

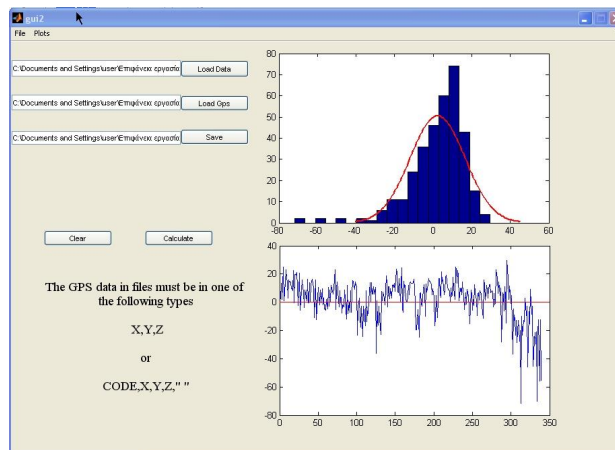
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦ. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MATLAB ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΣΕ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΜΗ ΙΣΟΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ



ΤΣΑΚΙΡΜΠΑΛΟΓΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

A.E.M.:4838

Επιβλέπων: Αναπλ. Καθηγητής Τσούρλος Παναγιώτης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 Εισαγωγή	1
2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	2
2.1 Περίληψη.....	2
2.2 Ηλεκτρική μέθοδος	2
2.2.1 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	2
2.2.2 Αρχές της ηλεκτρικής διασκόπησης.....	3
2.2.3 Φαινόμενη αντίσταση	4
2.3 Διατάξεις ηλεκτροδίων.....	6
2.4 Ηλεκτρική τομογραφία.....	8
3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΩΔΙΚΑ	10
3.1 Γενικά.....	10
3.2 Αλγόριθμος.....	10
4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	16
4.1 Η περιοχή έρευνας	16
4.2 Μετρήσεις στη 1 ^η θέση	17
4.3 Μετρήσεις στη 2 ^η θέση	18
4.4 Μετρήσεις στη 3 ^η θέση	20
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	23
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	24
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	25

1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Σκοπός της ήταν η δημιουργία και ανάπτυξη αλγορίθμου σε γλώσσα Matlab για την διόρθωση μετρήσεων ηλεκτρικής τομογραφίας λόγω μη ισοκατανεμημένης τοποθέτηση ηλεκτροδίων. Η γεωηλεκτρική μέθοδος αποτελεί μια αρκετά διαδεδομένη γεωφυσική διασκόπηση, αρκετά γρήγορη και με χαμηλό κόστος. Δεν εμφανίζει ιδιαίτερα προβλήματα, ωστόσο απαιτεί την ακριβή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων σε ίσες αποστάσεις. Κάτι τέτοιο δεν είναι πάντα εφικτό γι' αυτό απαιτείται συνήθως η διόρθωση των μετρήσεων. Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για τη διόρθωση αυτών των μετρήσεων αναπτύχθηκε στο περιβάλλον GUI της Matlab και δοκιμάστηκε τόσο σε συνθετικά, όσο και σε πραγματικά δεδομένα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσονται γενικές έννοιες και αρχές της ηλεκτρικής τομογραφίας και γενικά της ηλεκτρικής μεθόδου γεωφυσικής διασκόπησης. Επιπρόσθετα γίνεται αναφορά στο σκοπό και τη χρησιμότητα διορθώσεων στις μετρήσεις. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο τρόπος λειτουργίας των αλγορίθμων και παρατίθενται σημαντικά τμήματα αυτών. Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται παραδείγματα από την εφαρμογή αυτών των αλγορίθμων σε πραγματικά δεδομένα, από την περιοχή του Αλικιανού στη Κρήτη. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα από τη χρησιμότητα αυτών των διορθώσεων. Στο τέλος της εργασίας παρατίθεται ο κώδικας του προγράμματος καθώς και εικόνες από τα παράθυρα του προγράμματος.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τσούρλο Παναγιώτη για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθειά του καθώς και για τα δεδομένα τα οποία μου παραχώρησε.

2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

2.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία βασική ανασκόπηση στην ηλεκτρική μέθοδο γεωφυσικής διασκόπησης και συγκεκριμένα στην ηλεκτρική τομογραφία. Γίνεται αναφορά στη σημασία του γεωμετρικού παράγοντα και αναφέρονται προβλήματα που εμφανίζονται στην αντιστροφή των μετρήσεων.

2.2 Ηλεκτρική μέθοδος

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι γεωφυσικής διασκόπησης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της κατανομής των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της γης. Αυτό επιτυγχάνεται πραγματοποιώντας μετρήσεις του ηλεκτρικού δυναμικού είτε στην επιφάνεια της Γης είτε μέσα σε αυτήν με τη βοήθεια γεωτρήσεων για τον προσδιορισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους.

2.2.1 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση, ρ , είναι η ιδιότητα των πετρωμάτων που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ηλεκτρική διασκόπηση. Έστω R η ηλεκτρική αντίσταση ενός κομματιού πετρώματος σχήματος κυλίνδρου, διατομής S και μήκους L , τότε η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ορίζεται από τον τύπο:

$$\rho = R \frac{S}{L}, \quad R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

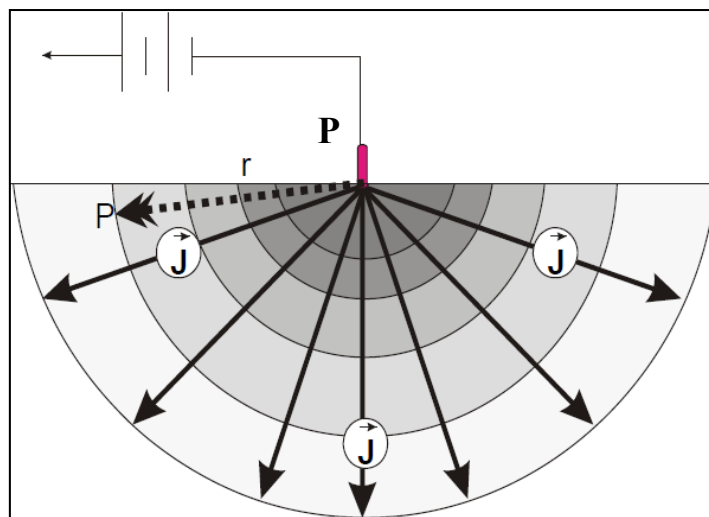
Η μονάδα μέτρησης της είναι το $1\Omega m$ στο διεθνές σύστημα μονάδων, SI, ωστόσο πολλές φορές χρησιμοποιείται και η μονάδα $1\Omega cm$ ($1\Omega m = 100\Omega cm$).

Ο κύριος μηχανισμός που καθορίζει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στα πετρώματα της Γης είναι αυτός της ηλεκτρολυτικής αγωγής. Σύμφωνα με αυτόν, το ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδεται μέσω των ιόντων αλάτων και ορυκτών που είναι διαλυμένα μέσα στο νερό που γεμίζει τους πόρους των γεωλογικών σχηματισμών. Άλλοι τρόποι διάδοσης του ρεύματος στη γη είναι της ηλεκτρονικής αγωγιμότητας (κυρίως για τα μεταλλικά ορυκτά) και της διηλεκτρικής μετάδοσης. Το πλήθος των παραγόντων, αλλά και η συχνή μεταβολή μερικών από αυτών, έχει σαν αποτέλεσμα η ειδική ηλεκτρική αντίσταση να παρουσιάζει πολύ μεγάλο εύρος τιμών, ακόμα και για τον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό. Έτσι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των πετρωμάτων είναι μια από τις περισσότερο μεταβαλλόμενες φυσικές ιδιότητες των πετρωμάτων. Οι τιμές κυμαίνονται από $10^{-6} \Omega m$, σε ορισμένα ορυκτά όπως ο γραφίτης, μέχρι $10^{15} \Omega m$, σε ορισμένα ξηρά χαλαζιακά πετρώματα. Τυπικές τιμές ηλεκτρικής αντίστασης για διάφορα πετρώματα φαίνονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1	
Υλικό	Αντίσταση
Σιδηροπυρίτης	3×10^{-1}
Γαληνίτης	2×10^{-3}
Χαλαζία	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
Ασβεστίτης	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Γρανίτης	$100 - 1 \times 10^6$
Γάββρος	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
Ασβεστόλιθος	$50 - 1 \times 10^7$
Ψαμμίτης	$1 - 1 \times 10^8$
Σχιστόλιθος	$20 - 2 \times 10^3$
Δολομίτης	$100 - 1 \times 10^4$
Άμμος	$1 - 1000$
Άργιλος	$1 - 100$

2.2.2 Αρχές της ηλεκτρικής διασκόπησης

Αν υποθέσουμε ότι θετικός πόλος (P) βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους, το οποίο θεωρούμε ότι έχει αντίσταση, ρ , και ότι πρόκειται για ομογενές μέσο, τότε το ρεύμα θα διαρρέεται μόνο μέσα στη γη (λόγω της άπειρης αντίστασης του αέρα) και θα “κινείται” σαν σφαίρα (σχήμα 1).



Σχήμα 2.1. Σφαιρική ροή ηλεκτρικού ρεύματος εξαιτίας ύπαρξης ηλεκτροδίου P. <http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/ggp762e/>

Αποδεικνύεται ότι το δυναμικό, V , που προκαλείται σε απόσταση, r , από αυτόν το θετικό πόλο δίνεται από τη σχέση:

$$V^{(+)} = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.2)$$

Αντίστοιχα, για αρνητικό πόλο θα ισχύει :

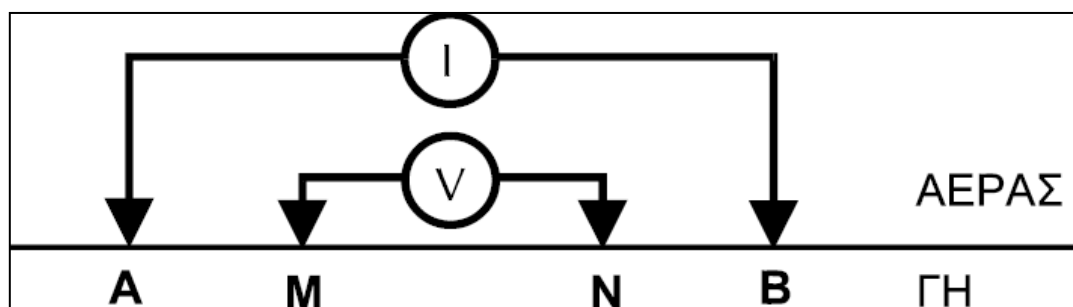
$$V^{(-)} = -\frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.3)$$

Όπου ρ , η ειδική ηλεκτρική αντίσταση, I , η ένταση του ρεύματος και r η απόσταση σε ένα σημείο από τον πόλο. Στην περίπτωση που ο πόλος δεν βρίσκεται στην επιφάνεια της γης αλλά μέσα σε κάποιο βάθος, τότε η σχέση του δυναμικού σε ένα σημείο γίνεται:

$$V = \frac{\rho I}{4\pi r} \quad (2.4)$$

2.2.3 Φαινόμενη αντίσταση

Ας υποθέσουμε την παρακάτω διάταξη:



Σχήμα 2.2. Τυπική διάταξη ηλεκτροδίων για γεωηλεκτρική έρευνα.

<http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/ggp762e/>

Στα ηλεκτρόδια A και B εισάγουμε ρεύμα έντασης I , ενώ στα ηλεκτρόδια M και N μετράμε την διαφορά δυναμικού.

Σύμφωνα με τις σχέσεις 1 και 2, το δυναμικό στο σημείο M δίνεται από τον τύπο:

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi AM} - \frac{\rho I}{2\pi BM} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (2.5)$$

Αντίστοιχα στο σημείο N το δυναμικό θα είναι ίσο με :

$$V_N = \frac{\rho I}{2\pi AN} - \frac{\rho I}{2\pi BN} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (2.6)$$

Η μετρούμενη διαφορά δυναμικού, ΔV , θα είναι ίση με:

$$\begin{aligned} \Delta V = V_M - V_N &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Λύνοντας ως προς ρ , προκύπτει:

$$\rho = \frac{2\pi \Delta V}{I} \left(\frac{1}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \right) \quad (2.8)$$

Οι παραπάνω τύποι εκφράζουν την ειδική ηλεκτρική αντίσταση και ισχύουν, όπως προαναφέρθηκε, για ομογενές μέσο. Η γη όμως στα ανώτερα κυρίως στρώματα του φλοιού είναι ανομοιογενής. Παρατηρούμε ότι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, έτσι οι διακυμάνσεις της ειδικής αντίστασης, για τους ίδιους σχηματισμούς θα έχουν μεγάλο εύρος. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι δεν μπορούμε να αναφερόμαστε σε ειδική ηλεκτρική αντίσταση, αλλά φαινόμενη ηλεκτρική αντίσταση.

Η σχέση 2.8 μπορεί να γραφτεί ως εξής:

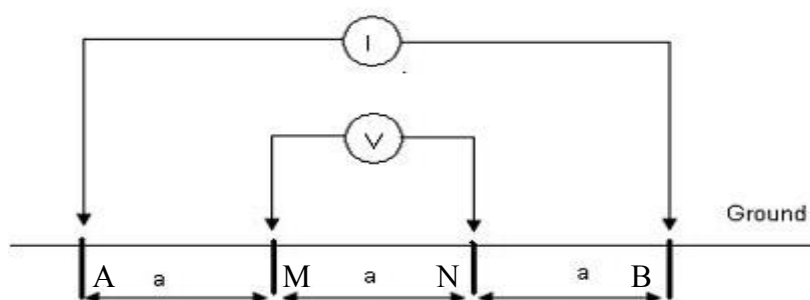
$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \left(\frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \right) = R * K \quad (2.9)$$

Η μέτρηση της αντίστασης που θα πάρουμε από το όργανο, είναι η R και εξαρτάται τόσο από τη γεωηλεκτρική δομή του υπεδάφους, όσο και από τη γεωμετρία της διάταξη. Για να διορθωθεί αυτή η τιμή πολλαπλασιάζεται με τον γεωμετρικό παράγοντα, K.

2.3 Διατάξεις ηλεκτροδίων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να διαταχθούν τα τέσσερα ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του εδάφους. Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται διατάξεις που έχουν εσωτερική συμμετρία και ελαχιστοποιούν τις μετρήσεις καλωδίων στην ύπαιθρο. Κάθε τρόπος έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο γνωστές διατάξεις.

Wenner

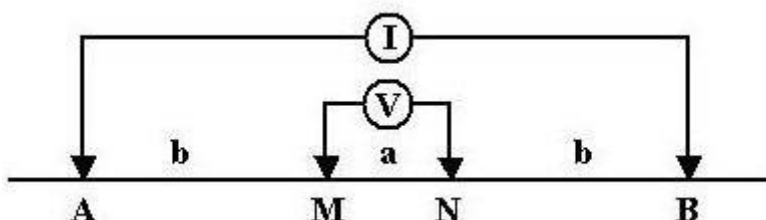


Σχήμα 2.3.Διάταξη Wenner. <http://hurricane193.wordpress.com>

Στη μέθοδο αυτή τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Τα πλεονεκτήματα αυτής της διάταξης είναι ότι η φαινόμενη ειδική αντίσταση υπολογίζεται πολύ εύκολα και στην ύπαιθρο και η ευαισθησία των οργάνων δεν είναι τόσο σημαντική όσο σε άλλες διατάξεις. Η φαινόμενη αντίσταση υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} 2\pi a \quad (2.10)$$

Schlumberger



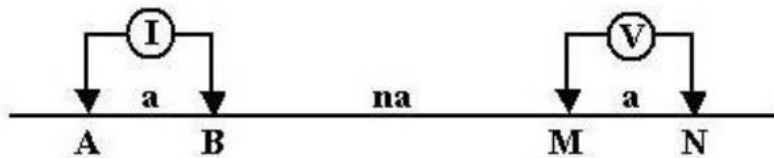
Σχήμα 2.4.Διάταξη Schlumberger. <http://appliedgeophysics.berkeley.edu/dc/index.html>

Στη συγκεκριμένη διάταξη τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Πλεονεκτήματα αυτής της διάταξης είναι ότι λιγότερα ηλεκτρόδια

χρειάζεται να μετακινούνται για γραμμικές μετρήσεις εντός των Α και Β. Η φαινόμενη αντίσταση υπολογίζεται:

$$\rho_{\alpha} = \frac{\Delta V}{I} \frac{b(b+a)}{a} \pi \quad (2.11)$$

Dipole-Dipole

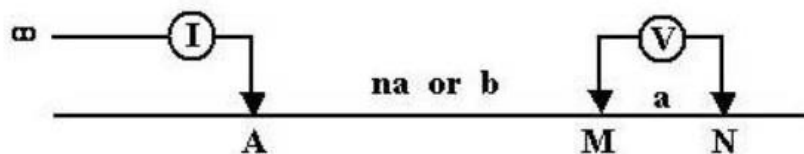


Σχήμα 2.5. Διάταξη Διπόλου-Διπόλου. <http://en.openet.org>

Κύριο πλεονέκτημα της διάταξης αυτής είναι η ευκολία της εγκατάστασης στο πεδίο, που οφείλεται κυρίως στο μικρό μήκος καλωδίων που απαιτούνται. Ωστόσο απαιτείται μεγάλη ένταση ρεύματος καθώς και σχετικά μεγάλη ευαισθησία των οργάνων. Η φαινόμενη αντίσταση υπολογίζεται:

$$\rho_{\alpha} = \frac{\Delta V}{I} [-\pi n a (n+1)(n+2)] \quad (2.12)$$

Pole-Dipole

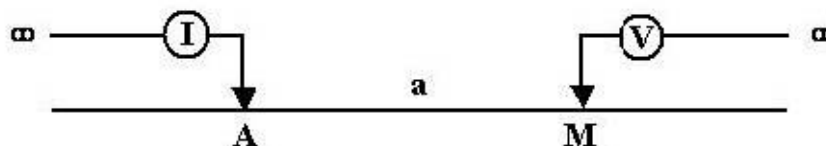


Σχήμα 2.6. Διάταξη Πόλου-Διπόλου. <http://appliedgeophysics.berkeley.edu>

Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι η μείωση της παραμόρφωση των ισοδυναμικών επιφανειών.

$$\rho_{\alpha} = \frac{\Delta V}{I} [2\pi n a (n+1)] \quad (2.13)$$

Pole-Pole



Σχήμα 2.7. Διάταξη Πόλου-Πόλου <http://appliedgeophysics.berkeley.edu>

Σε αυτή τη διάταξη τα ηλεκτρόδια B και N τοποθετούνται τόσο μακριά, που μπορούμε να τα θεωρήσουμε στο άπειρο. Έτσι η σχέση που δίνει τη φαινόμενη αντίσταση δίνεται:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} 2\pi a \quad (2.14)$$

Με τις παραπάνω διατάξεις και με διαφορετικά ανοίγματα ηλεκτροδίων μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για την φαινόμενη αντίσταση με το βάθος (**βυθοσκόπηση**).

Επίσης μετακινώντας πλευρικά τα ηλεκτρόδια και πάντα με σταθερές αποστάσεις ηλεκτροδίων παίρνουμε πληροφορίες για τις μεταβολές (πλευρικές) της φαινόμενης αντίστασης (**οριζοντιογραφία**).

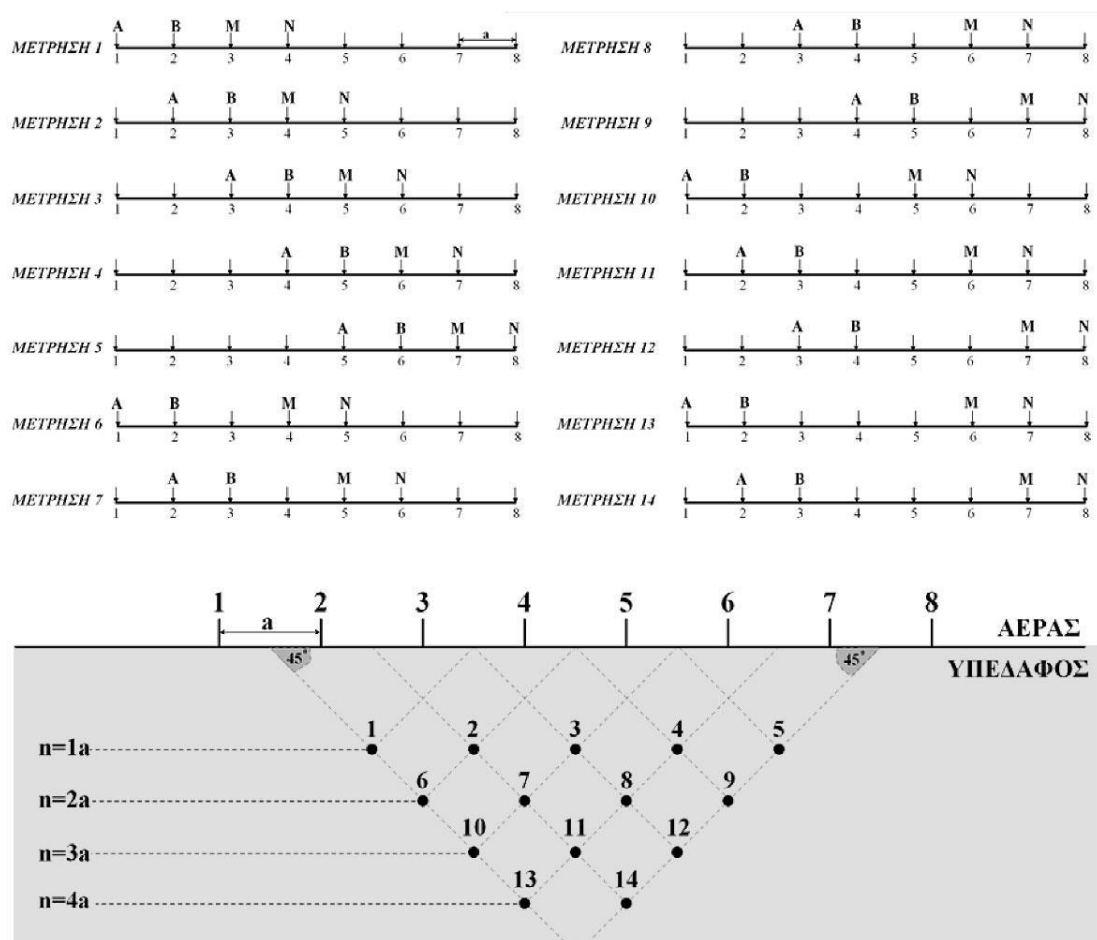
2.4 Ηλεκτρική τομογραφία

Ο συνδυασμός της μεθόδου της βυθοσκόπησης και της οριζοντιογραφίας είναι η ηλεκτρική τομογραφία. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών τόσο για την πλευρική, όσο και για την κατακόρυφη μεταβολή της αντίστασης.

Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι λαμβάνεται μεγάλος αριθμός μετρήσεων που περιέχουν χρήσιμη πληροφορία. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η διακριτική ικανότητα και η χωρική ανάλυση της γεωηλεκτρικής μεθόδου. Ο αυξημένος αριθμός μετρήσεων καθιστά ιδιαίτερα χρονοβόρα την χειροκίνητη επιλογή των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού και γι' αυτό χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών.

Στο σχήμα 2 απεικονίζεται ο τρόπος διεξαγωγής μιας δισδιάστατης διασκόπησης με τη διάταξη διπόλου-διπόλου για μία διάταξη 8 ηλεκτροδίων, καθώς και η απεικόνιση των δεδομένων σε δύο διαστάσεις. Κάθε τιμή της αντίστασης θεωρείται ότι τοποθετείται στο σημείο τομής δύο ευθειών που έχουν ως αρχή το κέντρο των διπλών AB και MN αντίστοιχα και σχηματίζουν γωνία 45° με το οριζόντιο επίπεδο.

Πρόδρομος της ηλεκτρικής τομογραφίας είναι η μέθοδος της «ψευδοτομής» (Halhof, 1967), όπου τα δεδομένα απεικονίζονται σαν κατακόρυφες τομές του εδάφους με τη μορφή καμπύλων ίσης φαινόμενης αντίστασης. Στην διαδικασία της «ψευδοτομής» μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων (διπόλου-διπόλου, Wenner, πόλου-πόλου). Η ηλεκτρική τομογραφία όμως είναι πιο γενικευμένος όρος που περιλαμβάνει και μετρήσεις με μη συμβατικές διατάξεις, καθώς επίσης και μετρήσεις που λαμβάνονται με ηλεκτρόδια σε γεωτρήσεις (Shima1992) ή σήραγγα (Sasaki 1990).



Σχήμα 2.8. Σχηματική απεικόνιση ηλεκτρικής τομογραφίας με τη διάταξη διπόλου-διπόλου για διάταξη 8 ηλεκτροδίων και μέγιστη απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων $n=4$ (Tsourlos, 1995).

3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΩΔΙΚΑ

3.1 Γενικά

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι για τον ακριβή υπολογισμό της φαινόμενης αντίστασης (που απαιτείται για τη μετέπειτα αντιστροφή) πρέπει να υπολογίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τον γεωμετρικό παράγοντα. Γενικά ο γεωμετρικός παράγοντας κυμαίνεται από πολύ μικρές τιμές (πχ. διάταξη Wenner) έως πολύ μεγάλες (πχ. διάταξη διπόλου-διπόλου). Όμως ο ακριβής υπολογισμός του K δεν είναι πάντα εύκολος κι' αυτό γιατί απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στον προσδιορισμό της απόστασης των ηλεκτροδίων. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η διόρθωση των μετρήσεων με βάση την πραγματική απόσταση των ηλεκτροδίων. Η αποστάσεις των ηλεκτροδίων υπολογίζονται με βάση τις συντεταγμένες τους.

3.2 Αλγόριθμος

Αρχικά οι μετρήσεις των αντιστάσεων που παίρνουμε, όπως και τα αρχεία με τις συντεταγμένες των ηλεκτροδίων είναι σε μορφή dat ή txt. Η εισαγωγή των αρχικών αυτών δεδομένων γίνεται μέσω ενός παραθύρου με τη χρήση των εντολών παρακάτω εντολών:

```
[file path]=uigetfile('*.dat;*.txt','Data');  
string=strcat(path,file);  
newData1 = importdata(string, ' ', 9);  
data=newData1.data;  
textdata=newData1.textdata;
```

Η πρώτη σειρά με την εντολή uigetfile ανοίγει ένα παράθυρο από το οποίο επιλέγουμε τα αρχεία των μετρήσεων. Η τρίτη γραμμή εισάγει τα δεδομένα σε ένα struct, το newData1. Τα αρχεία έχουν τις 9 πρώτες σειρές ως επικεφαλίδες, αυτές πρέπει να κρατηθούν σε ένα πίνακα με τη μορφή cell. Έτσι τα 9 πρώτα στοιχεία από τα δεδομένα κρατούνται στον πίνακα textdata ενώ οι μετρήσεις κρατούνται στον πίνακα data, για την μετέπειτα επεξεργασία τους.

Τώρα όσον αφορά τα αρχεία με τα δεδομένα gps. Τα διάφορα gps έχουν και διαφορετικό outputformat, έτσι γίνεται κατανοητό ότι πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όλες τις δυνατές μορφές των αρχείων. Κάτι τέτοιο ωστόσο είναι εξαιρετικά δύσκολο, αντ' αυτού στο συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορούμε να εισάγουμε αρχεία με τις δύο κύριες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μορφές αρχείων: XYZ (πχ. "412690.79 4507185.40 221.00") ή με τη μορφή "CODE,X,Y,Z,"" (πχ. "EL18,3923338.417,492351.707,50.641,"" ").

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για να εισάγουμε τα δεδομένα από τα gps είναι ο παρακάτω.

```
[f1 p1]=(uigetfile('*.dat;*.txt','GPS'));  
str1=strcat(p1,f1);  
gps=importdata(str1);  
  
if (iscell(gps)==1)  
fid=fopen(str1);  
str=textscan(fid,'%s%f%f%f%s','delimiter',' ');  
fclose all;  
xg=str{2};  
yg=str{3};  
zg=str{4};  
gps=cat(2,xg,yg,zg);  
end
```

Και εδώ, με τις τρεις πρώτες γραμμές του κώδικα εισάγουμε τα δεδομένα. Στη συνέχεια με την εντολή **If** ελέγχουμε εάν το αρχείο ανήκει στη δεύτερη κατηγορία που αναφέρθηκε παραπάνω. Εάν ανήκει τότε διαβάζουμε με την εντολή **textscan** τα δεδομένα σε μορφή **string**, **float**, **float**, **float**, **string**. Αφού διαβαστούν τα δεδομένα τα περνάμε σε ξεχωριστές μεταβλητές **xg** (**=x_gps**), **yg** (**=y_gps**), **zg** (**=z_gps**). Τέλος με την εντολή **cat(2,xg,yg,zg)** μετατρέπουμε σε έναν πίνακα τα ξεχωριστά **X**, **Y**, **Z**.

Με βάση αυτά τα δεδομένα θα γίνει στη συνέχεια η επεξεργασία και η διόρθωση των αρχικών μετρήσεων.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι στο GUI της Matlab, εάν θέλουμε να χρησιμοποιούμε ίδιες μεταβλητές μεταξύ διαφορετικών συναρτήσεων, πρέπει οι μεταβλητές αυτές να δηλώνονται ως **global** στην αρχή κάθε συνάρτησης.

Αφού εισάγουμε τα δεδομένα των μετρήσεων και των σημείων των ηλεκτροδίων, δημιουργούμε έναν πίνακα με τα ηλεκτρόδια. Τα ηλεκτρόδια στο αρχείο των μετρήσεων είναι με βάση το άνοιγμα τους (**spacing**). Ο πίνακας **hlektr** θα περιέχει μόνο τις (εικονικές) θέσεις των ηλεκτροδίων. Η φαινόμενη αντίσταση εισάγεται σε νέο πίνακα, τον **ap_res**. Ο αλγόριθμος που παράγει αυτούς τους πίνακες είναι ο εξής.

```
datalengthcol=length(data(:,1));  
datalengthrow=length(data(1,:));  
hlektr(:,1)=data(:,2); % A  
hlektr(:,2)=data(:,4); % B
```

```

hlektr(:,3)=data(:,6); % M
hlektr(:,4)=data(:,8); % N
ap_res=data(:,10);
spacing=(hlektr(1,1)+hlektr(2,1))/2;

```

Επειδή το πρόγραμμα πρέπει να δουλεύει για διάφορες διατάξεις και συνεπώς για διάφορα ανοίγματα ηλεκτροδίων, η τελευταία γραμμή υπολογίζει το spacing από το μέσο όρο των δύο πρώτων ηλεκτροδίων. Στη συνέχεια το spacing θα χρησιμοποιηθεί για την αναγωγή των μετρήσεων στις πραγματικές αποστάσεις.

```

n=str2double(textdata(7));
fori=1:n;
    AM=hlektr(i,3)-hlektr(i,1);
    BM=hlektr(i,3)-hlektr(i,2);
    AN=hlektr(i,4)-hlektr(i,1);
    BN=hlektr(i,4)-hlektr(i,2);
    K(i)=1/((1/AM)-(1/BM)-(1/AN)+(1/BN));
end
    K=K';
fori=1:n;
    Reik(i)=ap_res(i)/K(i);
end
Reik=Reik';

```

Σε αυτό το κομμάτι του κώδικα υπολογίζεται ο γεωμετρικός παράγοντας με βάση όμως το spacing και όχι τις πραγματικές αποστάσεις των ηλεκτροδίων. Αυτό γίνεται για να υπολογιστεί η “εικονική” αντίσταση ώστε στη συνέχεια συγκρίνοντας την με την ανηγμένη, να υπολογιστεί το επί τοις εκατό σφάλμα.

Στη συνέχεια, το τμήμα του προγράμματος που ακολουθεί, έχει ως σκοπό τη δημιουργία 2 πινάκων, για X και για Y. Κάθε ηλεκτρόδιο έχει και ένα ID ανάλογα με το spacing, και βάση αυτού δημιουργούνται οι καινούργιοι αυτοί πίνακες που έχουν σαν στοιχεία τις συντεταγμένες των ηλεκτροδίων.

```

id(1,1)=0;
fori=2:length(gps);
    id(i,1)=id(i-1,1)+spacing;
end
id(:,2)=gps(:,1);
id(:,3)=gps(:,2);
fori=1:length(hlektr);
    for d=1:4;
        for j=1:length(id)

```

```

If hleltr(i,d)== id(j,1);
Xhl(i,d)=id(j,2); %X
Yhl(i,d)=id(j,3); %Y
end
end
end
end

```

Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή δημιουργείται ένας πίνακας, ο ID. Η πρώτη στήλη περιέχει τον κωδικό του ηλεκτροδίου ανάλογα με το spacing που χρησιμοποιείται, η δεύτερη περιέχει τα X (γεωγραφικό πλάτος) των ηλεκτροδίων και η τρίτη στήλη τα Y (γεωγραφικό μήκος). Στη συνέχεια γίνεται μία αναζήτηση των ID μεταξύ του πίνακα των ηλεκτροδίων, hleltr και του πίνακα ID. Σκοπός αυτής της αναζήτησης είναι να δημιουργηθούν δύο πίνακες, ο Xhl και ο Yhl. Αυτοί οι πίνακες περιέχουν τις γεωγραφικές θέσεις των ηλεκτροδίων, έχουν δηλαδή το μέγεθος του αρχείου των μετρήσεων αλλά αντί για τις αποστάσεις (spacing) έχουν τις μετρηθείσες με grs θέσεις των ηλεκτροδίων.

Συνεχίζοντας, για να υπολογίσουμε τον πραγματικό γεωμετρικό παράγοντα, πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε τις πραγματικές αποστάσεις AM, AN, BM και BN. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι αυτές οι αποστάσεις υπολογίζονται απευθείας σε μέτρα, μιας και οι συντεταγμένες των ηλεκτροδίων είναι στο σύστημα ΕΓΣΑ87. Οι αποστάσεις υπολογίζονται από τον μαθηματικό τύπο που ισχύει για την απόσταση μεταξύ δύο σημείων A και B, $(AB) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$. Αφού υπολογιστεί και ο πραγματικός γεωμετρικός παράγοντας, RealK, βρίσκουμε την πραγματική αντίσταση, RealR. Επιπλέον υπολογίζουμε τις διορθωμένες φαινόμενες αντιστάσεις καθώς και το επί τοις εκατό σφάλμα. Το παρακάτω κομμάτι κώδικα υπολογίζει αυτές τις μεταβλητές.

```

fori=1:n;
RealAM=sqrt((Xhl(i,3)-Xhl(i,1))^2+((Yhl(i,3)-Yhl(i,1))^2));
RealBM=sqrt((Xhl(i,3)-Xhl(i,2))^2+((Yhl(i,3)-Yhl(i,2))^2));
RealAN=sqrt((Xhl(i,4)-Xhl(i,1))^2+((Yhl(i,4)-Yhl(i,1))^2));
RealBN=sqrt((Xhl(i,4)-Xhl(i,2))^2+((Yhl(i,4)-Yhl(i,2))^2));
RealK(i)=1/((1/RealAM)-(1/RealBM)-(1/RealAN)+(1/RealBN));
end
RealK=RealK';

%% Pragmatiko R
fori=1:n;
RealR(i)=ap_res(i)/RealK(i);
end
RealR=RealR';

```

```

%% Υπολογισμός falmas
for i=1:n;
    cor(i)=Reik(i)*RealK(i);
    sfalma(i)=(ap_res(i)-cor(i))/ap_res(i);
end
cor=cor';
sfalma=sfalma'*100;

```

Τελειώνοντας πρέπει να αντικαταστήσουμε τις νέες τιμές φαινόμενης αντίστασης στις παλιές. Λόγω του ότι τα προγράμματα αντιστροφής χρησιμοποιούν αρχεία dat με τη μορφή που προκύπτουν από τα όργανα, πρέπει το τελικό αρχείο που θα δημιουργήσουμε να έχει τις “θεωρητικές”, **ακέραιες** αποστάσεις των ηλεκτροδίων. Επίσης πρέπει να περιέχονται και οι επικεφαλίδες. Γι’ αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το παρακάτω κομμάτι κώδικα, το οποίο δημιουργεί ένα αρχείο dat με τις αρχικές αποστάσεις αλλά με τις κανονικοποιημένες τιμές φαινόμενης αντίστασης.

```

output=data();
output(1:n,10)=cor(:);
correct_data_out=output';

[file path]=uinputfile('*.dat','Save as'); % saved file_name

srt2=strcat(path,file);

fout=fopen(srt2,'w');

fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(1)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(2)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(3)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(4)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(5)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(6)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(7)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(8)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(9)));
fprintf(fout,'%i %f %f %f %f %f %f %f %f %f\n',correct_data_out(:,1:n));
[x y]=size(correct_data_out);
fprintf(fout,'%i\n',correct_data_out(1,(n+1):y));

fclose all;

```

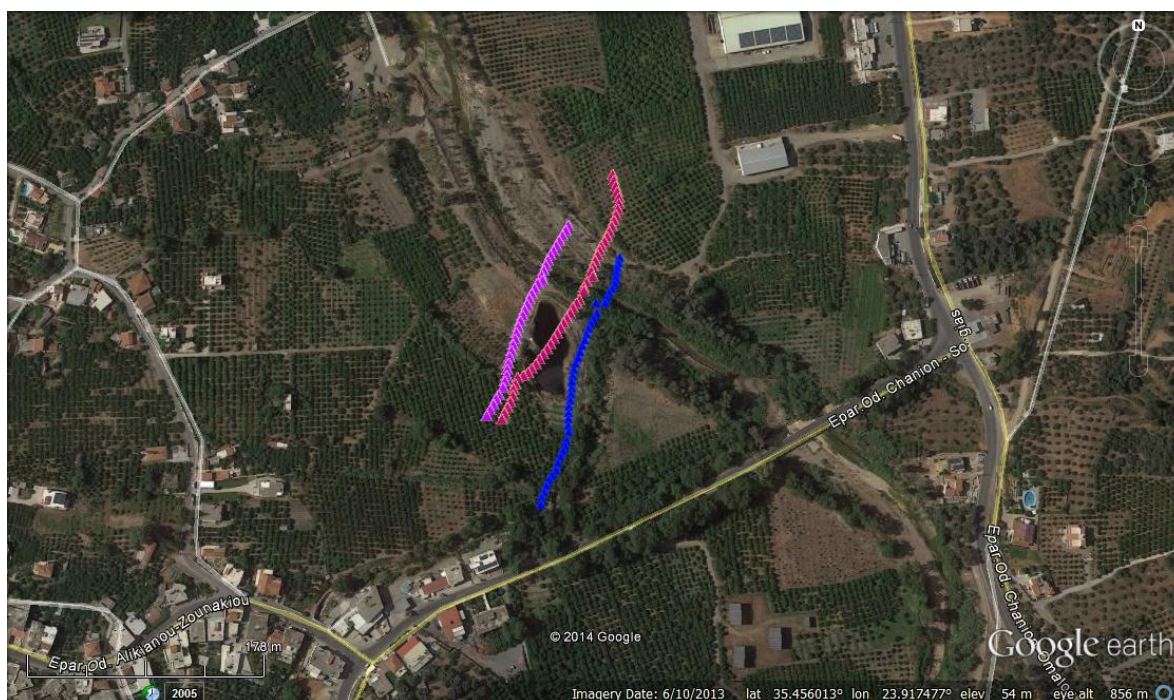

Το πρόγραμμα ανοίγει ένα παράθυρο ώστε να δώσουμε το όνομα που θέλουμε στο αρχείο. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν έχουν δεκαδική μορφή και τα σημαντικά ψηφία είναι έξι. Στο πρόγραμμα επίσης γίνεται και η οπτικοποίηση του σφάλματος σε ένα διάγραμμα που δείχνει το % σφάλμα για κάθε μέτρηση καθώς επίσης και ένα ιστόγραμμα με καμπύλη κανονικής κατανομής του σφάλματος των μετρήσεων.

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε αναφορά στον τρόπο δημιουργίας του προγράμματος και δόθηκαν μερικά κομμάτια αυτού ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του. Το πρόγραμμα όπως έχει αναφερθεί έχει γραφτεί στο περιβάλλον GUI της MATLAB, ο πλήρης κώδικας καθώς και φωτογραφίες από το γραφικό περιβάλλον βρίσκονται στο παράρτημα.

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

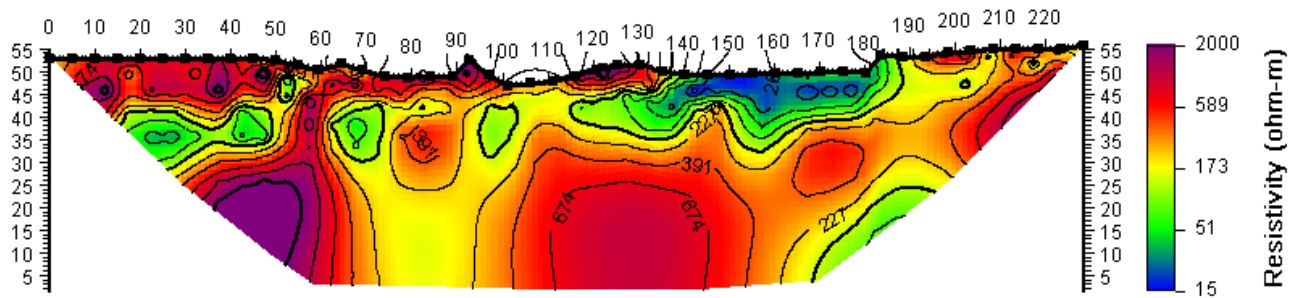
4.1 Η περιοχή έρευνας

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή του προγράμματος σε πραγματικά δεδομένα. Οι μετρήσεις έγιναν στη περιοχή του Αλικιανού, στο νομό Χανίων και αφορούσαν τη διερεύνηση πιθανής διαρροής υγρών αποβλήτων από μία τάφρο ελαιοτριβείου. Στη περιοχή έγιναν τρεις μετρήσεις με άνοιγμα ηλεκτροδίων (spacing) 5 μέτρων. Όπως φαίνεται και στη δορυφορική εικόνα της περιοχής οι τρεις μετρήσεις έγιναν κάθετα της τάφρου. Η πρώτη μέτρηση είναι η κεντρική και έχει μήκος περίπου 230 μέτρων. Η δεύτερη, έγινε παράλληλα με την πρώτη αλλά το δυτικό άκρο της λεκάνης, το μήκος της φτάνει τα 180 μέτρα. Τέλος η τρίτη μέτρηση έγινε στο ανατολικό άκρο και έχει μήκος ~210 μέτρα. Οι μετρήσεις αυτές είναι κατάλληλες για να δούμε την επίδραση του γεωμετρικού παράγοντα πάνω στη φαινόμενη αντίσταση καθώς όπως φαίνεται οι μετρήσεις και κυρίως η πρώτη μέτρηση δεν είναι σε ευθεία. Για την αντιστροφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα DC_2DPRO.



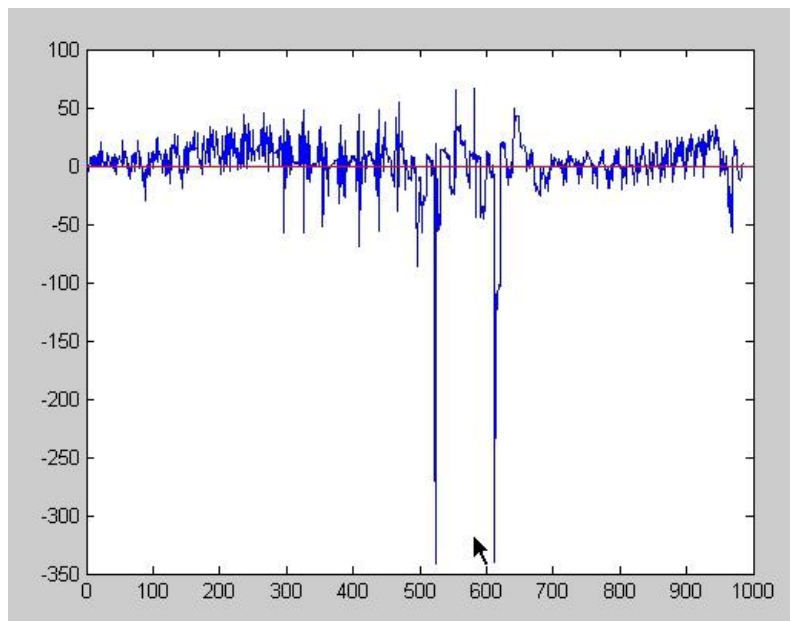
Εικόνα 4.1. Δορυφορική εικόνα της περιοχής των μετρήσεων. Στα αριστερά η 2^η μέτρηση, στο κέντρο, η 1^η και στα δεξιά, η 3^η. παρατηρούμε ότι η πρώτη μέτρηση αποκλίνει κατά πολύ από την ευθεία.

4.2 Μετρήσεις στη 1^η θέση

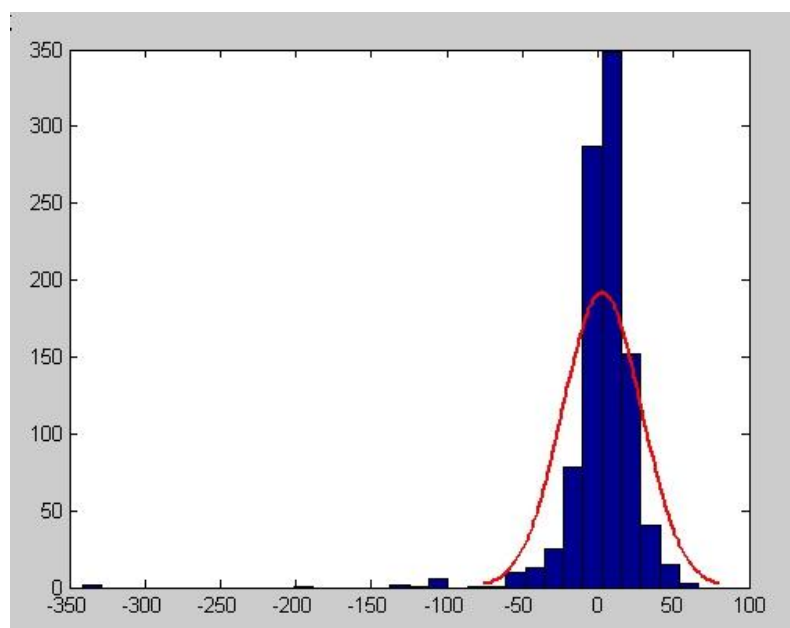


Εικόνα 4.2. Οι μετρήσεις μετά την αντιστροφή, χωρίς τη διόρθωση του γεωμετρικού

Μετά τη χρήση του προγράμματος πήραμε τα παρακάτω διαγράμματα.

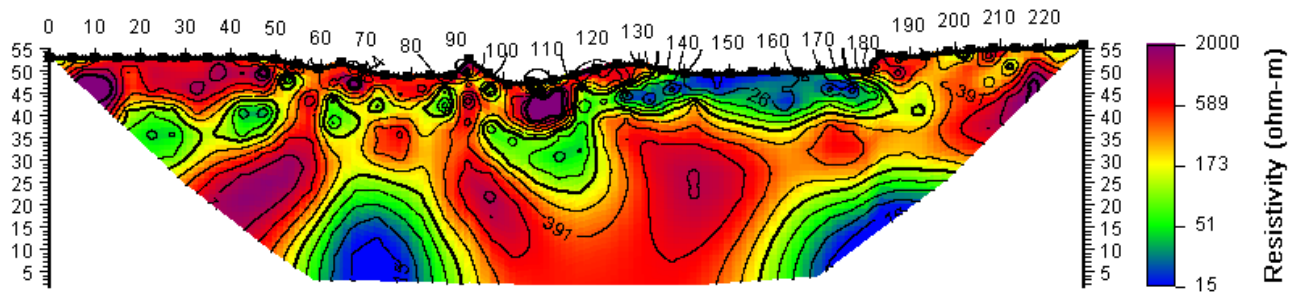


Εικόνα 4.3. Επί τοις εκατό σφάλμα για κάθε μέτρηση



Εικόνα 4.4. Ιστόγραμμα σφάλματος 1^{ης} μέτρησης

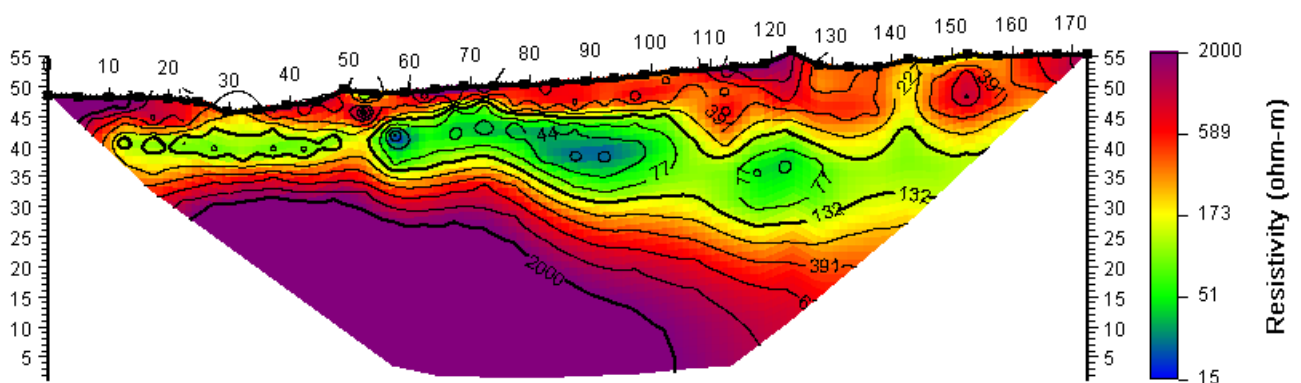
Στο πρώτο διάγραμμα βλέπουμε το % σφάλμα για κάθε μέτρηση και στο δεύτερο το ιστόγραμμα του σφάλματος των μετρήσεων.



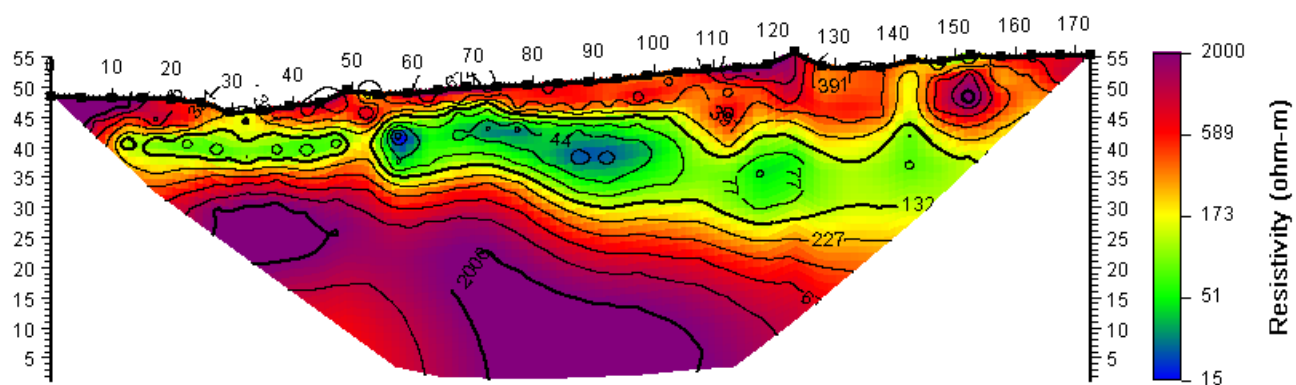
Εικόνα 4.5. Οι μετρήσεις μετά τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα.

Παρατηρούμε έντονη διαφορά των τιμών της φαινόμενης αντίστασης και κυρίως στα 70 με 80 μέτρα. Ενώ στη πρώτη εικόνα βλέπουμε μια σταδιακή ελάττωση της αντίστασης, μετά τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα, παρατηρείται μια απότομη αλλαγή των τιμών της αντίστασης

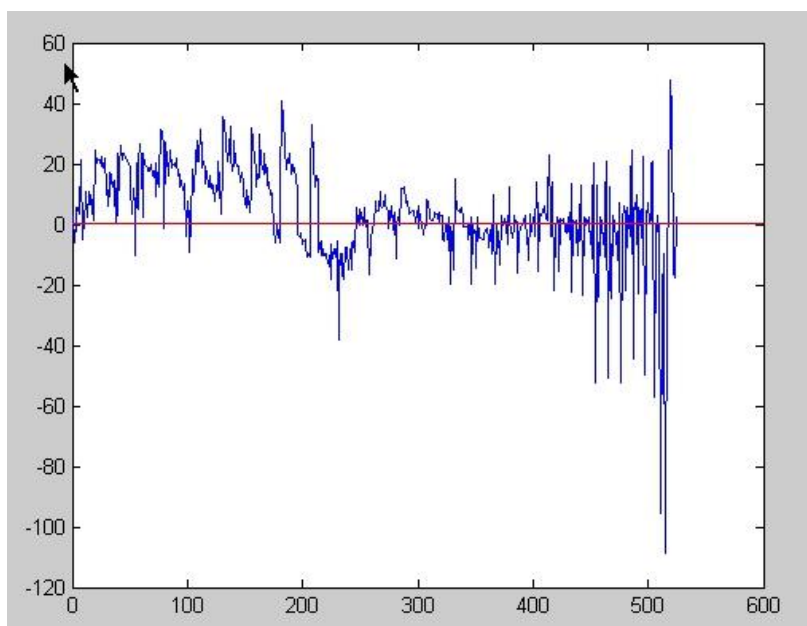
4.3 Μετρήσεις στη 2^η θέση



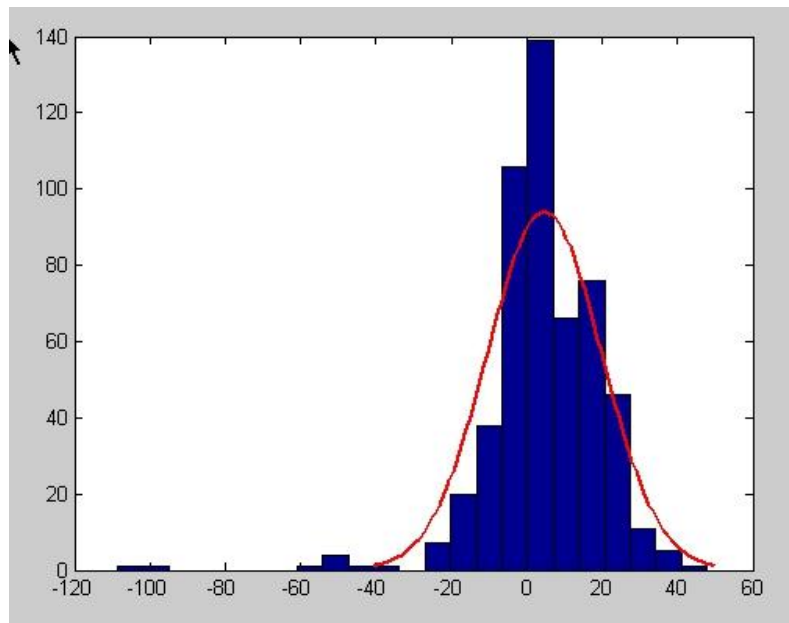
Εικόνα 4.6. Οι μετρήσεις πριν τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα.



Εικόνα 4.7. Οι μετρήσεις μετά τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα.



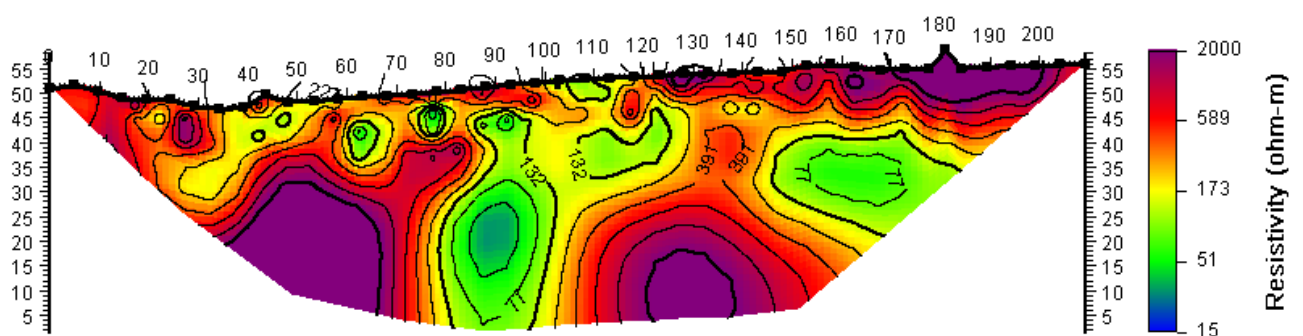
Εικόνα 4.8. Επί τοις εκατό σφάλμα για κάθε μέτρηση



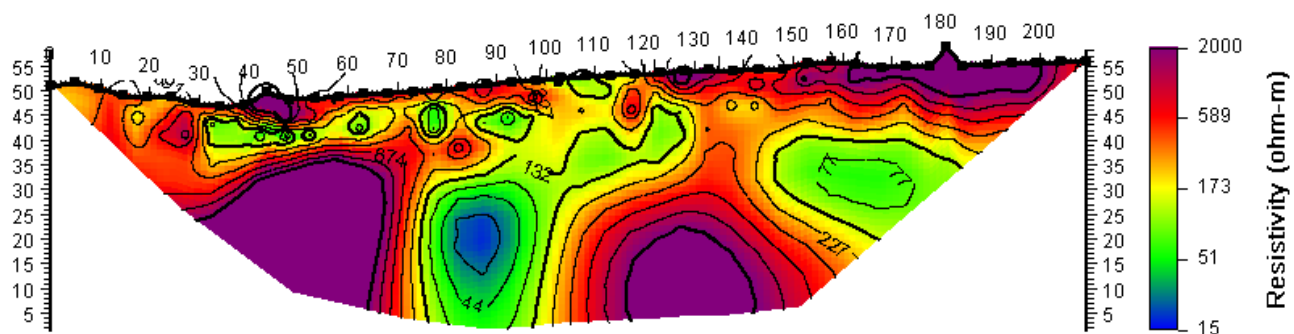
Εικόνα 4.9. Ιστόγραμμα σφάλματος 2^{ης} μέτρησης

Σε αυτή την περίπτωση παρόλο που η αλλαγή στο τελικό μοντέλο είναι αισθητή, δεν θεωρείται σημαντική

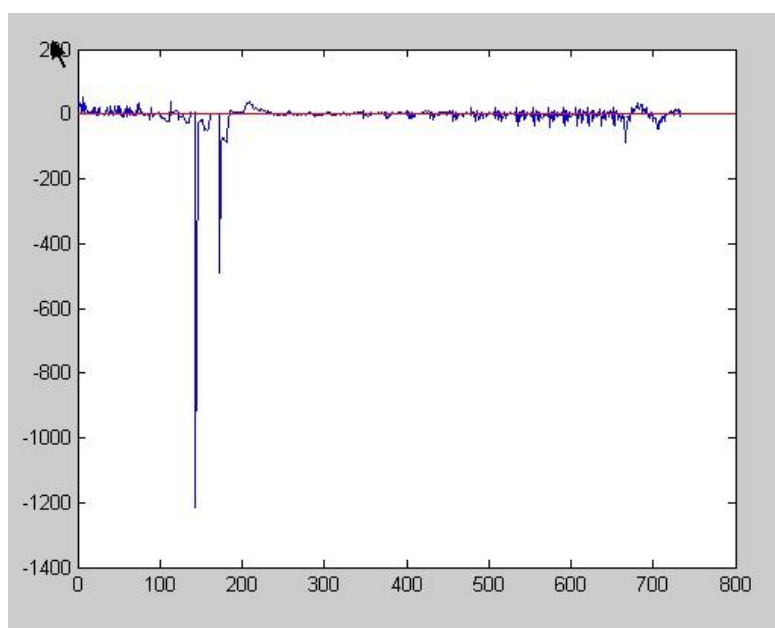
4.4 Μετρήσεις στη 3^η θέση



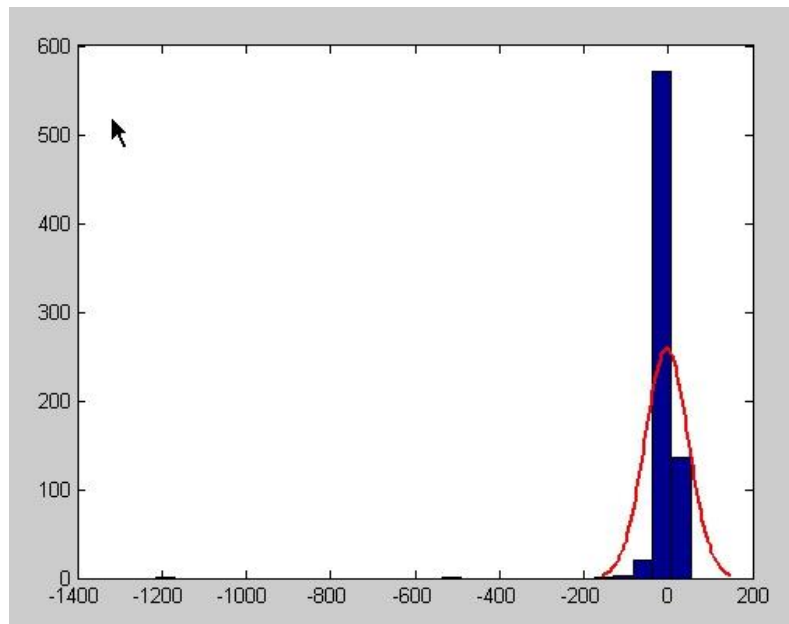
Εικόνα 4.10. Οι μετρήσεις πριν τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα.



Εικόνα 4.11. Οι μετρήσεις μετά τη διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα.



Εικόνα 4.12. Επί τοις εκατό σφάλμα για κάθε μέτρηση



Εικόνα 4.13. Ιστόγραμμα σφάλματος 3^{ης} μέτρησης

Στη θέση αυτή το σημαντικότερο που παρατηρούμε είναι ότι υπάρχει μία μέτρηση η οποία έχει διαφορά -1200% από την αρχική τιμή. Η τιμή αυτή καλό θα ήταν να μη ληφθεί υπόψη κατά την αντιστροφή. Τα αποτελέσματα της αντιστροφής πριν τη διόρθωση όσο και μετά, δεν εμφανίζουν σαφείς διαφορές.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η διόρθωση του γεωμετρικού παράγοντα είναι σημαντική. Στις περιπτώσεις όπου οι διατάξεις των ηλεκτροδίων έχουν μεγάλο μήκος και μεγάλο spacing, ο γεωμετρικός παράγοντας εμφανίζει μεγάλες διαφορές από τον θεωρητικό. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη μεγάλη αλλαγή (αύξηση ή μείωση) και των τιμών της φαινόμενης αντίστασης. Το γεγονός ότι σε μεγάλες αποστάσεις αλλάζει πολύ ο γεωμετρικός παράγοντας (συνήθως), οφείλεται πιθανόν στο ότι είναι δύσκολο να κρατηθεί η γραμμή της μέτρησης σε ευθεία και επίσης ότι το άνοιγμα των ηλεκτροδίων δεν είναι πάντα το προβλεπόμενο. Αυτή η περίπτωση φάνηκε στις μετρήσεις της πρώτης τομογραφίας, όπου η διάταξη των ηλεκτροδίων αποκλίνει κατά πολύ από την ευθεία. Τέλος να αναφερθεί ότι ο γεωμετρικός παράγοντας εξαρτάται και σε μεγάλο βαθμό από τη διάταξη των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιείται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Παπαδόπουλος Ταξιάρχης 2010. *Εισαγωγή στη Γεωφυσική*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, σελ 203-224.

Παπαζάχος Βασίλης 1996. *Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ 237-278.

Συμυρδάνης Κλεάνθης, 2009. *Πειραματική Μελέτη Ηλεκτρικής Τομογραφίας με Ηλεκτρόδια σε Γεώτρηση*. Διατριβή Ειδίκευσης Α.Π.Θ. σελ 11-13.

Συμυρδάνης Κλεάνθης, 2013. *Ανάπτυξη Τομογραφικών Γεωφυσικών Τεχνικών για τη Μελέτη Γεωτεχνικών και Περιβαλλοντικών Προβλημάτων*. Διδακτορική Διατριβή Α.Π.Θ. σελ 9-21.

Φίκος Ηλίας, 2010. *Αντιστροφή Γεωηλεκτρικών Τομογραφικών Δεδομένων: Εφαρμογή στη Λεκάνη Ανθεμόντα*. Διδακτορική Διατριβή Α.Π.Θ. σελ 31-43.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Το πρόγραμμα.

```
function varargout = gui2(varargin)
% GUI2 MATLAB code for gui2.fig
%   GUI2, by itself, creates a new GUI2 or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = GUI2 returns the handle to a new GUI2 or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   GUI2('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in GUI2.M with the given input arguments.
%
%   GUI2('Property','Value',...) creates a new GUI2 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before gui2_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to gui2_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help gui2

% Last Modified by GUIDE v2.5 05-Aug-2014 22:14:46

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @gui2_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn', @gui2_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn', [] , ...
'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

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

```

% --- Executes just before gui2 is made visible.
function gui2_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to gui2 (see VARARGIN)

% Choose default command line output for gui2
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes gui2 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
clear all;
clc;

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = gui2_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

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

% --- Executes on button press in loadData.
function loadData_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to loadData (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
%% Data
clear datatextdata;
global data textdata;

[file path]=uigetfile('*.dat;*.txt','Data');
string=strcat(path,file);
newData1 = importdata(string, ' ', 9);
data=newData1.data;
textdata=newData1.textdata;
set(handles.dataTxt,'string',string);

% --- Executes on button press in loadGps.
function loadGps_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to loadGps (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
%% Gps
clear gps;
global gps;

[f1 p1]=(uigetfile('*.dat;*.txt','GPS'));
str1=strcat(p1,f1);
gps=importdata(str1);
set(handles.gpsTxt,'string',str1);

if (iscell(gps)==1)
fid=fopen(str1);
str=textscan(fid,'%s%f%f%f%s','delimiter',' ');
fcloseall;
xg=str{2};
yg=str{3};
zg=str{4};
gps=cat(2,xg,yg,zg);
end

% --- Executes on button press in calc.
function calc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to calc (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

cla(handles.plot);
cla(handles.histFit);

clearvars -global -except data textdata gps;

global data textdata gpss falma n cor;

datalengthcol=length(data(:,1));
datalengthrow=length(data(1,:));

hlektr(:,1)=data(:,2); % A
hlektr(:,2)=data(:,4); % B
hlektr(:,3)=data(:,6); % M
hlektr(:,4)=data(:,8); % N

ap_res=data(:,10);
spacing=(hlektr(1,1)+hlektr(2,1))/2;
%% Ypologismo length (xwrisNaN)
n=str2double(textdata(7));
%% Eikoniko K
for i=1:n;
    AM=hlektr(i,3)-hlektr(i,1);
    BM=hlektr(i,3)-hlektr(i,2);

```

```

    AN=hlektr(i,4)-hlektr(i,1);
    BN=hlektr(i,4)-hlektr(i,2);
    K(i)=1/((1/AM)-(1/BM)-(1/AN)+(1/BN));
end
    K=K';
    %% Eikoniko R
fori=1:n;
Reik(i)=ap_res(i)/K(i);
end
Reik=Reik';

%%

    id(1,1)=0;
fori=2:length(gps);
    id(i,1)=id(i-1,1)+spacing; %ID
end

    id(:,2)=gps(:,1); %Easting
    id(:,3)=gps(:,2); %Northing
%% Dhmiourgiapinakahlektr me swstessyntetagmenes
fori=1:length(hlektr);
for d=1:4;
for j=1:length(id)
ifhlektr(i,d)== id(j,1);
Xhl(i,d)=id(j,2); %X
Yhl(i,d)=id(j,3); %Y
end
end
end
end

    %% Ypologismos Real K

fori=1:n;
RealAM=sqrt((Xhl(i,3)-Xhl(i,1))^2+((Yhl(i,3)-Yhl(i,1))^2));
RealBM=sqrt((Xhl(i,3)-Xhl(i,2))^2+((Yhl(i,3)-Yhl(i,2))^2));
RealAN=sqrt((Xhl(i,4)-Xhl(i,1))^2+((Yhl(i,4)-Yhl(i,1))^2));
RealBN=sqrt((Xhl(i,4)-Xhl(i,2))^2+((Yhl(i,4)-Yhl(i,2))^2));
RealK(i)=1/((1/RealAM)-(1/RealBM)-(1/RealAN)+(1/RealBN));
end
RealK=RealK';

    %% Pragmatiko R

fori=1:n;
RealR(i)=ap_res(i)/RealK(i);
end
RealR=RealR';

```

```

%% Ypologismosfalματος

for i=1:n;
cor(i)=Reik(i)*RealK(i);
sfalma(i)=(ap_res(i)-cor(i))/ap_res(i);
end
cor=cor';
sfalma=sfalma'*100;

axes(handles.histFit)%orizw se poio axes thaginei to diagramma
histfit(sfalma);%histfitsto 1o axes tousfalματος
axes(handles.plot)
plot(sfalma); %plot tousfalματοςsto 2o axes
ref=refline(0,0);
set(ref,'color','r');

% --- Executes on button press in save.
function save_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to save (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

calc_Callback(hObject, eventdata, handles)%Kateu8eian save

global data textdata n cor

output=data();
output(1:n,10)=cor(:);
correct_data_out=output';

[file path]=uiputfile('*.dat','Save as'); % saved file_name

srt2=strcat(path,file);

fout=fopen(srt2,'w');

fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(1)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(2)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(3)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(4)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(5)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(6)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(7)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(8)));
fprintf(fout,'%s\n',cell2mat(textdata(9)));
fprintf(fout,'%i %f %f %f %f %f %f %f %f %f \n',correct_data_out(:,1:n));
[x y]=size(correct_data_out);
fprintf(fout,'%i\n',correct_data_out(1,(n+1):y));

```

```

fcloseall;

set(handles.saveTxt,'string',strcat(path,file));

% --- Executes on button press in clear.
function clear_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to clear (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%% Clear
set(handles.gpsTxt,'string','');
set(handles.dataTxt,'string','');
set(handles.saveTxt,'string','');
cla(handles.plot,'reset');
cla(handles.histFit,'reset');
clear all;
clc;

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

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

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

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

function gpsTxt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to gpsTxt (see GCBO)

```



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

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

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

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

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

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

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

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

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

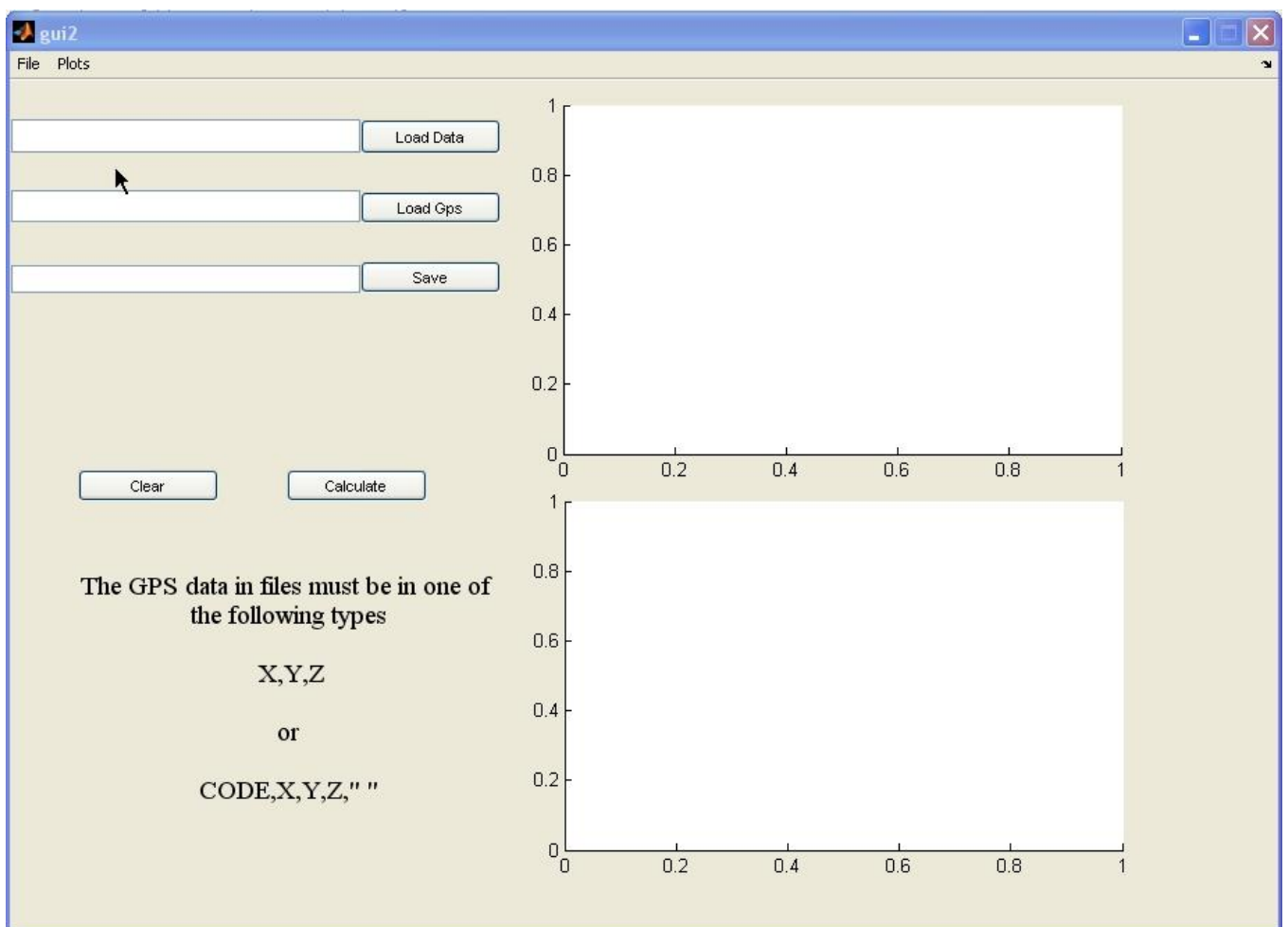
```
% -----
function exit_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to exit (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
close all
```

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

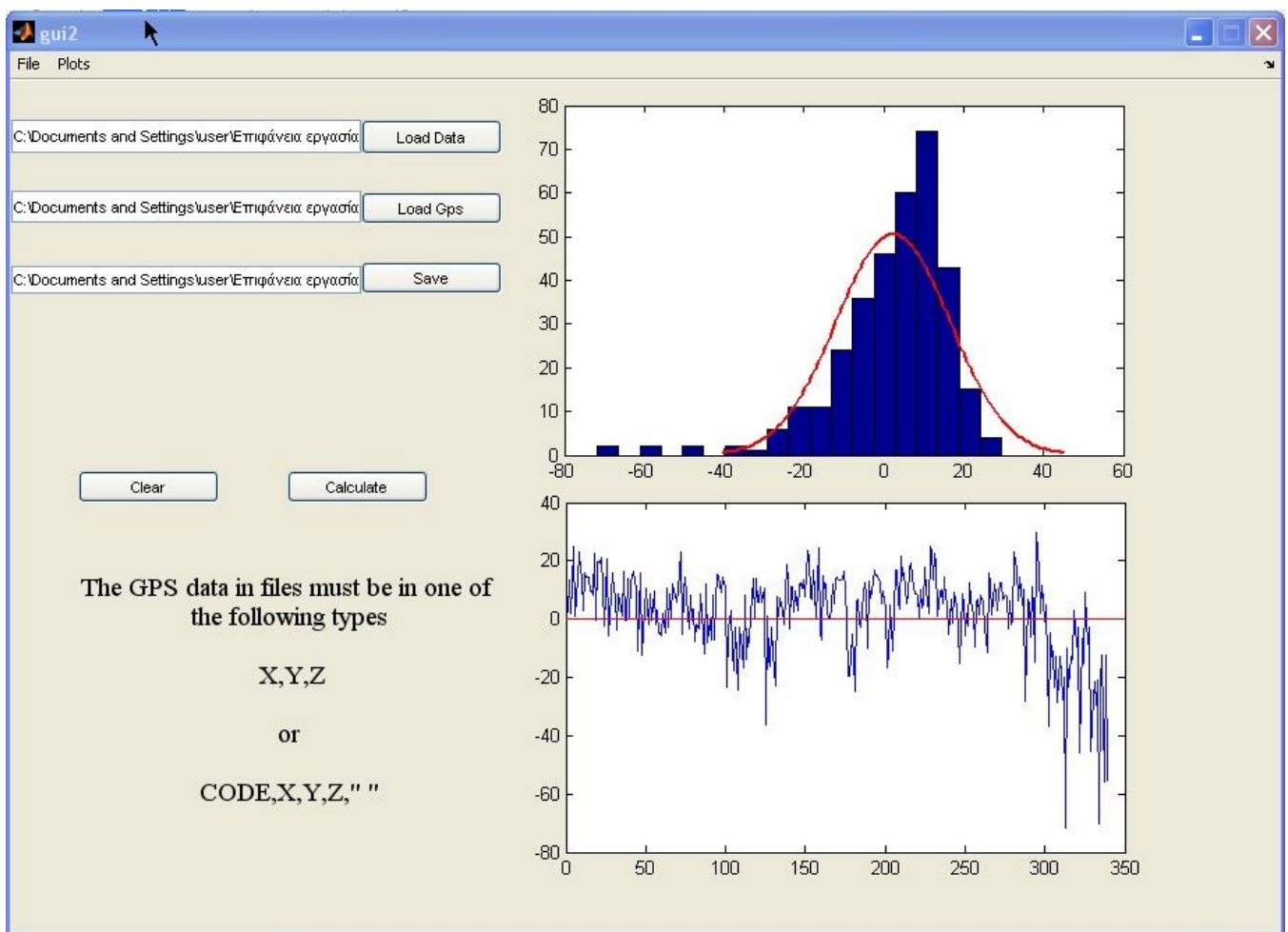
```
% -----
function hist_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to hist (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
globalsfalma
figure('Name','Histogram','NumberTitle','off');
histfit(sfalma);
```

```
% -----
function plot_sfalm_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to plot_sfalm (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
globalsfalma
figure('Name','Sfalma','NumberTitle','off');
plot(sfalma);
ref=refline(0,0);
set(ref,'color','r');
```

Εικόνες από το γραφικό περιβάλλον του προγράμματος.



Πριν την εισαγωγή δεδομένων



Μετά την εισαγωγή δεδομένων