Analyst υπολογίζει τα σφάλματα του δεύτερου χάρτη (ως προς το χάρτη αναφοράς, τον οποίο θεωρεί ως ορθό) και υπολογίζει στατιστικές τιμές, όπως είναι η κλίμακα και ο προσανατολισμός. Στη συνέχεια, βασιζόμενο σε αυτές τις τιμές, εξάγει τα τελικά αποτελέσματα (αναφέρονται παρακάτω 2.4.2) (Huang et al. 2011). Τα αποτελέσματα εξάγονται βάσει του μετασχηματισμού που ο χρήστης επιλέγει κάθε φορά (μεταξύ των διαθέσιμων, βλ. 2.4.2). Έτσι, είναι σκόπιμο να ελέγχεται η αναφορά που διαθέτει το πρόγραμμα, η οποία συγκρίνει τις παραμέτρους και τα σφάλματα που προκύπτουν από κάθε μετασχηματισμό και να επιλέγεται βάσει αυτής ο κατάλληλος.



Εικόνα 2-1: Τα μέρη του κύριου παραθύρου του Map Analyst

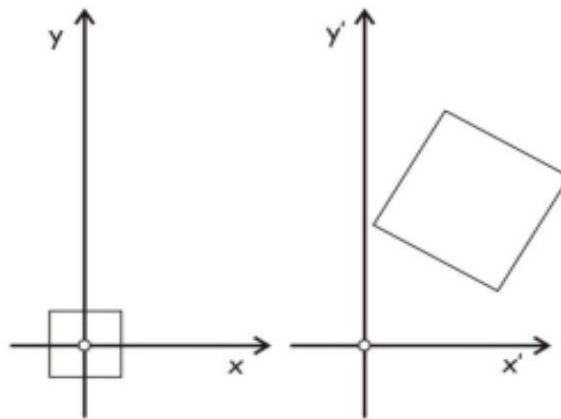
Πηγή: mapanalyst.org

## 2.4.2 Οι μετασχηματισμοί του Map Analyst

Οι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί είναι η βάση του Map Analyst, αφού σε αυτούς στηρίζεται ο υπολογισμός όλων των στατιστικών μεγεθών (κλίμακα, στροφή κ.ά.) και οι απεικονίσεις της οριζοντιογραφικής ανάλυσης που προκύπτουν. Ο μετασχηματισμός μετατρέπει τα σημεία του ενός χάρτη σε σημεία του άλλου χάρτη, και αντίστροφα, και έτσι καθιστά δυνατή τη σύγκριση των δύο χαρτών, στην οποία και στηρίζονται τα αποτελέσματα του λογισμικού (mapanalyst.org). Οι μετασχηματισμοί που υποστηρίζονται από το Map Analyst είναι οι ακόλουθοι:

### ***Helmert 4 παραμέτρων***

Πρόκειται για το μετασχηματισμό ομοιότητας, επομένως οι παράμετροι του είναι οι μεταθέσεις κατά τους άξονες  $x$  και  $y$ , η στροφή και η κλίμακα (ενιαία ως προς τους δύο άξονες). (Νάκος 2011) “Χαρακτηριστική ιδιότητα του μετασχηματισμού είναι η διατήρηση των σχημάτων των γραφικών αντικειμένων” (Νάκος 2011, 183). Οι δημιουργοί του Map Analyst, προτείνουν αυτόν το μετασχηματισμό ως την καλύτερη επιλογή για την πλειοψηφία των εφαρμογών (mapanalyst.org).

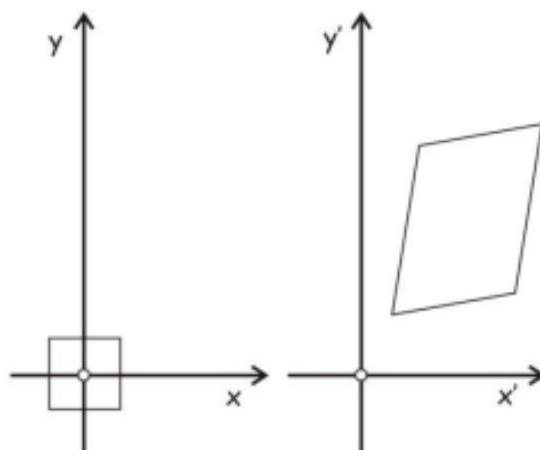


Εικόνα 2-2: Ο μετασχηματισμός ομοιότητας

Πηγή: Νάκος (2011)

**Affine 6 παραμέτρων**

Ο αφινικός ή ομοπαράλληλος μετασχηματισμός είναι ένας γραμμικός μετασχηματισμός. Οι παράμετροι, 6 στο σύνολο τους, που πρέπει να προσδιοριστούν για την εφαρμογή του είναι οι μεταθέσεις κατά τους άξονες  $x$  και  $y$ , δύο γωνίες στροφής και δύο συντελεστές κλίμακας, κατά  $x$  και  $y$ . Κύριο χαρακτηριστικό του ομοπαράλληλου είναι πως, αν και δεν διατηρεί τις ορθές γωνίες, διατηρεί τις γραμμές και την παραλληλία μεταξύ τους. Ακόμα, μπορεί να εφαρμόσει διαφορετικές διορθώσεις κατά  $x$  και κατά  $y$ . Όσον αφορά τη χρήση του σε εφαρμογές του Map Analyst, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της γωνίας διάτμησης του ιστορικού χάρτη, όταν οι άξονες  $x$  και  $y$  δεν είναι ορθογώνιοι (mapanalyst.org).



Εικόνα 2-3: Ο ομοπαράλληλος μετασχηματισμός

Πηγή: Νάκος (2011)

**Affine 5 παραμέτρων**

Πρόκειται για μία παραλλαγή του βασικού αφινικού μετασχηματισμού, με τη διαφορά ότι στις παραμέτρους δεν περιέχονται δύο γωνίες στροφής αλλά μία. Συνιστάται η χρήση του σε περιπτώσεις που ο χάρτης είναι μονόπλευρα

παραμορφωμένος και δεν επιθυμείται η απεικόνιση αυτής της μονομερούς στρέβλωσης στα αποτελέσματα του λογισμικού (mapanalyst.org).

### ***Robust Helmert***

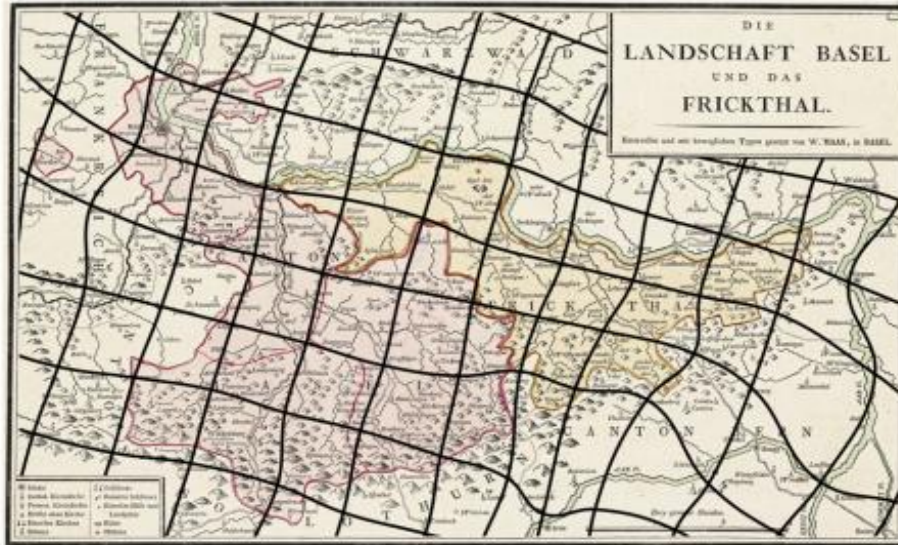
Ο μετασχηματισμός λειτουργεί στη βάση των ανισοβαρών παρατηρήσεων. Χρησιμοποιείται όταν τα ζεύγη σημείων δίνουν ακραίες τιμές σε ακανόνιστες θέσεις. Ο μετασχηματισμός Robust Helmert στηριζόμενος σε έναν δείκτη-εκτιμητή εντοπίζει αυτές τις ακραίες τιμές και υπολογίζει το βάρος που θα έχει κάθε ζεύγος ομόλογων σημείων στους υπολογισμούς. Το Map Analyst δίνει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ τριών δεικτών εκτίμησης: τους Huber Estimator, V-Estimator και Hampel Estimator. Ανάλογα με την επιλογή του δείκτη γίνεται στη συνέχεια η επιλογή των παραμέτρων και τελικά η εφαρμογή του μετασχηματισμού (mapanalyst.org).

### **2.4.3 Αποτελέσματα**

Μετά από επεξεργασία των δεδομένων που εισήχθησαν στο πρόγραμμα, το Map Analyst καταλήγει στον υπολογισμό και στην οπτικοποίηση της οριζοντιογραφικής ακρίβειας. Οι απεικονίσεις δείχνουν πως η στρόφη, η διάτμηση, η συρρίκνωση και η μεγέθυνση ποικίλουν τοπικά στις περιοχές του χάρτη. Πιο συγκεκριμένα, οι απεικονίσεις που παράγονται από το λογισμικό είναι οι ακόλουθες:

#### ***Πλέγμα παραμόρφωσης***

Παρουσιάζει το πώς η κλίμακα μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο του χάρτη (Εικόνα 2-6). Όταν το πλέγμα του ιστορικού χάρτη, που υπολογίστηκε, είναι συμπιεσμένο σε σχέση με αυτό του χάρτη αναφοράς, τότε η κλίμακα του χάρτη αναφοράς είναι μεγαλύτερη από την κλίμακα του ιστορικού χάρτη. Αντίστοιχα, όταν η κλίμακα είναι μεγαλύτερη στον ιστορικό χάρτη, το πλέγμα παραμόρφωσης του εμφανίζει διαστολή (Huang et al. 2011). Συχνά, η μορφή του πλέγματος διαφέρει και εμφανίζει σε κάποιες περιοχές συστολή και σε άλλες διαστολή. Σε αυτή την περίπτωση η κλίμακα ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και, ανάλογα με τη μορφή του πλέγματος, είναι σε κάποιες περιοχές μικρότερη (συμπιεσμένο πλέγμα) και σε κάποιες μεγαλύτερη (διασταλμένο πλέγμα), σε σύγκριση πάντα με την κλίμακα του χάρτη αναφοράς.



Εικόνα 2-4: Πλέγμα παραμόρφωσης με βήμα 5000 m

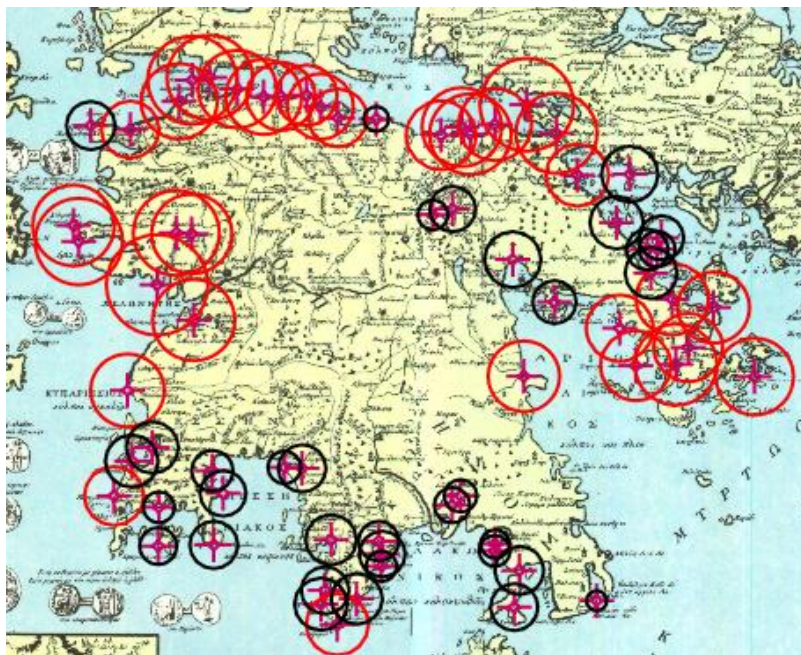
Πηγή: mapanalyst.org

### **Διανύσματα και κύκλοι μετατόπισης**

Η μετατόπιση στο Map Analyst απεικονίζεται με δύο δείκτες: τα διανύσματα (Εικόνα 2-7) και τους κύκλους μετατόπισης (Εικόνα 2-8). Το διάνυσμα μετατόπισης είναι, αλγοριθμικά, μια απλή απεικόνιση, εύκολα κατανοητή από το χρήστη του προγράμματος (Jenny & Hurri 2011). Το διάνυσμα υποδεικνύει την απόσταση μεταξύ δύο ομόλογων σημείων αναφοράς. Το μέγεθος του διανύσματος είναι ανάλογο της απόστασης (Huang et al. 2011). Η αρχή του διανύσματος είναι η θέση του σημείου στον ιστορικό χάρτη, και καταλήγει στη θέση που θα ήταν το σημείο εάν ο συγκρινόμενος χάρτης είχε την ίδια ακρίβεια με το χάρτη αναφοράς, δηλαδή, το διάνυσμα καταλήγει στο σημείο ελέγχου που έχει μετασχηματιστεί από το χάρτη αναφοράς στον ιστορικό χάρτη, βάσει του μετασχηματισμού που έχει επιλεγεί (Jenny & Hurri 2011). Ο δεύτερος δείκτης που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της μετατόπισης είναι οι κύκλοι μετατόπισης. Παρότι η ακτίνα ενός κύκλου δεν είναι ίση με το διάνυσμα, η γεωμετρική τους ερμηνεία είναι η ίδια: το μέγεθος του κύκλου είναι ανάλογο της μετατόπισης του σημείου. Επομένως, και οι δύο δείκτες δείχνουν την απόκλιση της θέσης του σημείου μεταξύ των δύο χαρτών, χωρίς όμως να μπορούν να απεικονίσουν την τοπική ακρίβεια του χάρτη (Huang et al. 2011).



Εικόνα 2-5: Διανύσματα μετατόπισης

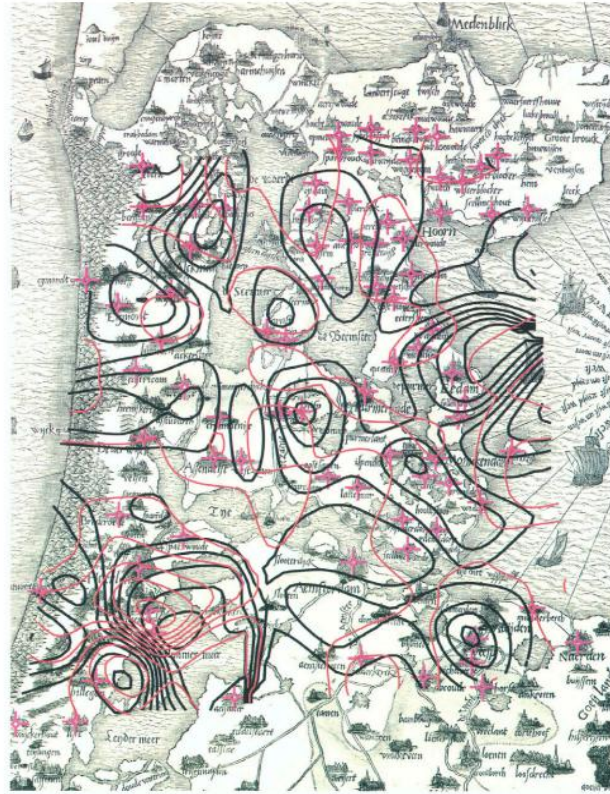


Εικόνα 2-6: Κύκλοι μετατόπισης

### **Ισαριθμικές καμπύλες κλίμακας και στροφής**

Οι ισαριθμικές καμπύλες κλίμακας (Εικόνα 2-9) και στροφής (Εικόνα 2-10) συνδέουν σημεία με κοινές τιμές κλίμακας και στροφής αντίστοιχα. Επομένως, απεικονίζουν τον τρόπο που μεταβάλλεται τοπικά η κλίμακα και η στροφή στις περιοχές του χάρτη. Κατά την κατασκευή τους, το Map Analyst δεν λαμβάνει υπ' όψιν όλα τα ζεύγη ομόλογων σημείων που έχουν σκοπευθεί, αλλά μόνο όσα βρίσκονται εντός της ακτίνας επιρροής του κέντρου του μετασχηματισμού, που έχει ορίσει ο χρήστης (mapanalyst.org). Ο χρήστης ορίζει και την ισοδιάσταση των ισαριθμικών και έτσι προβαίνει το πρόγραμμα στην τελική κατασκευή τους.

Τα παραπάνω αφορούν την αναπαράσταση των τοπικών παραμορφώσεων του χάρτη. Κινώντας τον κέρσορα πάνω στις παραπάνω απεικονίσεις, ο χρήστης μπορεί να δει τη θέση του σημείου (συντεταγμένες x,y) που βρίσκεται κάθε στιγμή το ποντίκι, καθώς και την τοπική κλίμακα και στροφή του αντίστοιχου σημείου. Το λογισμικό υπολογίζει επίσης τη μέση τιμή κλίμακας και στροφής του ιστορικού χάρτη.



Εικόνα 2-7: Ισαριθμικές κλίμακας (μαύρο χρώμα) και στροφής (κόκκινο χρώμα)

Πηγή: Jenny & Heere (2008)

### 3 Σύγκριση Ιστορικών Χαρτών

Ορισμένες διευκρινίσεις για τις συγκρίσεις που ακολουθούν στις παραγράφους 3.1, 3.2, 3.3:

- Οι συγκρίσεις των χαρτών για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων έγιναν με το λογισμικό Map Analyst, που περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 2.3.
- Ο χάρτης που αναφέρεται ως σύγχρονος στις παραγράφους 3.1 και 3.2 είναι ο χάρτης του OpenStreetMap (OSM) (βλ. αναλυτικά παράγραφο 1.7).
- Ο μετασχηματισμός που επιλέγεται κάθε φορά, είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, όπως αυτά παρουσιάζονται στην αναφορά “Comparison of Transformations” του Map Analyst. Όλες οι αναφορές βρίσκονται στο Παράρτημα II.
- Τα σημεία σύνδεσης βρίσκονται στην ακτογραμμή σε όλους τους χάρτες, με ελάχιστες εξαιρέσεις σημείων που βρίσκονται στο εσωτερικό. Αυτό συνέβη λόγω της της ασάφειας της θέσης ορισμένων τοπωνυμίων ή λόγω των σφαλμάτων των θέσεων τους στους ιστορικούς χάρτες (σημειώνεται ότι στη Χάρτα, ενώ υπάρχουν σαφώς αναγνωρίσιμα τοπωνύμια, υπάρχουν μεγάλα σφάλματα στη θέση τους).
- Στις συγκρίσεις των παραγράφων 3.2 και 3.3, τα σημεία σύνδεσης είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με αυτών της παραγράφου 3.1. Αυτό συμβαίνει, λόγω της μεγάλης γενίκευσης και των μεγάλων αποκλίσεων που υπάρχει στους χάρτες του Πτολεμαίου (σε σχέση με τη Χάρτα και με το σύγχρονο χάρτη), που καθιστά την αναγνώριση ομόλογων σημείων δύσκολη.
- Η απεικόνιση που έχει επιλεγεί για το σχολιασμό των παραμορφώσεων είναι το πλέγμα παραμόρφωσης. Οι υπόλοιπες απεικονίσεις βρίσκονται στο παράρτημα.
- Οι μετρήσεις των στροφών συνοδεύονται από τον δείκτη [cw] ή [ccw]. Το [cw] αναφέρεται σε δεξιόστροφη στροφή, ενώ το [ccw] σε αριστερόστροφη.

#### 3.1 Σύγκριση της Χάρτας του Ρήγα με σύγχρονο χάρτη

##### 3.1.1 Η Χάρτα

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 1, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-1 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.



Πίνακας 3-1: Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	578
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	5.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	50.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$
Ακτίνα Επιρροής	150.000 m

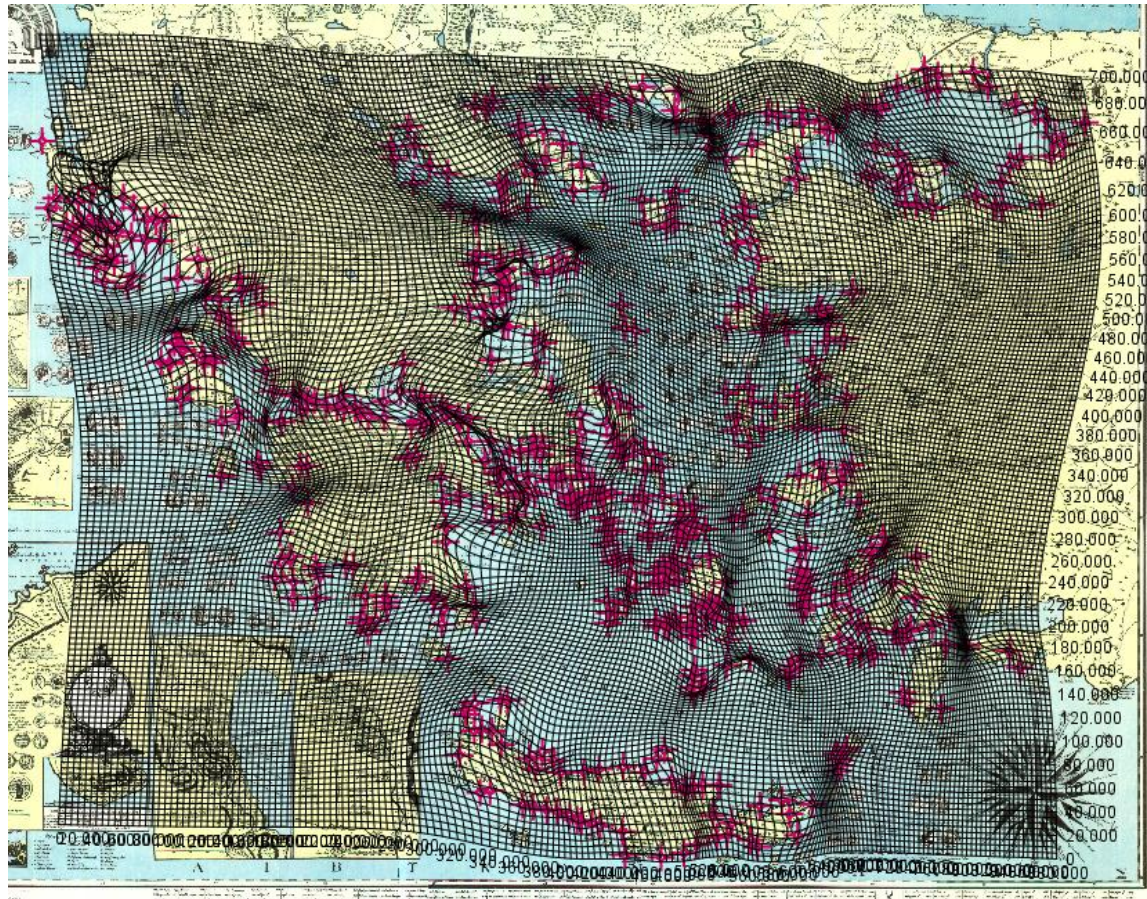
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 2, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

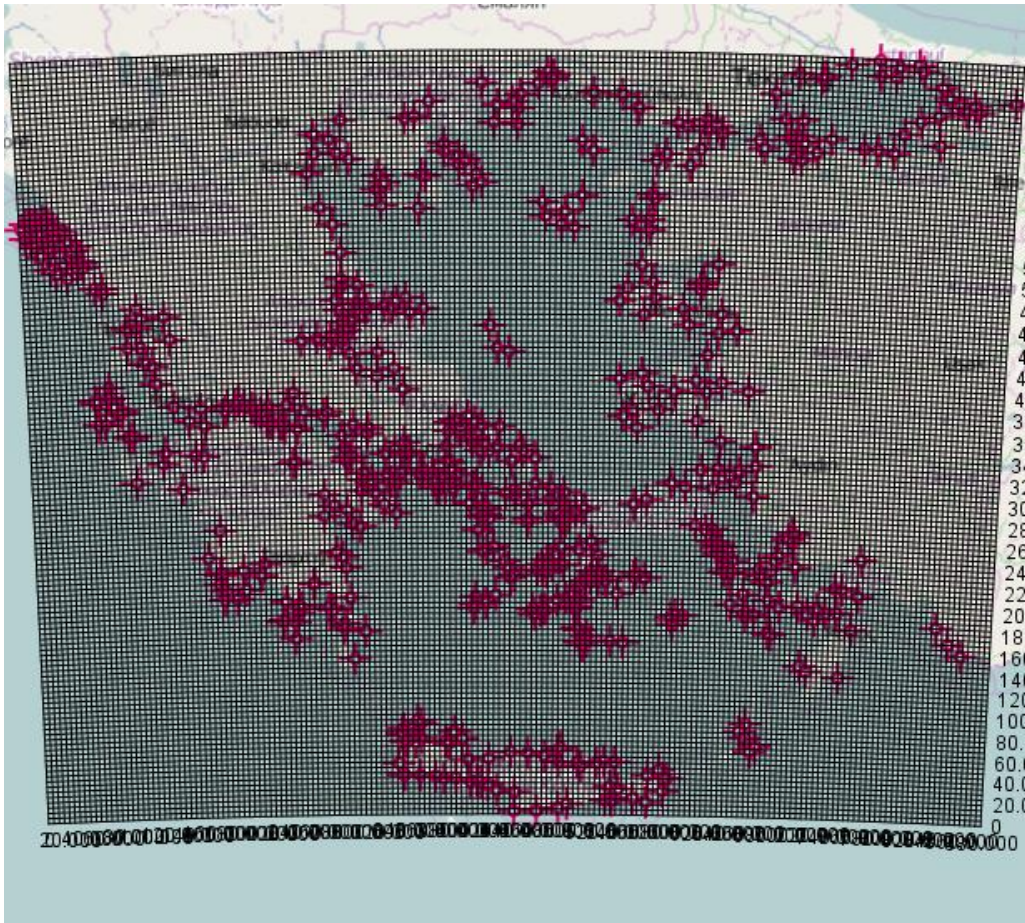
**Scale:** 1: 1.957.000

**Rotation:**  $179^\circ$  [ccw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-1) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-2), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 1-4, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης μεταξύ της Χάρτας και του χάρτη αναφοράς.



Εικόνα 3-1: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m



Εικόνα 3-2: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m

### Αποτελέσματα

Στο βόρειο τμήμα, η κλίμακα παρουσιάζει απόκλιση  $\sim +35\%$  από τη μέση τιμή, ενώ οι στροφές δεν είναι σταθερές, αφού αυξάνονται σημαντικά προς τα δυτικά και τείνουν σε μονό αριθμό προς τα ανατολικά.

Στο νότιο τμήμα διαπιστώνονται μικρές σχετικά στροφές με τιμές  $\sim 10^\circ[\text{cw}] - 10^\circ[\text{ccw}]$ . Η κλίμακα παρουσιάζει επίσης μικρές αποκλίσεις με ποσοστό  $\sim -10\% - +10\%$ , με κάποιες εξαιρέσεις, που δεν ξεπερνούν και πάλι το  $+25\%$ .

Στα δυτικά εντοπίζονται οι μεγαλύτερες στροφές ( $\sim 15^\circ[\text{cw}] - 40^\circ[\text{ccw}]$ ), οι οποίες αυξάνονται προς το βορρά. Η μέση αύξηση κλίμακας είναι  $+30\%$ .

Στα ανατολικά εντοπίζονται οι μικρότερες στροφές του χάρτη, και συγκεκριμένα στη Μικρά Ασία, και κυμαίνονται από  $5^\circ[\text{cw}] - 5^\circ[\text{ccw}]$ . Η κλίμακα σε αυτή την περιοχή είναι κατά περίπου  $30\%$  μεγαλύτερη από τη μέση.

Η μέγιστη μεταβολή κλίμακας εντοπίζεται στο θαλάσσιο τμήμα ανατολικά της Κατερίνης και ανατολικά της Θράκης, σημεία όπου η κλίμακα φτάνει το  $1:3.400.000$ , κλίμακα που μεταφράζεται σε απόκλιση  $\sim +75\%$  από τη μέση κλίμακα.

Λόγω της ιδιαίτερης αντιμετώπισης της περιοχής από το χαρτογράφο (βλ. παράγραφο 1.3.1), έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί η περιοχή της Κωνσταντινούπολης.

Η κλίμακα απεικόνισης της περιοχής είναι πράγματι μεγαλύτερη κατά 30% σε σχέση με τη μέση κλίμακα. Όσον αφορά τη στροφή είναι  $\sim 10^\circ$  [ccw].

Συνοψίζοντας, η κλίμακα της Χάρτας αυξάνεται προς το Βορρά και οι στροφές της προς τη Δύση. Στο εσωτερικό του χάρτη οι παραμορφώσεις είναι σε γενικές γραμμές μικρότερες, αποτέλεσμα που το πιθανότερο είναι να προκύπτει από την έλλειψη σημείων ελέγχου στο εσωτερικό.

### 3.1.2 Η Πελοπόννησος

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 3, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-2 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.

Πίνακας 3-2 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	74
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	5.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	20.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$
Ακτίνα Επιρροής	150.000 m

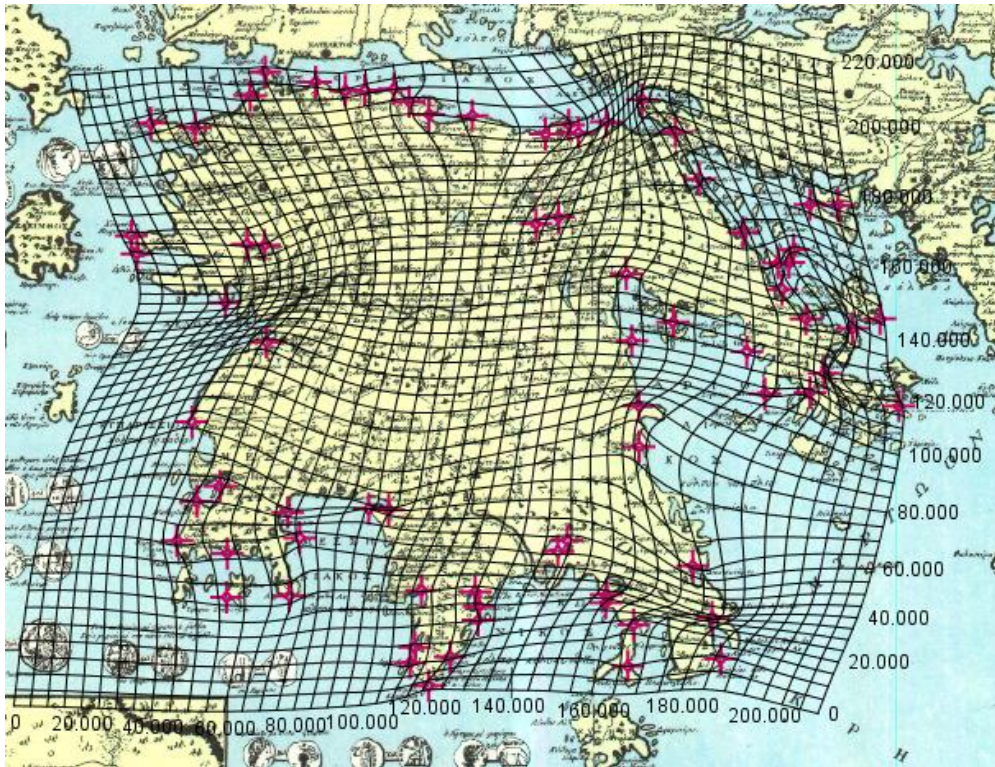
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 4, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

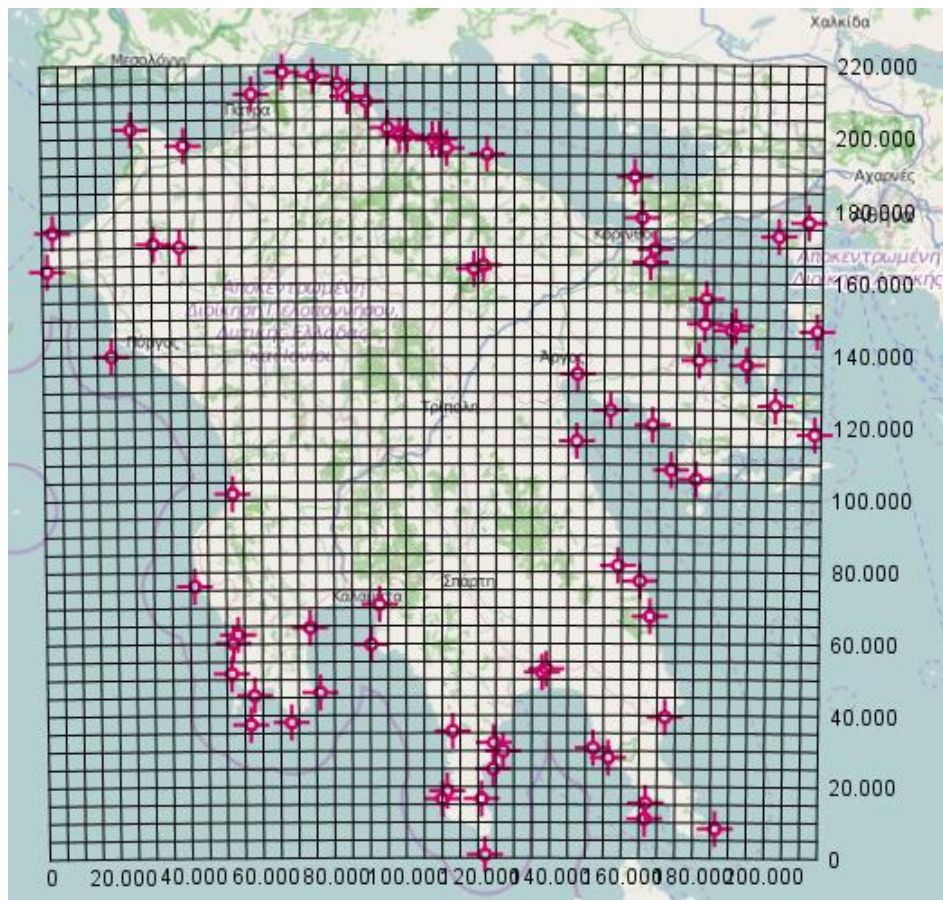
**Scale:** 1: 1.749.000

**Rotation:**  $4^\circ$  [cw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-3) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-4), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 5-8, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης της Χάρτας του Ρήγα για την περιοχή της Πελοποννήσου σε σύγκριση με το σύγχρονο χάρτη.



Εικόνα 3-3: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m



Εικόνα 3-4: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m

### Αποτελέσματα

Στο βόρειο τμήμα εντοπίζονται οι μεγαλύτερες στροφές που είναι  $\sim 7^\circ$  [ccw] –  $8^\circ$  [ccw].

Οι μικρότερες στροφές είναι στο νότιο τμήμα. Κυμαίνονται από  $\sim 1.5^\circ$  [cw] έως  $\sim 4^\circ$  [cw] (που είναι και η μέση στροφή του χάρτη). Πολύ μικρές στροφές ( $\sim 0^\circ$  [cw] –  $4^\circ$  [cw]) ανιχνεύονται και στο εσωτερικό τμήμα της Πελοποννήσου.

Στα δυτικά εμφανίζονται οι εντονότερες μεταβολές κλίμακας, με την απόκλιση από τη μέση κλίμακα του χάρτη να είναι της τάξεως του +60%.

Στα ανατολικά υπάρχουν μεγάλες στροφές, που εμφανίζουν και μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους, αφού ξεκινούν από  $5^\circ$  [ccw] και φτάνουν τις  $15^\circ$  [cw].

Οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις του πλέγματος ανιχνεύονται βορειοδυτικά της Κορίνθου και νότια του Πύργου. Εξετάζοντας τις τιμές κλίμακας και στροφής δεν εντοπίζονται ακραίες τιμές στην περιοχή, όμως ανατρέχοντας στα διανύσματα μετατόπισης (Εικόνα , Παράρτημα I), διαπιστώνεται πως υπάρχει μεγάλο σφάλμα μετατόπισης.

Η περιοχή της Πελοποννήσου, λοιπόν, δεν ακολουθεί αυστηρά την κατανομή παραμορφώσεων, που περιγράφηκε στο τέλος της παραγράφου 3.1.1 και αφορά το σύνολο της Χάρτας. Όπως προέκυψε, ακολουθεί την κατά τη διεύθυνση Βορράς-Νότος διακύμανση των παραμορφώσεων, δηλαδή στο Νότο είναι μικρότερες από ότι στο Βορρά, αλλά ανατολικά υπάρχουν επίσης πολλές παραμορφώσεις, οπότε δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ακολουθεί την κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση διακύμανση των παραμορφώσεων της συνολικής Χάρτας.

### 3.1.3 Η Κέρκυρα

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 5, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Η Κέρκυρα λόγω του μικρού μεγέθους της, έχει πολύ μικρότερη ακτίνα επιρροής (30.000 m) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες συγκρίσεις (150.000 m), γεγονός που επηρεάζει και τις υπόλοιπες παραμέτρους απεικόνισης. Έτσι, οι τιμές προσαρμόστηκαν, ώστε να εξαχθεί το ασφαλέστερο συμπέρασμα.

Στον Πίνακα 3-3 παρουσιάζονται λεπτομερώς οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.

Πίνακας 3-3 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	21
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	1.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0

Όριο Επισημάνσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	20.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$
Ακτίνα Επιρροής	30.000 m

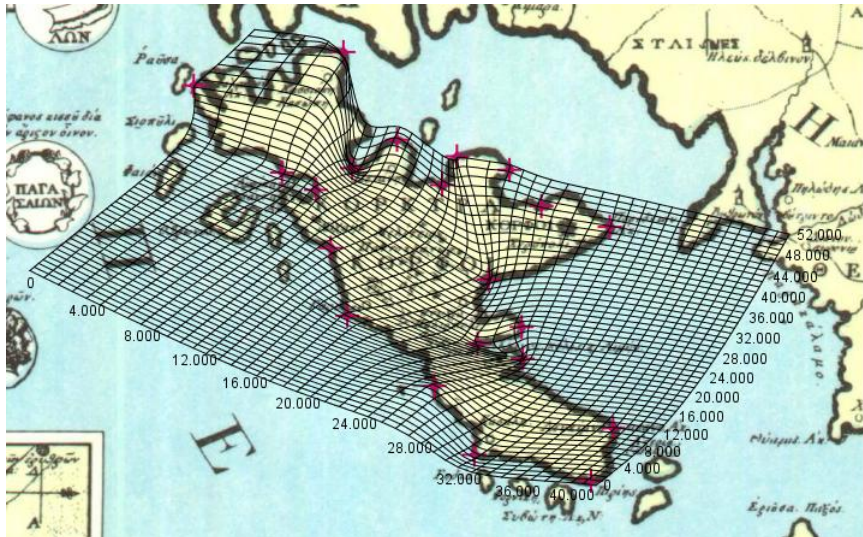
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 6, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

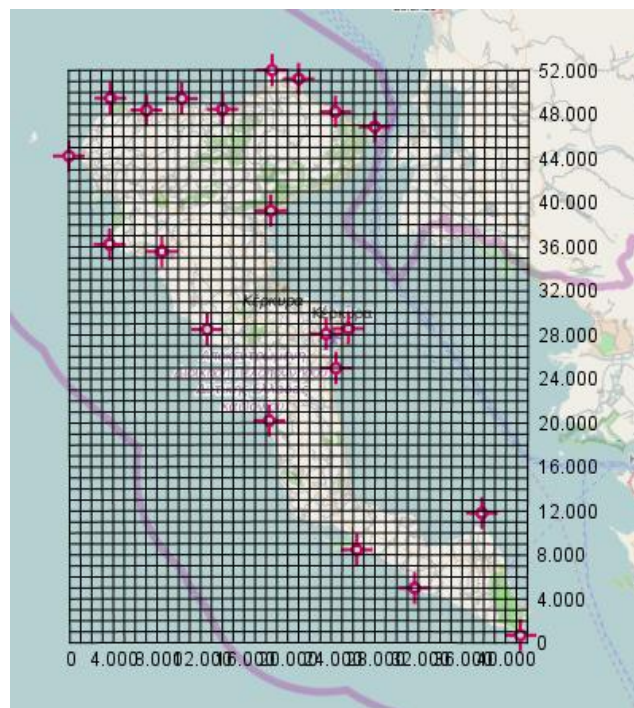
**Scale:** 1: 1.143.000

**Rotation:**  $31^\circ$  [cw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-5) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-6), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 9-12, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης της Χάρτας του Ρήγα για την περιοχή της Κέρκυρας σε σύγκριση με το σύγχρονο χάρτη.



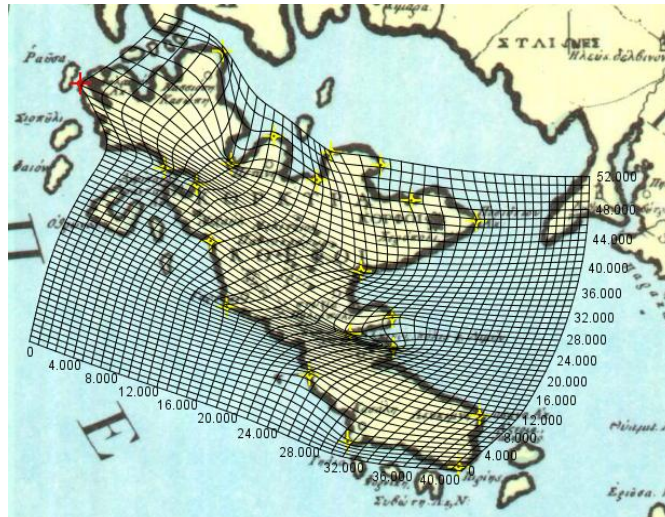
Εικόνα 3-5: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m



Εικόνα 3-6: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 1000 m

Λόγω της πολύ μεγάλης στροφής που παρουσιάζει η περιοχή, έγινε υπολογισμός και με το μετασχηματισμό Helmert 4 παραμέτρων, ο οποίος αν και έχει πολύ μεγαλύτερα σφάλματα από τον Affine 6 παραμέτρων, έχει πολύ μικρότερη στροφή αριθμητικά. Τελικά, το πλέγμα που προέκυψε (Εικόνα 3-7) έχει τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά με το παραπάνω (Εικόνα 3-5), όπως αυτά περιγράφονται στα αποτελέσματα.





Εικόνα 3-7: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m (Helmert)

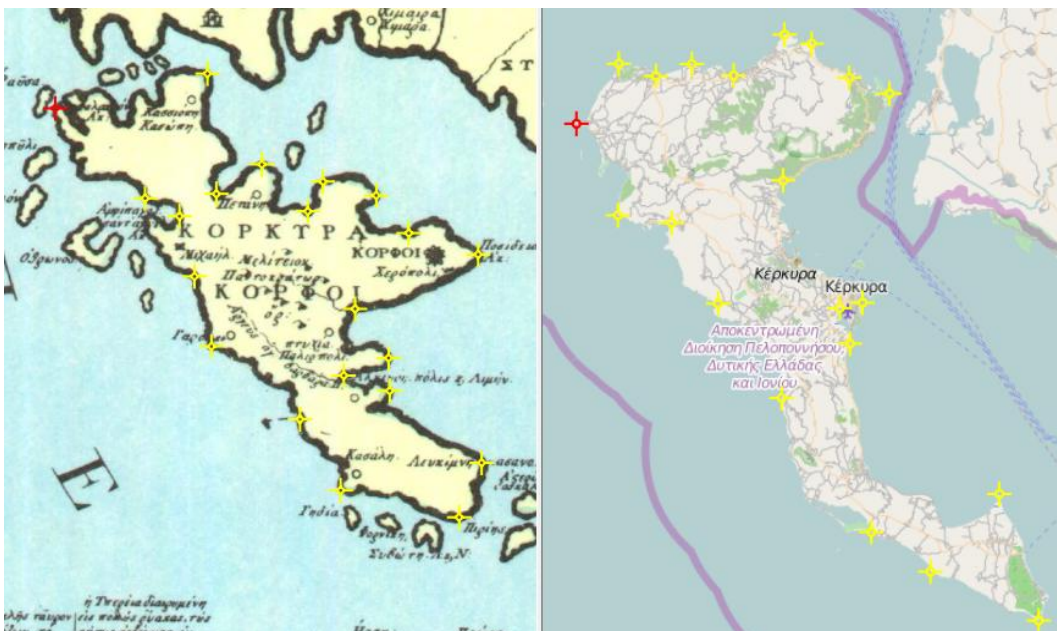
### Αποτελέσματα

Παρατηρώντας κανείς τον κάρναβο φαίνεται αμέσως η μεγάλη στροφή που παρουσιάζει η περιοχή της Κέρκυρας στη Χάρτα, σε σχέση με ένα σύγχρονο χάρτη. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μέση τιμή στροφής, που υπολογίστηκε στις  $31^{\circ}$  [cw]. Τόσο η τιμή της στροφής, όσο και η μορφή του πλέγματος, έχει πολύ μεγάλη απόκλιση από τη στροφή ολόκληρου του χάρτη (βλ. παράγραφο 3.1.1), γεγονός που απορρέει από τη θέση της Κέρκυρας, στα δυτικά, και έρχεται να επιβεβαιώσει το συμπέρασμα ότι τα δυτικά όρια στη Χάρτα έχουν πολύ μεγαλύτερες στροφές σε σχέση με τον υπόλοιπο χάρτη.

Οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις του πλέγματος εντοπίζονται στο βορειοδυτικό μέρος του νησιού και στο κεντροδυτικό. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το μεγάλο, αναλογικά με το υπόλοιπο νησί, μέγεθος που έχει αποδώσει ο Ρήγας στο βόρειο τμήμα της Κέρκυρας. Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια ομόλογα σημεία για να γίνει κατανοητή η αναλογία. (Εικόνα 3-8 και Εικόνα 3-9).



Εικόνα 3-8: Ομόλογα σημεία α (κόκκινο χρώμα)



Εικόνα 3-9 Ομόλογα σημεία β (κόκκινο χρώμα)

Όσον αφορά την κλίμακα, αν και η μέση τιμή είναι μικρότερη από τη μέση τιμή της συνολικής Χάρτας, υπάρχουν πολλές και ακανόνιστες μεταβολές κλίμακας που φτάνουν σε απόκλιση ακόμα και το 100%. Πιθανώς το φαινόμενο αυτό να οφείλεται και στο ότι η ακτογραμμή του νησιού σχηματίζεται από πολλούς κόλπους. Σε όλη την έκταση της Χάρτας, στα σημεία που υπάρχουν κόλποι, υπάρχουν χονδροειδή, πιθανώς σχεδιαστικά σφάλματα, που προκαλούν μεγάλες παραμορφώσεις κλίμακας.

Συμπερασματικά, επιβεβαιώνεται πως η Κέρκυρα, είναι από τις πιο παραμορφωμένες περιοχές στη Χάρτα του Ρήγα, γεγονός που οφείλεται αφενός στο σχήμα της, και αφετέρου στη θέση της.

### 3.2 Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με σύγχρονο χάρτη

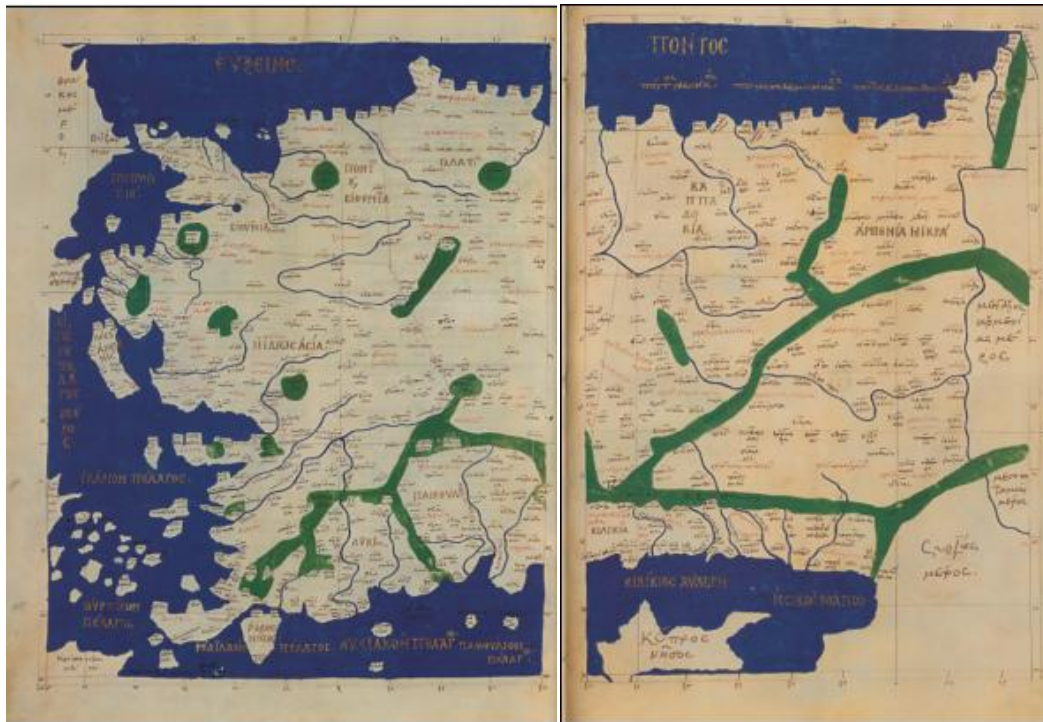
Οι χάρτες του Πτολεμαίου, που χρησιμοποιήθηκαν, προέρχονται από αντίγραφο της Γεωγραφικής Υφήγησης σε επανεκτύπωση (εκδόσεις Μέλισσα) της έκδοσης της Γεωγραφίας, που σώζεται στη Μονή Βατοπεδίου στο Άγιο Όρος.

*“Ο κώδικας «Γεωγραφία Κλαύδιου Πτολεμαίου» της βιβλιοθήκης της Ιεράς Μονής Βατοπεδίου είναι ένα από τα σπανιότερα χειρόγραφα παγκοσμίως. Ο κώδικας αποτελείται από 297 περγαμηνά φύλλα, εμπροσθόφυλλο και οπισθόφυλλο, ενώ περιλαμβάνει μονόστιχο κείμενο, ολοσέλιδες μικρογραφίες και διακοσμητικά μοτίβα. Χρονολογείται στα τέλη του 13ου με αρχές του 14ου αιώνα και περιλαμβάνει τις ενότητες «Η Γεωγραφική Υφήγησης» του Κλαύδιου Πτολεμαίου, η «Χρηστομάθεια εκ των Γεωγραφικών του Στράβωνα» και τα «Γεωγραφικά» του Στράβωνα.”* ([www.hellinon.net](http://www.hellinon.net))

Η ψηφιοποίηση των χαρτών, που ενδιέφεραν στα πλαίσια της εργασίας, έγινε με σάρωση των σελίδων που περιείχαν τους χάρτες της Ελλάδας και της Μικράς Ασίας. Η σύνθεση των εικόνων (Εικόνα 3-10 και Εικόνα 3-11), ώστε να προκύψουν οι δύο ενιαίοι χάρτες, έγινε με το πρόγραμμα Photoshop.



Εικόνα 3-10: Χάρτες της Ελλάδας του Πτολεμαίου (μετά από σύνθεση στο Photoshop)



Εικόνα 3-11: Χάρτες της Ελλάδας του Πτολεμαίου (μετά από σύνθεση στο Photoshop)

### 3.2.1 Η Πελοπόννησος

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 7, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-4 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης. Επιλέχθηκαν οι τιμές που είχαν οριστεί και στην παράγραφο 3.1.2 για την Πελοπόννησο, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 3-4 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	26
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	5.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	20.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$

Ακτίνα Επιρροής	150.000 m
-----------------	-----------

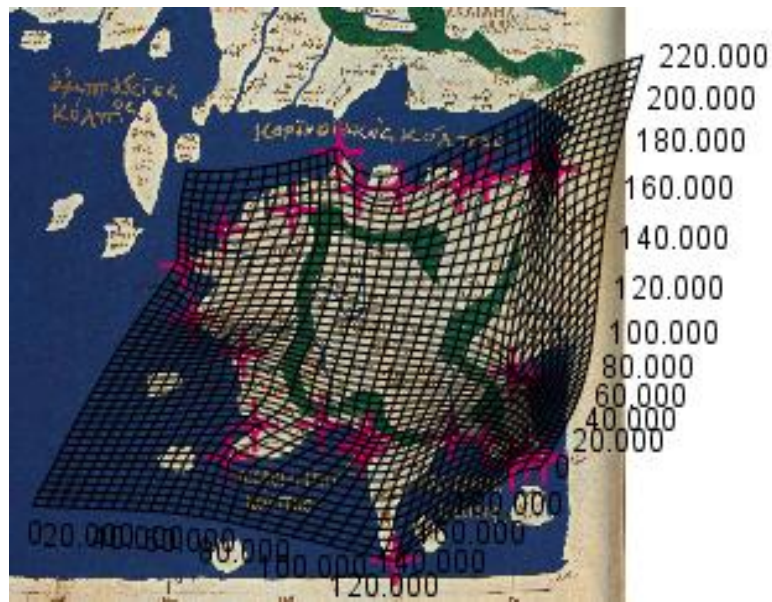
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 8, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

**Scale:** 1: 1.144.000

**Rotation:** 173° [ccw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-12) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-13), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 13-16, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης της Χάρτας του Ρήγα για την περιοχή της Πελοποννήσου σε σύγκριση με το σύγχρονο χάρτη.



Εικόνα 3-12: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m



Εικόνα 3-13: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m

### Αποτελέσματα

Οι μεγαλύτερες στροφές εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα της Πελοποννήσου, ενώ στο Νότο είναι σχετικά μικρές οι αποκλίσεις από τη μέση στροφή.

Το δυτικό και ανατολικό τμήμα εμφανίζουν μέτριες τιμές στροφής, οι οποίες αυξάνονται προς το Βορρά. Εξάιρεση αποτελεί το βορειοανατολικό μέρος της Πελοποννήσου, στο οποίο εντοπίζονται ακραίες τιμές στροφής, όπως δείχνει και το πλέγμα παραμόρφωσης (Εικόνα 3-12).

Όσον αφορά την κλίμακα, το ανατολικό τμήμα παρουσιάζει πολύ μεγάλη σε σύγκριση με τη μέση τιμή, με αύξηση που φτάνει ακόμα και το 190% (1:3.330.000) στο νοτιοανατολικό μέρος. Στα υπόλοιπα σημεία του χάρτη δεν εντοπίζονται έντονες μεταβολές κλίμακας.

Με βάση τα παραπάνω, ο χάρτης του Πτολεμαίου έχει την ίδια διεύθυνση αύξησης των στροφών με τη Χάρτα. Η κλίμακα φαίνεται να μην παρουσιάζει έντονες μεταβολές, με εξαίρεση τα ανατολικά, γεγονός όμως που δεν μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα, μιας και αυτή η φαινομενικά μικρή απόκλιση μπορεί να οφείλεται στο μικρό αριθμό σημείων σύνδεσης. Από την άλλη, πιο ασφαλή συμπεράσματα αποδίδουν τα διανύσματα μετατόπισης. Είναι εντυπωσιακό πως μόνο ένα από αυτά έχει μέγεθος μεγαλύτερο από 3 sigma (Εικόνα 3-13), κάτι που δείχνει τη σχετικά μικρή μετατόπιση των θέσεων των σημείων ως προς το σύγχρονο χάρτη.



Εικόνα 3-14: Διανύσματα μετατόπισης

### 3.2.2 Η Κέρκυρα

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 9, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Αξιοσημείωτο είναι, ότι αν και συνήθως ο μετασχηματισμός Helmert έχει μικρότερες στροφές παρά τα μεγάλα σφάλματα θέσης, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η στροφή με το μετασχηματισμό Affine 6 παραμέτρων είναι μικρότερη του μετασχηματισμού Helmert 4 παραμέτρων.

Στον Πίνακα 3-5 παρουσιάζονται λεπτομερώς οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης. Όπως και με την περίπτωση της Πελοποννήσου (βλ. παράγραφο 3.2.1), έτσι και με την Κέρκυρα, επιλέχθηκαν οι ίδιες τιμές με τη σύγκριση Χάρτας- σύγχρονου για την Κέρκυρα (βλ. παράγραφο 3.1.3), ώστε να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα.

Πίνακας 3-5 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	19
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	1.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	20.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$
Ακτίνα Επιρροής	30.000 m

Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 10, Παράρτημα II).

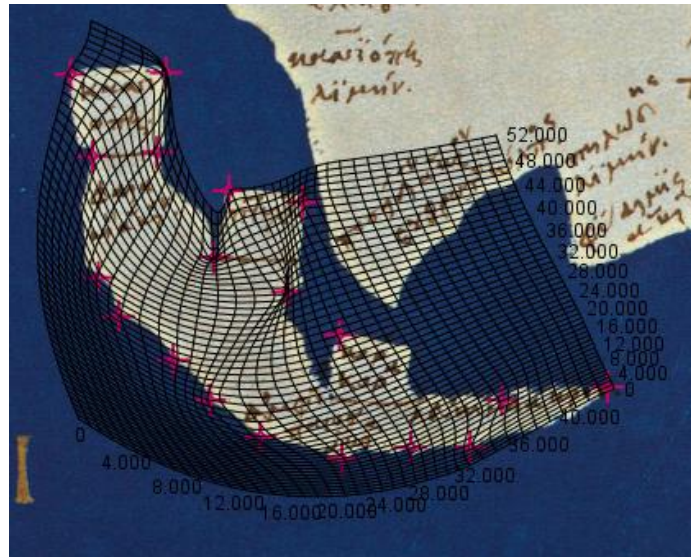
Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

**Scale:** 1: 1.015.000

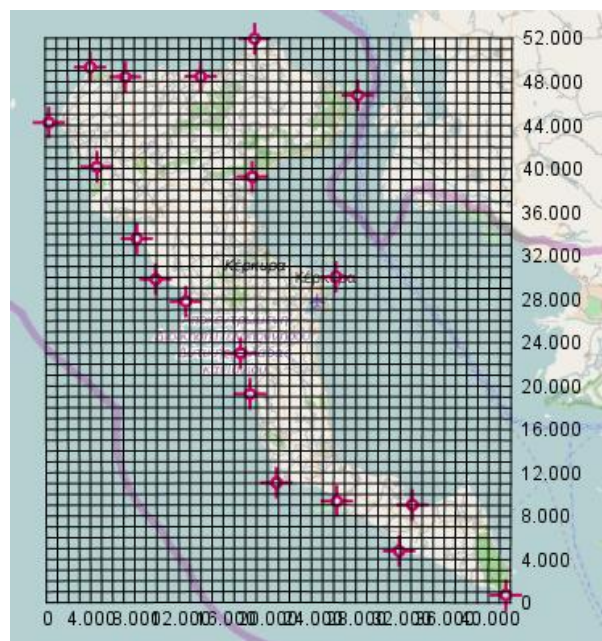
**Rotation:**  $177^\circ$  [cw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-15) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-16), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 17-20, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης του χάρτη του Πτολεμαίου για την περιοχή της Κέρκυρας σε σύγκριση με το σύγχρονο χάρτη.





Εικόνα 3-15: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 1000 m



Εικόνα 3-16: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 1000 m

### Αποτελέσματα

Στο βόρειο τμήμα η κλίμακα αποκλίνει ελάχιστα από τη μέση κλίμακα, και σε κάποια σημεία παρουσιάζει σμίκρυνση. Το μέγεθος της βόρειας επιφάνειας έχει αποτυπωθεί πολύ κοντά στην πραγματική του τιμή.

Το νότιο τμήμα της Κέρκυρας έχει τη μεγαλύτερη απόκλιση σε κλίμακα (~+70%).

Το δυτικό τμήμα χαρακτηρίζεται από αυξημένη κλίμακα κατά ~10% (προς το Βορρά) -60% (προς το Νότο).

Το ανατολικό τμήμα εμφανίζει κλίμακα με αυξήσεις, από τη μέση, της τάξεως του 60%.

Χαρακτηριστικό του νοτιοανατολικού τμήματος του νησιού είναι οι πολύ μεγάλες στροφές (έως και  $50^{\circ}$  [cw], ενώ η μέση στροφή είναι  $177^{\circ}$  [cw]).

Στις υπόλοιπες διευθύνσεις του νησιού οι στροφές δεν είναι τόσο έντονες και κυμαίνονται από  $20^{\circ}$  έως  $60^{\circ}$  [cw]

### 3.2.3 Η Κύπρος

Για τη σύγκριση αυτή, σκοπεύτηκαν σημεία σύνδεσης όχι μόνο στην περιοχή μελέτης, αλλά και στη γύρω περιοχή. Αυτό συνέβη για αύξηση της ακρίβειας εντοπισμού τους, επειδή ήταν ευκρινή, και προσδιορίζονταν εύκολα, τα ομόλογα σημεία στη γύρω περιοχή. Έτσι, ο κάρναβος κατασκευάστηκε από περισσότερα και καλύτερα σκοπευμένα ζεύγη σημείων.

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 11, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο κατάλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-6 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.

Πίνακας 3-6: Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	39
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	5.000 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	30.000 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^{\circ}$
Ακτίνα Επιρροής	150.000 m

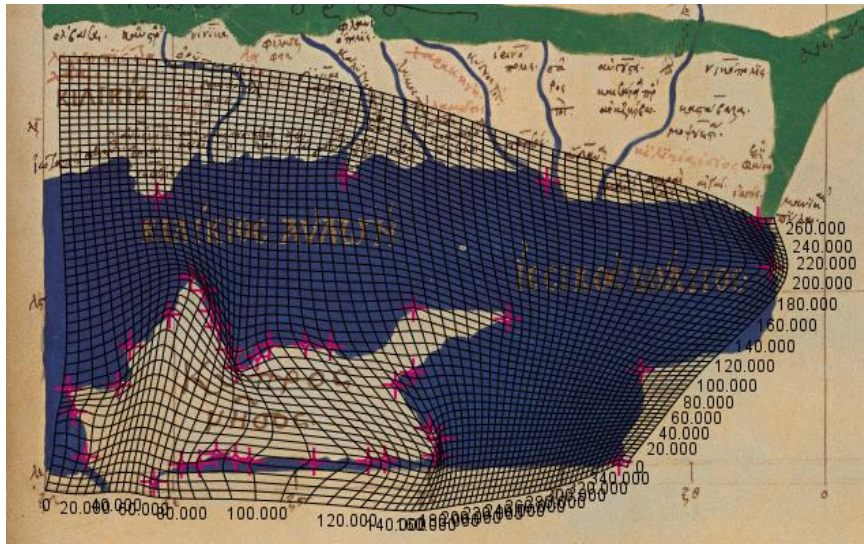
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 12, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

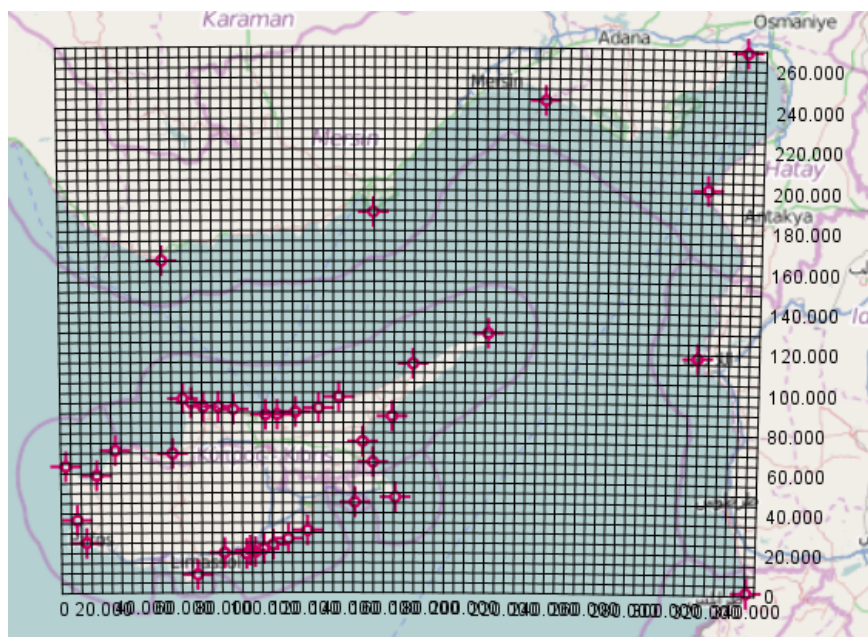
**Scale:** 1: 2.035.000

**Rotation:**  $7^{\circ}$  [cw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-17) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-18), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 21-24, Παράρτημα Ι), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στρόφης και τα σφάλματα θέσης μεταξύ του χάρτη του Πτολεμαίου και του σύγχρονου χάρτη αναφοράς, για την περιοχή της Κύπρου.



Εικόνα 3-17: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 5000 m

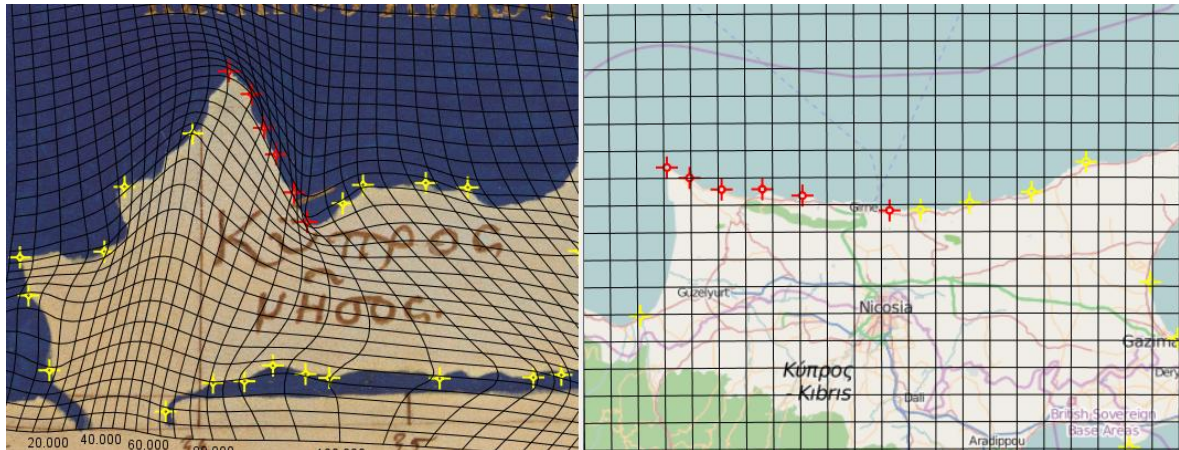


Εικόνα 3-18: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 5000 m

### Αποτελέσματα

Το πλέγμα παραμόρφωσης που προκύπτει είναι αρκετά “κανονικό”. Δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις κλίμακας ούτε έντονες στρόφες.

Εξάιρεση αποτελεί το βόρειο τμήμα του νησιού, που απεικονίζεται με μεγάλη στρόφη (Εικόνα 3-19).



Εικόνα 3-19: Σημεία σύνδεσης (κόκκινο χρώμα)

Ακόμα, το νοτιοανατολικό άκρο του νησιού υπόκειται σε έντονες παραμορφώσεις, με στροφή  $\sim 7^\circ$  [ccw] και κλίμακα αυξημένη κατά  $\sim 50\%$ .

### 3.3 Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με τη Χάρτα του Ρήγα

Σε αυτή την ενότητα, γίνεται άμεση σύγκριση μεταξύ των χαρτών του Πτολεμαίου και της Χάρτας του Ρήγα. Η Χάρτα αποτελεί το χάρτη αναφοράς σε αυτή τη σύγκριση.

#### 3.3.1 Η Πελοπόννησος

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 13, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο Αφινικός μετασχηματισμός 6 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-7 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.

Πίνακας 3-7 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	35
Μετασχηματισμός	Affine 6 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	50 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	200 m

Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	1°
Ακτίνα Επιρροής	743 m

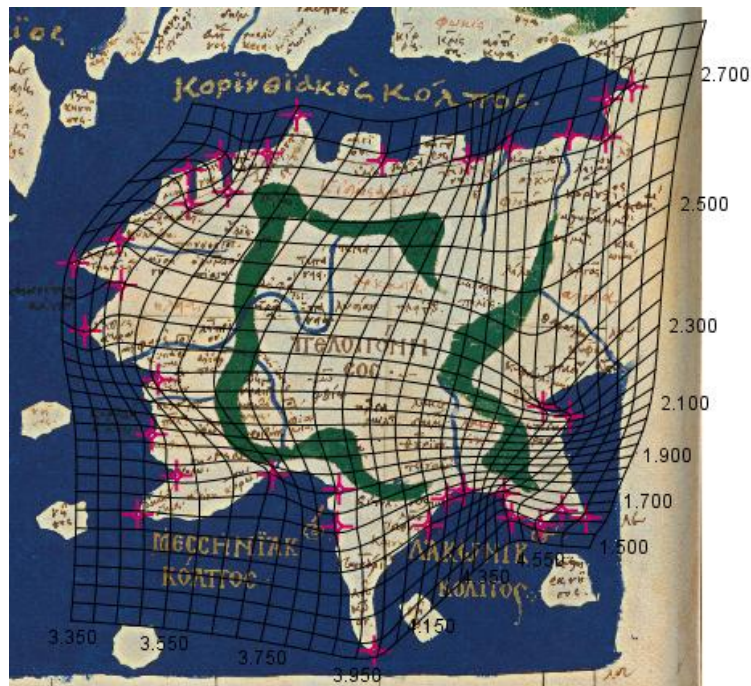
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 14, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

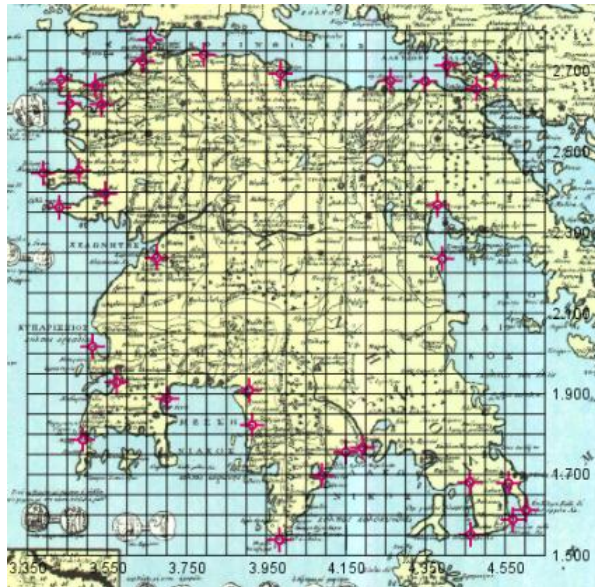
**Scale:** 1: 8.200

**Rotation:** 178° [ccw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-20) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-21), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 25-28, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης του χάρτη του Πτολεμαίου, για την περιοχή της Πελοποννήσου, σε σχέση με τη Χάρτα του Ρήγα.



Εικόνα 3-20: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 50 m



Εικόνα 3-21: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 50 m

### Αποτελέσματα

Ο χάρτης του Πτολεμαίου παρουσιάζει μεγάλες στροφές ως προς τη Χάρτα του Ρήγα στην περιοχή της Πελοποννήσου. Οι μεγαλύτερες εντοπίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα, και είναι της τάξεως των  $30^{\circ}$  [cw], όταν στον υπόλοιπο χάρτη κυμαίνονται από  $0^{\circ}$  –  $15^{\circ}$  [cw].

Η κλίμακα είναι σχετικά σταθερή, με διακυμάνσεις από -10% έως +20%. Εξαιρέση αποτελεί η νοτιοανατολική πλευρά του χάρτη, στην οποία η κλίμακα αυξάνεται πολύ (~60% -120%).

Αν και κανείς θα περίμενε πως μία άμεση σύγκριση μεταξύ δύο ιστορικών χαρτών, οι οποίοι μάλιστα ανήκουν σε διαφορετικές περιόδους, εντοπίστηκαν εύκολα 35 ζεύγη ομόλογων σημείων, ενώ στη σύγκριση μεταξύ του χάρτη του Πτολεμαίου με το σύγχρονο χάρτη, είχαν εντοπιστεί λιγότερα σημεία ελέγχου (26 ζεύγη). Το γεγονός καθ' αυτό δεν οδηγεί άμεσα σε συγκεκριμένο συμπέρασμα, συνδυάζοντάς το όμως και με τον παράγοντα της κλίμακας, διαπιστώνεται πως οι δύο χάρτες έχουν παρόμοια λογική σχεδιασμού. Δηλαδή, ομοιάζουν ως προς το σχήμα και εμφανίζουν παραπλήσιες τιμές στην κλίμακα και στη στροφή, παρόλο που δεν χρησιμοποιούν την ίδια απεικόνιση για τα γραφικά αντικείμενα του χάρτη (π.χ. για τους κόλπους).

### 3.3.2 Η Κέρκυρα

Από την αναφορά σύγκρισης των μετασχηματισμών (Αναφορά 15, Παράρτημα II) προκύπτει πως ο μετασχηματισμός Helmert 4 παραμέτρων είναι αυτός με τα μικρότερα σφάλματα, επομένως επιλέγεται ως ο καταλληλότερος.

Στον Πίνακα 3-8 παρουσιάζονται οι τιμές που ορίστηκαν για τον υπολογισμό και τις απεικονίσεις της παραμόρφωσης.

Πίνακας 3-8 Παράμετροι Υπολογισμού Απεικονίσεων Παραμόρφωσης

Αριθμός Ζευγών Σημείων Σύνδεσης	19
Μετασχηματισμός	Helmert 4 parameters
Ισοδιάσταση Καννάβου παραμόρφωσης (mesh size)	20 m
Κλίμακα Απεικόνισης Διανυσμάτων και Κύκλων Μετακίνησης (scale factor)	1,0
Όριο Επισήμανσης Ακραίων Τιμών Διανυσμάτων και Κύκλων (mark outliers)	$L > 3 \text{ Sigma}$
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Κλίμακας (scale interval)	200 m
Ισοδιάσταση Ισαριθμικών Στροφής (rotation interval)	$1^\circ$
Ακτίνα Επιρροής	273 m

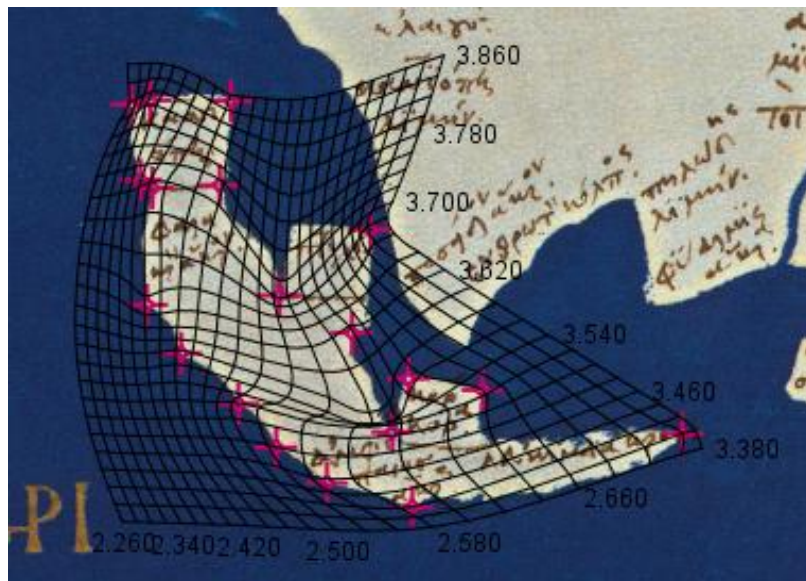
Οι συντελεστές μετασχηματισμού και τα σφάλματα των σημείων σύνδεσης, παρουσιάζονται στην (Αναφορά 16, Παράρτημα II).

Οι μέσες τιμές κλίμακας και στροφής που προέκυψαν είναι:

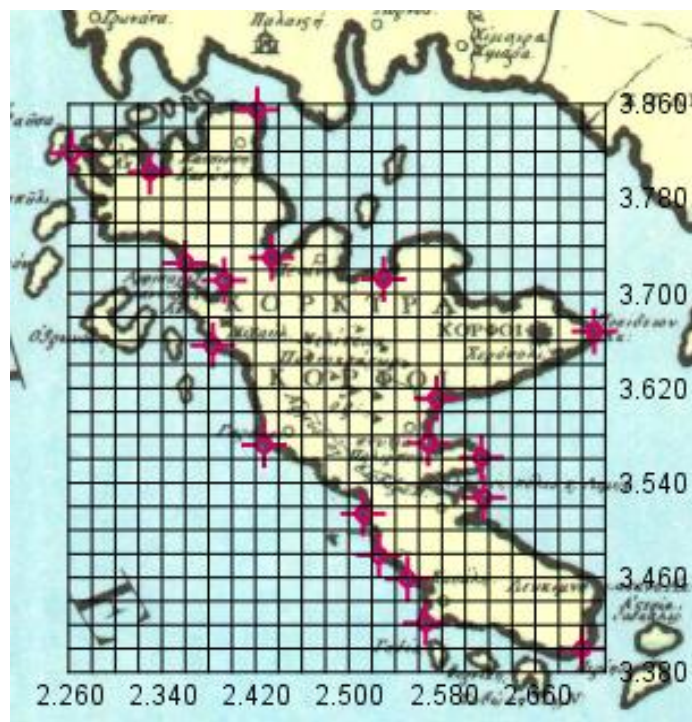
**Scale:** 1: 9.400

**Rotation:**  $4^\circ$  [ccw]

Συγκρίνοντας τον κάνναβο (Εικόνα 3-22) με τον κάνναβο του χάρτη αναφοράς (Εικόνα 3-23), καθώς και τις υπόλοιπες απεικονίσεις παραμόρφωσης (Εικόνα 29-32, Παράρτημα I), προκύπτουν οι τοπικές μεταβολές της κλίμακας και της στροφής και τα σφάλματα θέσης του χάρτη του Πτολεμαίου, για την περιοχή της Κέρκυρας, σε σχέση με τη Χάρτα του Ρήγα.



Εικόνα 3-22: Πλέγμα παραμόρφωσης με ισοδιάσταση 20 m



Εικόνα 3-23: Μορφή Πλέγματος του χάρτη αναφοράς με ισοδιάσταση 50 m

### Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε και στις παραγράφους 3.1.3 και 3.2.2, η Κέρκυρα εμφανίζει μεγάλες παραμορφώσεις, σε σχέση με το σύγχρονο χάρτη, σε αυτούς τους δύο χάρτες που μελετώνται.

Εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ των δύο χαρτών, διαπιστώνεται ότι σε γενικές γραμμές οι παραμορφώσεις του χάρτη του Πτολεμαίου, σε σχέση με τη Χάρτα, είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές που εντοπίζονται στη σύγκριση με το σύγχρονο



χάρτη. Επομένως, φαίνεται οι δύο χάρτες να έχουν περισσότερη σύνδεση από ότι έχει ο καθένας χωριστά με το σύγχρονο.

Η κλίμακα φαίνεται να έχει μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δύο χαρτών (από -30% έως +30%), ενώ η κλίμακα του χάρτη του Πτολεμαίου αποκλίνει από το σύγχρονο σε πολλές περιοχές κατά ~+50%-+70%.

Οι μέγιστες τιμές στροφής εμφανίζονται στα νοτιοανατολικά του νησιού και είναι ~50° [ccw].

Στα κεντροδυτικά υπάρχει πολύ μεγάλη ταύτιση μεταξύ των δύο χαρτών, οι στροφές είναι πολύ μικρές και οι αποκλίσεις της κλίμακας οι ελάχιστες.

## 4 Συμπεράσματα-Προτάσεις

Κάνοντας μία ανασκόπηση της παρούσας εργασίας, παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα συμπεράσματα που εξήχθησαν, γίνεται μία προσπάθεια σύγκρισης ορισμένων από αυτών με αποτελέσματα αντίστοιχων μελετών και, τέλος, παρουσιάζονται συγκεκριμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

### 4.1 Συμπεράσματα

Η σύγκριση των ιστορικών χαρτών, μεταξύ τους και με ένα σύγχρονο χάρτη, έγινε με το λογισμικό Map Analyst. Το συγκεκριμένο λογισμικό έχει απλοποιήσει και αυτοματοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες υπολογισμού και απόδοσης των παραμορφώσεων των ιστορικών χαρτών. Πλεονέκτημα του λογισμικού Map Analyst είναι η εύκολη χρήση του, και οι εξειδικευμένες λειτουργίες του, απόρροια του ότι φτιάχτηκε από μελετητές ιστορικών χαρτών που γνώριζαν τις απαιτήσεις των χρηστών. Από την άλλη, επειδή πρόκειται για ένα σχεδόν ερασιτεχνικό πρόγραμμα, υπό την έννοια ότι δεν προέρχεται από επαγγελματίες προγραμματιστές, υπήρχαν ορισμένα προβλήματα κατά τη λειτουργία του. Αναφέροντας τα σημαντικότερα, το Map Analyst δεν “σήκωνε” μεγάλα αρχεία χαρτών, κόλλαγε συνεχώς και όταν υπήρχαν περισσότερα του ενός παράθυρα ανοιχτά, κλείνοντας το ένα, έκλειναν όλα.

Από την ανάλυση της Χάρτας, σχετικά με την κλίμακα, προέκυψε ότι η κλίμακα είναι μεγαλύτερη περιφερειακά από ότι στο εσωτερικό του χάρτη. Οι μεταβολές της κλίμακας είναι εντονότερες προς το Βορρά και τα Δυτικά. Οι παραμορφώσεις στα άκρα πιθανώς οφείλονται στη μεγάλη έκταση της Χάρτας.

Η κλίμακα της Χάρτας είναι μεγαλύτερη στο Βορρά από ότι στο Νότο και εξίσου μεγάλη στα ανατολικά και δυτικά όρια του χάρτη (Livieratos 2008). Η ασυμφωνία των αποτελεσμάτων αυτής της εργασίας με την παραπάνω μελέτη (Livieratos 2008) πιθανώς να οφείλεται στο ότι δεν μελετήθηκε, στην εργασία αυτή, ολόκληρη η Χάρτα, αλλά μόνο ο Ελλαδικός χώρος. Έτσι, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το βόρειο και ανατολικό τμήμα της Χάρτας. Ένας ακόμη λόγος της παρατηρούμενης ασυμφωνίας πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν σημεία ελέγχου στην ακτογραμμή και όχι στο εσωτερικό των ηπειρωτικών περιοχών.

Όσον αφορά τις στροφές, είναι επίσης εντονότερες στα όρια του χάρτη, με εξαίρεση το ανατολικό τμήμα, που εμφανίζει ελάχιστες στροφές.

Μεγάλες παραμορφώσεις εντοπίζονται στο θαλάσσιο τμήμα, ειδικά στο Αιγαίο. Εξετάζοντας το φαινόμενο προκύπτει ότι τα νησιά (με εξαίρεση τα μεγάλα) έχουν απεικονιστεί με μεγάλη γενίκευση στο σχήμα, ίσως και με λάθος σχήμα σε κάποιες περιπτώσεις, και σε εσφαλμένα μεγάλη κλίμακα. Το γεγονός αυτό οδήγησε στο να μην οριστούν πολλά σημεία ελέγχου στα νησιά του Αιγαίου.

Παρατηρήθηκαν σημαντικά χονδροειδή σφάλματα στις θέσεις των τοπωνυμίων του χάρτη. Έτσι, δεν ορίστηκε κανένα σημείο ελέγχου που να αποτελεί τοπωνύμιο. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος της έλλειψης σημείων στο εσωτερικό του χάρτη, μιας και σκοπεύτηκαν μόνο ορισμένα ελάχιστα σημεία γεωγραφικών οντοτήτων, π.χ. λίμνες.

Ιδιαίτερα έντονες είναι οι παραμορφώσεις της νήσου Κέρκυρας, οι οποίες, όπως φαίνεται και στο πλέγμα παραμόρφωσης (το πλέγμα χάνει τελείως τη βασική μορφή του), αποκλίνουν πολύ από αυτές του υπόλοιπου χάρτη (Εικόνα 1-4).



Εικόνα 4-1: Πλέγμα παραμόρφωσης στην περιοχή της Κέρκυρας

Ενδεχομένως να εκτιμούσε κάποιος ότι αυτό οφείλεται στη θέση του νησιού στο χάρτη. Όμως, ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία και τις μελέτες για τους πρωτότυπους χάρτες που χρησιμοποίησε ο Ρήγας μάλλον συμβαίνει το αντίστροφο, δηλαδή η παραμόρφωση του νησιού αυξάνει τις τιμές στα βορειοδυτικά του χάρτη. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.3.2, η Χάρτα είναι παράγωγος χάρτης, με σχεδόν τέλεια ταύτιση ως προς την ακτογραμμή με το χάρτη του Delisle, με εξαίρεση την Κέρκυρα (Εικόνα 4-2). Φαίνεται λοιπόν, πως ο Ρήγας, σχεδίασε την Κέρκυρα λαμβάνοντας υπόψιν κάποια άλλη πηγή, γι' αυτό και οι τόσο μεγάλες παραμορφώσεις.



Εικόνα 4-2: Η Κέρκυρα σε χάρτη του Delisle (δεξιά) και στη Χάρτα του Ρήγα (αριστερά)

Πηγή: Boutoura (2008)

Όσον αφορά τους χάρτες του Πτολεμαίου, εντοπίστηκαν πολύ έντονες στροφές, οι οποίες δεν ακολουθούσαν μια συγκεκριμένη διεύθυνση, αφού στην Πελοπόννησο υπολογίστηκε μέση στροφή  $173^\circ$  [ccw], στην Κέρκυρα  $177^\circ$  [cw], και στην Κύπρο πολύ μικρότερη  $7^\circ$  [cw].

Η κλίμακα παρουσιάζει επίσης πολλές μεταβολές στην έκταση του χάρτη. Η Κύπρος έχει πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από την Πελοπόννησο και την Κέρκυρα. Επίσης, αυξημένη κλίμακα (με αύξηση που φτάνει το 190% σε σχέση με τη μέση κλίμακα της περιοχής) έχει το ανατολικό τμήμα της Πελοποννήσου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα λοιπόν της παραγράφου 3.2, μπορεί να θεωρηθεί ότι η κλίμακα αυξάνεται προς το ανατολικό όριο του χάρτη, σε ότι αφορά τους χάρτες του Ελλαδικού χώρου.

Εξετάζοντας τη σύγκριση μεταξύ των δύο ιστορικών χαρτών για την περιοχή της Πελοποννήσου, προκύπτει πως η μέση στροφή του χάρτη του Πτολεμαίου ως προς τη Χάρτα, είναι πολύ μεγάλη.

Η στροφή είναι κοντά στη μέση τιμή που έχει ως προς το σύγχρονο χάρτη, γεγονός που οφείλεται στην πολύ μικρή στροφή που έχει η Πελοπόννησος στη Χάρτα σε σχέση με το σύγχρονο.

Η κλίμακα είναι σχετικά σταθερή, χωρίς έντονες μεταβολές (με εξαίρεση τα νοτιοανατολικά της Πελοποννήσου).

Η άλλη περιοχή που εξετάστηκε, ήταν η Κέρκυρα. Η Κέρκυρα αποτελούσε ιδιαίζουσα περίπτωση στη Χάρτα, όπως αναφέρθηκε, λόγω των μεγάλων παραμορφώσεων της. Συγκρίνοντας τους δύο ιστορικούς χάρτες, για την περιοχή της Κέρκυρας, προκύπτουν μικρές αποκλίσεις στην κλίμακα, και στροφές αρκετά μικρότερες, από ότι προέκυψαν στις συγκρίσεις των χαρτών με το σύγχρονο χάρτη.

Συμπεραίνεται λοιπόν, πως για την περιοχή της Πελοποννήσου η Χάρτα του Ρήγα έχει μεγαλύτερη ταύτιση με το σύγχρονο χάρτη, ενώ στην περιοχή της Κέρκυρας υπάρχει μεγαλύτερη αντιστοιχία με το χάρτη του Πτολεμαίου.

## 4.2 Προτάσεις

Η μελέτη ιστορικών χαρτών του Ελλαδικού χώρου, με ψηφιακά μέσα, από χαρτογραφική σκοπιά, είναι περιορισμένη μέχρι στιγμής. Έτσι, αποτελεί ένα πεδίο της χαρτογραφίας με πολλά περιθώρια ανάπτυξης.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η σύγκριση της Χάρτας του Ρήγα με τον Γεωγραφικό Πίνακα της Ελλάδας του Άνθιμου Γαζή, που εκδόθηκε το 1800 και θεωρείται νέα έκδοση της Χάρτας, με σκοπό την απεικόνιση των μεταξύ τους παραμορφώσεων.

Άλλες συγκρίσεις με ψηφιακά μέσα που προτείνονται είναι αυτή της περιοχής της Κέρκυρας της Χάρτας με την αντίστοιχη περιοχή στο χάρτη του Delisle και του χάρτη του Ίππαρχου με τον αντίστοιχο χάρτη του Πτολεμαίου.

Άλλες μελέτες που θα μπορούσαν να προκύψουν, είναι ο υπολογισμός της γενίκευσης της Χάρτας του Ρήγα, καθώς και ο υπολογισμός και οπτικοποίηση των χονδροειδών σφαλμάτων της, που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

Καραμπερόπουλος Δ., 1998. Το χαρτογραφικό έργο του Ρήγα Βελεστινλή, [www.karaberopoulos.gr](http://www.karaberopoulos.gr)

Λιβιεράτος Ε., 2007. Ένα ταξίδι στην κυριαρχία των Χαρτών, Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Μιχαηλίδου Ε., 2004. Ιστορία της Χαρτογραφίας, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Νάκος Β., 2011. Αναλυτική Χαρτογραφία, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Παζαρλή Μ., 2014. Ρήγα Βελεστινλή Χάρτα της Ελλάδος: Μία χαρτογραφική προσέγγιση, διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ.

Ρωσσικόπουλος Δ., 2006. Μέτρον Γεωμετρικόν. Η ιστορία των Επιστημών της Αποτύπωσης, Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Τόλιας Γ., 2010. Αποχαιρετισμός στο Γένος. Αυτοκρατορία και πατριωτισμός στο χαρτογραφικό έργο του Ρήγα (1796-1797), Μένανδρος, Αθήνα.

Τσορλίνη Α., 2011. Κλαυδίου Πτολεμαίου Γεωγραφική Ύφήγησις: Ψηφιακή ανάλυση, αξιολόγηση, επεξεργασία και απεικόνιση των συντεταγμένων του Ελληνικού χώρου, της Μεσογείου και του Εύξεινου Πόντου με βάση 4 κώδικες και 15 έντυπες εκδόσεις, από τον Urbinas graecus 82(13ος αι.) μέχρι σήμερα. Ο νέος Κατάλογος “GeoPtolemy-θ”, διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ.

Τσότσος Γ., 2000. Κλαύδιος Πτολεμαίος: Ο γεωγράφος, Η Καθημερινή, Επτά Ημέρες, :3-6.

Αυγας Γ., 2000, Κλαύδιος Πτολεμαίος: Ο γεωγράφος, Η Καθημερινή, Επτά Ημέρες, :7-11.

### Ξενόγλωσση

Blakemore, M. , Harley J.B. (1980). Concepts in the history of cartography. A review and perspective, Ed. E. H. Dahl, Cartographica 17-4: 1-120.

Boutoura C., 2008. On the map projection of Rigas Velestinlis Charta, e-Perimetron, vol.3, No 3 :146-60, [www.e-perimetron.org](http://www.e-perimetron.org).

Boutoura C., E. Livieratos, 2006. Some fundamentals for the study of the geometry of early maps by comparative methods, e-Perimetron, 1, (1) :60-70, [www.e-perimetron.org](http://www.e-perimetron.org).

Camariano N., 1938. “Contributions à la bibliographie des oeuvres de Rigas Velestinlis”, Balcania, I.

Dascalakis A., 1937. Les oeuvres de Rhigas Velestinlis, étude bibliographique suivie d'une réédition critique avec traduction française de la brochure révolutionnaire confisquée à Vienne en 1797 (thèse), Paris.

Harley J.B., 1968. The evaluation of early maps: towards a methodology, Taylor & Francis.

Huang Y.N., Lay J.G., Yang S.H., 2011. A critical analysis of Tan-Hsin Archives maps, National Taiwan University.

Jenny B., 2006. MapAnalyst - A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps, *e-Perimetron*, Vol.1, No. 3, 239-245, [www.e-perimetron.org](http://www.e-perimetron.org).

Jenny B., Weber A., Hurni L., 2007. Visualizing the Planimetric Accuracy of Historical Maps with MapAnalyst, [www.cartography.oregonstate.edu](http://www.cartography.oregonstate.edu).

Jenny B., Heere E., 2008. Visualisering van de planimetrische nauwkeurigheid van oude kaarten met MapAnalyst, [cartography.oregonstate.edu](http://cartography.oregonstate.edu).

Jenny B., Hurni L., 2011. Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions, [www.journals.elsevier.com](http://www.journals.elsevier.com).

Laxton P., 1976. The Geodetic and topographical evaluation of english county maps, 1740–1840, *The Cartographic Journal* 13:37–54.

Legrand E., 1892. Documents inédits concernant Rhigas Velestinlis et ses comaqnons de martyre tirés des archives de Vienne en Autriche, Paris.

Livieratos E., 2008. "On the cartography of Righas Charta", *e-Perimetron*, Vol.3, No 3, :120-45, [www.e-perimetron.org](http://www.e-perimetron.org).

Pearson, A. W., Schaefer, M., Jenny, B., 2009. A Cartometric Analysis of the Terrain Models of Joachim Eugen Muller (1752–1833) Using Non-contact 3D Digitizing and Visualization Techniques, *Cartographica*, 44-2, p. 111–120.

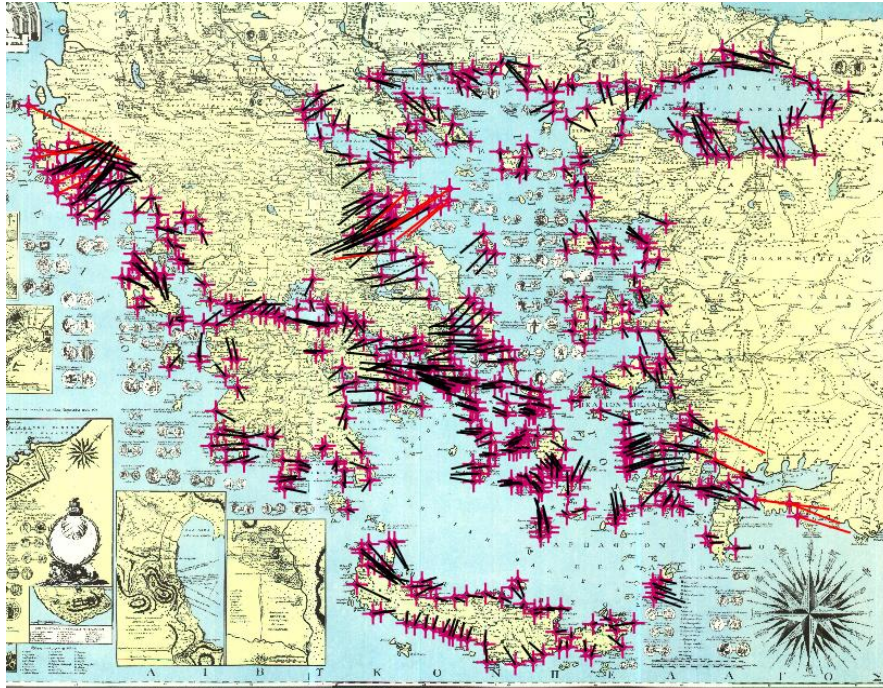
### **Διαδικτυακοί τόποι**

[el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)

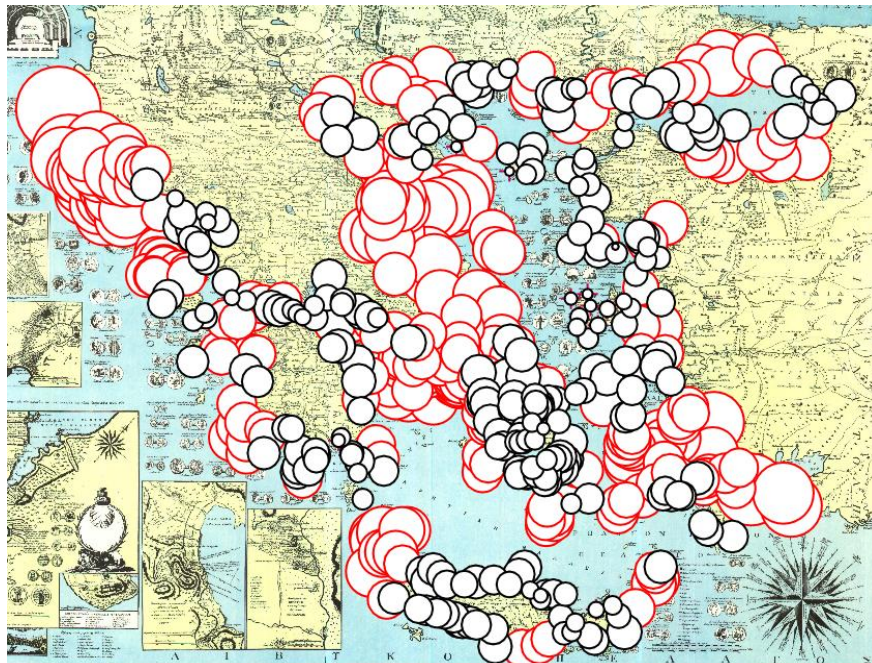
[www.pistos.gr](http://www.pistos.gr)

[en.mimi.hu/gis/](http://en.mimi.hu/gis/)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

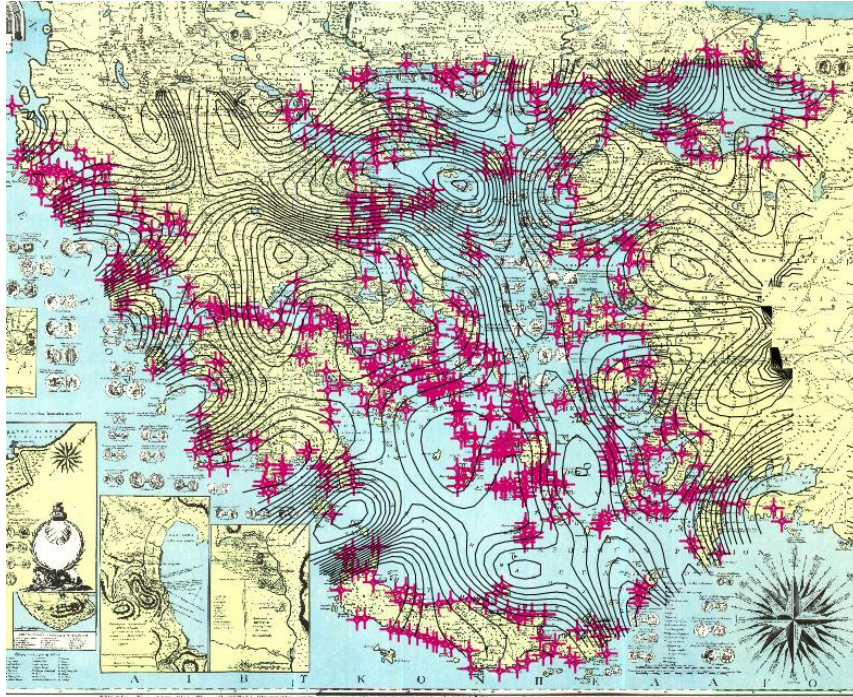


Εικόνα Παραρτήματος 1: Διανύσματα μετατόπισης (Χάρτα)

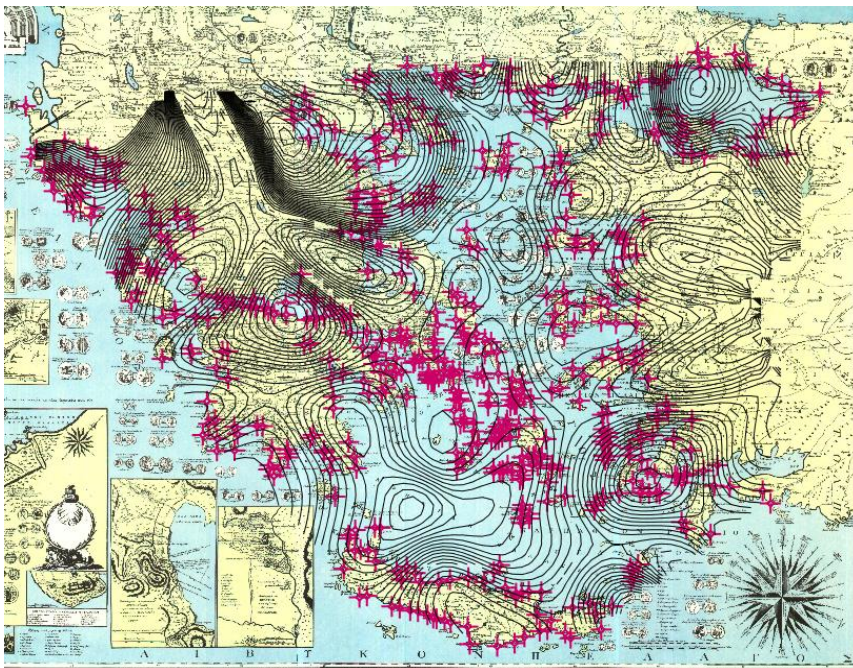


Εικόνα Παραρτήματος 2: Κύκλοι μετατόπισης (Χάρτα)





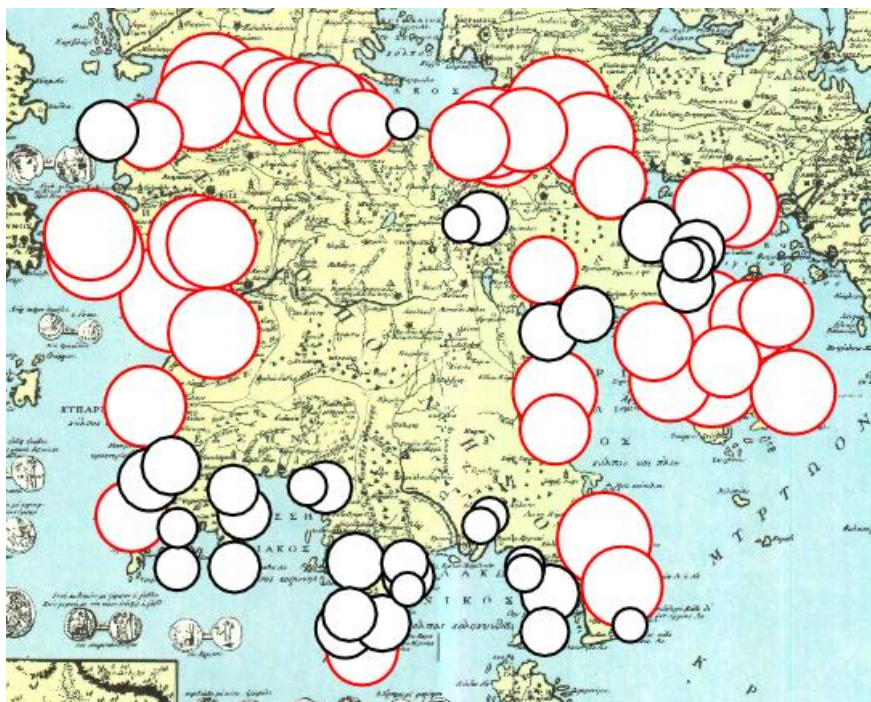
Εικόνα Παραρτήματος 3: Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 50.000 m (Χάρτα)



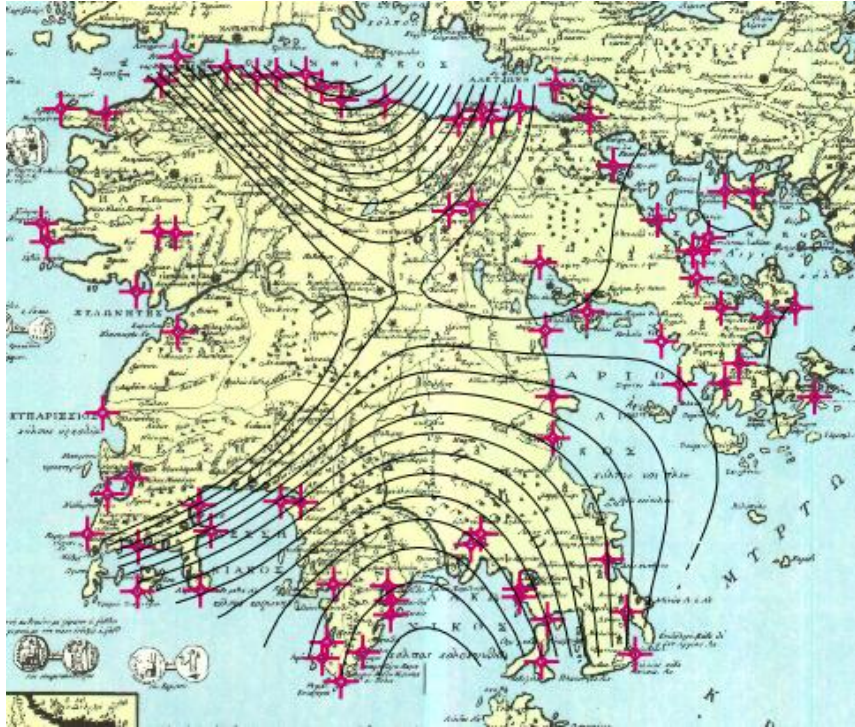
Εικόνα Παραρτήματος 4: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Χάρτα)



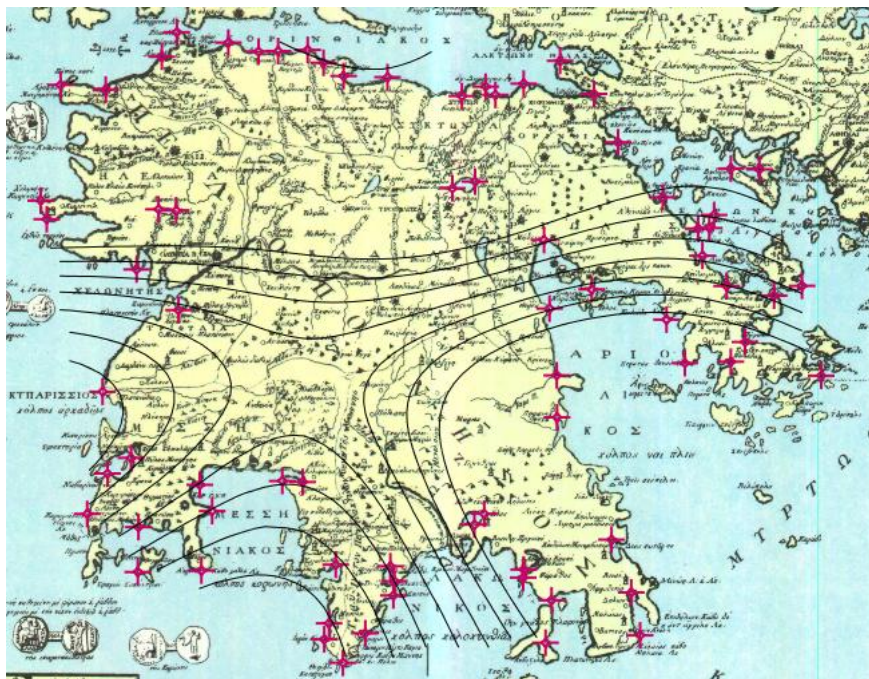
Εικόνα Παραρτήματος 5: Διανύσματα μετατόπισης (Πελοπόννησος, Χάρτα)



Εικόνα Παραρτήματος 6: Κύκλοι μετατόπισης (Πελοπόννησος, Χάρτα)



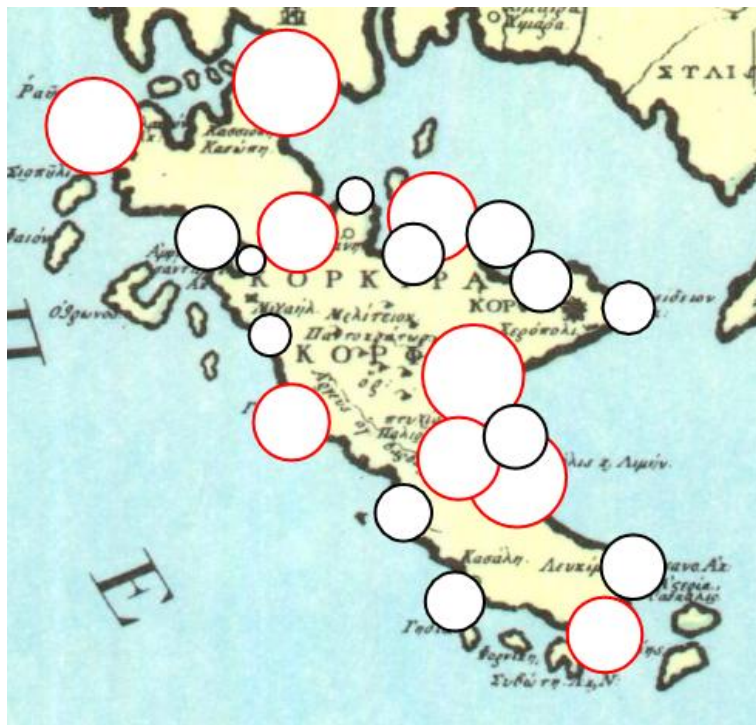
Εικόνα Παραρτήματος 7: Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 20.000 m (Πελοπόννησος, Χάρτα)



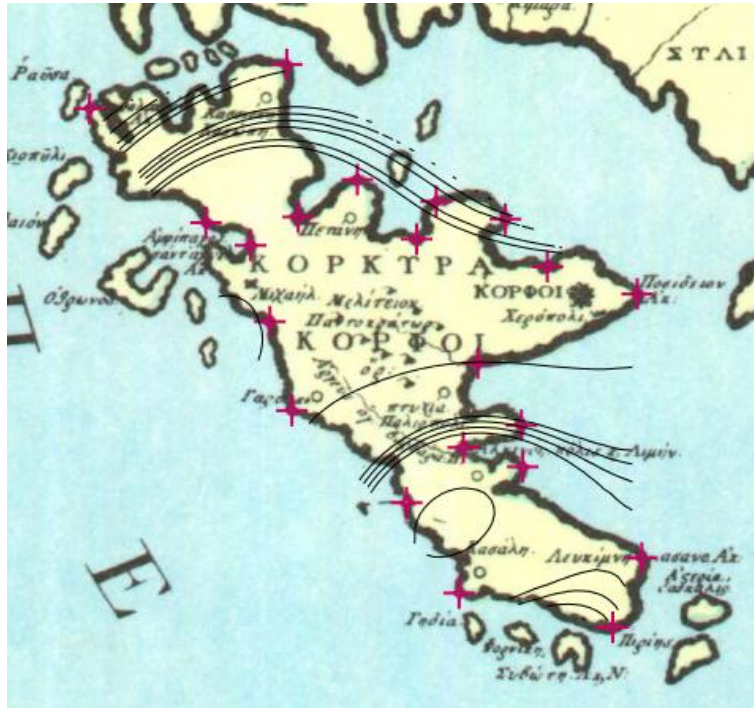
Εικόνα Παραρτήματος 8: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Πελοπόννησος, Χάρτα)



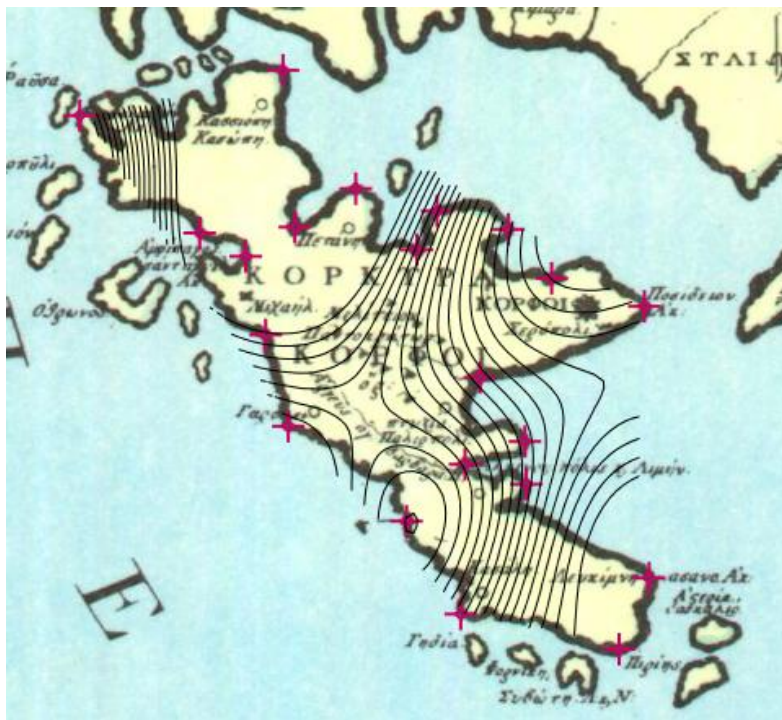
Εικόνα Παραρτήματος 9: Διανύσματα μετατόπισης (Κέρκυρα, Χάρτα)



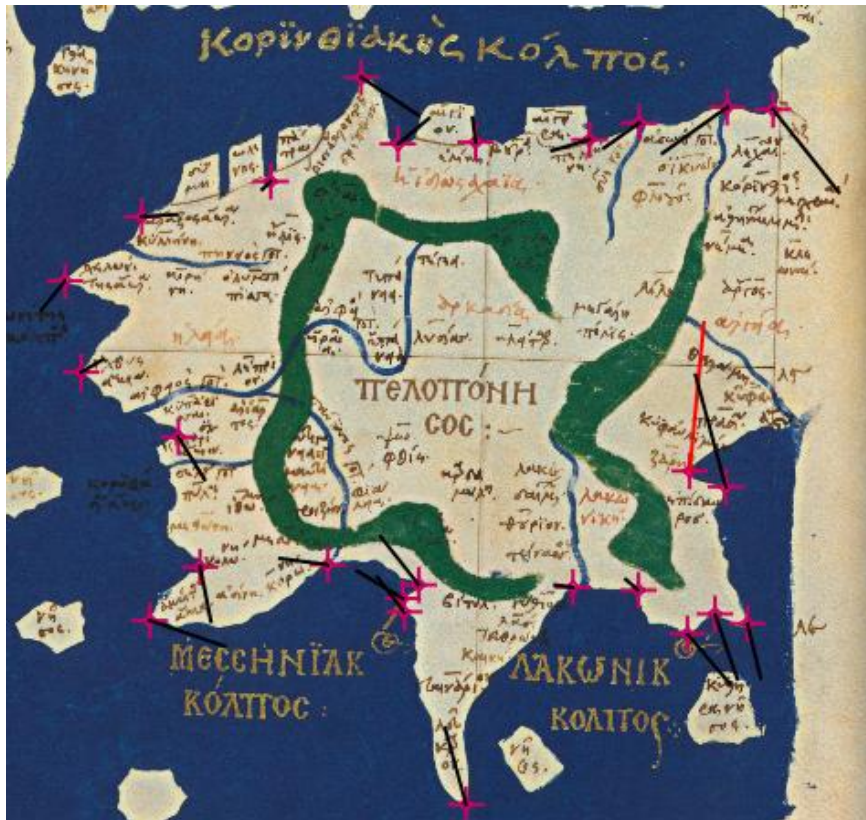
Εικόνα Παραρτήματος 10: Κύκλοι μετατόπισης (Κέρκυρα, Χάρτα)



Εικόνα Παραρτήματος 11: Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 20.000 m (Κέρκυρα, Χάρτα)



Εικόνα Παραρτήματος 12: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Κέρκυρα, Χάρτα)



Εικόνα Παραρτήματος 13: Διανύσματα μετατόπισης (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



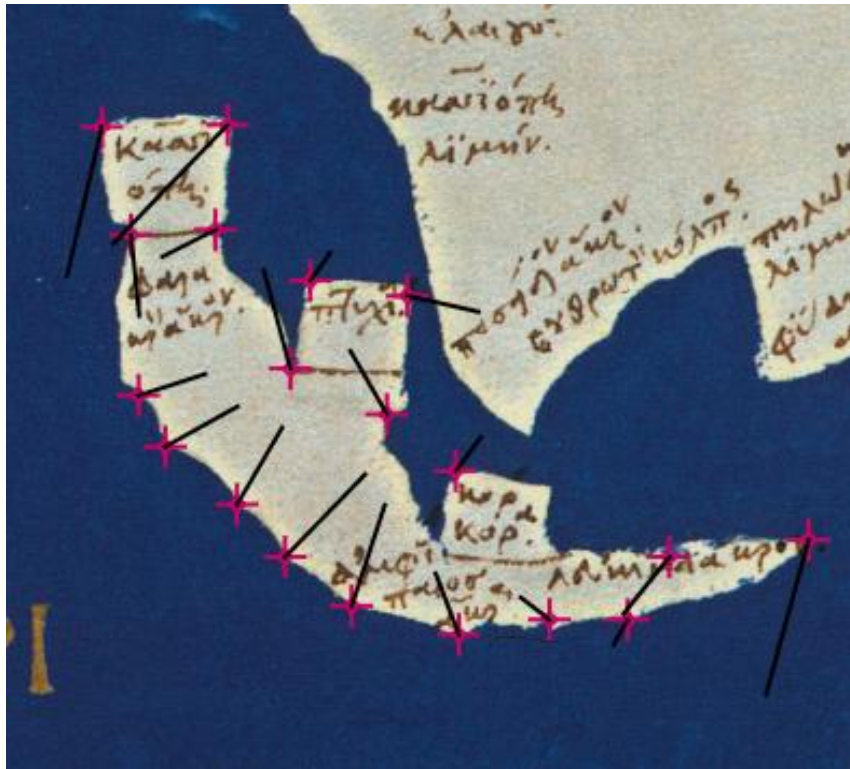
Εικόνα Παραρτήματος 14: Κύκλοι μετατόπισης (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 15: Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 20.000 m (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 16: Ισαριθμικές στροφές με ισοδιάσταση 1° (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 17: Διανύσματα μετατόπισης (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)

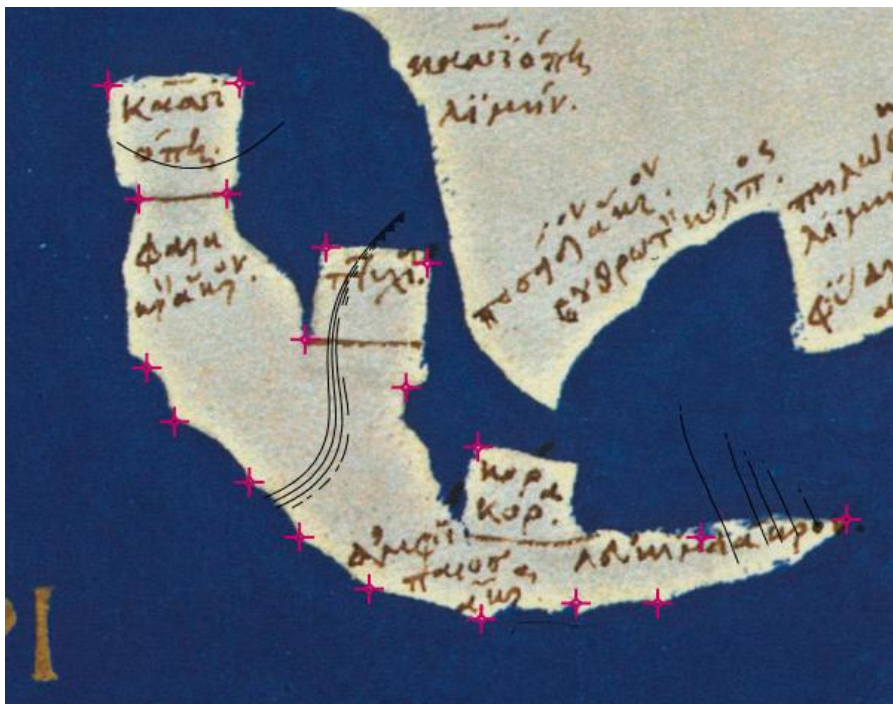


Εικόνα Παραρτήματος 18: Κύκλοι μετατόπισης (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)

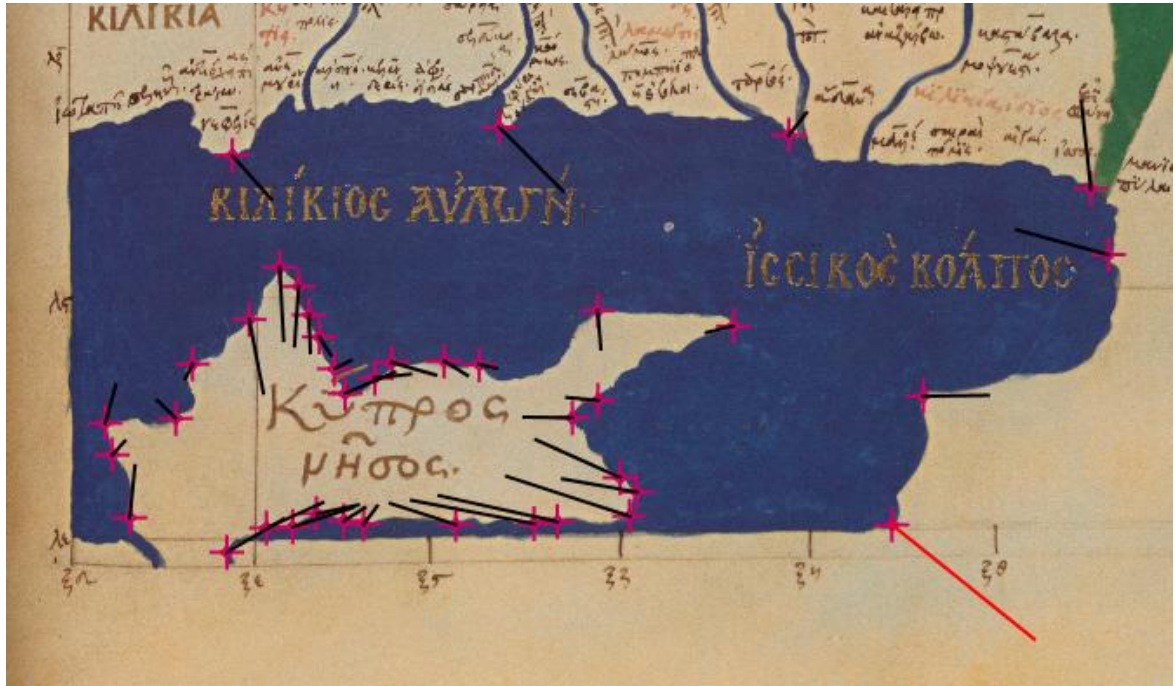




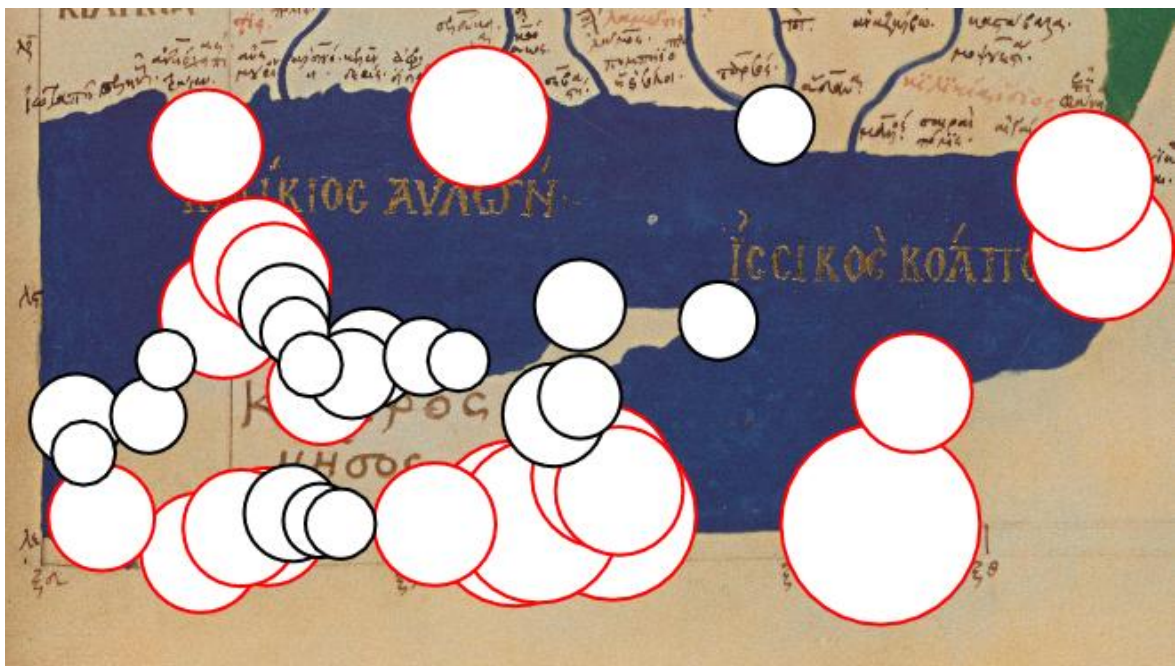
Εικόνα Παραρτήματος 19: Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 20.000 m (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)



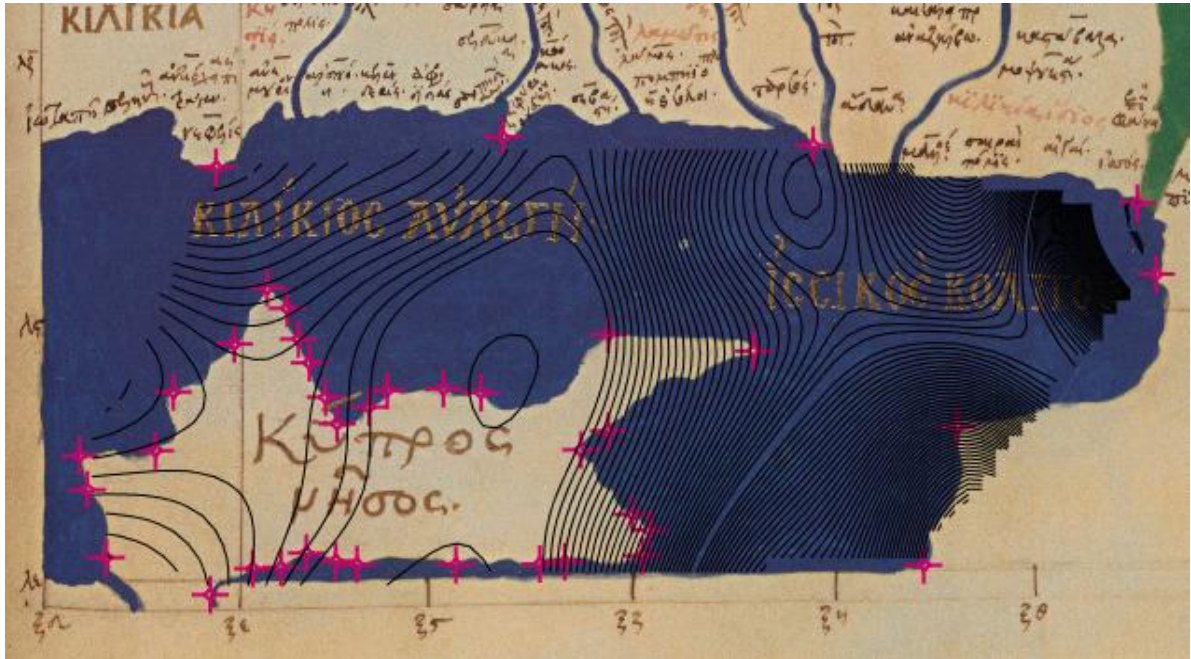
Εικόνα Παραρτήματος 20: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)



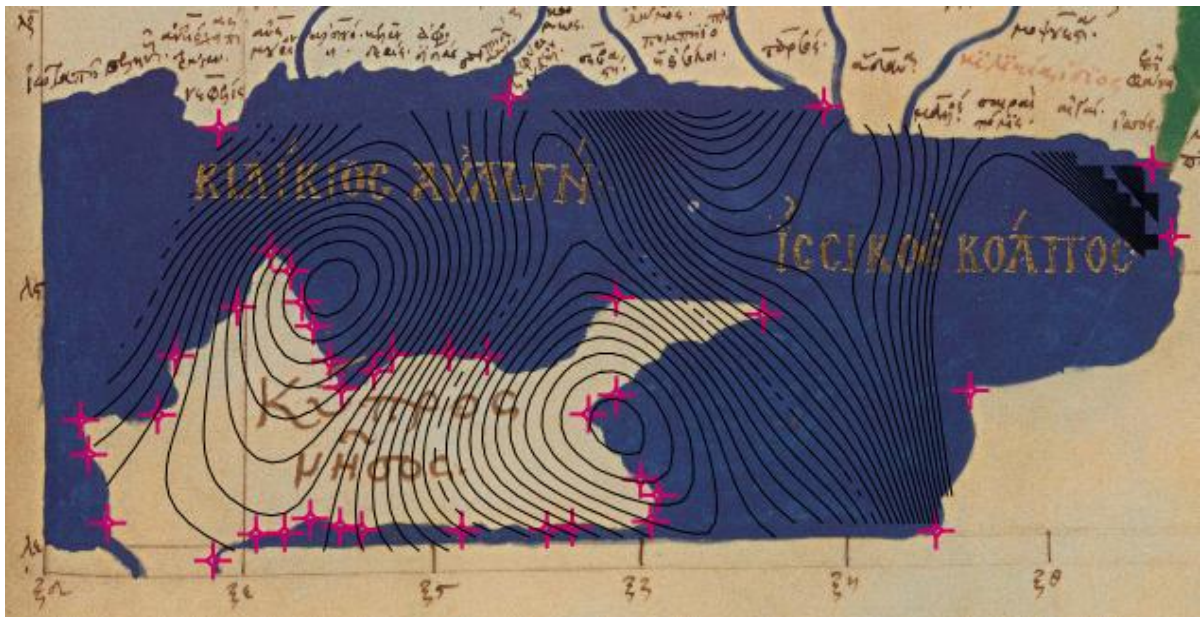
Εικόνα Παραρτήματος 21 : Διανύσματα μετατόπισης (Κύπρος, Πτολεμαίος)



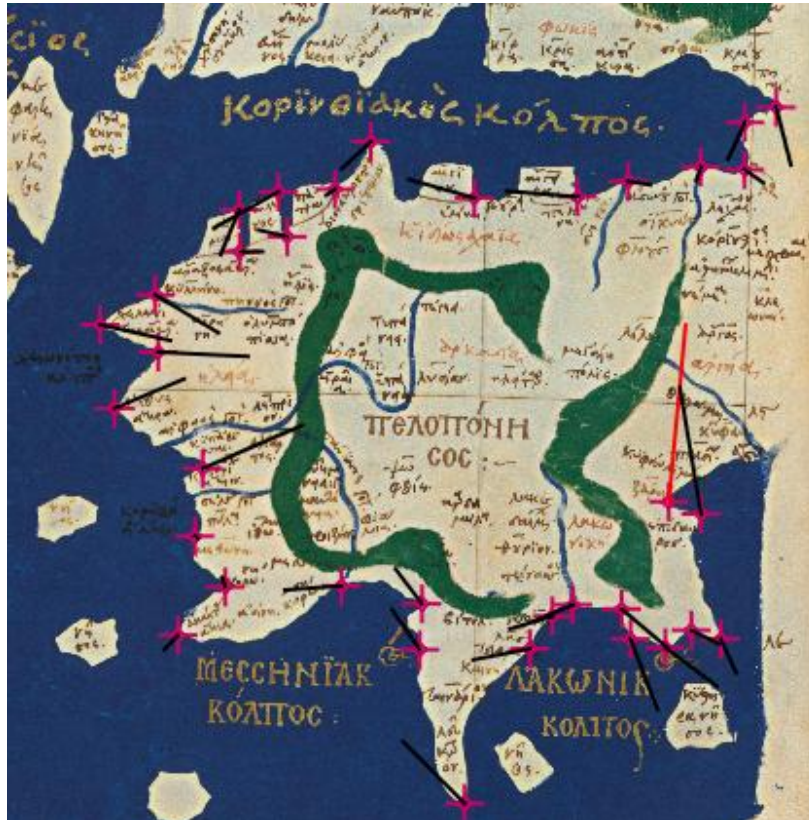
Εικόνα Παραρτήματος 22 : Κύκλοι μετατόπισης (Κύπρος, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 23 : Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 30.000 m (Κύπρος, Πτολεμαίος)



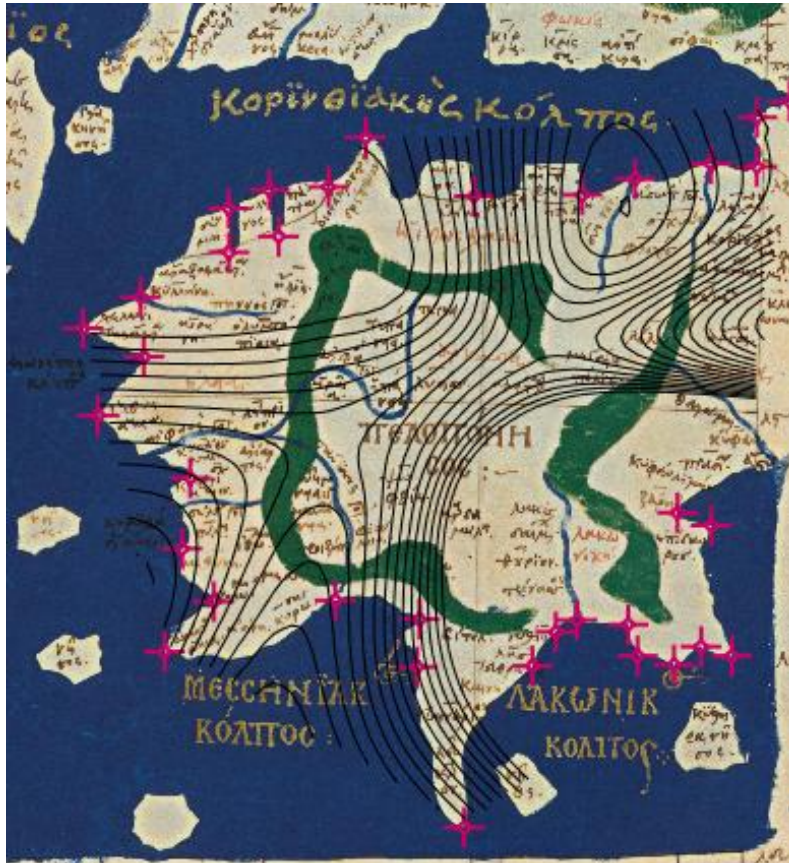
Εικόνα Παραρτήματος 24: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Κύπρος, Πτολεμαίος)



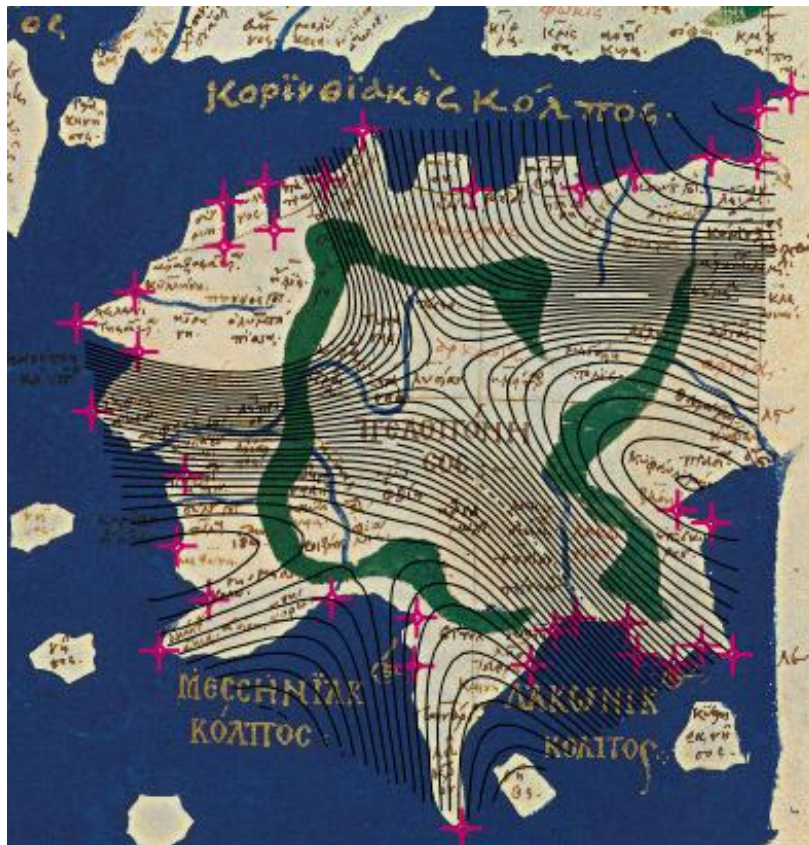
Εικόνα Παραρτήματος 25 : Διανύσματα μετατόπισης (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 26 : Κύκλοι μετατόπισης (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



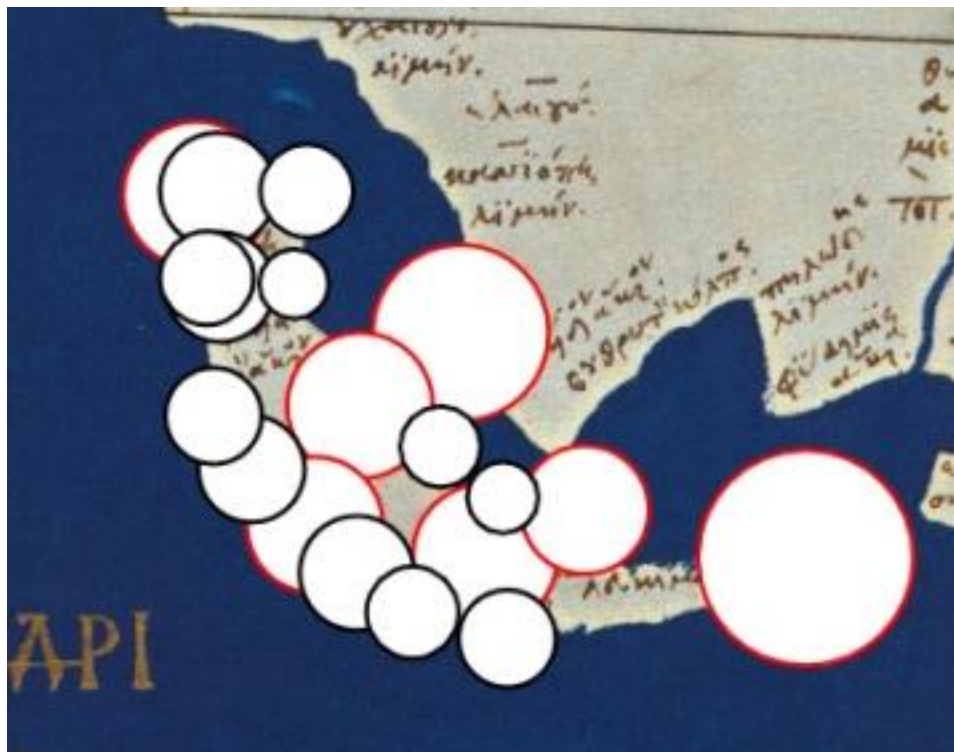
Εικόνα Παραρτήματος 27 : Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 200 m (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



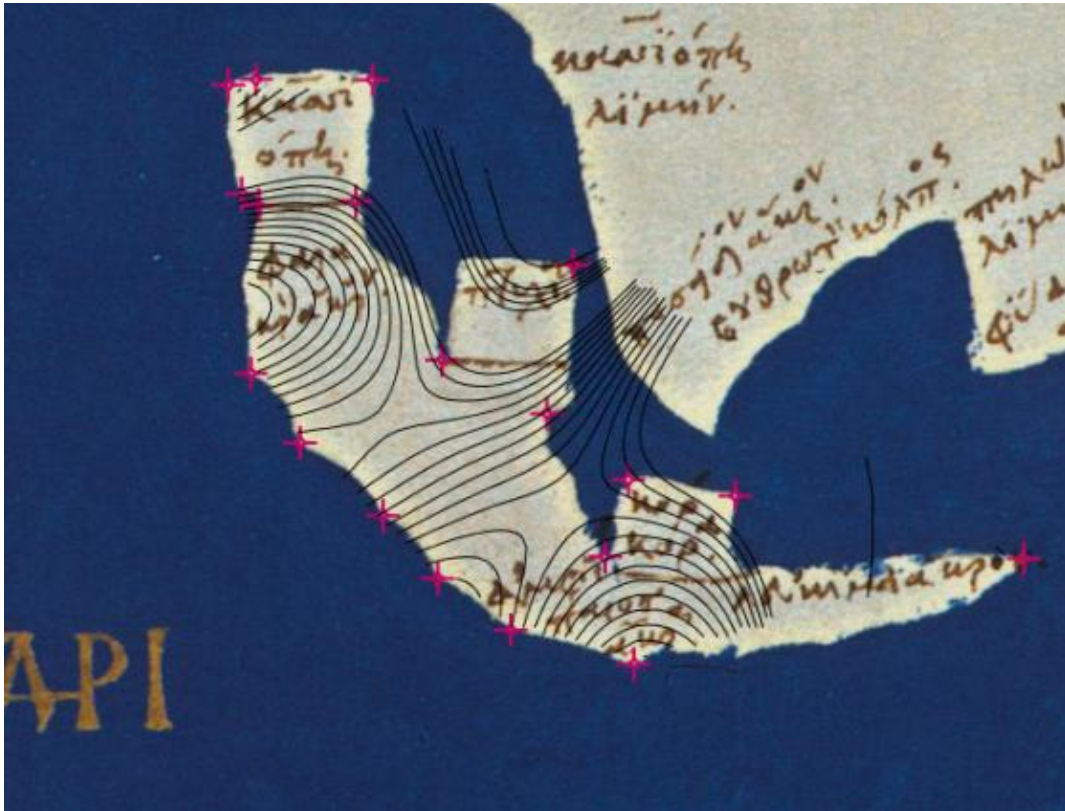
Εικόνα Παραρτήματος 28: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Πελοπόννησος, Πτολεμαίος)



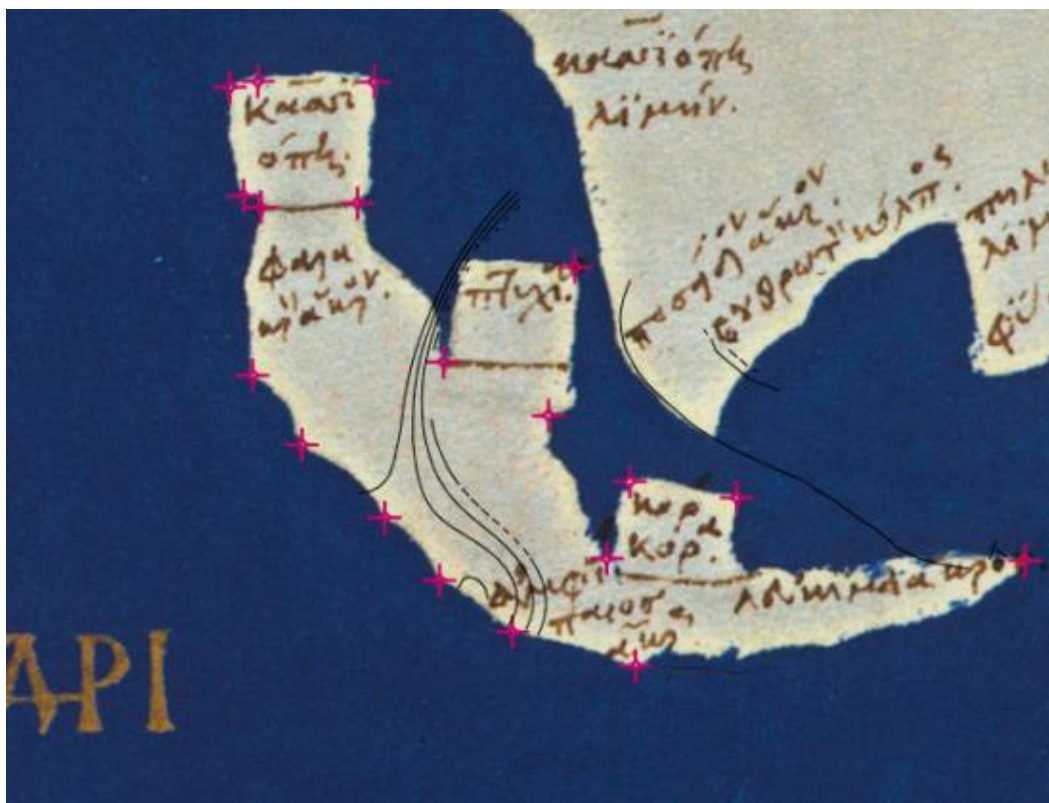
Εικόνα Παραρτήματος 29 : Διανύσματα μετατόπισης (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 30 : Κύκλοι μετατόπισης (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 31 : Ισαριθμικές κλίμακας με ισοδιάσταση 200 m (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)



Εικόνα Παραρτήματος 32: Ισαριθμικές στροφής με ισοδιάσταση 1° (Κέρκυρα, Πτολεμαίος)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ*****Σύγκριση της Χάρτας με σύγχρονο χάρτη*****Αναφορά 1**

Computation with 578 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.953.300

Rotation: 2° [cw]

Std. Deviation:±21.254m

Mean Pos. Err.: ±30.058m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.942.300

Scale Vert.: 1:1.967.400

Rotation: 2° [cw]

Std. Deviation:±21.244m

Mean Pos. Err.: ±30.044m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.945.000

Scale Vert.: 1:1.970.000

Rotation X: 3° [cw]

Rotation Y: 1° [ccw]

Std. Deviation:±20.124m

Mean Pos. Err.: ±28.460m

**Αναφορά 2**

Description of Transformation:

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x_0 + m_x \cdot \cos(\alpha) \cdot x - m_y \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y_0 + m_x \cdot \sin(\alpha) \cdot x + m_y \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a_1 = x_0$$

$$a_2 = m_x \cdot \cos(\alpha)$$

$$a_3 = m_y \cdot \sin(\beta)$$

$$b_1 = y_0$$

$$b_2 = m_x \cdot \sin(\alpha)$$

$$b_3 = m_y \cdot \cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation



mx: Horizontal Scale Factor  
 my: Vertical Scale Factor  
 alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.  
 beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----  
 Transformation parameters and standard deviations computed with 578 points:

x0 Translation Horizontal:	0.4656472026 +/-	0.01012
y0 Translation Vertical:	-1.9329192488 +/-	0.01012
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-356.5020422886 +/-	0.23820
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-0.6964225519 +/-	0.26950
mx Horizontal Scale Factor:	1945027.9682472209 +/-	8086.26154
my Vertical Scale Factor:	1969528.9424065216 +/-	9264.10483
a2:	0.0000005132	
a3:	-0.0000000062	
b2:	-0.0000000314	
b3:	0.0000005077	

-----  
 Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	20124.2650806741
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0102821616
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	28460.0086098806
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0145411725

Root mean square sum of all residuals: 0.01450

### **Αναφορά 3**

Computation with 74 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.820.700

Rotation: 4° [cw]

Std. Deviation:±14.284m

Mean Pos. Err.: ±20.201m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.542.200

Scale Vert.: 1:2.070.500

Rotation: 4° [cw]

Std. Deviation:±10.531m

Mean Pos. Err.: ±14.894m

Affine (6 Parameters)  
 Scale Hor.: 1:1.527.000  
 Scale Vert.: 1:2.048.000  
 Rotation X: 0° [cw]  
 Rotation Y: 9° [cw]  
 Std. Deviation:±9.479m  
 Mean Pos. Err.: ±13.406m

**Αναφορά 4**

Description of Transformation:

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x0 + mx \cdot \cos(\alpha) \cdot x - my \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y0 + mx \cdot \sin(\alpha) \cdot x + my \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a1 = x0$$

$$a2 = mx \cdot \cos(\alpha)$$

$$a3 = my \cdot \sin(\beta)$$

$$b1 = y0$$

$$b2 = mx \cdot \sin(\alpha)$$

$$b3 = my \cdot \cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

mx: Horizontal Scale Factor

my: Vertical Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.

beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----  
 Transformation parameters and standard deviations computed with 74 points:

x0 Translation Horizontal:	0.0482900492 +/-	0.03859
y0 Translation Vertical:	-1.8239879228 +/-	0.03859
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-359.6075674466 +/-	0.99229
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-351.4297918944 +/-	1.08764
mx Horizontal Scale Factor:	1526504.8435650754 +/-	26437.23547
my Vertical Scale Factor:	2047530.9246706043 +/-	38867.92188
a2:	0.0000006551	
a3:	0.0000000728	
b2:	-0.0000000045	
b3:	0.0000004829	

-----  
 Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	9479.2878213506
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0054197088
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	13405.7373985921
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0076646257

Root mean square sum of all residuals: 0.00751

### **Αναφορά 5**

Computation with 21 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.458.200

Rotation: 12° [cw]

Std. Deviation:±6.558m

Mean Pos. Err.: ±9.275m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:903.000

Scale Vert.: 1:2.158.400

Rotation: 27° [cw]

Std. Deviation:±3.544m

Mean Pos. Err.: ±5.012m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:816.000

Scale Vert.: 1:1.908.000

Rotation X: 22° [cw]

Rotation Y: 39° [cw]

Std. Deviation:±2.872m

Mean Pos. Err.: ±4.061m

### **Αναφορά 6**

Description of Transformation:

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x_0 + m_x \cdot \cos(\alpha) \cdot x - m_y \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y_0 + m_x \cdot \sin(\alpha) \cdot x + m_y \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a_1 = x_0$$

$$a_2 = m_x \cdot \cos(\alpha)$$

$$a_3 = m_y \cdot \sin(\beta)$$

$$b_1 = y_0$$

$$b_2 = m_x \cdot \sin(\alpha)$$

$$b_3 = m_y \cdot \cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

mx: Horizontal Scale Factor  
 my: Vertical Scale Factor  
 alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.  
 beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----

Transformation parameters and standard deviations computed with 21 points:

x0 Translation Horizontal:	-1.2562284277 +/-	0.19843
y0 Translation Vertical:	-1.4760648553 +/-	0.19843
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-338.4554247921 +/-	3.11919
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-320.5062017512 +/-	4.91805
mx Horizontal Scale Factor:	815565.5835727254 +/-	44399.55889
my Vertical Scale Factor:	1907502.6962432375 +/-	163732.88233
a2:	0.0000011405	
a3:	0.0000003334	
b2:	-0.0000004503	
b3:	0.0000004046	

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	2871.7635686697
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0025133511
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	4061.2869867416
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0035544153

Root mean square sum of all residuals: 0.00329

**Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με σύγχρονο χάρτη****Αναφορά 7**

Computation with 26 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.433.300

Rotation: 4° [cw]

Std. Deviation: ±26.120m

Mean Pos. Err.: ±36.939m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.089.700

Scale Vert.: 1:1.676.200

Rotation: 7° [cw]

Std. Deviation: ±20.577m

Mean Pos. Err.: ±29.101m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:945.000

Scale Vert.: 1:1.449.000

Rotation X: 6° [ccw]

Rotation Y: 21° [cw]

Std. Deviation: ±12.127m

Mean Pos. Err.: ±17.150m

**Αναφορά 8**

Description of Transformation:

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x_0 + m_x \cdot \cos(\alpha) \cdot x - m_y \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y_0 + m_x \cdot \sin(\alpha) \cdot x + m_y \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a_1 = x_0$$

$$a_2 = m_x \cdot \cos(\alpha)$$

$$a_3 = m_y \cdot \sin(\beta)$$

$$b_1 = y_0$$

$$b_2 = m_x \cdot \sin(\alpha)$$

$$b_3 = m_y \cdot \cos(\beta)$$

x<sub>0</sub>: Horizontal Translation

y<sub>0</sub>: Vertical Translation

m<sub>x</sub>: Horizontal Scale Factor

m<sub>y</sub>: Vertical Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.

beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----

Transformation parameters and standard deviations computed with 26 points:

x0 Translation Horizontal:	-0.7050163272 +/-	0.12807
y0 Translation Vertical:	-2.5610549760 +/-	0.12807
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-6.1022926754 +/-	2.47836
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-339.3197256266 +/-	2.55675
mx Horizontal Scale Factor:	945359.4504696416 +/-	40892.05901
my Vertical Scale Factor:	1448780.2972291713 +/-	64649.97958
a2:	0.0000010518	
a3:	0.0000002438	
b2:	0.0000001124	
b3:	0.0000006458	

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	12126.9516490575
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0105991648
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	17150.0994923399
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0149894827

Root mean square sum of all residuals: 0.01410

### **Αναφορά 9**

Computation with 19 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.011.000

Rotation: 15° [ccw]

Std. Deviation: ±6.955m

Mean Pos. Err.: ±9.836m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:696.900

Scale Vert.: 1:1.333.600

Rotation: 1° [ccw]

Std. Deviation: ±5.790m

Mean Pos. Err.: ±8.189m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:777.000

Scale Vert.: 1:1.463.000  
 Rotation X: 8° [cw]  
 Rotation Y: 13° [ccw]  
 Std. Deviation: ±6.265m  
 Mean Pos. Err.: ±8.859m

### **Αναφορά 10**

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x0 + mx \cdot \cos(\alpha) \cdot x - my \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y0 + mx \cdot \sin(\alpha) \cdot x + my \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a1 = x0$$

$$a2 = mx \cdot \cos(\alpha)$$

$$a3 = my \cdot \sin(\beta)$$

$$b1 = y0$$

$$b2 = mx \cdot \sin(\alpha)$$

$$b3 = my \cdot \cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

mx: Horizontal Scale Factor

my: Vertical Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.

beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----  
 Transformation parameters and standard deviations computed with 19 points:

x0 Translation Horizontal:	0.8070273258 +/-	0.52844
y0 Translation Vertical:	-2.6847711746 +/-	0.52844
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-352.3745574466 +/-	8.07038
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-13.4526205297 +/-	10.05556
mx Horizontal Scale Factor:	776579.8402964380 +/-	109384.97337
my Vertical Scale Factor:	1463251.0165313084 +/-	256804.27936
a2:	0.0000012763	
a3:	-0.0000001590	
b2:	-0.0000001709	
b3:	0.0000006647	

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	6264.6115062914
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0061741109

Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]: 8859.4985551959  
 Root Mean Square Position Error in Source Map [m]: 0.0087315113

Root mean square sum of all residuals: 0.00801

### **Αναφορά 11**

Computation with 39 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:1.939.100

Rotation: 12° [cw]

Std. Deviation: ±22.055m

Mean Pos. Err.: ±31.191m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.760.500

Scale Vert.: 1:2.440.100

Rotation: 8° [cw]

Std. Deviation: ±20.976m

Mean Pos. Err.: ±29.665m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:1.751.000

Scale Vert.: 1:2.427.000

Rotation X: 8° [cw]

Rotation Y: 6° [cw]

Std. Deviation: ±20.997m

Mean Pos. Err.: ±29.695m

### **Αναφορά 12**

Description of Transformation:

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x0 + mx \cdot \cos(\alpha) \cdot x - my \cdot \sin(\beta) \cdot y$$

$$Y = y0 + mx \cdot \sin(\alpha) \cdot x + my \cdot \cos(\beta) \cdot y$$

$$a1 = x0$$

$$a2 = mx \cdot \cos(\alpha)$$

$$a3 = my \cdot \sin(\beta)$$

$$b1 = y0$$

$$b2 = mx \cdot \sin(\alpha)$$

$$b3 = my \cdot \cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

mx: Horizontal Scale Factor

my: Vertical Scale Factor



alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.

beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----  
Transformation parameters and standard deviations computed with 39 points:

x0 Translation Horizontal:	-0.0812621159 +/-	0.12025
y0 Translation Vertical:	-1.5398918349 +/-	0.12025
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-352.1156144445 +/-	2.20076
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-353.5922978332 +/-	4.26286
mx Horizontal Scale Factor:	1751453.6481098790 +/-	67274.23894
my Vertical Scale Factor:	2427099.1179354650 +/-	180578.30683
a2:	0.0000005656	
a3:	0.0000000460	
b2:	-0.0000000783	
b3:	0.0000004094	

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	20997.2517352017
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0103198216
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	29694.5981764842
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0145944317

Root mean square sum of all residuals: 0.01402

**Σύγκριση χαρτών του Πτολεμαίου με τη Χάρτα****Αναφορά 13**

Computation with 35 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:8.730

Rotation: 2° [cw]

Std. Deviation:±119m

Mean Pos. Err.: ±169m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:8.310

Scale Vert.: 1:9.130

Rotation: 2° [cw]

Std. Deviation:±118m

Mean Pos. Err.: ±167m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:7.900

Scale Vert.: 1:8.600

Rotation X: 6° [ccw]

Rotation Y: 11° [cw]

Std. Deviation:±95m

Mean Pos. Err.: ±135m

**Αναφορά 14**

Affine (6 Parameters)

6 Parameters:

$$X = x0 + mx*\cos(\alpha)*x - my*\sin(\beta)*y$$

$$Y = y0 + mx*\sin(\alpha)*x + my*\cos(\beta)*y$$

$$a1 = x0$$

$$a2 = mx*\cos(\alpha)$$

$$a3 = my*\sin(\beta)$$

$$b1 = y0$$

$$b2 = mx*\sin(\alpha)$$

$$b3 = my*\cos(\beta)$$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

mx: Horizontal Scale Factor

my: Vertical Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Horizontal Axis.

beta: Rotation in Counter-Clockwise Direction for Vertical Axis.

-----

Transformation parameters and standard deviations computed with 35 points:

x0 Translation Horizontal:	-0.2401760254 +/-	0.02506
y0 Translation Vertical:	-0.1734283675 +/-	0.02506
alpha Horizontal Rotation [deg ccw]:	-5.7821948755 +/-	2.24058
beta Vertical Rotation [deg ccw]:	-349.4701525578 +/-	2.33299
mx Horizontal Scale Factor:	7868.1886544054 +/-	307.68877
my Vertical Scale Factor:	8632.4725571041 +/-	351.49976
a2:	0.0001264474	
a3:	0.0000211698	
b2:	0.0000128044	
b3:	0.0001138909	

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	95.2935560902
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0115751044
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	134.7654394295
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0163696696

Root mean square sum of all residuals: 0.01565

### **Αναφορά 15**

Computation with 19 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:9.370

Rotation: 4° [ccw]

Std. Deviation: ±57m

Mean Pos. Err.: ±80m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:9.680

Scale Vert.: 1:9.140

Rotation: 6° [ccw]

Std. Deviation: ±58m

Mean Pos. Err.: ±82m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:10.000

Scale Vert.: 1:9.700  
 Rotation X: 1° [cw]  
 Rotation Y: 10° [ccw]  
 Std. Deviation: ±61m  
 Mean Pos. Err.: ±87m

### **Αναφορά 16**

Description of Transformation:

Helmert (4 Parameters)

4 Parameters:

$X = x_0 + ax - by$

$Y = y_0 + bx + ay$

$a = m * \cos(\alpha)$

$b = m * \sin(\alpha)$

x0: Horizontal Translation

y0: Vertical Translation

m: Scale Factor

alpha: Rotation in Counter-Clockwise Direction

-----  
 Transformation parameters and standard deviations computed with 19 points:

x0 Translation Horizontal [m]:	-0.1342008103 +/-	0.00139
y0 Translation Vertical [m]:	-0.1586693491 +/-	0.00139
m Scale Factor:	9371.7349700562 +/-	680.84422
alpha Rotation: [deg ccw]	4.3560150967 +/-	4.16246

-----

Standard deviation and root mean square position error for all points:

Standard Deviation in Destination Map [m]:	56.6728384076
Standard Deviation in Source Map [m]:	0.0060472088
Root Mean Square Position Error in Destination Map [m]:	80.1474966943
Root Mean Square Position Error in Source Map [m]:	0.0085520447