ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΟΔΟΥ

υπό

ΗΛΙΑ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού
2017

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)
Δρ. Νικόλαος Ηλιού
Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής
Δρ. Κοπελιάς Πεντελεήμων
Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής
Δρ. Γαλάνης Θάνος
Διδάσκοντας
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ’ όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Ν. Ηλιού και τον κ. Γ. Καλιαμπέτσο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή τους κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, κ. Κοπελιά και κ. Γαλάνη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Ευχαριστώ το συνάδελφο και φίλο Γ. Καραογλάνη για την πολύτιμη βοήθειά του στη διερεύνηση του κώδικα που τέθηκε υπό ανανέωση στην παρούσα διπλωματική. Ευχαριστώ τις Α. Λύτρα και Ρ. Τσιλομήτρου για τις πολύτιμες υποδείξεις τους στην χρήση της γλώσσας FORTRAN πάνω στο MICROSOFT VISUAL STUDIO. Ευχαριστώ τους φίλους(ες) μου για την ηθική υποστήριξή τους. Πάνω απ’ όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Ελευθερία Καλαμπόκη και Βασίλη Παπαδόπουλο, και τον αδερφό μου Νίκο, για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στους γονείς μου.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΟΔΟΥ

Ηλίας Παπαδόπουλος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2017

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Ηλιού, Καθηγητής Οδοποιίας

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας διπλωματικης εργασίας είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων με μελλοντικό σκοπό την δημιουργία ενός προγράμματος Η/Υ το οποίο θα παράγει την οριζοντιογραφία της οδού (έχοντας και τις συντεταγμένες Ζ , θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε και τα στοιχεία της μηκοτομής). Τα στοιχεία αυτά θα δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη του προγράμματος να αξιολογεί τη χάραξη των υφιστάμενων οδών απο άποψη ασφάλειας.

Πριν την ανάπτυξη των αλγορίθμων γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση όπου συγκεντρώνονται και σχολιάζονται οι διατάξεις των σύγχρονων οδηγιών οδοποιίας (RAA 2008, ΟΜΟΕ-Χ) που αφορούν στη γεωμετρική χάραξη των οδών.

Εν συνεχεία , παρουσιάζονται νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν οι ερευνητές για την αποτύπωση υφυστάμενων οδών καθώς και το πρόγραμμα οδοποιίας πάνω στο οποίο θα γίνεται η γραφική αποτύπωση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της μεθόδου ,παρουσιάζονται οι δυνατότητες της επέκτασης του αλγορίθμου , επισημαίνονται οι παραδοχές και οι απλοποιήσεις που έγιναν για τις ανάγκες της σύνταξής του.

Μετά απο την παρουσίαση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε και την περιγραφή της επέκτασης του λογισμικού , αναπτύσσεται η πορεία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε και η επεξήγηση του αλγορίθμου για την εκτίμηση τωνορριογραμμών και του άξονα.

Μετα το πέρας της επεξήγησης του αλγορίθμου , επεξεργάζεται , με την βοήθεια του κώδικα , οδικό τμήμα και εξάγονται τα αποτελέσματα που θα χρησιμοποιηθούν απο τον χρήστη για τον έλεγχο της οδικής ασφάλειας

Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διατυπώνονται τα κυριότερα συμπεράσματα αυτής και προτείνονται θέματα για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο ακόλουθο κεφάλαιο επιχειρείται μια παρουσίαση και ανάλυση των υποδείξεων των γερμανικών (RAA 2008) και των ελληνικών (ΟΜΟΕ-Χ) κανονισμών-οδηγιών σχεδιασμού αυτοκινητοδρόμων, που αφορούν τη γεωμετρική χάραξη μιας οδού και πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας. Η συγκεκριμένη παρουσίαση επιλέχθηκε να γίνει, είτε με ταυτόχρονη παρουσίαση στοιχείων από όλες τις διαθέσιμες πηγές - για τα γενικά χαρακτηριστικά - είτε ξεχωριστά για τα σημαντικότερα στοιχεία που ενδιαφέρουν την παρούσα διπλωματική, κατά κύριο λόγο από τους γερμανικούς κανονισμούς, δεδομένου ότι έχουν εφαρμογή στον ελλαδικό χώρο.

Με στόχο την πιο ξεκάθαρη απόδοση των διατάξεων αυτών, εκθέτονται σκαριφήματα εικόνων καθώς και πίνακες ελάχιστων - μέγιστων τιμών που έχουν ληφθεί από τα κείμενα των οδηγιών.

Στη συνέχεια, απεικονίζονται και αναλύονται νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές τα πρόσφατα χρόνια στην προσπάθειά να αποτυπώσουν ψηφιακά τις οδούς και να παράξουν πολύτιμα εργαλεία για τους μελετητές οδοποιίας.

Τέλος, προβάλλονται συνοπτικά οι δυνατότητες επεξεργασίας και γραφικής απεικόνισης των οδών, δημοφιλών προγραμμάτων οδοποιίας που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά και χρησιμοποιούνται ευρέως από μελετητές στην Ελλάδα.

2.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού.

Κατά το γεωμετρικό σχεδιασμό της οδού, οι αναγκαίοι στόχοι που πρέπει να διεκπεραιώνονται είναι:

i. η λειτουργία – ασφάλεια

ii. η ποιότητα κυκλοφορίας

iii. η οικονομία

iv. η αισθητική

Παράλληλα με αυτούς τους στόχους πρέπει οπωσδήποτε να καλύπτεται ο στόχος της εναρμόνισης της οδού με το περιβάλλον. Όσον αφορά τους στόχους οικονομίας και αισθητικής, αυτοί πρέπει να ανακατατάσσονται ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες του έργου.

Βάση της παραπάνω ιεράρχησης, γίνεται φανερό ότι στη ουσία είναι αδύνατη η επίτευξη ενός από τους στόχους χωρίς αυτό να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην επίτευξη των υπολοίπων. Συνεπώς, είναι ανέφικτη η ταυτόχρονη επίτευξη όλων των προαναφερόμενων στόχων με την «απόλυτα βέλτιστη» χάραξη μίας οδού κάτι που οδηγεί στο να αποβλέπει ο γεωμετρικός σχεδιασμός της οδού στην εύρεση μίας «αποδεκτής συμβιβαστικής» λύσης.

Αυτό είναι ζωτικής σημασίας, δεδομένου ότι οι παράγοντες που σχετίζονται με τον οδηγό, το όχημα και την ίδια την οδό, επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τα στοιχεία της μελέτης της οδού που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο, την οριζοντιογραφία, την μηκοτομή, τις διατομές της οδού, την ορατότητα και τη χάραξη της οδού στο χώρο

2.2 Ορισμοί

Στη συνέχεια, εκθέτονται ορισμοί και σύντομη περιγραφή παραγόντων που παίζουν ρόλο στον έλεγχο της οδικής ασφάλειας, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ – Χ ενώ, παρουσιάζονται μμεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν σε παλαιότερες έρευνες, ώστε αυτές να γίνουν περισσότερο κατανοητές.

2.2.1 Ταχύτητα Vεπιτρ

Η επιτρεπόμενη ταχύτητα(Vεπιτρ) είναι το τοπικό ή σχετικά ισχύον μέγιστο όριο ταχύτητας. Η επιτρεπόμενη ταχύτητα εξαρτάται από την κατηγορία της οδού και θεωρείται καθοριστική, διότι πρέπει να είναι μικρότερη ή ιση με την ταχύτητα μελέτης, η οποία σχετίζεται άμεσα με τα στοιχεία της μελέτης της οδού.

2.2.2 Ταχύτητα μελέτης Ve

Η ταχύτητα μελέτης Ve προκύπτει από την ανάλυση των περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων ώστε να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές του λειτουργικού χαρακτήρα της οδού, στο οδικό δίκτυο και την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφοριακής ροής. Από την ταχύτητα μελέτης απορρέουν οριακές και προτεινόμενες τιμές για τα περισσότερα στοιχεία μελέτης καθώς και οι αποδεκτές τιμές για τη συσχέτιση τους.

Ειδικά για ένα οδικό τμήμα από την ταχύτητα μελέτης προσδιορίζονται:

- οι ελάχιστες ακτίνες των οριζόντιων καμπυλών οι ελάχιστες παράμετροι των κλωθοειδών

οι μέγιστες κατά μήκος κλήσεις

οι ελάχιστες ακτίνες των κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών.

Έτσι η Ve καθορίζει, μεταξύ άλλων, σε μεγάλο βαθμό τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάποιου οδικού τμήματος και ιδιαίτερα αυτών της ομάδας Α, την οικονομικότητα και το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού. Συνεπώς, η ταχύτητα μελέτης Ve πρέπει να μην μεταβάλλεται, όσο είναι εφικτό, σε οδικά τμήματα μεγάλου μήκους, που αποτελούν χαρακτηριστικές ενότητες και έχουν αλληλεξάρτηση.

2.2.3 Λειτουργική ταχύτητα V85

Η λειτουργική ταχύτητα V85 είναι παράμετρος που λαμβάνεται υπό όψη στο γεωμετρικό σχεδιασμό μεμονωμένων στοιχείων μελέτης της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και των διατομών, ενώ σχετίζεται με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Όσον αφορά τις οδούς της ομάδας Α (υπεραστικές οδοί με βασική λειτουργία τη σύνδεση), η ταχύτητα V85 είναι η ταχύτητα με την οποία θα κινηθεί ανεμπόδιστα το 85% των επιβατηγών οχημάτων σε καθαρό και υγρό οδόστρωμα. Η ταχύτητα V85 επηρεάζεται από την μεταβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού και λαμβάνεται υπό όψη στην αξιολόγηση της ποιότητας σχεδιασμού των οδικών τμημάτων στο πεδίο της ασφάλειά τους.

Αναφορικά με τη μέτρηση της ταχύτητας V85 σε υγρά οδοστρώματα, σχετικές έρευνες καταλήγουν στο ότι η V85 σε στεγνό οδόστρωμα ,δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά από την V85 σε υγρό οδόστρωμα, με όρο: η ένταση της βροχής να είναι τέτοια, ώστε να μην μειώνει την ορατότητα των οδηγών κάτω από 150 m.

Οι Ελληνικοί Κανονισμοί ορίζουν ότι, η V85 για τις οδούς ομάδας Α με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας είναι συνάρτηση των γεωμετρικών παραμέτρων, των στοιχείων της οδού. Η V85 προσδιορίζεται για κάθε μεμονωμένο γεωμετρικό στοιχείο (ευθυγραμμία ή καμπύλη) καθώς και για οδικά τμήματα με ενιαία χαρακτηριστικά.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την τιμή της ταχύτητας V85 είναι η ελικτότητα ΚΕ της μεμονωμένης καμπύλης και “Ανεξάρτητης Ευθυγραμμίας” (ΚΕ = 0 gon/km), καθώς και το πλάτος b της λωρίδας κυκλοφορίας.

Η ταχύτητα V85 σε οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας της ομάδας Α ισούται με τη μέση τιμή των ταχυτήτων και για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας, σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος (πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας κατά μήκος κλίση και μήκος εφαρμογής της κλίσης).

2.3 Γενικές αρχές χάραξης.

Γερμανικές οδηγίες RAA 2008

Η διαστασιολόγηση των στοιχείων μελέτης για τη χάραξη αυτοκινητοδρόμων γίνεται βάσει:

A) της στάθμισης παραγόντων ασφάλειας

B) της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων.

Τα στοιχεία μελέτης για τα ελεύθερα οδικά τμήματα των αυτοκινητοδρόμων της ΤΜΑ1 Α τάσσονται υπό την απαίτηση ασφαλούς κίνησης με ταχύτητα 130 km/h σε βρεγμένο οδόστρωμα. Στους αυτοκινητοδρόμους της ΤΜΑ 2 κύριος γνώμονας σχεδιασμού είναι η καλύτερη προσαρμογή στο φυσικό τοπίο και κατά συνέπεια, η οικονομικότερη χάραξη. Οι αυτοκινητόδρομοι της ΤΜΑ 3 σχεδιάζονται βάσει διαφορετικών μελετητικών-τεχνικών και κυκλοφοριακών οριακών συνθηκών. Πρωταρχικά, λειτουργούν βάσει κάποιας επιτρεπόμενης μέγιστης ταχύτητας.

Οι οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης διαστασιολογήθηκαν με τις παρακάτω ταχύτητες για βρεγμένο οδόστρωμα, βάσει της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων:

- για αυτοκινητοδρόμους μεγάλων αποστάσεων (ΤΜΑ 1 Α) 130 km/h
- για υπερτοπικούς αυτοκινητοδρόμους (ΤΜΑ 1 Β) 120 km/h
- για οδούς παρόμοιες με αυτοκινητοδρόμους (ΤΜΑ 2) 100 km/h
- για αστικούς αυτοκινητοδρόμους (ΤΜΑ 3) 80 km/h

Πρέπει να γίνεται προσαρμογή με αμοιβαίο τρόπο, της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές χάραξης στο χώρο. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να δίδεται στην αμοιβαία προσαρμογή κατά την «αναβάθμιση/επέκταση» ήδη υφιστάμενων αυτοκινητοδρόμων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, κυρίως όταν υπάρχουν εναλλαγές στο φυσικό τοπίο, ενδεχόμενες βελτιώσεις των κατά μήκος κλίσεων έχουν συνήθως ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες ταχύτητες κίνησης των οχημάτων, κάτι που οδηγεί συχνά στην απαίτηση τροποποίησης της οριζοντιογραφίας.

Επίσης, αφού ολοκληρωθεί ο καθορισμός του άξονα και της κατά μήκος κλίσης, η χάραξη πρέπει να ελέγχεται όσον αφορά την πληρότητα του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση (ΜΟΣ). Στο μήκος ορατότητας για στάση έχουν αντιστοιχηθεί επίσης τιμές σε σχέση με την ταχύτητα αναφοράς ή την επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα που πιθανότατα πρέπει να προσδιοριστεί.

Ελληνικές οδηγίες ΟΜΟΕ-Χ

Η μελέτη χάραξης περιλαμβάνει τη μελέτη:

- οριζοντιογραφίας,
- μηκοτομής,
- διατομών,
- ορατότητας,

Στις σύγχρονες μελέτες οδοποιίας ιδιαίτερη σημασία έχει η αρμονία και η συνέχεια μεταξύ των στοιχείων της μελέτης. «Γνώμονας σχεδιασμού» είναι σταθερότητα της ταχύτητα μελέτης Ve για οδικά τμήματα μεγάλου μήκους. Έτσι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κατά μήκος του οδικού τμήματος δεν αναγκάζουν τον οδηγό να προβεί σε μεγάλες και δυσάρεστες επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις.

Αν σε ένα οδικό τμήμα μεγάλου μήκους οι τοπογραφικές συνθήκες απαιτούν αλλαγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού και κατά συνέπεια αλλαγή της Ve, τότε κρίνεται απαραίτητος ο συσχετισμός των στοιχείων μελέτης σε ένα μήκος συναρμογής μεταξύ των δύο τμημάτων με διαφορετικές ταχύτητες μελέτης, με τέτοιο τρόπο, ώστε η μεταβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών να είναι ομαλή. Αυτό εξασφαλίζεται με την ικανοποίηση του Κριτηρίου Ασφαλείας Ι: «Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην μελέτη της οδού»

Επιπλέον, η λειτουργική ταχύτητα V85 απαιτείται να παρουσιάζει συνέχεια κατά μήκος της οδού. Αυτό γίνεται με την επίτευξη του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ: «επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην λειτουργική ταχύτητα» καθώς και με την σταθερή σχέση των διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων.

Η αρμονική ακολουθία των δυναμικών δεδομένων της κίνησης των οχημάτων στα διαδοχικά γεωμετρικά στοιχεία μελέτης, ενός τμήματος οδού ομάδας Α με σταθερή ταχύτητα μελέτης εξασφαλίζει τους αντικειμενικούς όρους για ένα ομοιόμορφο και οικονομικό τρόπο οδήγησης. Αυτό επιτυγχάνεται με την ικανοποίηση του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙΙ: «Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην δυναμική κίνηση των οχημάτων» (βλ. Πίνακα 1). Η αρχή της αρμονίας και της συνέχειας μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων μελέτης ισχύει δευτερευόντως και για τις οδούς της ομάδας Β όπου, ο τρόπος οδήγησης επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από το όριο ταχύτητας και σε λιγότερο βαθμό από τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων, με πρωτεύοντες αρχές την μη παρεμπόδιση επίτευξης άλλων στόχων της μελέτης που αφορούν π.χ. την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, την πολεοδομία κτλ.

Σε έργα ανακατασκευής και βελτίωσης υφισταμένων οδών βασικό αντικείμενο για μελέτη είναι η εξέταση των στοιχείων της μελέτης στα τμήματα πριν και μετά το βελτιούμενο ή ανακατασκευαζόμενο τμήμα, έτσι ώστε, όταν διαπιστώνονται μη αποδεκτές διαφορές στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, να γίνεται παρεμβολή οδικών τμημάτων τέτοιων που να ικανοποιούν τα Κριτήρια Ασφαλείας.

Κριτήριο Ασφαλείας	Ποιότητα Σχεδιασμού		
	Καλή	Μέτρια	Μη αποδεκτή
I	$\lvert V_{85} - V_e \rvert \leq 10$km/h	10km/h< $\lvert V_{85} - V_e \rvert \leq 20$km/h	20km/h< $\lvert V_{85} - V_e \rvert$
II	$\lvert V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \rvert \leq 10$km/h	10km/h< $\lvert V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \rvert \leq 20$km/h	20km/h< $\lvert V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \rvert$
III	$0{,}00 \leq f_R - f_{RA}$	$-0{,}04 \leq f_R - f_{RA} < 0{,}00$	$f_R - f_{RA} < -0{,}04$

Πίνακας 1: Οριακές τιμές ισχύος των Κριτηρίων Ασφαλείας I, II και III για καλή, μέτρια και μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού για οδούς των ομάδων Α και Β.

όπου :

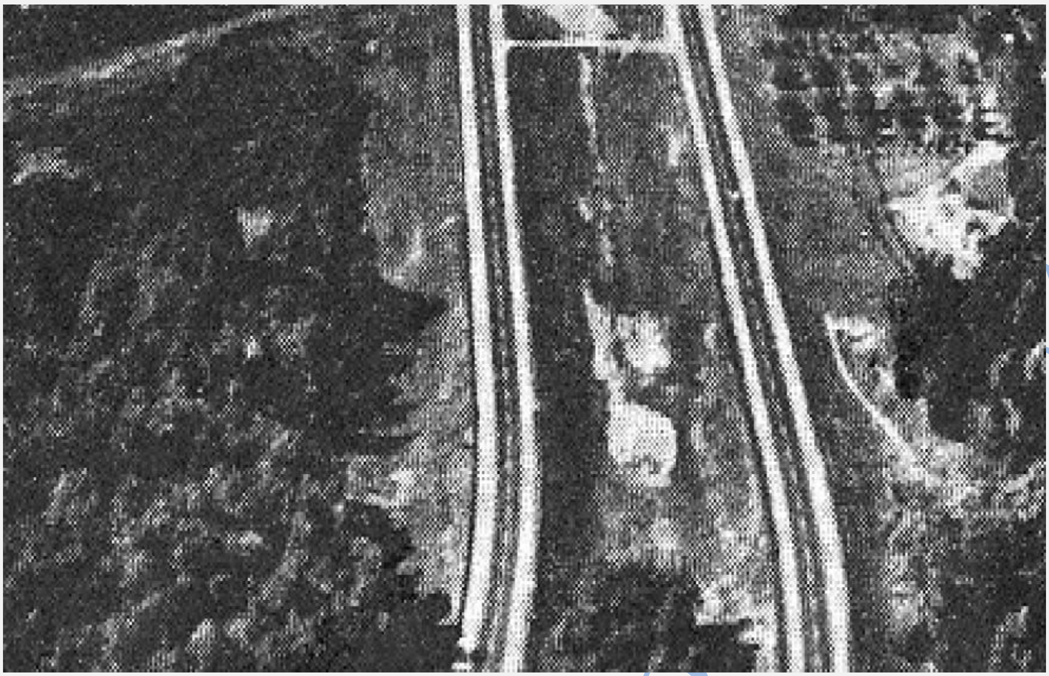
V_{85} [km/h] = λειτουργική ταχύτητα 85%

V_e [km/h] = ταχύτητα μελέτης

f_R [-] = διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής σε καμπύλη

f_{RA} [-] = απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής σε καμπύλη

Στα παρακάτω παραδείγματα χάραξης οδού στο φυσικό περιβάλλον, αντιπαρατίθενται μία καλά προσαρμοσμένη χάραξη και μία μη καλά προσαρμοσμένη χάραξη στο περιβάλλον. (Εικόνες 2.1 και 2.2)



Εικόνα 2.1 Χάραξη καλά προσαρμοσμένη στο φυσικό περιβάλλον[9]

Εικόνα 2.2: Χάραξη όχι καλά προσαρμοσμένη στο φυσικό περιβάλλον[9]

2.4 Στοιχεία οριζοντιογραφίας

2.4.1 Γερμανικές οδηγίες RAA2008

Α) Ευθυγραμμία

Σύμφωνα με τις γερμανικές οδηγίες, οι μεγάλου μήκους ευθυγραμμίες ειδικά, στις περιπτώσεις που έχουν σταθερή κατά μήκος κλίση, πρέπει να μην προτιμώνται διότι, συνοδεύονται από τα εξής μειονεκτήματα:

- Παρασύρουν τον οδηγό σε πολύ υψηλές ταχύτητες.
- Σπάνια προσφέρουν τη δυνατότητα αρμονικής και σταθερής χάραξης,προσαρμοσμένης στο τοπίο.
- Δυσχεραίνουν την εκτίμηση των αποστάσεων και ταχυτήτων των προπορευόμενων και επόμενων καθώς και των αντίθετα κινούμενων οχημάτων.
- Μειώνουν την κυκλοφοριακή ασφάλεια καθώς προκαλούν μονοτονία, ενδεχομένως και κόπωση.
- Ακόμη ενδέχεται να οδηγήσουν σε θάμβωση του οδηγού από τους προβολείς των αντίθετα κινούμενων οχημάτων κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Για τον αυτό λόγο, προτείνεται περιορισμός του μήκου ευθυγραμμίας σε max L=2.000m. Η αρμονικότητα της συναρμογής μεταξύ των στοιχείων εξαρτάται από, το μέγεθος των στοιχείων μελέτης, που είναι γειτονικά σε μεγάλες ευθυγραμμίες.

Θα πρέπει να αποφεύγεται η διάταξη μικρών ενδιάμεσων ευθυγραμμιών ανάμεσα σε ομόρροπες καμπύλες. Εάν αυτό όμως επιβάλλεται για άλλους λόγους, το ελάχιστο μήκος πρέπει να ανέρχεται σε min L = 400 m με σκοπό την ανάδειξη της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας ως αυτόνομο στοιχείο μελέτης.

Για να ελαττωθεί συνεπώς η δυσμενής εντύπωση που προκαλείται από την οριζοντιογραφική ευθυγραμμία, συνιστάται αυτή να συνδυάζεται από κοίλωμα με μεγάλη ακτίνα τόξου στρογγύλευσης στη μηκοτομή. Ακόμη, πιθανόν να είναι καλύτερη λύση η χρήση οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρκετά μικρή καμπυλότητα.

Β) Κυκλικά τόξα

Οι RAA 2008 αναφέρουν πως οι ακτίνες των κυκλικών τόξων πρέπει να είναι τέτοιες ώστε το μέγεθος και η διάταξή τους να έχουν εναρμόνιση με το φυσικό τοπίο και τα χαρακτηριστικά στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου και, κατά περίπτωση, να επιδιώκεται προσαρμογή στις απαιτήσεις της αρμονικής χάραξης στο χώρο και των παρόδιων χρήσεων γης.

Ακόμη, τονίζουν τη σημασία της προσαρμογής διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων, αφού η διατήρηση σταθερής ταχύτητας απορρέει από αυτήν την προσαρμογή. Γι' αυτό προτείνουν στις διαδοχικές ακτίνες κυκλικών τόξων, να τηρείται η προϋπόθεση: $R1/R2 \leq 1,5$. για $R1 \leq 1500$m.

Τα κυκλικά τόξα πρέπει να έχουν ένα ελάχιστο μήκος (Πίνακας 2). Σκοπός του παραπάνω περιορισμού είναι οι οδηγοί να μην γίνεται άμεση επαναφορά μετά την περιστροφή του τιμονιού προς μία κατεύθυνση.

ΤΑΞΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	Min R [m]	Max L [m]
ΤΜΑ 1 Α	900	75
ΤΜΑ 1 Β	720	
ΤΜΑ 2	470	55
ΤΜΑ 3	280	

Πίνακας 2: Ελάχιστες ακτίνες (για q = 6,0 %) και ελάχιστα μήκη κυκλικών τόξων

Σε αυτοκινητοδρόμους χωρίς περιορισμό της επιτρεπόμενης ταχύτητας οι μεγάλες ευθυγραμμίες έχουν ως αποτέλεσμα πολύ μεγάλες ταχύτητες κίνησης. Συνεπώς, μετά από ευθυγραμμίες μήκους LG > 500 m η ακόλουθη ακτίνα έχει ελάχιστη τιμή τα 1.300 m.

2.4.2Ελληνικές οδηγίες ΟΜΟΕ-Χ

Α) Ευθυγραμμία

Ως στοιχείο μελέτης, η ευθυγραμμία μπορεί να θεωρηθεί ότι υπερτερεί

i) στην περίπτωση των οδών της ομάδας Α:

 σε περιοχές ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων.

 προκειμένου να εξασφαλισθούν τα αναγκαία μήκη ορατότητας για προσπέραση σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και ιδιαίτερα σε κοίλες κατακόρυφες καμπύλες.

 σε ανάγλυφα εδάφους, που ευνοείται η εφαρμογή ευθυγραμμιών, όπως σε πεδιάδες, οροπέδια, κοιλάδες κτλ.

 στην προσαρμογή της χάραξης σε τμήματα σιδηροδρομικών γραμμών, σε υδραυλικά και άλλα τεχνικά έργα.

ii) στην περίπτωση των οδών της ομάδας Β:

 με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων του πολεοδομικού σχεδιασμού.

 σε περιοχές ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων.

Σε αντιπαράθεση με τα προηγούμενα πλεονεκτήματα, η εφαρμογή μεγάλων ευθυγραμμιών με σταθερή κατά μήκος κλίση, ιδιαίτερα στις οδούς της ομάδας Α, παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα :

– δυσχέρεια στην εκτίμηση αποστάσεων και ταχυτήτων των κινούμενων οχημάτων, τόσο στην ίδια όσο και στην αντίθετη κατεύθυνση

– αυξάνεται ο κίνδυνος θάμβωσης από τα φώτα των αντίθετα κινουμένων οχημάτων κατά τη διάρκεια της νύκτας.

– προκαλείται αίσθημα κόπωσης στους οδηγούς

– δυσκολία προσαρμογής στο ανάγλυφο ορεινών εδαφών.

Για τους παραπάνω λόγους σε νέες κατασκευές οδών της ομάδας Α συνίσταται αποφυγή μεγάλων ευθυγραμμιών με σταθερή κατά μήκος κλίση. Επιπλέον, μεταξύ ομόρροπων καμπυλών, συνίσταται αποφυγή μικρών ευθυγραμμιών, κυρίως για λόγους αισθητικής. Αν είναι αναπόφευκτή η διάταξη τέτοιου είδους ευθυγραμμιών, τότε η αισθητική της οδού μπορεί να έχει βελτίωση με τον συνδυασμό κοίλης κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής.

Τυπικές τιμές

Λόγω των παραπάνω το μήκος ευθυγραμμίας με σταθερή κατά μήκος κλίση maxL [m] δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 20πλάσιο της ταχύτητας μελέτης Ve [km/h] .

Για τις οδούς της ομάδας Α, οι ευθυγραμμίες μικρού μήκους μεταξύ ομόρροπων καμπυλών δεν συνίστανται. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε το ελάχιστο μήκος της ευθυγραμμίας minL [m], κυρίως για αισθητικούς λόγους, δεν θα πρέπει να υπολείπεται του 6πλάσιου της ταχύτητας μελέτης Ve [km/h].

Για τις οδούς της ομάδας Α, οι ευθυγραμμίες μικρού μήκους επίσης, πρέπει να συνδυάζονται με τόξα συναρμογής κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε σχέση με τα στοιχεία της μηκοτομής το αποτέλεσμα να είναι τελικά μία χάραξη σύμφωνη με τις υποδείξεις και βασικές αρχές.

Αξιολόγηση ευθυγραμμιών κατά την εκπόνηση μελετών.

Στις παρούσες Οδηγίες οδοποιίας η ευθυγραμμία θεωρείται ως «δυναμικό στοιχείο μελέτης» εξαιτίας των αναγκαίων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων των οδηγών. Αξιοσημείωτο είναι, ότι σε αντίθεση με την ευθυγραμμία το κυκλικό τόξο θεωρείται δυναμικό στοιχείο μελέτης ήδη από τη δεκαετία του ’20 λόγω της εγκάρσιας (φυγόκεντρης) επιτάχυνσης.

Ενώ για την αξιολόγηση των κυκλικών τόξων με ή χωρίς τόξα συναρμογής καθοριστικά είναι τα Κριτήρια Ι και ΙΙΙ, για την αξιολόγηση της ευθυγραμμίας καθοριστικό είναι το Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙ «επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην λειτουργική ταχύτητα», καθώς έτσι αξιολογείται η μετάβαση από την ευθυγραμμία στην καμπύλη ως καλός, μέτριος, ή μη αποδεκτός σχεδιασμός.

Για την παραπάνω ανάλυση απαιτείται ο ορισμός δύο τύπων ευθυγραμμιών:

1. «Εξαρτημένες ευθυγραμμίες»: είναι εκείνες οι ευθυγραμμίες, των οποίων το μήκος είναι μικρό αναλογικά με την ταχύτητα μελέτης με αποτέλεσμα η διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων V85 των διαδοχικών τόξων, να πρέπει να εντάσσεται στα πλαίσια που ορίζει το Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙ (Πίνακας 1) για καλή ποιότητα σχεδιασμού ($\Delta V85 \leq 10$ km/h) ή και για μέτρια ποιότητα

σχεδιασμού ($\Delta V85 \leq 20$ km/h) κατά τη διάρκεια επιταχύνσεων ή επιβραδύνσεων των οχημάτων. Δηλαδή, η διαδικασία αξιολόγησης της αλληλουχίας των στοιχείων μελέτης από την άποψη της ασφαλείας καθορίζεται από την αλληλουχία καμπύλη – καμπύλη και αγνοείται η ύπαρξη της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας.

2. «Ανεξάρτητες ευθυγραμμίες»: Είναι οι ευθυγραμμίες, οι οποίες έχουν το αναγκαίο μήκος, ώστε η διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων V85 των διαδοχικών κυκλικών τόξων, να μπορεί να υπερβεί των ορίων που καθορίζονται από το Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙ (Πίνακας 1).

Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία αξιολόγησης της αλληλουχίας των στοιχείων μελέτης καθορίζεται από την αλληλουχία στοιχείων ευθυγραμμία – καμπύλη.

Βάση των τεχνικών που μπορούν να ακολουθηθούν από τα οχήματα, η μέση τιμή (α) επιβράδυνσης ή επιτάχυνσης των οχημάτων θεωρείται ίση με 0.85 m/s2.

Συνεπώς, το μήκος ευθυγραμμίας συναρμογής (TL) μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών με διαφορετικές ταχύτητες V85 προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$TL = \frac{V_{85_1}{}^2 - V_{85_2}{}^2}{2 \cdot a \cdot 3{,}6^2} = \frac{V_{85_1}{}^2 - V_{85_2}{}^2}{22{,}03}$$

όπου:

V85 1 [km/h] = λειτουργική ταχύτητα 85% στην καμπύλη 1

V85 2 [km/h] = λειτουργική ταχύτητα 85% στην καμπύλη 2

TL [m] = μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών

α [m/s2] = τυπική επιτάχυνση / επιβράδυνση οχημάτων

Για την αποφυγή υιοθέτησης πολύ συντηρητικών τιμών, τα μήκη των ευθυγραμμιών μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών εμπίπτουν σε μέτριο σχεδιασμό οδών χαρακτηρίζονται ως «εξαρτημένες ευθυγραμμίες».

Οι αντίστοιχες τιμές αυτών των ευθυγραμμιών πλαισιόνονται από έντονη γραμμή στον Πίνακα 3. Μέχρι τις τιμές αυτές οι μεταβολές της ταχύτητας V85 μεταξύ διαδοχικών καμπυλών μελετώνται χωρίς να παίζουν ρόλο οι ευθυγραμμίες μεταξύ των καμπυλών και να εφαρμοσθεί το Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙ (Πίνακας 1). Έτσι καλύπτεται η κρίσιμη περίπτωση της μέτριας ποιότητας σχεδιασμού μίας οδού (ΔV85 = 20 km/h), ιδιαίτερα όσον αφορά τις επιβραδύνσεις.

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις (ΔV85 > 20 km/h) τα μήκη των ευθυγραμμιών δεν είναι αρκετά ώστε, ο μέσος οδηγός να επιβραδύνει ή να επιταχύνει κατά τέτοιο τρόπο, που να συμβεί υπέρβαση των ορίων μεταβολής της λειτουργικής ταχύτητας που χαρακτηρίζουν τον μέτριο ή και τον καλό σχεδιασμό οδών.

Αντιθέτως, τα μήκη ευθυγραμμιών μεταξύ διαδοχικών καμπυλών που υπερβαίνουν προς τα πάνω τις έντονα πλαισιωμένες τιμές στον Πίνακα 3 φέρουν τον χαρακτηρισμό «ανεξάρτητες ευθυγραμμίες». Στις περιπτώσεις αυτές ο μέσος οδηγός είναι ικανός να μεταβάλλει την ταχύτητα του οχήματός του, ώστε τελικά να υπερβεί τα άνω όρια μεταβολής της ταχύτητας V85 που χαρακτηρίζουν την μέτρια ποιότητα σχεδιασμού (10 km/h < ΔV85 < 20 km/h), με συνέπεια, την αποτροπή εμφάνισης κρίσιμων καταστάσεων που διαταράσσουν την ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων.

Διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

Περίπτωση 1 – Εξαρτημένη ευθυγραμμία : Το μήκος της ευθυγραμμίας TL μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών είναι μικρότερο από την τιμή TLs των ευθυγραμμιών μικρού μήκους του Πίνακα 3 (TL< TLs) που αντιστοιχεί στην πλησιέστερη ταχύτητα V85 της καμπύλης με τη μεγαλύτερη τιμή ελικτότητας KE, όπως αυτή προκύπτει από το διάγραμμα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτή η ευθυγραμμία θεωρείται «εξαρτημένη» και δεν λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση της χάραξης, δηλαδή γίνεται αξιολόγηση μόνο της σχέσης μεταξύ των δύο διαδοχικών καμπυλών.

Περίπτωση 2 - Ανεξάρτητη ευθυγραμμία: Το μήκος της ευθυγραμμίας TL είναι μεγαλύτερο ή ίσο του διπλάσιου της τιμής TLL της «μεγάλης ευθυγραμμίας» που δίδεται στην στήλη 8 του Πίνακα 3 (TL> 2 . TLL) και η οποία αντιστοιχεί στην κοντινότερη τιμή της ταχύτητας V85 της καμπύλης με τη μεγαλύτερη τιμή ελικτότητας KE. Σε αυτή την περίπτωση η ευθυγραμμία θεωρείται «ανεξάρτητη» και λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση της χάραξης. Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία αξιολόγησης προσδιορίζεται από την ακολουθία «ευθυγραμμία-καμπύλη».

Περίπτωση 3 – Μερικώς ανεξάρτητη ευθυγραμμία : Το μήκος της ευθυγραμμίας TL κυμαίνεται μεταξύ των μηκών, που αντιστοιχούν στις ακραίες περιπτώσεις 1 και 2 (TLs<TL< 2 . TLL). Στην περίπτωση αυτή η λειτουργική ταχύτητα στην ανεξάρτητη ευθυγραμμία προσδιορίζεται σύμφωνα με το Σχήμα 3. Η αλληλουχία «ευθυγραμμία-καμπύλη» έχει και εδώ καθοριστικό ρόλο για την αξιολόγηση της χάραξης

V_{85K} σε καμπύλη [km/h]	Τιμές TL_L και TL_S V_{85T} σε ευθυγραμμία [km/h]						
	70	75	80	85	90	95	100
1	2	3	4	5	6	7	8
50	**110**	*145*	*180*	*215*	*255*	*300*	**345**
55		**120**	*155*	*195*	*230*	*275*	**320**
60			**130**	*165*	*205*	*250*	**295**
65				**140**	*175*	*220*	**265**
70					**145**	*190*	**235**
75						**155**	**200**
80							**165**

Εξαρτημένες ευθυγραμμίες

TLs [m] Μικρά μήκη ευθυγραμμιών *TL*s τα οποία είναι τα μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη ευθυγραμμιών, και χαρακτηρίζονται ως «εξαρτημένες ευθυγραμμίες»

*V*85K, (km/h): Λειτουργική ταχύτητα 85% σε καμπύλη

*V*85T, (km/h): Λειτουργική ταχύτητα 85% σε ευθυγραμμία

Ανεξάρτητες ευθυγραμμίες

TL [m] Μεγάλα μήκη ευθυγραμμιών *TL*L. Στα μήκη ευθυγραμμιών της στήλης 8 (ή σε μεγαλύτερα) αναπτύσσεται η μέγιστη ταχύτητα *V*85.

Οι τιμές της στήλης 8 προβλέπονται για την εκτίμηση οριακών, μεγάλων σε μήκος ευθυγραμμιών *TL*L.

B) Κυκλικά τόξα

Όσον αφορά τα κυκλικά τόξα των οδών της ομάδας Α, θα πρέπει να επιλέγονται οι μεγαλύτερες δυνατές ακτίνες και ιδιαίτερα όταν αυτά έχουν μικρές επίκεντρες γωνίες, με στόχο:

- στο σύνολο, μικρά μήκη καμπυλών
- επάρκεια μήκους ορατότητας για προσπέραση
- αρμονία και συνέχεια στην οδική συμπεριφορά των χρηστών

Παράλληλα με τους παραπάνω στόχους, η τιμές και αλληλουχία των ακτινών θα πρέπει να γίνεται και με γνώμονα:

- την προσαρμογή της οδού όσον αφορά την μορφή και το μέγεθος στο εδαφικό ανάγλυφο και το τοπίο,

- την εξασφάλιση συμβατότητας ανάμεσα σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

- την αρμονία ανάμεσα σε ταχύτητα μελέτης Ve και λειτουργική ταχύτητα V85 σύμφωνα με την Περίπτωση 1 του Κριτηρίου Ασφαλείας Ι (βλ.Πίνακα1).

Επιτρέπεται η θλάση του άξονα της χάραξης χωρίς εφαρμογή οριζόντιας καμπύλης, της οποίας οι οριακή τιμή καθορίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις

 γcrit = arctan (1,6/Ve) για Ve < 70km/h,

 γcrit = arctan (155/Ve^2) για Ve > 70km/h

Τυπικές και οριακές τιμές ακτινών

Για τις οδούς των ομάδων Α και Β οι ελάχιστες ακτίνες των καμπυλών Rmin δίδονται στον Πίνακα 4.

Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από:

- την ταχύτητα μελέτης Ve
- τον βαθμό εκμετάλλευσης του συντελεστή εγκάρσιας τριβής n
- τις οριακές τιμές της επίκλισης q.

Για λόγους καλύτερης προσαρμογής στις κλιματολογικές συνθήκες και την γεωμορφολογική ποικιλία της Ελλάδας, οι οριακή τιμή Rmin εξαρτάται εκτός από την κατηγορία της οδού, και από την χαρακτηρισμό της περιοχής της οδού (πεδινή, λοφώδης ή ορεινή).

V_e [km/h]	R_{min} [m]					
	Ομάδα οδών Α				Ομάδα οδών Β	
	πεδινά εδάφη		λοφώδη και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	q_{max}=8 (9)%	q_{min}=2,5%	q_{max}= 7%	q_{min}= 2,5%	q_{max}= 6%	q_{min} = 2,5%
	n = 45%	n = 10%	n = 40%	n = 10%	n = 60%	n = 30%
1	2	3	4	5	6	7
50	80	325	95	325	70	150
60	125 (120)	490	140	490	110	230
70	180 (170)	700	200	700	160	335
80	250 (235)	960	280	960	220	470
90	330 (310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420 (400)	1.620	480	1.620	–	–
110	530 (500)	2.020	600	2.020	–	–
120	650 (620)	2.470	740	2.470	–	–
(130)	790 (740)	2.970	890	2.970	–	–

Οι τιμές σε ( ) εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις

Πίνακας 4: Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β

Όταν υπάρχουν εμπόδια στην κεντρική νησίδα οδών, με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, τα οποία μειώνουν την ορατότητα στον οδηγό απαιτείται μια από τις παρακάτω λύσεις πρώτη λύση είναι η επιλογή μεγαλύτερης ακτίνας από αυτής που προτείνεται στον Πίνακα 5 ως οριακής ενώ, ως εναλλακτική λύση μπορεί να επιλεχθεί η διαπλάτυνση της κεντρικής νησίδας. Σε αριστερόστροφες καμπύλες πρέπει να διασφαλίζεται η επάρκεια του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση στην λωρίδα προσπέρασης.

Σημειώνεται ότι, σε εξαιρετικές περιπτώσεις οδών της ομάδας Α, είναι επιτρεπτή η αύξηση της μέγιστης τιμής της επίκλισης κατά 1%, για τις τιμές έμμεσα στην παρένθεση. Το ελάχιστο μήκος των κυκλικών τόξων δίνεται από την παρακάτω σχέση:

Lmin(m)=2*Ve, όπου Ve η ταχύτητα μελέτης σε m/sec

Δηλαδή το ελάχιστο μήκος κυκλικού τόξου ισούται με το μήκος που διανύει ο οδηγός που πορεύεται με ταχύτητα μελέτης σε χρόνο 2 δευτερολέπτων

<u>Σχέση διαδοχικών καμπυλών</u>

Για οδούς της ομάδας Α ή κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ:

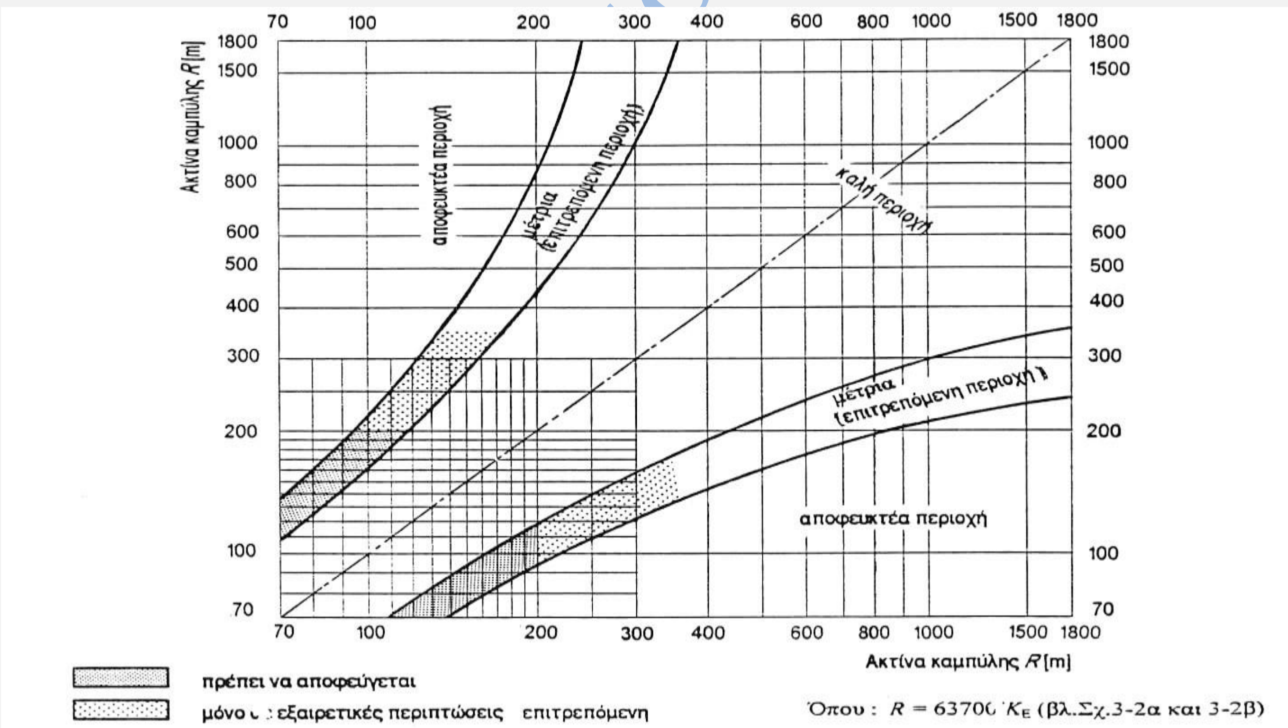
Οι ακτίνες των ομόρροπων ή αντίρροπων διαδοχικών κυκλικών τόξων, μεταξύ των οποίων υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα μήκους μέχρι και TLS, πρέπει να παρουσιάζουν αρμονική σχέση.

Για οδούς κατηγορίας Β ΙΙΙ, και Β IV:

Η αρμονική σχέση μεταξύ διαδοχικών κυκλικών τόξων είναι επιθυμητή, εφόσον αυτό είναι εφικτό.

Η παραπάνω απαίτηση οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός, ότι δεν πρέπει να μεταβάλλεται απότομα η λειτουργική ταχύτητα V85 μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών. Συγκεκριμένα, στις υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, αρκεί η εφαρμογή του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ.

Ο σχεδιασμός με βάση την αρμονική σχέση των διαδοχικών στοιχείων μελέτης έγκειται στο ότι τα στοιχεία μελέτης έχουν τέτοιες ακολουθίες στοιχείων μελέτης ώστε κάθε στοιχείο μελέτης να έχει συγκεκριμένη σχέση με το προηγούμενο και το επόμενο. Συγκεκριμένα ποιότητα σχέσης μεταξύ ακτινών διαδοχικών κυκλικών τόξων αξιολογείται με χρήση του διαγράμματος στο Σχήμα 2.3..



Σχήμα 2.3. Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV)

Όσον αφορά τις «παρθένες» οδοποιίες:

A) για οδούς κατηγορίας A I, AII, AIII, AIV, B I και B II:

η αλληλουχία των ακτινών απαιτείται να βρίσκεται στην καλή περιοχή.

B) για οδούς κατηγορίας B III και B IV:

η αλληλουχία των ακτίνων μπορεί να βρίσκεται στην καλή ή μέτρια περιοχή.

Όσον αφορά την βελτίωση ή την ανακατασκευή υφιστάμενων οδών:

Απαιτείται μόνο η εφαρμογή του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ, όπου η μεταβολή της ταχύτητας V85 στα επιλεγόμενα τόξα, να μην υπερβαίνει τα 15 km/h.

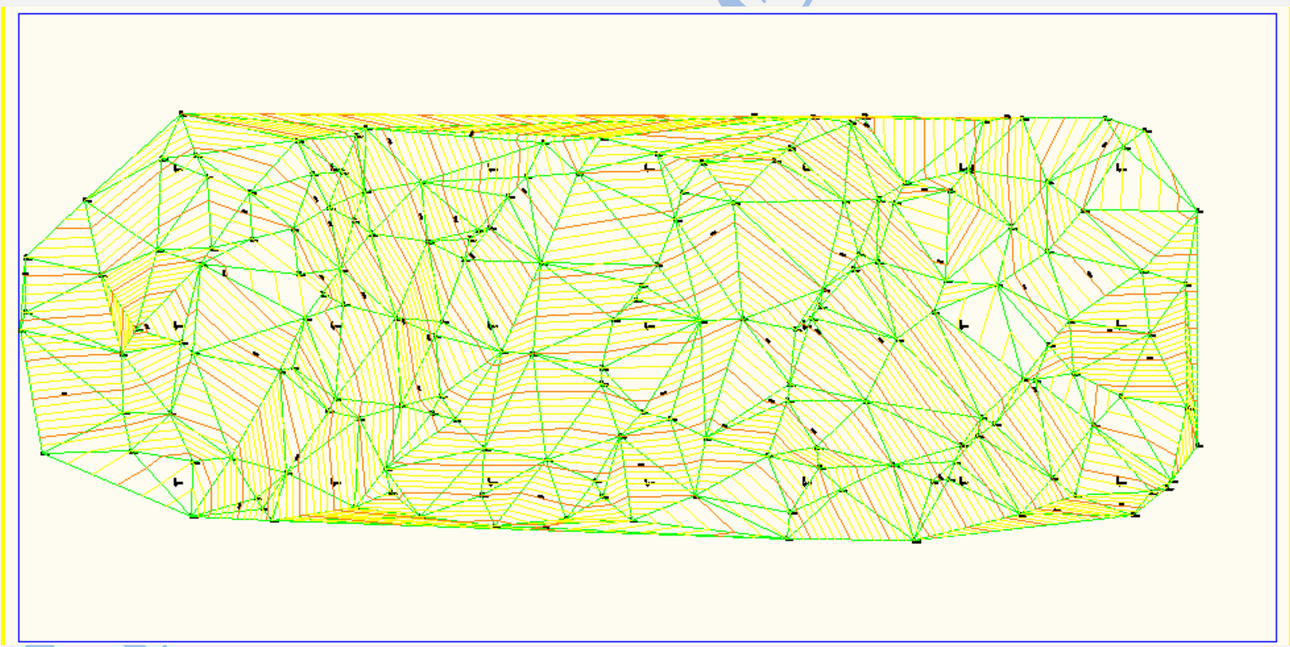
Αυτό προτείνεται επειδή, ενδεχόμενα η εφαρμογή του διαγράμματος στο Σχήμα 2.3. είναι πολύ δύσκολη για λόγους κόστους, περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή πολεοδομικών περιορισμών, συνεπώς επιλέγεται να γίνεται μόνο, όταν δεν δυσχεραίνει τους παραπάνω παράγοντες

Για την αλληλουχία «ανεξάρτητη ευθυγραμμία - τόξο συναρμογής – κυκλικό τόξο», πρέπει να εφαρμόζονται κυκλικά τόξα με ελάχιστη ακτίνα Rmin = 500 m.

Τέλος, τονίζεται ότι πρέπει να τηρείται η ελάχιστη τιμή της ακτίνας, που αντιστοιχεί στην ταχύτητα μελέτης.

2.5 Μέθοδοι αποτύπωσης των οδών πάνω σε ψηφιακά μοντέλα εδάφους (τοπογραφική αποτύπωση)

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους (Digital Terrain Models - DTM) βασίζονται σε συντεταγμένες σημείων στο έδαφος που έχουν λάβει οι μελετητές από την αποτύπωση με διάφορα μέσα. Μέσω επεξεργασίας, η οποία ονομάζεται τριγωνισμός, επιδιώκεται η δημιουργία ενός μοναδικού συνόλου τριγώνων, κατά το δυνατόν ισόπλευρων και με μικρές πλευρές, με κορυφές τα συλλεγέντα σημεία. Η σωστή επιλογή σημείων, από αυτόν που κάνει την αποτύπωση, καθορίζει και την ποιότητα προσομοίωσης του ανάγλυφου εδάφους, από το τελικό μοντέλο. Παράδειγμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους δίδεται στο σχήμα 2.4

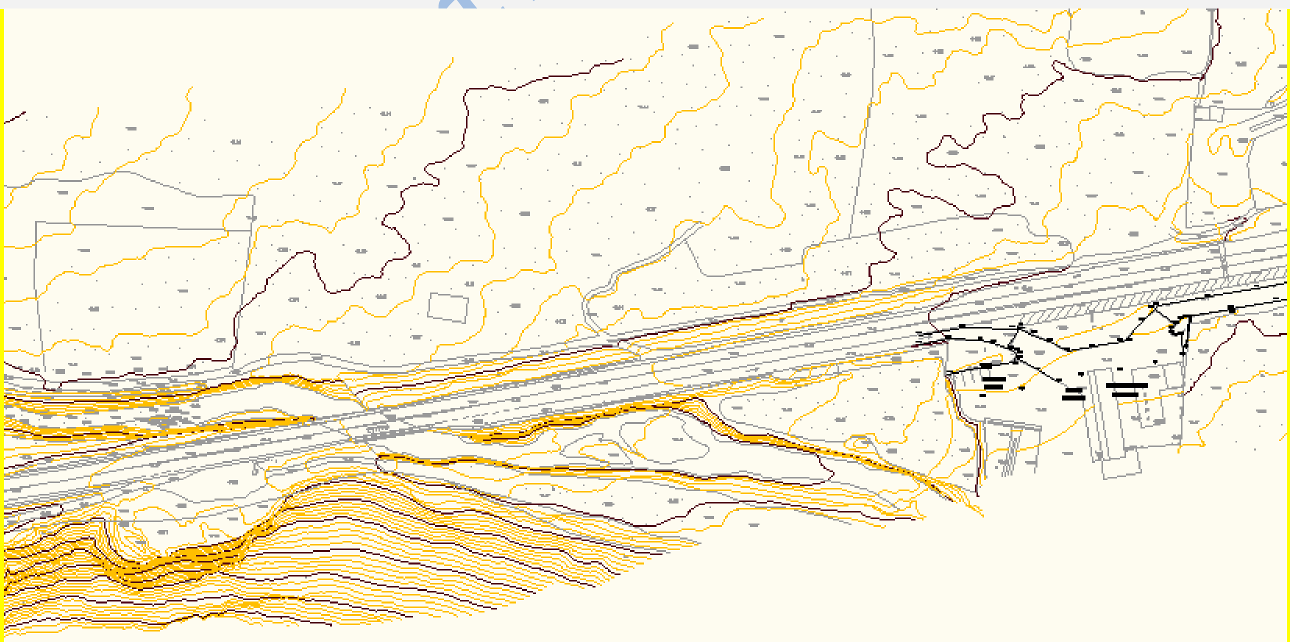


Σχήμα 2.4 Παράδειγμα τριγωνοποίησης εδάφους για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου.

Έχοντας το έδαφος σε ψηφιακή μορφή, μπορεί να γίνει χρήση ειδικών σχεδιαστικών προγραμμάτων μελέτης οδοποιίας με καλή απόδοση όσον αφορά την διαδικασία της μελέτης, καθώς και ευκολότερος προσδιορισμός λεπτομερειών που αφορούν την κατασκευή. Αυτό είναι σημαντικό αφού, περιορίζει την πιθανότητα «σταλίας» της διαδικασίας κατασκευής, λόγω ανάγκης διερεύνησης στοιχείων μελέτης που απαιτούν εντοπισμό από τον μελετητή.

Ειδικά, για την αποτύπωση μίας υφιστάμενης οδού σε ψηφιακό μοντέλο έχουν κατασκευαστεί ειδικά ‘σκάνερ’ (road scanner) που τοποθετούνται στην οροφή οχημάτων τα οποία πορεύονται επί της οδού που πρέπει να αποτυπωθεί ψηφιακά. Αυτόματα τα σκάνερ εξάγουν πληροφορίες όπως ολικές συντεταγμένες σημείων της οδού, υψόμετρο ερυθράς, πλάτος οδού, ενδιάμεσο new jersey, επικλήσεις, στηθαία ασφαλείας, οριογραμμές, κτλ.

Οι εξαγόμενες πληροφορίες προσαρμόζονται στο μοντέλο εδάφους, ώστε να υπάρχει μία ολοκληρωμένη ψηφιακή εικόνα της οδού (Σχήμα 2.5). Στην συγκεκριμένη εργασία ο χρήστης θα μπορέσει με αυτόν τον τρόπο να πάρει τις συντεταγμένες XYZ που χρειάζεται πάνω στον άξονα της οδού για να τις επεξεργαστεί με τον τρόπο που περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 2.5 Ψηφιακή αποτύπωση οδού

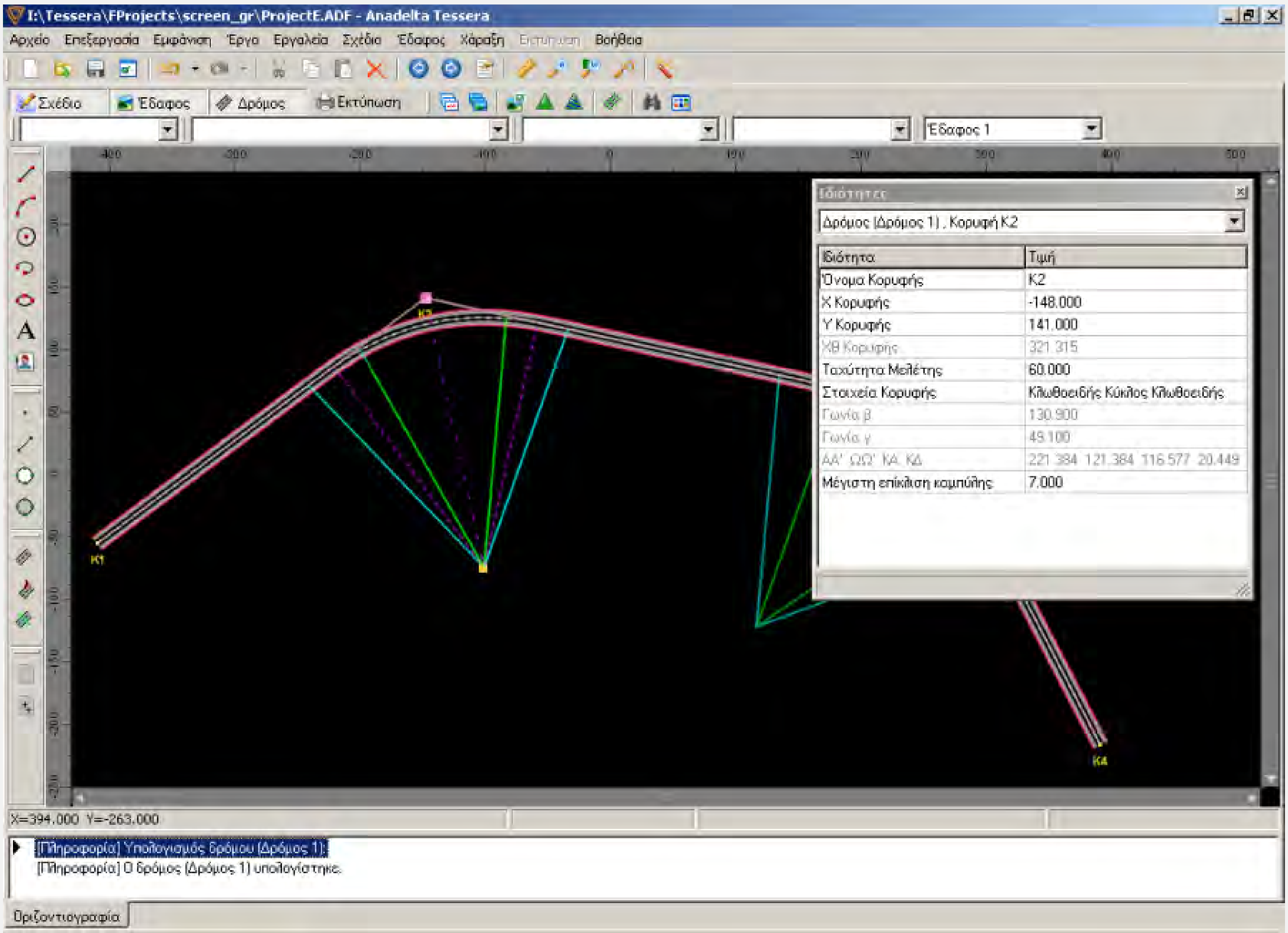
Παρακάτω παρατίθενται εικόνες οχημάτων που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση της οδού.

Σχήμα 2.6. Όχημα την ώρα που σκανάρει την οδό

Σχήμα 2.7. Συσκευή σκάνερ τοποθετημένη στην οροφή οχήματος (road scanner 3)

2.6. Συνοπτική παρουσίαση των δυνατοτήτων του προγράμματος οδοποιίας ευρείας χρήσης Anadelta 4

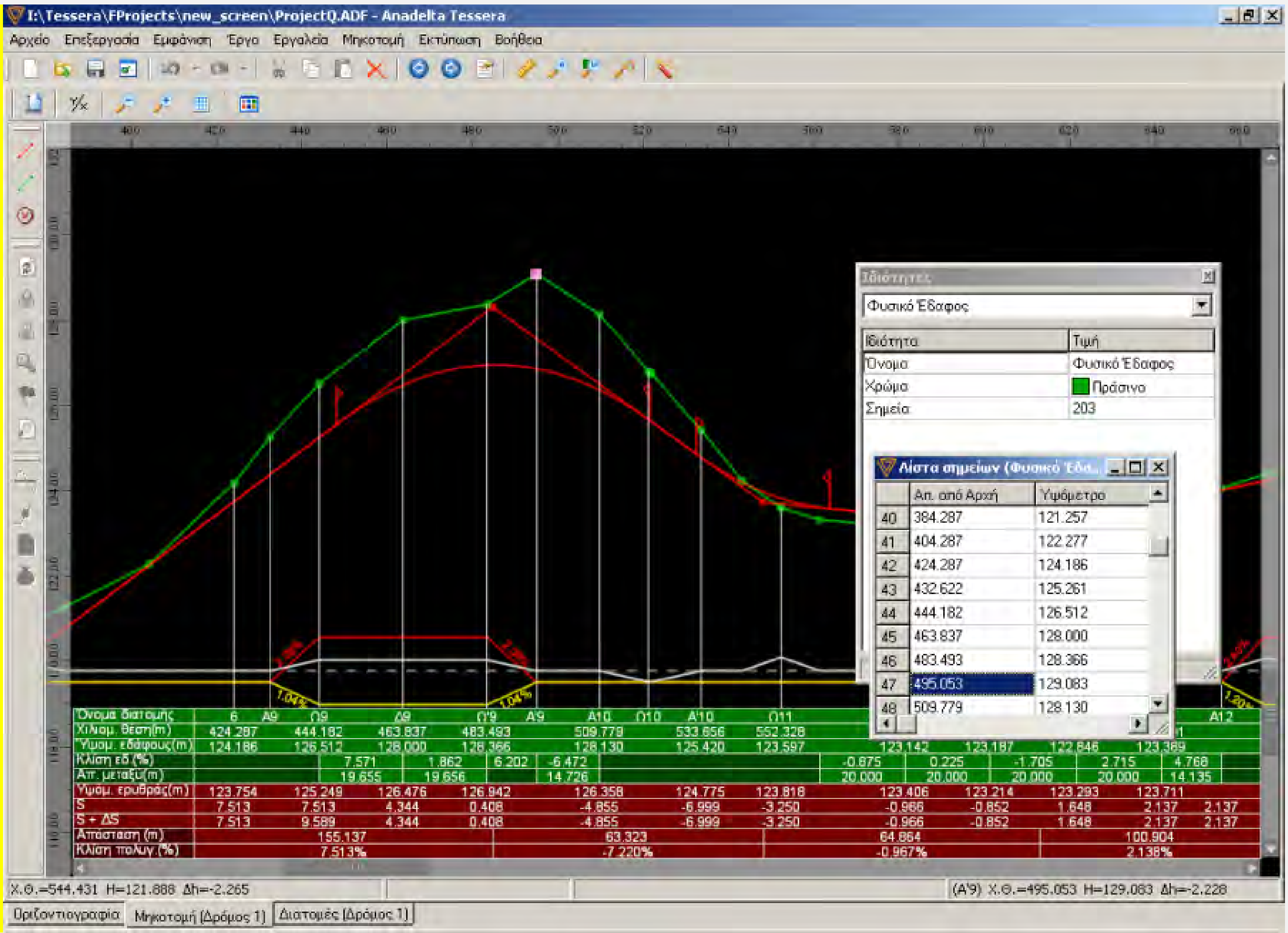
Στο Tessera μπορεί να εισαχθεί και να επεξεργαστεί απεριόριστος αριθμός οδών. Για κάθε δρόμο (σε οποιοδήποτε στάδιο της μελέτης) μπορούν να μεταβληθούν οι αρχικές παράμετροι, που έχουν προταθεί από το πρόγραμμα, όπως η ταχύτητα μελέτης, τα αρχικά πλάτη ή ο τρόπος υπολογισμού των επικλίσεων. Η εισαγωγή της πολυγωνικής της οριζόντιας χάραξης γίνεται με πολλούς τρόπους: γραφικά με το ποντίκι, με ανάγνωση αρχείου ASCII, ;ή με πληκτρολόγηση σε φύλλο εργασίας του προγράμματος. Στη γραφική εισαγωγή ή στη διόρθωση/μετακίνηση στοιχείων βοηθάει ιδιαίτερα το snap (η προσαρμογή) σε υπάρχοντα σχέδια (ευθείες ή καμπύλες) ή χαρακτηριστικά σημεία. Το πρόγραμμα προτείνει αρχικές τιμές στα στοιχεία συναρμογής των κορυφών. Στην οθόνη εμφανίζονται συνεχώς τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της στροφής με πολλά βοηθητικά στοιχεία όπως ακτίνες, διχοτόμους και κέντρα, αρχή και τέλος καμπυλών (κλωθοειδών, κύκλων, παραβολών κλπ). Η επικάλυψη των καμπυλών ή οι μη αποδεκτές παράμετροι εμφανίζονται, κατά τη μετακίνηση, με αλλαγή των χρωμάτων των στοιχείων στην περιοχή του προβλήματος. Μετά τη μετακίνηση και εάν το πρόβλημα συνεχίζει να υφίσταται, εμφανίζεται αντίστοιχο μήνυμα προειδοποίησης ή λάθους. Αν τα αρχεία ASCII, πέρα από τις συντεταγμένες, περιέχουν επιπλέον στοιχεία για τη γεωμετρία του δρόμου (ακτίνες καμπυλότητας, στοιχεία κλωθοειδών κλπ) αυτά αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα και εισάγονται αυτόματα.



Σχήμα 2.8 Περιβάλλον επικοινωνίας χρήστη Αναδελτα Τεσσερα (Οριζοντιογραφία)

Αμέσως μετά τον ορισμό των θέσεων των διατομών στην οριζόντια χάραξη, προκύπτει η μηκοτομή του εδάφους. Μετά από οποιεσδήποτε μεταβολές της οριζόντιας χάραξης προκύπτει μια νέα μηκοτομή. Η εισαγωγή της ερυθράς γίνεται με το ποντίκι, με πίνακες ή με εισαγωγή αρχείων κειμένου. Κατά την εισαγωγή ή τη διόρθωση εμφανίζονται στο ίδιο παράθυρο βοηθητικά στοιχεία όπως η υψομετρική διαφορά ερυθράς εδάφους, οι κατά μήκος κλίσεις ερυθράς και εδάφους, το διάγραμμα καμπυλότητας, το διάγραμμα επικλίσεων κ.α.

Η πολυγωνική της κατακόρυφης χάραξης και οι ακτίνες καμπυλότητας μπορούν να αλλάζουν και γραφικά παρουσιάζοντας τα τυχόν προβλήματα με αλλαγή χρώματος των σχετικών στοιχείων. Οι κορυφές της κατακόρυφης χάραξης τοποθετούνται αυτόματα από το πρόγραμμα στο χώρο. Οι μεταβολές στην οριζόντια χάραξη οδηγούν στην αυτόματη αναμόρφωση της πολυγωνικής της κατακόρυφης χάραξης, η οποία μπορεί να χρειαστεί μόνο τοπικές ρυθμίσεις.



Σχήμα 2.9 *Περιβάλλον επικοινωνίας χρήστη Αναδελτα Τεσσερα (Μηκοτομή)*

Το Tessera έχει εξελιγμένες δυνατότητες CAD μειώνοντας την ανάγκη χρήσης τρίτων προγραμμάτων. Ο συνδυασμός λειτουργιών CAD και λειτουργιών Χάραξης, μέσα στο ίδιο πρόγραμμα, διευρύνει την ευχέρεια σχεδιασμού, αφού δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να επινοήσει εύκολες εναλλακτικές τεχνικές σχεδιασμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει περιβάλλον.

Το πρόγραμμα διαθέτει πληθώρα σχεδιαστικών αντικειμένων, όπως polylines, κύκλους, ελλείψεις, κλωθοειδείς παραβολές, truetype κείμενα, εικόνες, ενώ παράλληλα υποστηρίζονται linetypes (.lin) και hatches (.pat). Τα αντικείμενα ταξινομούνται σε ενότητες (layers) και μπορούν να παίρνουν τις ιδιότητές τους από αυτά. Υποστηρίζονται επίσης κλασσικές λειτουργίες CAD όπως Copy/Paste, περιστροφή, μεγέθυνση, snap σε αντικείμενα ή κάνναβο κ.α.

Πάνω σε αυτό το πρόγραμμα θα γίνεται και η γραφική αποτύπωση του δρόμου. Το εξαγόμενο αρχείο από τον αλγόριθμο είναι σε τέτοια μορφή ώστε να αναγνωρίζεται από το Anadelta4 , αποτυπώνοντας κατευθείαν την υφιστάμενη οδό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

3.1 Γενικά

Ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση του αρχικού αλγόριθμου που τέθηκε υπό επεξεργασία κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής, αφορά την εξαγωγή της οριζοντιογραφίας μίας υφισταμένης οδού, μέσω εισαγωγής συντεταγμένων (X,Y) τοπογραφικής αποτύπωσης, με σκοπό την υποβοήθηση του ελέγχου οδικής ασφάλειας υφιστάμενης οδού. Ο αλγόριθμος αυτός προορίζεται να αποτελέσει μέρος του λογισμικού οδοποιίας Anadelta4(έχει κατάλληλη μορφή εισόδου στο Anadelta4) .

Σημειώνεται ότι ο συντάκτης του αρχικού αλγόριθμου αναφέρεται στην βιβλιογραφία.

3.2 Ανάλυση μεθοδολογίας του αρχικού αλγόριθμου

Η μεθοδολογία που εμπεριέχεται στον αρχικό αλγόριθμο, βασίζεται στις στις αρχές της Γεωμετρίας και στην έκφρασή τους μέσω μαθηματικών σχέσεων. Συγκεκριμένα η βασική ιδέα στην οποία στηρίζεται ο αλγόριθμος είναι η εύρεση των σημείων αρχής-τέλους ευθυγραμμιών και των κυκλικών τόξων . Χρησιμοποιώντας μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία για διαδοχικά σημεία πάνω σε κάθε οριογραμμή της οδού, υπολογίζονται οι γωνίες διεύθυνσης των δημιουργημένων χορδών σε γεωδαιτικό δεξιόστροφο σύστημα αναφοράς (αζιμούθια).Με κριτήριο που αφορά την αλλαγή της γωνίας κατεύθυνσης , γίνεται ο διαχωρισμός της κάθε ευθυγραμμίας και του κάθε κυκλικού τόξου της οδού. Όταν το αζιμούθιο παραμένει σταθερό ή σχεδόν σταθερό τότε είναι ευθυγραμμία , ενώ όταν ακολουθεί μια γραμμική ή σχεδόν γραμμική μεταβολή τότε είναι κυκλικό τόξο.

$$t_{i-1}^{i} = a\tan\frac{x_i - x_{i-1}}{y_i - y_{i-1}}$$

$$t_{i}^{i+1} = a\tan\frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i}$$

$$t_{i-1}^{i+1} = a\tan\frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{y_{i+1} - y_{i-1}}$$

Σαν πρώτο βήμα, ο αλγόριθμος παράγει ευθύγραμμα τμήματα με χρήση της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων, για κάθε ομάδα σημείων, ανά 10μέτρα οδικού τμήματος.

Έπειτα υπολογίζεται το αζιμούθιο που σχηματίζουν αυτά τα ευθύγραμμα τμήματα και η μεταξύ τους διαφορά.

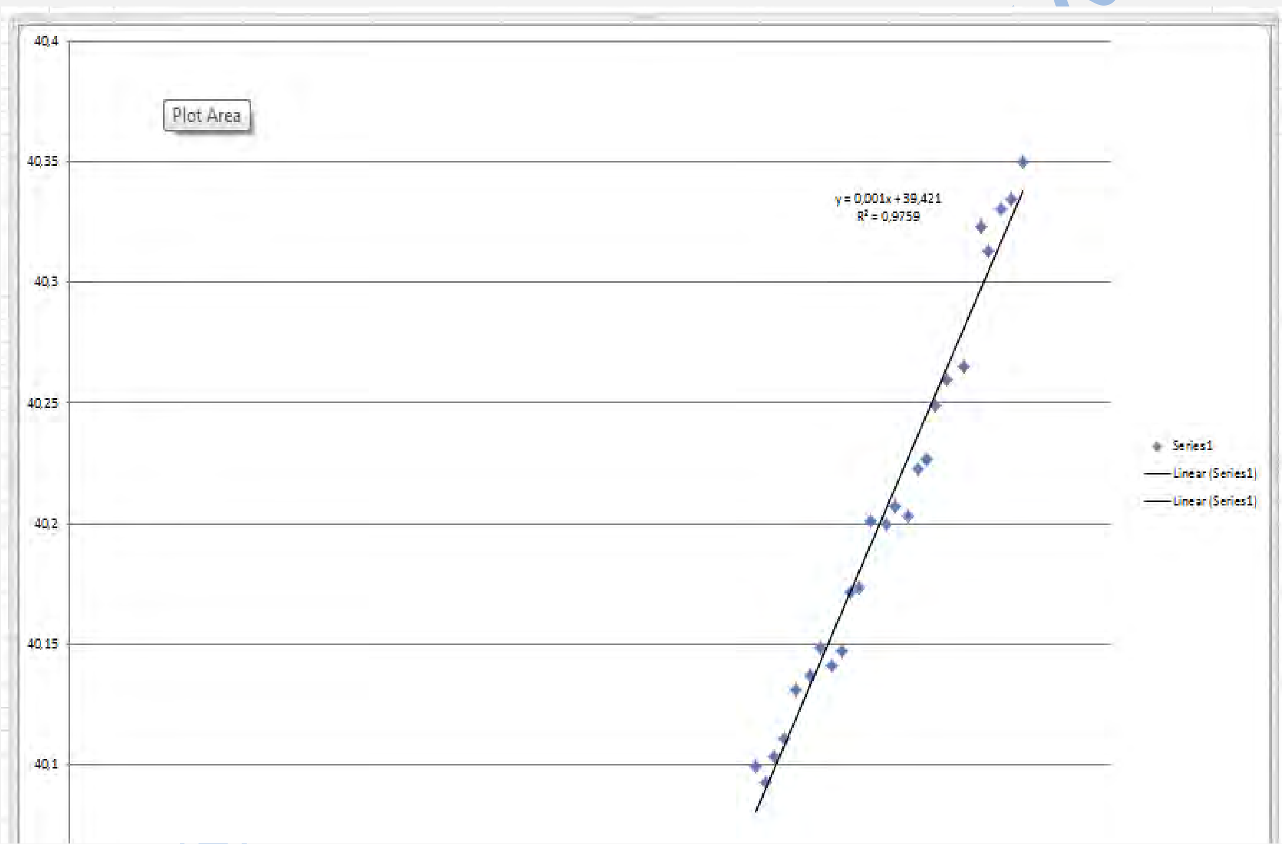
Με κατάλληλα κριτήρια, έγινε ο διαχωρισμός των ευθυγραμμιών και των κυκλικών τόξων της οδού.

Και τέλος, υπολογίστηκαν οι πολυγωνικές των οριογραμμών της οδού.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		ΟΝΟΜΑ ΣΗΜΕΙΟΥ	x`	y`	t		Δt						
2		248	432073,1747	4351504,908	98,9211448			ΤΕΛΟΣ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΤΟΞΟΥ ΑΡΧΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ					
3		271	432071,7643	4351513,893			0,24045041						
4		272	432072,1345	4351514,367	99,1615952								
5		296	432070,5544	4351524,164			0,98283918						
6		297	432070,3892	4351524,574	100,144434								
7		317	432068,723	4351533,886			-3,72464938						
8		318	432068,7049	4351534,379	96,419785								
9		337	432067,6606	4351543,66			1,80753668						
10		338	432067,6508	4351544,15	98,2273216								
11		356	432066,3101	4351553,423			0,5645785						
12		357	432066,2055	4351553,959	98,7919001								
13		375	432064,6933	4351563,736			-0,94526205						
14		376	432064,6283	4351564,294	97,8466381								
15		392	432063,3545	4351573,537			-0,05698969						
16		393	432063,1626	4351574,117	97,7896484								
17		409	432061,8764	4351583,518			0,94419956						
18		410	432062,0714	4351584,165	98,733848								
19		425	432060,6609	4351593,346			1,38660784						
20		426	432060,4402	4351593,961	100,120456								
21		441	432058,7619	4351603,364			3,84136131						
22		442	432058,6284	4351603,979	103,961817								
23		458	432056,4233	4351612,849			0,76340952	ΤΕΛΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ ΑΡΧΗ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΤΟΞΟΥ					
24		459	432056,149	4351613,337	104,725227								
25		477	432053,782	4351622,343			4,57907616						
26		478	432053,9182	4351622,901	109,304303								
27		497	432050,8361	4351631,7			17,7579073						
28		498	432050,6801	4351632,201	127,06221								
29		517	432044,9259	4351639,82			13,8093707						
30		518	432044,485	4351640,142	140,871581								
31		537	432036,9314	4351646,286			8,90510196						
32		538	432036,5012	4351646,616	149,776683								
33		556	432028,1973	4351651,454			9,01388467						
34		557	432027,689	4351651,659	158,790567								
35		576	432018,985	4351655,037			12,3092564						
36		577	432018,4979	4351655,111	171,099824								

Σχήμα 3.1 Παράδειγμα υπολογισμών για την αναγνώριση ευθυγραμμιών/κυκλικών τόξων χρήση Excel

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφεται αναλυτικά η Μ.Ε.Τ. και παρουσιάζονται δύο παραδείγματα την μεθόδου.



Σχήμα 3.2 Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων κάνοντας χρήση του Excel από το παραπάνω κυκλικό τόξο

3.3 Θεωρητικό υπόβαθρο για την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.)

3.3.1 Προσαρμογή καμπυλών

Είναι συχνό, δύο ή περισσότερες μεταβλητές να συνδέονται με κάποια σχέση και είναι επιθυμητή η διατύπωση της σχέσης αυτής με μαθηματική μορφή προσδιορίζοντας μια εξίσωση πού συνδέει τις μεταβλητές.

Το πρώτο βήμα για την επίτευξη του σκοπού αυτό είναι ή συλλογή δεδομένων με αντίστοιχες τιμές των μεταβλητών. Έτσι, εάν X και Y είναι αντίστοιχα το ύψος και το βάρος ενός ενήλικου, τότε ένα δείγμα από n ενήλικους θα δώσει ύψη X1, X2, ... , Xn με αντίστοιχα βάρη Y1, Y2, ... , Yn.

Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός των σημείων (X1, Y1), (X2, Y2), ... ,(Xn, Yn) σ' ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Έτσι παίρνουμε ένα σύνολο διασπαρμένων σημείων, (ένα σμήνος σημείων), που συχνά καλείται διάγραμμα διασποράς.

Από το διάγραμμα διασποράς είναι συχνά εύκολο να σχεδιαστεί μία ομαλή καμπύλη που να προσεγγίζει τα δεδομένα, δηλαδή να περνάει κοντά από τα σημεία αυτά. Μια τέτοια καμπύλη καλείται προσεγγιστική καμπύλη. Έτσι, στο Σχήμα 3.4 τα δεδομένα έχουν προσεγγιστεί από μια ευθεία και θεωρείται ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Στο Σχήμα 3.5 οι δύο μεταβλητές φαίνεται να συνδέονται, αλλά όχι γραμμικά και θεωρείται ότι υπάρχει μια μη γραμμική σχέση (πχ. κύκλος).

Το γενικό πρόβλημα του προσδιορισμού των εξισώσεων των προσεγγιστικών καμπυλών που προσαρμόζονται σε ορισμένα δεδομένα καλείται προσαρμογή καμπύλης. Στην πράξη το είδος της καμπύλης υποδεικνύεται συχνά από το σύνολο των σημείων.

Έτσι, στο Σχήμα 3.4 θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μία ευθεία

$$y = a + bx$$

ενώ στο Σχήμα 3.5 θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια δευτεροβάθμια καμπύλη (κύκλος)

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

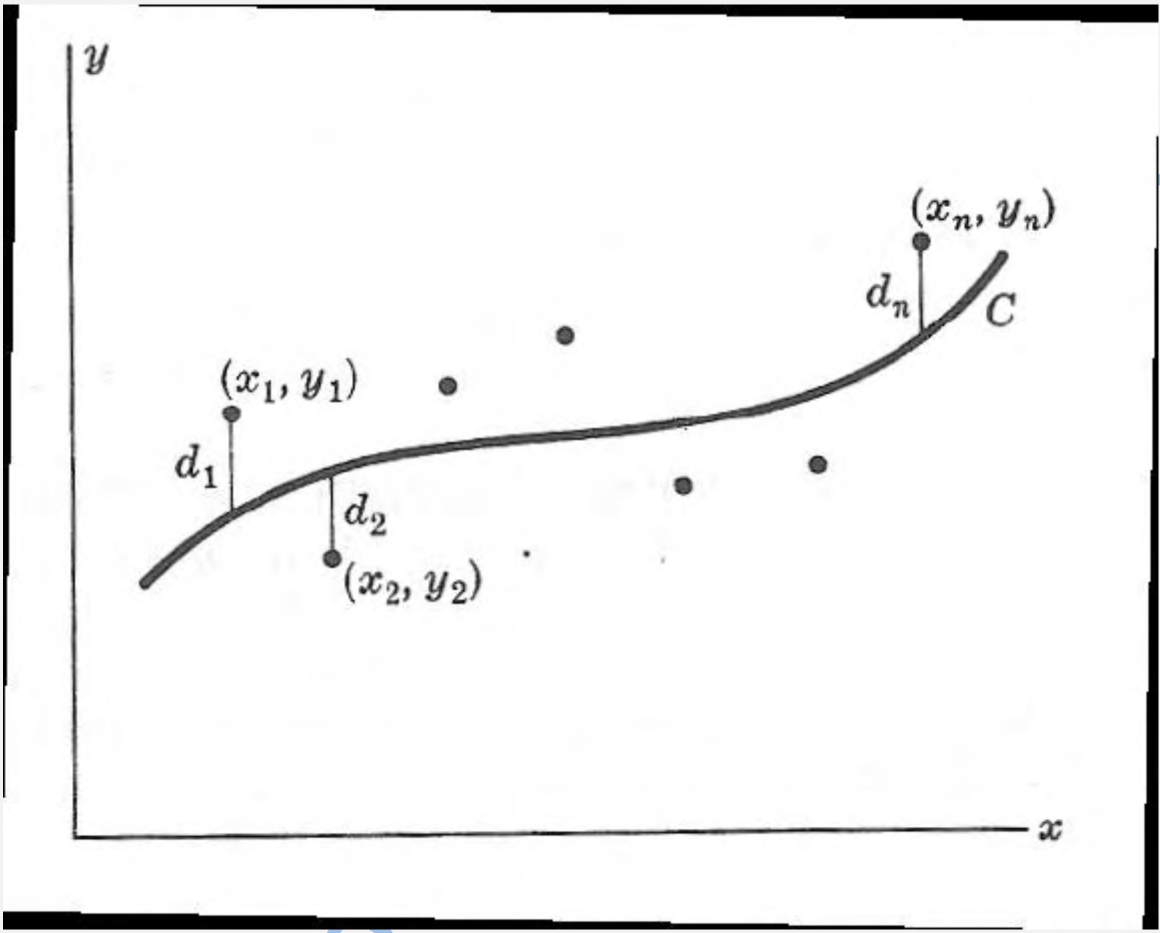
Μερικές φορές είναι σκόπιμο να ληφθούν με τα σημεία σε διαφορετικούς άξονες, δηλαδή να μετασχηματιστούν οι μεταβλητές. Π.χ., εάν ο log Y ως συνάρτηση του X φαίνεται να παριστάνεται από ευθεία, μπορεί να ληφθεί η logY = α + bx ως εξίσωση της προσεγγιστικής καμπύλης.

3.3.2 Παλινδρόμηση

Ένας από τους κύριους σκοπούς της προσαρμογής καμπυλών είναι η εκτίμηση μιας από τις μεταβλητές, της εξαρτημένης μεταβλητής, από την άλλη, την ανεξάρτητη μεταβλητή. Ή μέθοδος ή αλλιώς διαδικασία εκτιμήσεως καλείται συχνά παλινδρόμηση. 'Εάν η Υ πρόκειται να εκτιμηθεί από την Χ με βάση μια εξίσωση, η εξίσωση αυτή καλείται «εξίσωση παλινδρομήσεως» της Υ ως προς (ή επί την) Χ και η καμπύλη που παριστάνει «καμπύλη παλινδρομήσεως» της Υ ως προς (η επί την) Χ.

3.3.3 Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων

Γενικά, σ' ένα σμήνος σημείων μπορούν να προσαρμοστούν περισσότερες από μια καμπύλες μιας ορισμένης μορφής. Για να αποφευχθούν υποκειμενικές κρίσεις στην κατασκευή τέτοιων ευθειών, παραβολών και άλλων προσεγγιστικών καμπυλών, είναι απαραίτητο να δοθούν οι ορισμοί «ευθεία με την καλύτερη προσαρμογή», «κύκλος με την καλύτερη προσαρμογή» κτλ.



Σχήμα 3.3 Δεδομένα σημεία (χ,y) με αποστάσεις d από μια καμπύλη

Για να δικαιολογηθεί ο ορισμός που θα δοθεί, θεωρούνται στο Σχήμα 3.9 τα δεδομένα σημεία (X1, Y1), ... , (Xn, Yn). Για κάποια τιμή του X, έστω X1, θα υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της τιμής Y1 και της αντίστοιχης τιμής της καμπύλης C. Έστω dl η διαφορά αυτή, που καλείται συχνά απόκλιση, σφάλμα η υπόλοιπο και μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδέν. Όμοια, ας είναι d2, ... ,dn οι διαφορές που αντιστοιχούν στις τιμές X2, ... , Xn.

Ένα μέτρο του πόσο καλή είναι η προσαρμογή της καμπύλης C στα δεδομένα δίνεται απο την ποσότητα d12 + d22 + ... + dn2. Εάν η ποσότητα αυτή είναι μικρή, η προσαρμογή είναι καλή, εάν είναι μεγάλη, δεν είναι καλή. Έτσι δίνεται ο εξής ορισμός:

Ορισμός: Απ' όλες τις προσεγγιστικές καμπύλες για ένα δεδομένο σμήνος σημείων η καμπύλη με την ιδιότητα

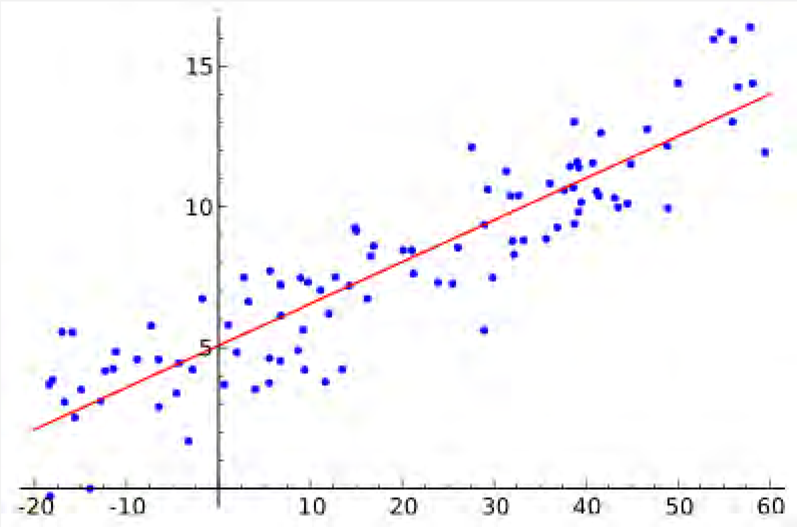
$$d_1^2 + d_2^2 + \cdots + d_n^2 = ελάχιστο$$

είναι η καμπύλη με την καλύτερη προσαρμογή.

Μια τέτοια καμπύλη θεωρείται ότι έχει προσαρμοστεί στα δεδομένα με βάση την αρχή των ελάχιστων τετραγώνων και καλείται καμπύλη παλινδρομήσεως ελάχιστων τετραγώνων ή απλά καμπύλη ελάχιστων τετραγώνων. Μια ευθεία με την ιδιότητα αυτή καλείται ευθεία ελάχιστων τετραγώνων, μια παραβολή με την ιδιότητα αυτή καλείται παραβολή ελάχιστων τετραγώνων, ένας κύκλος με την ιδιότητα αυτή καλείται κύκλος ελαχίστων τετραγώνων, κτλ.

Ο προηγούμενος ορισμός ισχύει όταν X είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή και Y η εξαρτημένη. Εάν X είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, τροποποιείται ο ορισμός θεωρώντας οριζόντιες αντί για κατακόρυφες αποκλίσεις, πράγμα που σημαίνει ουσιαστικά ότι έγινε αμοιβαία αλλαγή των αξόνων. Οι δύο αυτοί ορισμοί δίνουν γενικά δύο διαφορετικές καμπύλες ελάχιστων τετραγώνων. Εκτός εάν δηλώνεται με σαφήνεια το αντίθετο, γίνεται δεκτό ότι Y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και X η ανεξάρτητη.

3.3.4 Η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων



Σχήμα 3.4 *Προσεγγιστική ευθεία – γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών Χ και Υ*

Με χρήση του προηγούμενου ορισμού μπορεί να δειχθεί ότι η ευθεία ελάχιστων

τετραγώνων που προσεγγίζει το σμήνος των σημείων (x1, y1) … , (xn , yn) έχει εξίσωση

y = a +bx (3)

όπου οι σταθερές α και b ικανοποιούν τις εξισώσεις

$$\sum y = an + b\sum x$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2$$

Οι εξισώσεις αυτές καλούνται κανονικές εξισώσεις για την ευθεία ελάχιστων τετραγώνων.

Ας σημειωθεί ότι για λόγους συντομίας χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί:

$$\sum x \sum y \ \alpha\nu\tau\acute{\iota}\ \gamma\iota\alpha \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i$$

Λύνοντας τις (4) προκύπτει ότι οι τιμές των α και b είναι:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \qquad b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \qquad (5)$$

Αριθμητικό παράδειγμα

Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

Δεδομένα(x,y)

a/a	x	y	x^2	y^2	xy
0	1	1	1	1	1
1	3	2	9	4	6
2	4	4	16	16	16
3	6	4	36	16	24
4	8	5	64	25	40
5	9	7	81	49	63
6	11	8	121	64	88
7	14	9	196	81	126
Αθροίσματα	56	40	524	256	364

Χρησιμοποιείται σμήνος αποτελούμενο από 8 ζεύγη τιμών x και y. Άρα n=8

Οι εξισώσεις (4) γράφονται

$$\boxed{\begin{array}{l} 8\alpha + 56b = 40 \\ 56\alpha + 524b = 364 \end{array}}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} 8\alpha + 56b = 40 \\ 56\alpha + 524b = 364 \end{array}}$$

Λύνοντας το παραπάνω σύστημα έχουμε

$$\boxed{\begin{array}{c} \alpha=0,545 \\ b=0,636 \end{array}}$$

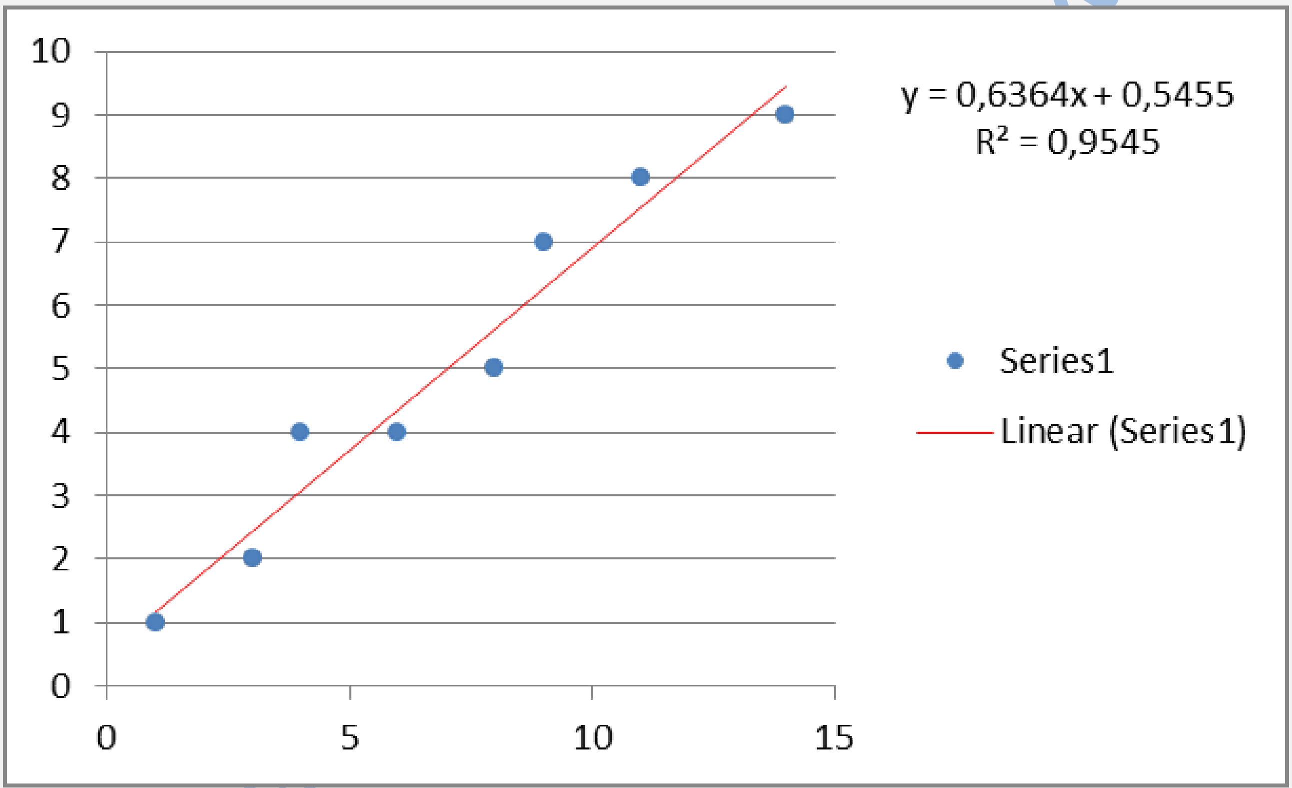
Η ζητούμενη ευθεία ελαχίστων τετραγώνων είναι $\boxed{y = 0,545 +0,636x}$

θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν απευθείας οι τύποι (5) για άμεση

εξαγωγή των α και b της ευθείας

Έτσι προκύπτει η παρακάτω ευθεία ελαχίστων τετραγώνων όπου υπολογίζεται στο γράφημα και ο

συντελεστής προσδιορισμού r2



3.3.5 Ο κύκλος των ελαχίστων τετραγώνων

Οι παραπάνω ιδέες μπορούν να επεκταθούν εύκολα και σε άλλες καμπύλες γεωμετρίας , έτσι ο κύκλος έχει εξίσωση της μορφής

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2 \qquad (12)$$

όπου xo, yo οι συντεταγμένες του κέντρου και R η ακτίνα.

Αναλυτικότερα, ορίζεται η μέση τιμή των N σε πλήθος σημείων x, y ως

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \bar{y} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} y_i \qquad (13)$$

και ας ορίσουμε τις μεταβλητές u και v ως $u_i = x_i - \bar{x}$ και $v_i = y_i - \bar{y}$ για $0 \le i \le N$.

Αρχικά, θα λυθεί το πρόβλημα με αγνώστους τα u,v και μετά θα υπολογιστούν και τα x,y.

Έστω, κύκλος με κέντρο το και ακτίνα R. Στόχος είναι αν ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση

$$S = \sum_{i=1}^{n} (g(u_i, v_i))^2 \qquad (14)$$

όπου

$$g(u,v) = (u - u_c)^2 + (v - v_c)^2 - a \qquad \text{με } a = R^2 \qquad (15)$$

Για να γίνει αυτό παραγωγίζεται η συνάρτηση S(a.uc,vc) ως προς a,uc,vc, και αντίστοιχα

προκύπτει:

$$\frac{dS}{da} = \frac{dS}{dg}\frac{dg}{da} = 2\sum_{i=1}^{n} g(u_i, v_i)\frac{dg}{da}(u_i, v_i) = -2\sum_{i=1}^{n} g(u_i, v_i)$$

Θέλουμε $\frac{dS}{da}=0$ άρα $$\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)=0 \qquad (16)$$

Με παραγώγιση ως προς uc και προκύπτει:

$$\frac{dS}{du_c}=\frac{dS}{dg}\frac{dg}{du_c}=2\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)\frac{d(u_i^2-2uu_c+u_c^2)}{du_c}=2\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)(-2(u_i-u_c))=$$
$$=-4\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)(u_i-u_c)=-4\sum_{i=1}^{n} u_i g(u_i,v_i)+4u_c\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)$$

Όμως από την (16):

$$\sum_{i=1}^{n} g(u_i,v_i)=0 \qquad \text{Άρα} \qquad \frac{dS}{du_c}=-4\sum_{i=1}^{n} u_i g(u_i,v_i)$$

Θέλουμε $\frac{dS}{du_c}=0$ οπότε $$\sum_{i=1}^{n} u_i g(u_i,v_i)=0 \qquad (17)$$

Όμοια προκύπτει παραγωγίζοντας ως προς vc ότι: $$\sum_{i=1}^{n} v_i g(u_i,v_i)=0 \qquad (18)$$

Υπολογίζοντας το ανάπτυγμα της σχέσης (17) προκύπτει:

$$\sum_{i=1}^{n} u_i[u_i^2-2u_iu_c+u_c^2+v_i^2-2v_iv_c+v_c^2-a]=0 \qquad (19)$$

όπου εάν οριστεί ως $$S_u=\sum_{i=1}^{n} u_i\ ,S_{uu}=\sum_{i=1}^{n} u_i^2\ ,S_{uuu}=\sum_{i=1}^{n} u_i^3\ ,S_{uv}=\sum_{i=1}^{n} u_iv_i\ ,$$

$$S_{uvv} = \sum_{i=1}^{n} u_i v_i^2 \, , S_{vvv} = \sum_{i=1}^{n} v_i^3 \, , S_{vv} = \sum_{i=1}^{n} v_i^2 \, , S_v = \sum_{i=1}^{n} v_i \, , S_{vuu} = \sum_{i=1}^{n} v_i u_i^2$$

η σχέση (19) μπορεί να επαναδιατυπωθεί ως:

$$S_{uuu} - 2u_c S_{uu} + u_c^2 S_u + S_{uvv} - 2v_c S_{uv} + v_c^2 S_u - aS_u = 0 \qquad (20)$$

και καθώς Su=0 , η σχέση (20) μπορεί αν γραφτεί στην παρακάτω απλή μορφή:

$$u_c S_{uu} + v_c S_{uv} = \frac{1}{2}(S_{uuu} + S_{uvv}) \qquad (21)$$

Ομοίως από τη σχέση (18) προκύπτει:

$$u_c S_{uv} + v_c S_{vv} = \frac{1}{2}(S_{vvv} + S_{vuu}) \qquad (22)$$

Από την λύση των εξισώσεων (21) και (22), προκύπτουν τα (uc ,vc) και εν συνεχεία υπολογίζεται

το κέντρο του κύκλου $(x_c, y_c) = (u_c, v_c) + (\bar{x} + \bar{y})$.

Προκειμένου να βρεθεί η ακτίνα του κύκλου χρησιμοποιείται η σχέση (16) και προκύπτει ότι:

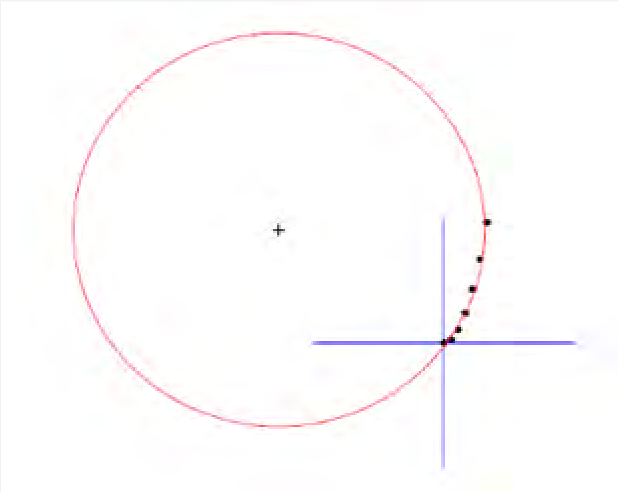
$$N(u_c^2 + v_c^2 - a) + S_{uu} + S_{vv} = 0 \qquad (23)$$

και κατά συνέπεια

$$a = u_c^2 + v_c^2 + \frac{S_{uu} + S_{vv}}{N} \qquad (24)$$

οπότε η ακτίνα του κύκλου $R = \sqrt{a}$.

Έτσι, προκύπτει ο κύκλος ελαχίστων τετραγώνων:



Σχήμα 3.Κύκλος Ελαχίστων τετραγώνων

Αριθμητικό παράδειγμα
Κύκλος ελαχίστων τετραγώνων

	Δεδομένα(x,y)				**Μετασχηματίζουμε (u,v) συντεταγμένες**	
i/a	xi	yi	Average X	Average Y	ui=xi-av.x	vi=yi-av.y
0	0	0	1,5	3,25	-1,5	-3,25
1	0,5	0,25			-1	-3
2	1	1			-0,5	-2,25
3	1,5	2,25			0	-1
4	2	4			0,5	0,75
5	2,5	6,25			1	3
6	3	9			1,5	5,75

Βρίσκουμε τις ποσότητες

Su=Σui=	**0**	(ή αλλιώς χ)
Suu=Σui^2=	**7**	(ή αλλιώς χ^2)
Suuu=Σui^3=	**0**	(ή αλλιώς χ^3)
Sv=Σvi=	**0**	(ή αλλιώς y)
Svv=Σvi^2=	**68,25**	(ή αλλιώς y^2)
Svvv=Σvi^3=	**143,8125**	(ή αλλιώς y^3)
Suv=Σuivi=	**21**	(ή αλλιώς χy)
Suvv=Σuivi^2=	**31,5**	(ή αλλιώς χy^2)
Suuv=Σui^2vi=	**5,25**	(ή αλλιώς yχ^2)

Λύνοντας τις εξισώσεις (21) και (22) προκύπτουν τα (u_c, v_c)

uc*Suu+vc*Suv=0.5(Suuu+Suvv) ⎫ 7uc+21vc=15.75 ⎫ uc=-13.339
uc*Suv+vc*Svv=0.5(Svvv+Svuu) ⎭ 21uc+68.25vc=74.531 ⎭ vc=5.1964

Εν συνεχεία υπολογίζεται το κέντρο του κύκλου (xc,yc)=(uc, vc)+(av.x,av.y)

xc=	-11,839
yc=	8,4464

Για να βρεθεί την ακτίνα του κύκλου χρησιμοποιούμε τη σχέση (24) και προκύπτει a=215.69

οπότε η ακτίνα R=α^1/2

Άρα R=14.686 Με αυτόν τον τρόπο βρήκαμε τον κύκλο ελαχίστων τετραγώνων

Στο παράδειγμα που έχουμε λύσει παραπάνω η εξίσωση του κύκλου παίρνει τη μορφή

$$(x+11,84)^2+(y-8,45)^2=215,69$$

Λύνοντας προκύπτει $x^2 + 23,68x + 140,19 + y^2 - 16,9y + 70,56 = 215,69$ και για κάθε χ έχουμε

Για χ = 0 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = -0,288 και $(y_{\varepsilon\kappa} - \bar{y})^2$ = 12,517

Για χ = 0,5 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = 0,433 = 7,932

Για χ = 1 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = 1,26 = 3,96

Για χ = 1,5 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = 2,24 = 1,02

Για χ = 2 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = 3,45 = 0,04

Για χ = 2,5 → $y_{\varepsilon\kappa}$ = 5,146 = 3,59

Οπότε $$r^2 = 1 - \frac{\sum (y_{\varepsilon\kappa} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} = 1 - \frac{29,064}{68,25} = 1 - 0,43 = 0,5657$$ και r = 0,75

Χρησιμοποιώντας την σχέση (36) υπολογίζεται ο συντελεστής προσδιορισμού r2 που για τον παραπάνω κύκλο είναι r2 = 0,57 ο συντελεστής συσχέτισης r = 0,75. Είναι λογικό ο συντελεστής συσχέτισης να μην βρίσκεται κοντά στη μονάδα καθώς χρησιμοποιήθηκαν σημεία από μία παραβολή και προσδιορίστηκε ο καλύτερος κύκλος που χωράει στα σημεία αυτά υπό την έννοια των ελαχίστων τετραγώνων. Επειδή, η εξίσωση είναι δευτέρου βαθμού ως προς y βγαίνουν 2 τιμές σε κάθε επίλυση. Επιλέγουμε κάθε φορά την τιμή που βρίσκεται πιο κοντά στα y των σημείων των δεδομένων.

3.3.6 Τυπικό σφάλμα εκτιμήσεως

Εάν yεκ είναι η εκτίμηση της τιμής του y για δεδομένο χ από την καμπύλη παλινδρόμησης της y ως προς χ, τότε ένα μέτρο του πόσο διασπαρμένα είναι τα σημεία γύρω από την καμπύλη είναι η ποσότητα

$$s_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{\varepsilon\kappa})^2}{n}} \qquad (25)$$

που καλείται τυπικό σφάλμα της εκτιμήσεως της y από την χ.

Επειδή $\sum (y - y_{\varepsilon\kappa})^2 = \sum d^2$ απ όλες τις δυνατές καμπύλες παλινδρόμησης η καμπύλη ελάχιστων τετραγώνων έχει το μικρότερο τυπικό σφάλμα εκτιμήσεως.

Στην περίπτωση της ευθείας παλινδρόμησης , όπου τα a και b πληρούν τις σχέσεις (4), έχουμε

$$s_{y,x}^2 = \frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n} \qquad (26)$$

$$s_{y,x}^2 = \frac{\sum (y-\bar{y})^2 - b\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n} \qquad (27)$$

Το S^2(y,x) για την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση της διασποράς και του συντελεστή συσχέτισης

$$s_{y,x}^2 = s_y^2(1-r^2) \qquad (28)$$

Σαν συνέπεια αυτής της σχέσης προκύπτει: $r^2 \leq 1$, δηλαδή: $-1 \leq r \leq 1$.

Το τυπικό σφάλμα εκτιμήσεως έχει ιδιότητες ανάλογες με αυτές της τυπικής απόκλισης

Ακολουθούν εικόνες εφαρμογής της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων στο excel

	A	B	C	D	E	H	I	J
1	ονομα σημείου	γνωστά χ	γνωστα y	Δs	ΧΘ	N	ΣΧ	ΣΥ
38	72	432062,0135	4351435,107	0,014369207	0,198793867	37	15.986.291,89	161.003.099,13
39	73	432062,0137	4351435,125	0,018497329	0,217291196	38	16.418.353,90	165.354.534,26
40	74	432062,0282	4351435,143	0,023422766	0,240713962	39	16.850.415,93	169.705.969,40
41	75	432062,0285	4351435,18	0,036994658	0,27770862	40	17.282.477,96	174.057.404,58
42	76	432062,0288	4351435,217	0,036994649	0,314703269	41	17.714.539,99	178.408.839,80
43	77	432062,0434	4351435,236	0,023422765	0,338126034	42	18.146.602,03	182.760.275,03
44	78	432062,0439	4351435,291	0,055491988	0,393618022	43	18.578.664,07	187.111.710,32
45	79	432062,0443	4351435,347	0,055491988	0,449110009	44	19.010.726,12	191.463.145,67
46	80	432062,045	4351435,421	0,073989326	0,523099335	45	19.442.788,16	195.814.581,09
47	81	432062,0458	4351435,513	0,092486656	0,615585991	46	19.874.850,21	200.166.016,60
48	82	432062,0468	4351435,624	0,110983975	0,726569967	47	20.306.912,25	204.517.452,23
49	83	432062,0479	4351435,754	0,129481314	0,85605128	48	20.738.974,30	208.868.887,98
50	84	432062,0492	4351435,902	0,147978644	1,004029924	49	21.171.036,35	213.220.323,88
51	85	432062,0503	4351436,031	0,129481314	1,133511237	50	21.603.098,40	217.571.759,91
52	86	432062,0517	4351436,198	0,166475972	1,29998721	51	22.035.160,45	221.923.196,11
53	87	432062,0533	4351436,383	0,184973301	1,484960511	52	22.467.222,51	226.274.632,49
54	88	432062,0407	4351436,586	0,203977388	1,688937899	53	22.899.284,55	230.626.069,08
55	89	432062,0424	4351436,771	0,184973302	1,873911202	54	23.331.346,59	234.977.505,85
56	90	432062,0588	4351437,011	0,240894231	2,114805432	55	23.763.408,65	239.328.942,86
57	91	432062,0753	4351437,252	0,24089424	2,355699672	56	24.195.470,72	243.680.380,11
58	92	432062,0775	4351437,511	0,258962627	2,6146623	57	24.627.532,80	248.031.817,63
59	93	432062,0798	4351437,77	0,258962618	2,873624918	58	25.059.594,88	252.383.255,40
60	94	432062,0967	4351438,065	0,296305908	3,169930825	59	25.491.656,98	256.734.693,46
61	95	432062,0993	4351438,361	0,295957296	3,465888122	60	25.923.719,08	261.086.131,82
62	96	432062,102	4351438,676	0,314454606	3,780342728	61	26.355.781,18	265.437.570,50
63	97	432062,1049	4351439,009	0,332951954	4,113294682	62	26.787.843,28	269.789.009,51
64	98	432062,1078	4351439,342	0,332951945	4,446246627	63	27.219.905,39	274.140.448,85
65	99	432062,1251	4351439,675	0,333261868	4,779508495	64	27.651.967,52	278.491.888,52
66	100	432062,1281	4351440,026	0,351449284	5,130957779	65	28.084.029,65	282.843.328,55
67	101	432062,1456	4351440,377	0,351742899	5,482700678	66	28.516.091,79	287.194.768,93
68	102	432062,1775	4351440,747	0,371061175	5,853761853	67	28.948.153,97	291.546.209,67
69	103	432062,2095	4351441,117	0,371061164	6,224823017	68	29.380.216,18	295.897.650,79
70	104	432062,2416	4351441,505	0,389505577	6,614328594	69	29.812.278,42	300.249.092,29
71	105	432062,2879	4351441,874	0,372449671	6,986778265	70	30.244.340,71	304.600.534,17

Όπου παρουσιάζονται τα νέα x,y σημεία μετά τη γραμμικη παλινδρόμηση (προβολές των αρχικών σημείων στην ευθεία της γραμμικής παλινδρόμησης)

K	L	M	N	O	P	Q	R
Σ(X^2)	Σ(X*Y)	a	b	-1/a	c	x`	y`
6.907.068.331.805,15	69.563.311.819.081	-6,15384615	7010277,84	0,1625	4281225,03	432061,946	4351435,1
7.093.745.915.466,37	71.443.401.641.569	-5,33333333	6655765,48	0,1875	4270423,5	432061,945	4351435,11
7.280.423.511.682,87	73.323.491.535.218	-4,19047619	6161980,41	0,23863636	4248329,43	432061,944	4351435,12
7.467.101.108.177,31	75.203.581.446.251	-3,52	5872293,17	0,28409091	4228690,29	432061,938	4351435,15
7.653.778.704.949,70	77.083.671.374.667	-2,93333333	5618816,84	0,34090909	4204141,34	432061,928	4351435,18
7.840.456.314.277,37	78.963.761.374.244	-2,37837838	5379041,93	0,42045455	4169772,79	432061,925	4351435,19
8.027.133.924.021,96	80.843.851.399.896	-1,71428571	5092112,76	0,58333333	4099399,1	432061,905	4351435,21
8.213.811.534.183,46	82.723.941.451.623	-1,33333333	4927517,74	0,75	4027388,81	432061,884	4351435,23
8.400.489.144.900,85	84.604.031.538.115	-1,01818182	4791352,77	0,98214286	3927088,77	432061,859	4351435,24
8.587.166.756.313,10	86.484.121.668.066	-0,51612903	4574434,87	1,9375	3514315,3	432061,877	4351435,19
8.773.844.368.559,18	88.364.211.850.165	0	4351435,15	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
8.960.521.981.778,05	90.244.302.093.104	0,519480519	4126987,39	-1,925	5183155,2	432062,27	4351435,33
9.147.199.596.108,70	92.124.392.405.576	1,129411765	3863459,31	-0,88541667	4733990,84	432062,36	4351435,63
9.333.877.211.412,15	94.004.482.778.888	1,720430108	3608102,78	-0,58125	4602572,1	432062,351	4351435,86
9.520.554.827.966,34	95.884.573.230.424	2,24	3383616,41	-0,44642857	4544321,04	432062,348	4351436,07
9.707.232.445.910,25	97.764.663.768.875	2,990654206	3059287,29	-0,334375	4495907,13	432062,323	4351436,29
9.893.910.052.966,53	99.644.754.340.462	3,428571429	2870079,93	-0,29166667	4477454,68	432062,333	4351436,5
10.080.587.661.412,50	101.524.844.998.964	4,168067227	2550571,94	-0,23991935	4455096,82	432062,313	4351436,71
10.267.265.284.081,50	103.404.935.832.926	4,952380952	2211699,83	-0,20192308	4438680,31	432062,306	4351436,96
10.453.942.920.973,30	105.285.026.842.348	5,797101449	1846728,24	-0,1725	4425967,96	432062,297	4351437,21
10.640.620.559.810,80	107.165.117.973.451	6,736842105	1440702,06	-0,1484375	4415571,73	432062,288	4351437,48
10.827.298.200.593,90	109.045.209.226.236	7,609756098	1063549,15	-0,13141026	4408215,16	432062,284	4351437,74
11.013.975.856.016,80	110.925.300.680.554	8,719101124	584243,364	-0,11469072	4400991,58	432062,277	4351438,04
11.200.653.513.663,30	112.805.392.273.937	9,731958763	146626,113	-0,10275424	4395834,57	432062,274	4351438,34
11.387.331.173.672,30	114.685.484.015.076	11	-401246,27	-0,09090909	4390717,05	432062,266	4351438,66
11.574.008.836.182,80	116.565.575.912.661	11,96460177	-818013,995	-0,08357988	4387550,71	432062,269	4351439
11.760.686.501.194,80	118.445.667.966.694	13,1147541	-1314951,06	-0,07625	4384384,08	432062,267	4351439,33
11.947.364.181.124,60	120.325.760.239.644	14,2556391	-1807884,07	-0,07014768	4381747,83	432062,266	4351439,66
12.134.041.863.694,80	122.205.852.677.733	15,33333333	-2273514,76	-0,06521739	4379617,99	432062,268	4351440,02
12.320.719.561.321,80	124.085.945.343.431	16,35220126	-2713728,84	-0,06115385	4377862,64	432062,271	4351440,37
12.507.397.286.560,80	125.966.038.307.900	17,43820225	-3182948,57	-0,05734536	4376217,51	432062,273	4351440,74
12.694.075.039.411,90	127.846.131.571.140	18,18536585	-3505769,55	-0,05498927	4375199,9	432062,282	4351441,11
12.880.752.820.014,00	129.726.225.141.842	18,8907563	-3810541,94	-0,05293594	4374313,13	432062,291	4351441,5
13.067.430.640.644,50	131.606.319.073.786	19,07692308	-3890977,53	-0,05241935	4374090,3	432062,307	4351441,87

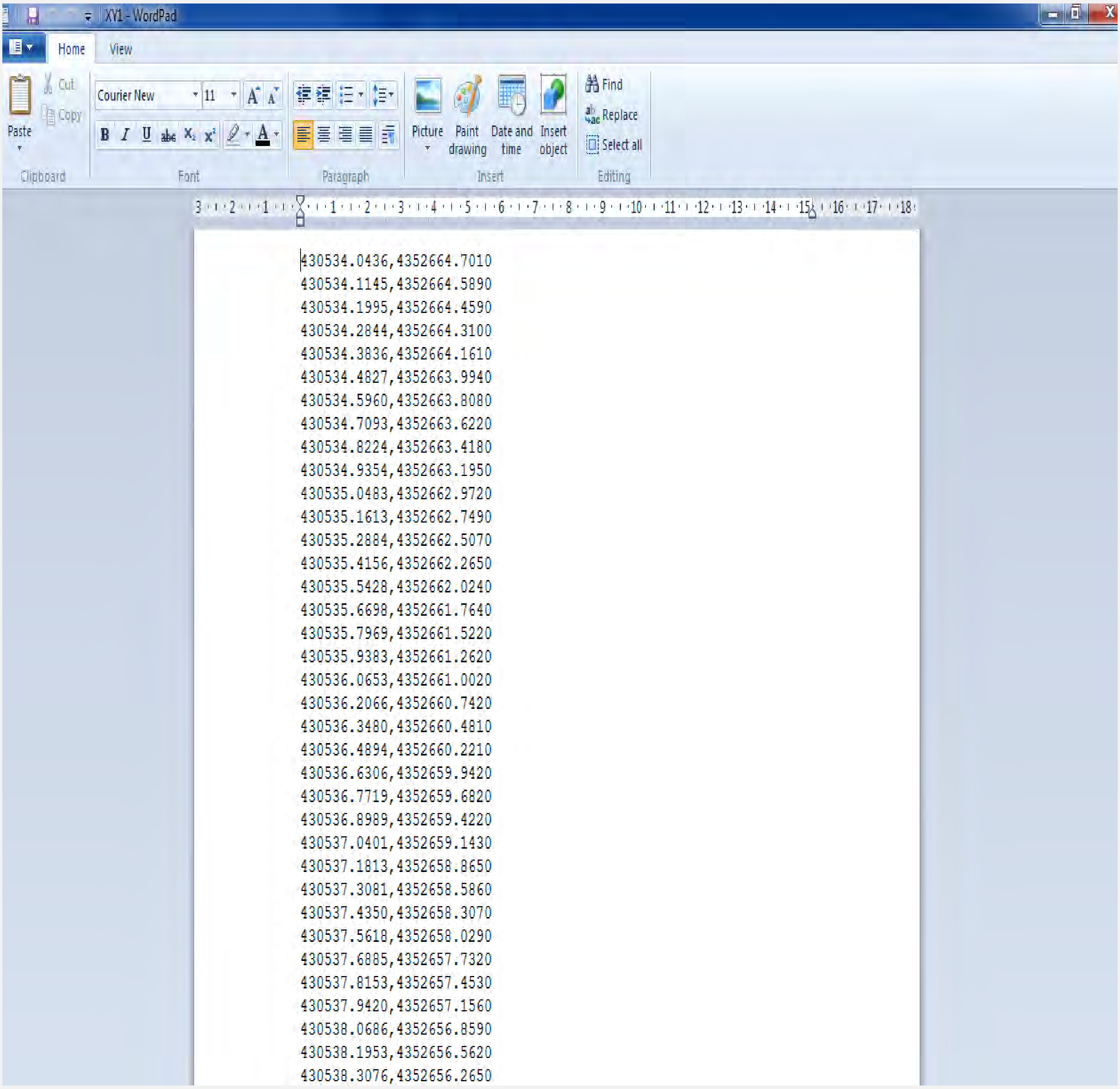
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΩΝ

4.1 Περιεχόμενο κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή του αρχικού αλγόριθμου καθώς και οι βασικές παραδοχές που εμπεριέχει, από την εισαγωγή αρχείου σμήνους σημείων με συντεταγμένες (x,y) που προέρχονται μέσω τοπογραφικής αποτύπωσης των οριογραμμών μιας οδού, μέχρι την εξαγωγή πολυγωνικών των οριογραμμών.

Στην τελευταία παράγραφο παρουσιάζονται 2 έλεγχοι που προστέθηκαν στον αρχικό αλγόριθμο, για την διόρθωση αποτελεσμάτων που εμπεριέχουν λογικά σφάλματα.

Αρχείο εισόδου(input) στον αλγόριθμο (δεδομένα X,Y)

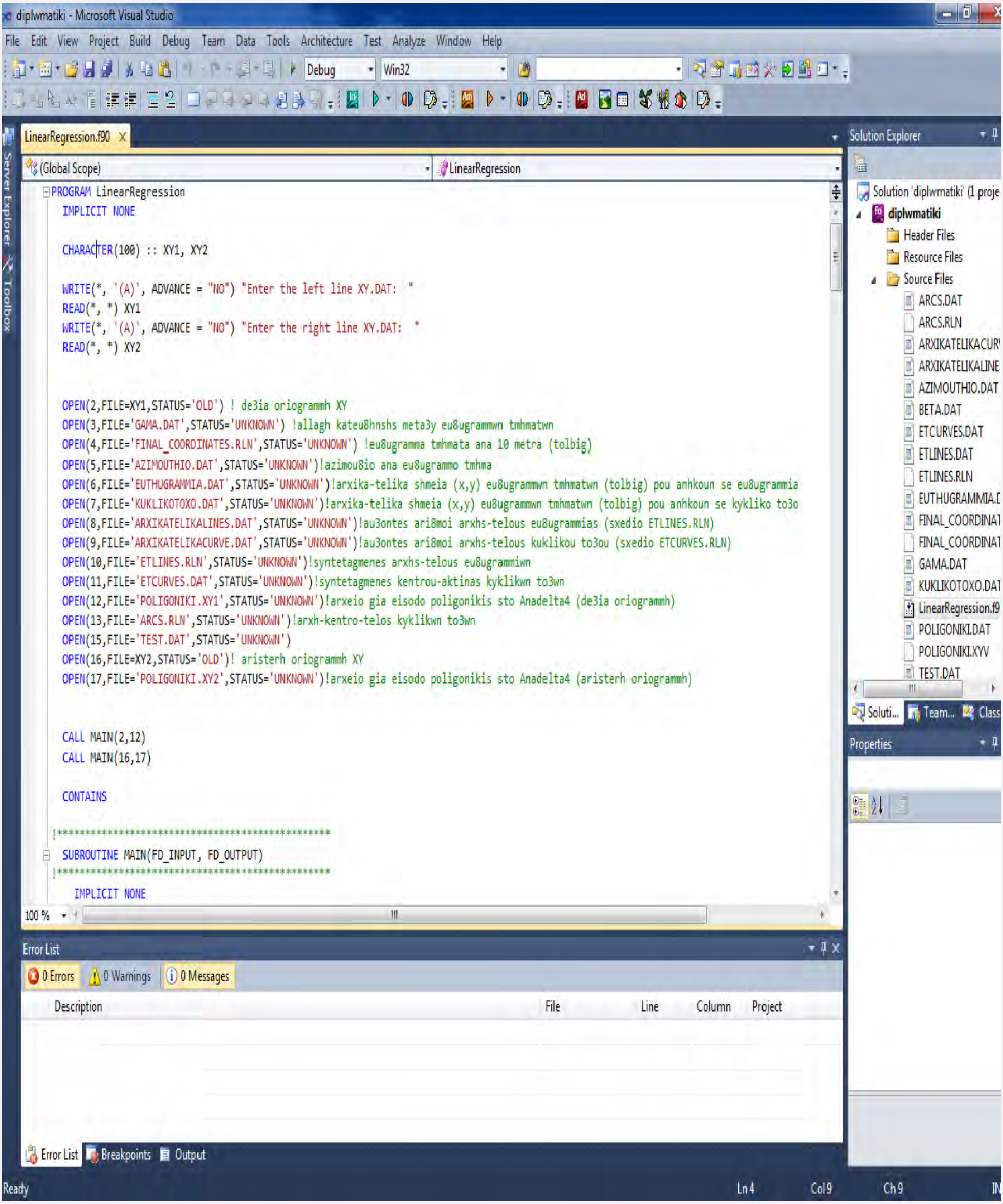


430534.0436,4352664.7010
430534.1145,4352664.5890
430534.1995,4352664.4590
430534.2844,4352664.3100
430534.3836,4352664.1610
430534.4827,4352663.9940
430534.5960,4352663.8080
430534.7093,4352663.6220
430534.8224,4352663.4180
430534.9354,4352663.1950
430535.0483,4352662.9720
430535.1613,4352662.7490
430535.2884,4352662.5070
430535.4156,4352662.2650
430535.5428,4352662.0240
430535.6698,4352661.7640
430535.7969,4352661.5220
430535.9383,4352661.2620
430536.0653,4352661.0020
430536.2066,4352660.7420
430536.3480,4352660.4810
430536.4894,4352660.2210
430536.6306,4352659.9420
430536.7719,4352659.6820
430536.8989,4352659.4220
430537.0401,4352659.1430
430537.1813,4352658.8650
430537.3081,4352658.5860
430537.4350,4352658.3070
430537.5618,4352658.0290
430537.6885,4352657.7320
430537.8153,4352657.4530
430537.9420,4352657.1560
430538.0686,4352656.8590
430538.1953,4352656.5620
430538.3076,4352656.2650

Αρχείο εξαγωγής(output) σε μορφή .XYV για απευθείας εισαγωγή στο Anadelta 4 για την γραφική αποτύπωση της πολυγωνικής

```
1,K1,  430535.834363131    ,  4352665.46951230
1,K,  430588.033947740    ,  4352496.13466671    ,        0 ,  1351.08023232792    ,        0
1,K,  430630.220773892    ,  4352436.98046493    ,        0 ,  2034.74877921642    ,        0
1,K,  430925.892129468    ,  4352253.99805003    ,        0 ,  89.6754218979949    ,        0
1,K,  431169.928773117    ,  4352292.29857522    ,        0 ,  122.306009014885    ,        0
1,K,  431238.594022780    ,  4352352.07763074    ,        0 ,  61.1838348776023    ,        0
1,K,  431255.066990790    ,  4352461.31022792    ,        0 ,  14.9936841064521    ,        0
1,K,  431392.389123735    ,  4352448.94263620    ,        0 ,  119.283906722325    ,        0
1,K,  431452.794607099    ,  4352437.62612368    ,        0 ,  20.8727223535903    ,        0
1,K,  431493.179380293    ,  4352358.96766988    ,        0 ,  1180.39170509537    ,        0
1,K,  431478.531901937    ,  4352134.27854606    ,        0 ,  329.447715437727    ,        0
1,K,  431585.353918547    ,  4351867.85706358    ,        0 ,  72.0329906072481    ,        0
1,K,  431713.037886599    ,  4351833.46702809    ,        0 ,  57.3015045027639    ,        0
1,K,  431801.619975559    ,  4351753.31132463    ,        0 ,  841.682117173984    ,        0
1,K,  431888.511280581    ,  4351631.46989425    ,        0 ,  52.0079294015103    ,        0
1,K,  432038.723906279    ,  4351655.72366120    ,        0 ,  16.8055119851015    ,        0
1,K,  432068.616304350    ,  4351442.43658413
```

Περιβάλλον Σύνταξης του Κώδικα (Compiler)



4.2 Βήματα Υπολογισμών στον Κώδικα

Ο κώδικας έχει τέτοια σύνταξη που το μόνο που χρειάζεται είναι η εισαγωγή των δεδομένων , δηλαδή των συντεταγμένων των σημείων (X,Y) της τοπογραφικής αποτύπωσης της οδού ή του οδικού τμήματος.Μετά από υπολογισμούς , εξάγει ένα αρχείο σε μορφή .XYV που είναι τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάγνωση και την γραφική αποτύπωση της οδού ή του οδικού τμήματος στο πρόγραμμα Anadelta 4 .Ακολουθούν τα βήματα των υπολογισμών :

A) Υπολογισμός του αριθμού των σημείων (X,Y) (εισαγόμενα δεδομένα) για κάθε οριογραμμή

```
DO
  NODES=NODES+1
  I=I+1
  READ(FD_INPUT,*) NAME(I),XY(I,1),XY(I,2),Z(I)
  XY(I,3)=1
  IF( XY(I,1)==0) EXIT
END DO
```

Β) Για κάθε δεκάμετρα απόστασης διαδοχικών σημείων , εύρεση ευθυγραμμίας με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (παράμετροι α,β απο εξίσωση ευθείας y=α*x +β) και εύρεση αρχικού και τελικού σημείου κάθε δεκάμετρης ευθυγραμμίας

Προσοχή : για τμήματα(10μέτρων) με αζιμούθιο κοντά στις 90 ή 270 μοίρες γίνεται αλλαγή των χ,y (χρησιμοποίηση της υπορουτίνας REGRESSION2) για μεγαλύτερη ακρίβεια στην προσέγγιση της ευθείας

Γ) Υπολογισμός αζιμουθίου για κάθε δεκάμετρο ευθύγραμμο τμήμα

```
T(K)=ATAN((YF-YIN)/(XF-XIN))*180/PI
```

Όπου (XF,YF)= τελικό σημείο

(XIN,YIN)= αρχικό σημείο

Απαραίτητες αλλαγές των αζιμουθίων για κοινό άξονα αναφοράς

```
IF (XX2-XX1<0) THEN
  T(K)=T(K)+180
END IF

IF (T(K)<0) THEN
  T(K)=T(K)+360
END IF
```

Δ) Υπολογισμός αλλαγής κατεύθυνσης ανά διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα

```
GAMA(I)=T(I+1)-T(I)
   IF ( DABS(GAMA(I))>180 ) THEN
    GAMA(I)=360-DABS(GAMA(I))
      IF ( T(I+1)>T(I) ) THEN
        GAMA(I)=-GAMA(I)
      END IF
   END IF
```

Ε) Αναγνώριση και διαχωρισμός των σημείων που βρίσκονται σε ευθυγραμμία και των σημείων που βρίσκονται σε κυκλικά τόξα βάση κριτηρίων που τέθηκαν, σύμφωνα με την αλλαγή αζιμουθίων

Πιο συγκεκριμένα, για ομόσημες γωνίες κατεύθυνσης :

-αν η αλλαγή γωνίας κατεύθυνσης είναι μικρότερη από 3 ή η επόμενη αλλαγή γωνίας κατεύθυνσης είναι μικρότερη από 3 και το άθροισμα τους είναι μικρότερο από 2*3 τότε ανήκουν σε ευθυγραμμία (η κρίσιμη αλλαγή γωνίας είναι διαφορετική για κάθε δρόμο που ελέγχουμε και είναι στο χέρι του χρήστη να το κρίνει), αλλιώς ανήκουν σε κυκλικό τόξο.

Η τιμή τις κρίσιμης γωνίας εξαρτάται από:

Α) την κατηγορία της οδού

Β) την ποιότητα των αποτελεσμάτων τοπογραφικής αποτύπωσης

Παραδοχές:

-10μετρα ευθύγραμμα τμήματα με ετερόσημες γωνίες κατεύθυνσης ανήκουν σε ευθύγραμμα τμήματα

-Ο δρόμος ή το οδικό τμήμα που ελέγχουμε ξεκινάει πάντα με ευθυγραμμία

-Ο δρόμος ή το οδικό τμήμα που ελέγχουμε τελειώνει πάντα με ευθυγραμμία

ΣΤ) Εφαρμογή μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης στα νέα ευθύγραμμα τμήματα και μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων κύκλου για τα σημεία που ανήκουν σε κυκλικά τόξα υπολογισμός αρχής και τέλους ευθυγραμμιας καθώς και κέντρου κύκλου και ακτίνας

Ζ) Εξαγωγή πολυγωνικής για κάθε οριογραμμή

4.3 Επιπλέον έλεγχοι που προτάθηκαν κατά την παρούσα διπλωματική

Α) Μηδενισμός ακτινών

Σχημα 1.

Στο Σχήμα 1. παρουσιάζεται τμήμα σημείων που ανήκουν σε κυκλικό τόξο. Το ιδιαίτερο της συγκεκριμένης περίπτωσης είναι ότι η γωνία γ που σχηματίζεται από τις διαδοχικές ευθυγραμμίες έχει αντίθετο πρόσημο από αυτήν του κυκλικού τόξου. Για την επίλυση της συγκεκριμένης ιδιομορφίας, συντάχθηκε τμήμα κώδικα που συγκρίνει της κορυφές της παραγόμενης πολυγωνικής με τα «αντίστοιχα τους» κυκλικά τόξα. Το κριτήριο αντιστοιχίας για κάθε κορυφή είναι η απόσταση της από το μέσο «αρχής-τέλους» κάθε κυκλικού τόξου.

Στην συνέχεια η συνθήκη μηδενισμού της ακτίνας της κορυφής είναι:

$\overrightarrow{AB} * \overrightarrow{OK} < 0$ (το εσωτερικό γινόμενο των διανυσμάτων ΑΒ & ΟΚ να είναι μικρότερο του μηδέν)

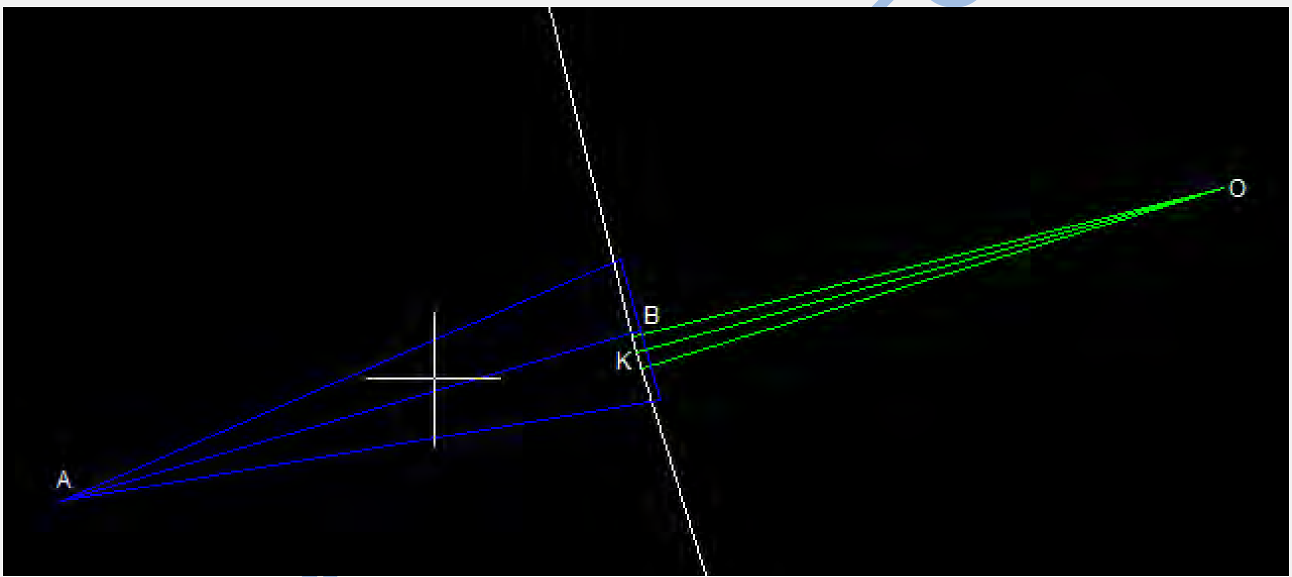
Όπου (Σχήμα 2.):

Α:κέντρο κυκλικού τόξου

Β:μέσο «αρχής-τέλους» κυκλικού τόξου

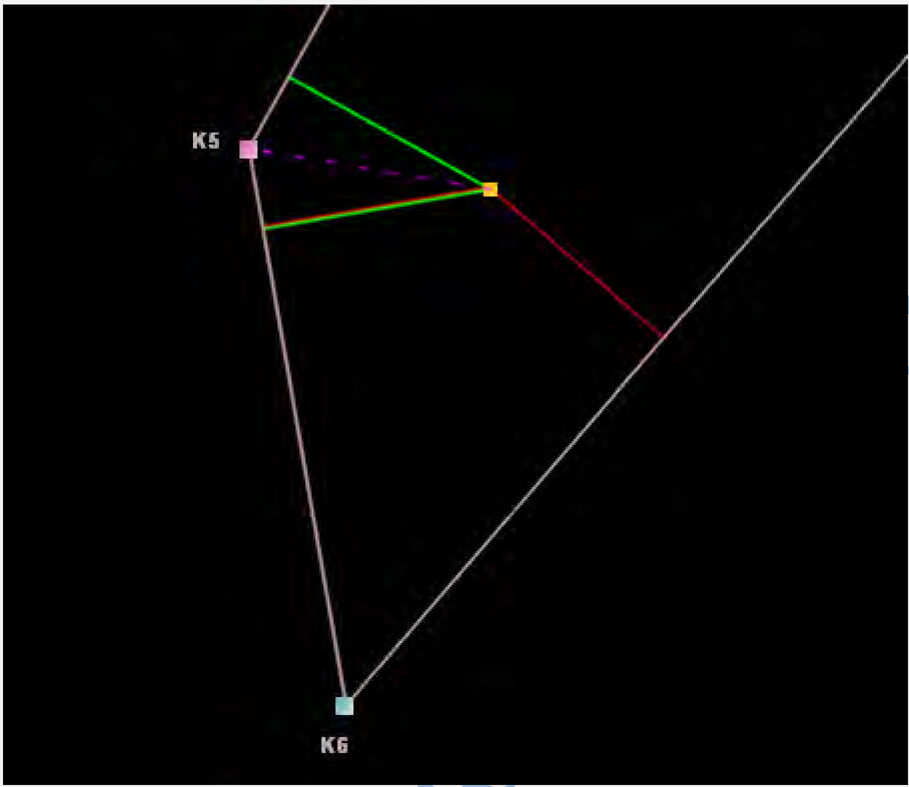
Γ: κέντρο του κυκλικού τόξου της υπό εξέταση κορυφής

Κ:υπό εξέταση κορυφή



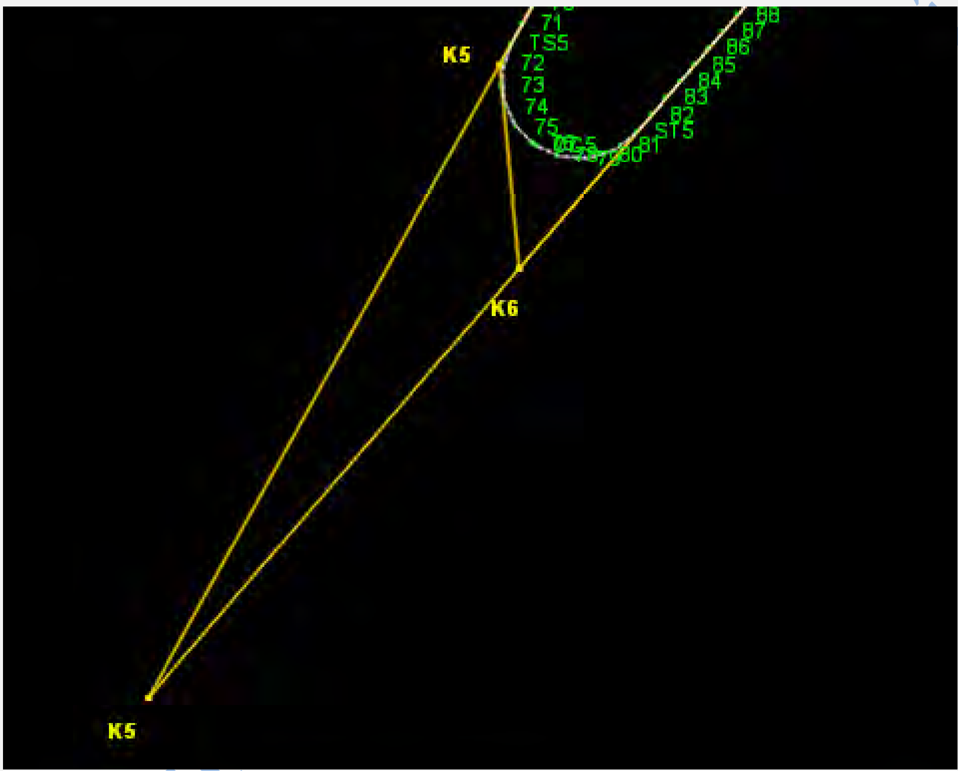
Σχήμα 2.

Β) Ενοποίηση διαδοχικών κυκλικών τόξων με μηδενική ενδιάμεση ευθυγραμμία,ίσης ακτίνας και κοινού κέντρου τόξου



Σχήμα 3.

Στο παράδειγμα του σχήματος 3 παρουσιάστηκε «σπάσιμο» του κυκλικού τόξου σε 2 τμήματα, για την επίλυση προστέθηκε έλεγχος στις παραγόμενες πολυγωνικές. Οι διαδοχικές κορυφές ελέγχονται με κριτήριο την απόσταση των κέντρων των κυκλικών τόξων. Αν απέχουν απόσταση μεγαλύτερη του μέτρου, η κορυφές αφαιρούνται και στην θέση τους προστίθεται ως κορυφή η τομή των προεκτάσεων τους (σχήμα 4).



Σχήμα 4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ

5.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Για τον προσδιορισμό της πολυγωνικής του οδικού άξονα συντάχθηκε η υπορουτίνα AKSONAS. Η υπορουτίνα AKSONAS δέχεται σαν είσοδο τα 2 αρχεία τύπου .XYV πολυγωνικών των οριογραμμών του δρόμου, ενώ στο τέλος της εξάγεται σε αρχείο τύπου .XYV(τύπος αρχείου πολυγωνικής για να αναγνωρίζεται από το πρόγραμμα annadelta 4) η πολυγωνική του άξονα του δρόμου.

Στο παρών κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση της παραπάνω υπορουτίνας με σκοπό, την κατανόηση της δομής της και των βασικών μεταβλητών-εργαλείων που εμπεριέχει

Αρχικά γίνεται αντιμετάθεση των στοιχείων της αριστερής πολυγωνικής ώστε να είναι «ομόρροπα» με την δεξιά και στην συνέχεια ακολουθεί ο κύριος βρόγχος της υπορουτίνας με αριθμό επαναλήψεων ίσο με τον αριθμό κορυφών της δεξιάς πολυγωνικής.

5.2. Ανάλυση κύριου βρόγχου

Στον κύριο βρόγχο, η κάθε κορυφή της δεξιάς πολυγωνικής αντιστοιχίζεται με την κοντινότερη κορυφή της αριστερής (η θέση κοντινότερης αριστερής κορυφής αποθηκεύεται στην ακέραια μεταβλητή PAIR και η απόστασή τους στην πραγματική μεταβλητή DIST) και την δεύτερη κοντινότερη (η θέση της δεύτερης κοντινότερης αποθηκεύεται στην μεταβλητή TRINITY και η απόστασή τους στην πραγματική μεταβλητή DISTSEC).

Συνέχεια έχει μια δομή επιλογής, με τις τρεις ακόλουθες επιλογές:

- Έχει προσδιοριστεί η τελευταία κορυφή της πολυγωνικής του άξονα (συνεπώς δεν υπάρχουν εντολές μέσα σε αυτήν την επιλογή)

- Δεν έχει προσδιοριστεί η πρώτη κορυφή της πολυγωνικής του άξονα
- Δεν ισχύουν οι δυο παραπάνω περιπτώσεις

Εδώ στις 2 πρώτες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι δυο ακέραιες μεταβλητές TERMA & ARXH που έχουν αρχική τιμή μηδέν. Αν προσδιοριστεί η τελευταία κορυφή της πολυγωνικής η TERMA παίρνει τιμή 1, ενώ αν προσδιοριστεί η πρώτη κορυφή η ARXH παίρνει τιμή 1.

Περίπτωση ΑΡΧΗ=0

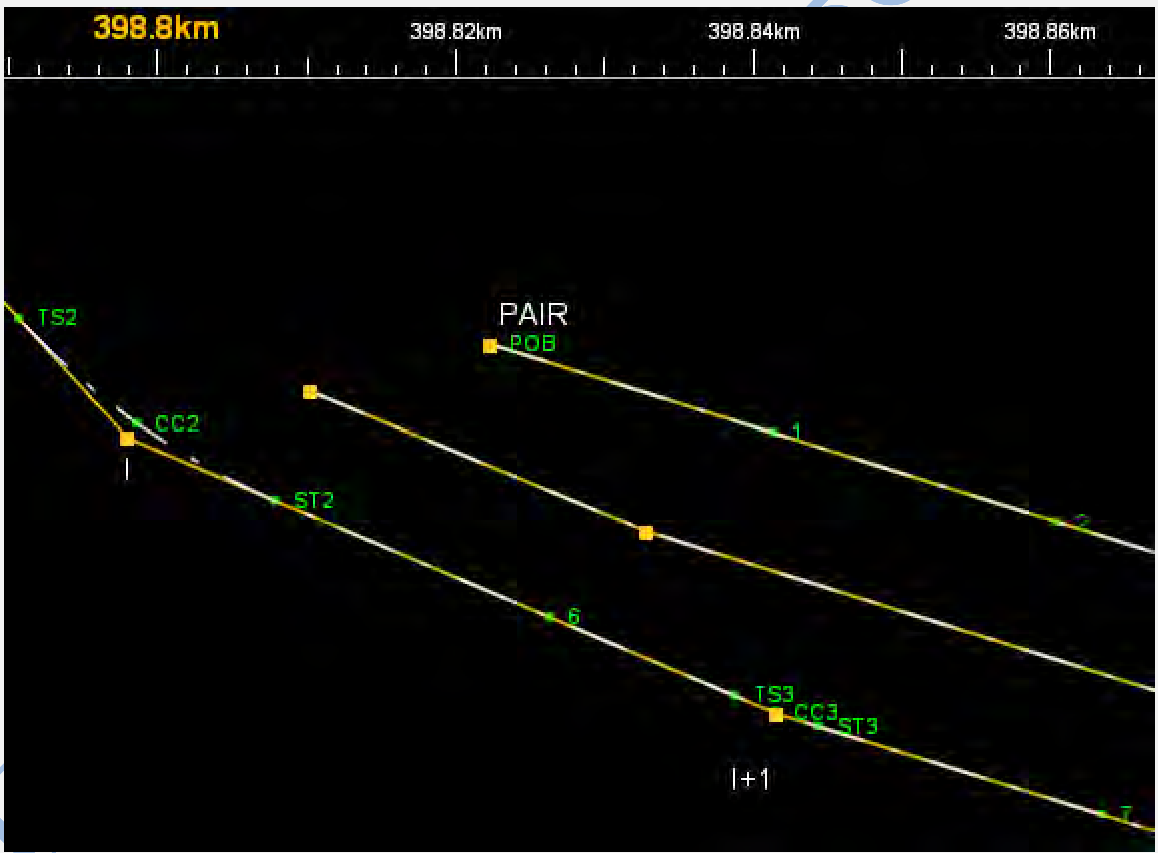
Με την επαλήθευση της παραπάνω συνθήκης ακολουθεί μια ακόμη δομή επιλογής.

Ακολουθεί η συνθήκη της δομής επιλογής:

Αν *DIST>CRIT* όπου CRIT είναι η κρίσιμη απόσταση επιρροής (επιλέχθηκε 60m) δεν παράγεται κορυφή από το DEKSPOL(I) και τελειώνει η επανάληψη.

Αντίθετα αν DIST<CRIT ακολουθεί νέα δομή επιλογής με συνθήκη *DISTSEC>CRIT*. Αν η συνθήκη είναι αληθής, ακολουθεί νέα δομή επιλογής με συνθήκη η απόσταση μεταξύ της κορυφής δεξιάς οριογραμμής με θέση I+1 και της κορυφής αριστερής οριογραμμής με θέση PAIR να είναι μικρότερη των 60 μέτρων.

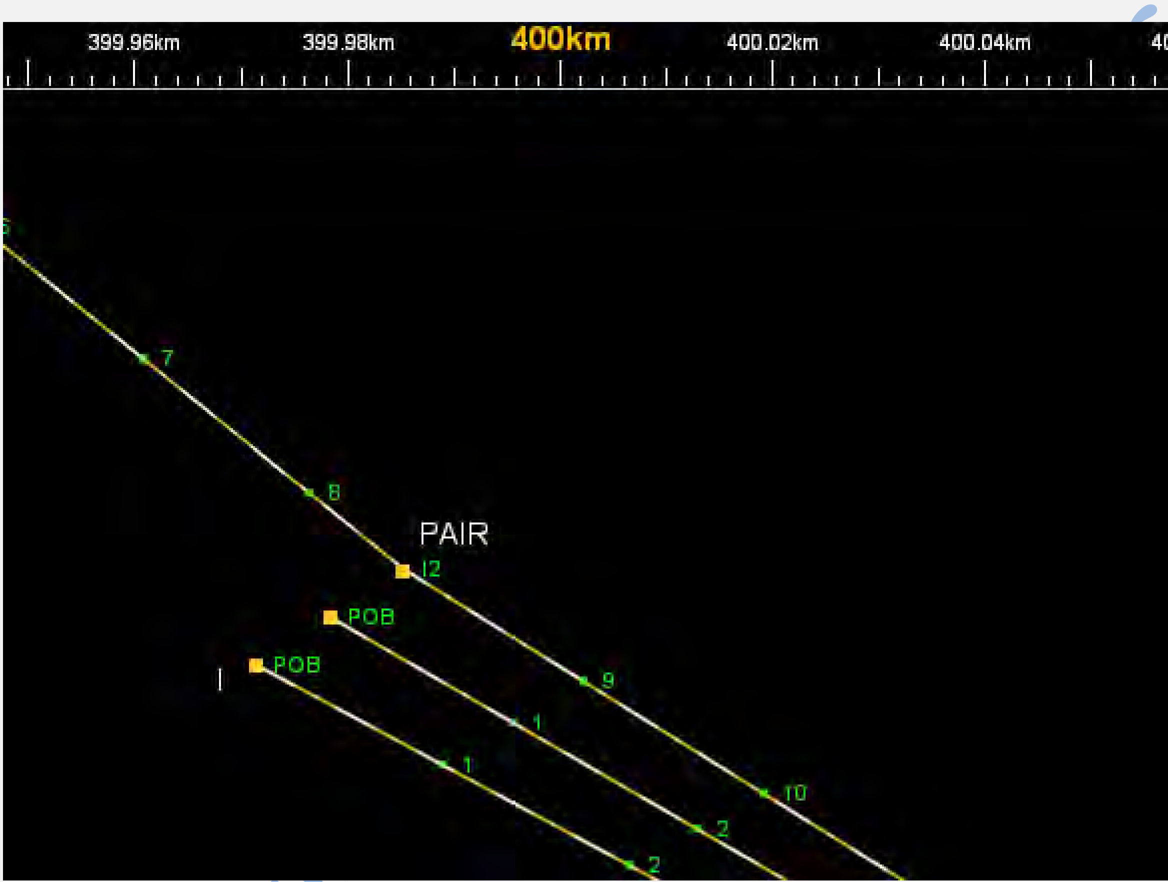
- Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε πρόκειται για περίπτωση του σχήματος 2.1.1.(παράγονται η κορυφή 1 ως το μέσο των κορυφών (I)-(PAIR) και η κορυφή 2 ως μέσο των (I+1)-(PAIR))



Σχήμα 5.1. Περίπτωση 2.1.1.

- Αν η είναι ψευδής τότε πρόκειται για περίπτωση του σχήματος 2.1.2.

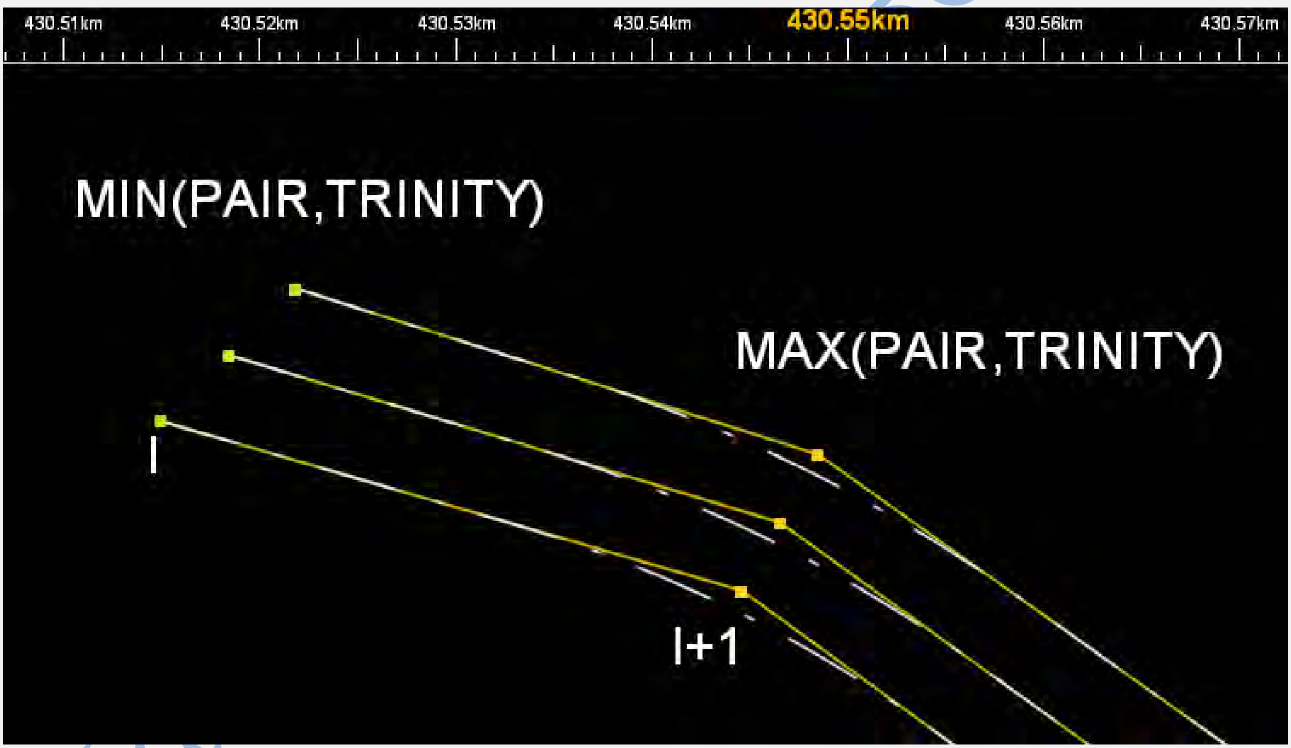
  (παράγεται η κορυφή 1 ως μέσο των (I)-(PAIR)



Σχήμα 5.2. Περίπτωση 2.1.2.

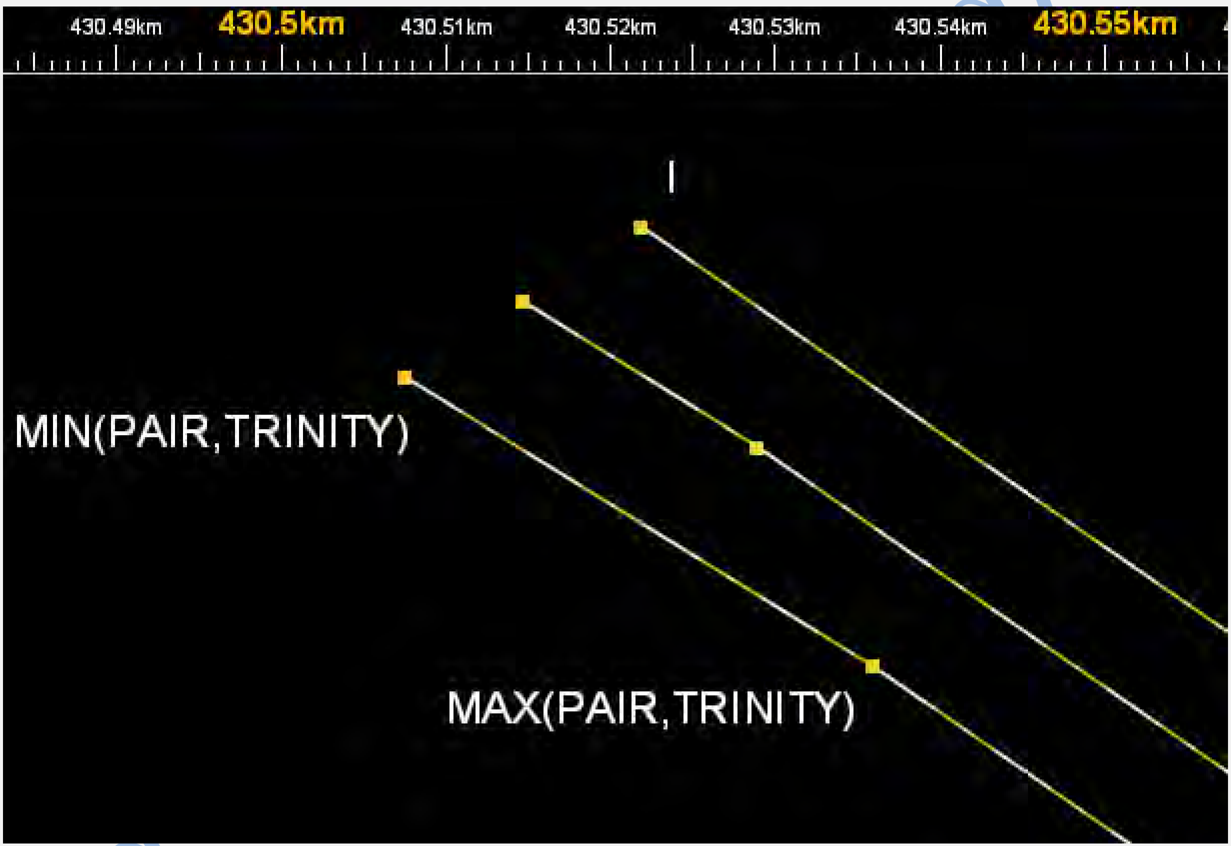
Αν η συνθήκη *DISTSEC>CRIT* είναι ψευδής έπεται δομή επιλογής με συνθήκη :η απόσταση της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής, δείκτη I+1 με την κορυφή αριστερής πολυγωνικής με δείκτη τον μεγαλύτερο από τους PAIR&TRINITY.

- Αν η συνθήκη είναι αληθής πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 2.2.1.(1η κορυφή παράγεται ως μέσον των (I)-(MIN(PAIR,TRINITY)), 2η κορυφή παράγεται ως μέσον των(I+1)-(MAX(PAIR,TRINITY)))



Σχήμα 5.3. Περίπτωση 2.2.1.

- Αν η συνθήκη είναι ψευδής πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 2.2.2.(1η κορυφή παράγεται ως μέσον των (I)-(MIN(PAIR,TRINITY)), 2η κορυφή παράγεται ως μέσον των(I)-(MAX(PAIR,TRINITY)))



Σχήμα 5.3. Περίπτωση 2.2.2.

Περίπτωση ΑΡΧΗ=1

Συνθήκη τερματισμού

Αν η μεταβλητή ΑΡΧΗ έχει τιμή 1 που σημαίνει ότι σε προηγούμενη επανάληψη έχει παραχθεί η $1^{η}$ κορυφή της πολυγωνικής του άξονα, τότε ακολουθεί δομή επιλογής με την «συνθήκη τερματισμού» (παραγωγής της τελευταίας κορυφής του άξονα).

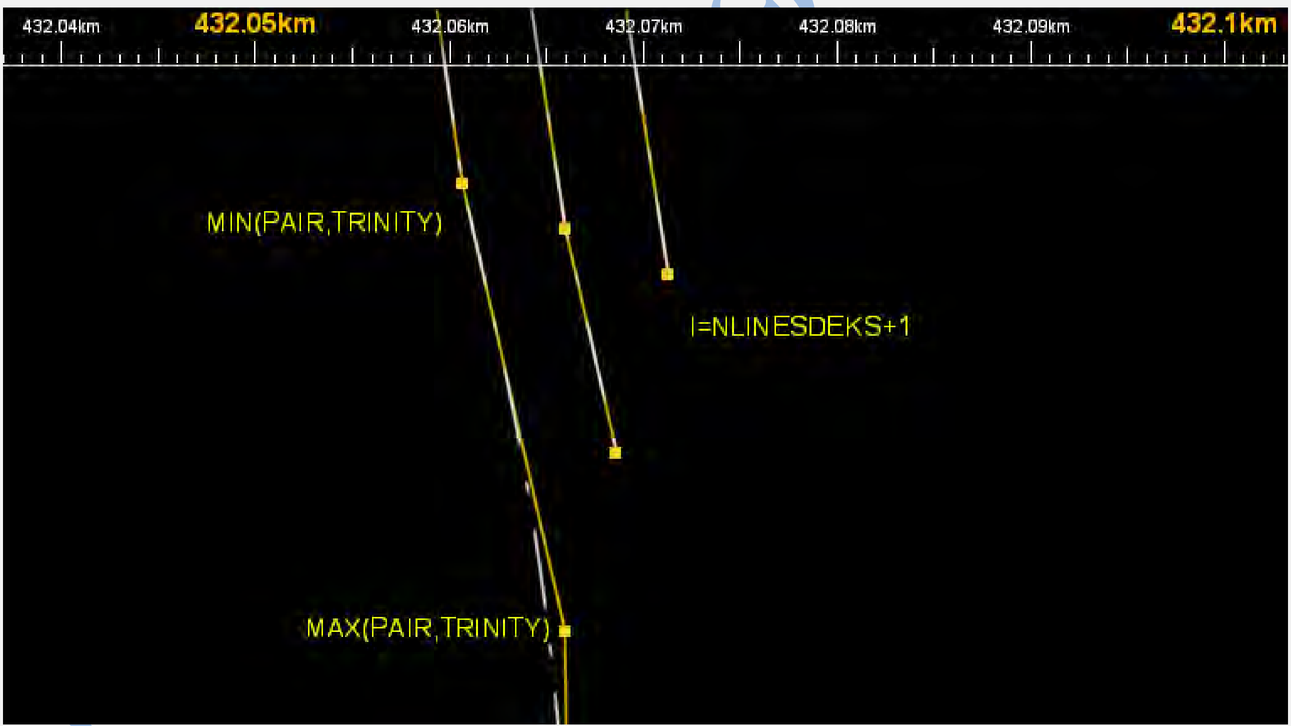
Η συνθήκη τερματισμού ικανοποιείται αν ικανοποιείται τουλάχιστον ένας από τους παρακάτω όρους:

1. Η μεταβλητή I έχει τιμή ίση με την θέση της τελευταίας κορυφής της δεξιάς πολυγωνικής & η μεταβλητή DIST έχει τιμή μικρότερη των 60 μέτρων
2. Η μεταβλητή PAIR έχει τιμή I έχει τιμή ίση με την θέση της τελευταίας κορυφής της αριστερής πολυγωνικής & & η μεταβλητή DIST έχει τιμή μικρότερη των 60 μέτρων
3. Η μεταβλητή TRINITY έχει τιμή I έχει τιμή ίση με την θέση της τελευταίας κορυφής της αριστερής πολυγωνικής & & η μεταβλητή DISTSEC έχει τιμή μικρότερη των 60 μέτρων

Με την ικανοποίηση της συνθήκης η μεταβλητή TERMA παίρνει τιμή 1 από 0, Όταν η τέρμα παίρνει τιμή 1 σε ενδεχόμενες επόμενες επαναλήψεις δεν θα παραχθεί άλλη κορυφή πολυγωνικής του άξονα.

Ακολουθεί στην συνέχεια δομή επιλογής με συνθήκη τον 1^{ο} όρο της συνθήκης τερματισμού. Αν ισχύει ο 1^{ος} όρος τότε ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη, η μεταβλητή DISTSEC να είναι μικρότερη των 60m.

- Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.1.1.1.



Σχήμα 5.4. Περίπτωση 3.1.1.1.

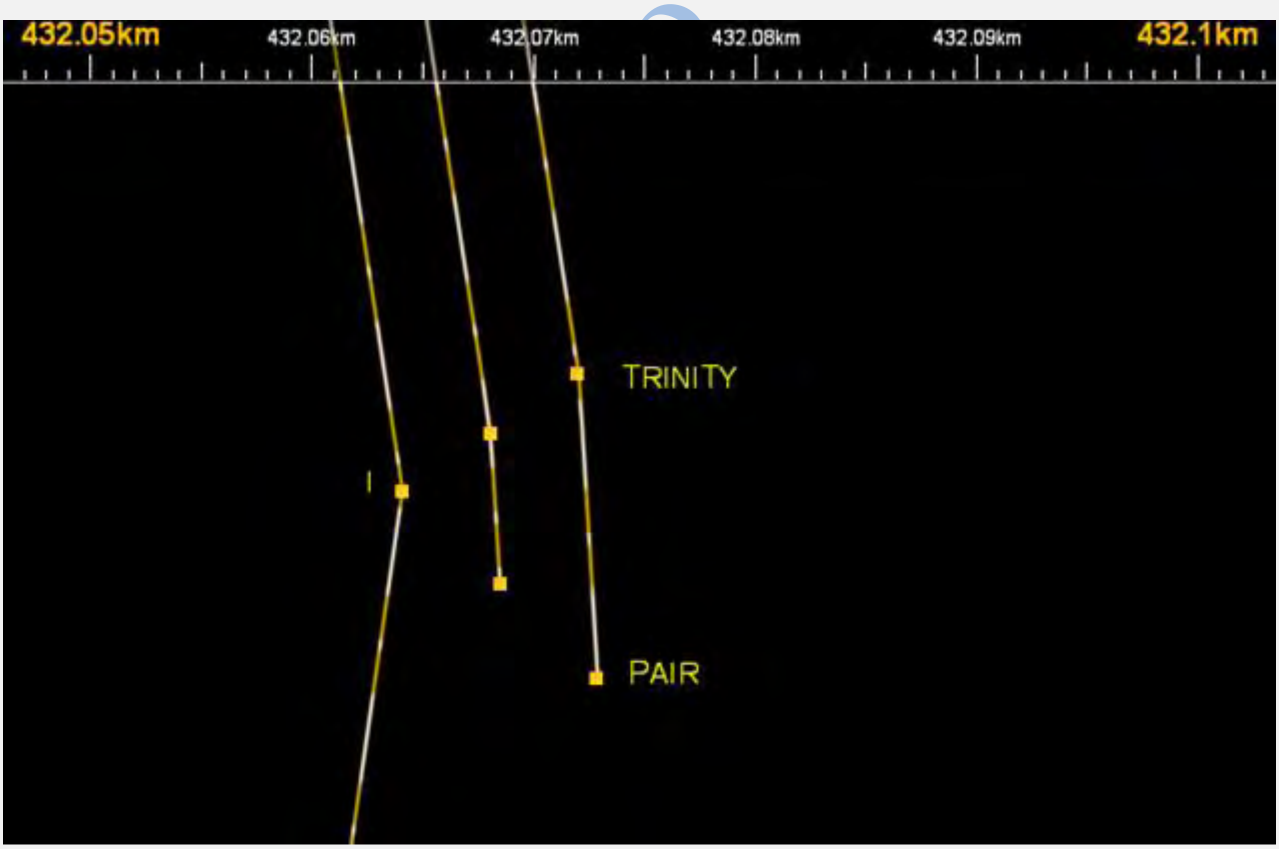
- Αν αντίθετα είναι ψευδής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.1.1.2.

Σχήμα 5.5. Περίπτωση 3.1.1.2.

Αν ο 1ος όρος δεν ισχύει ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη τον 2ο όρο.

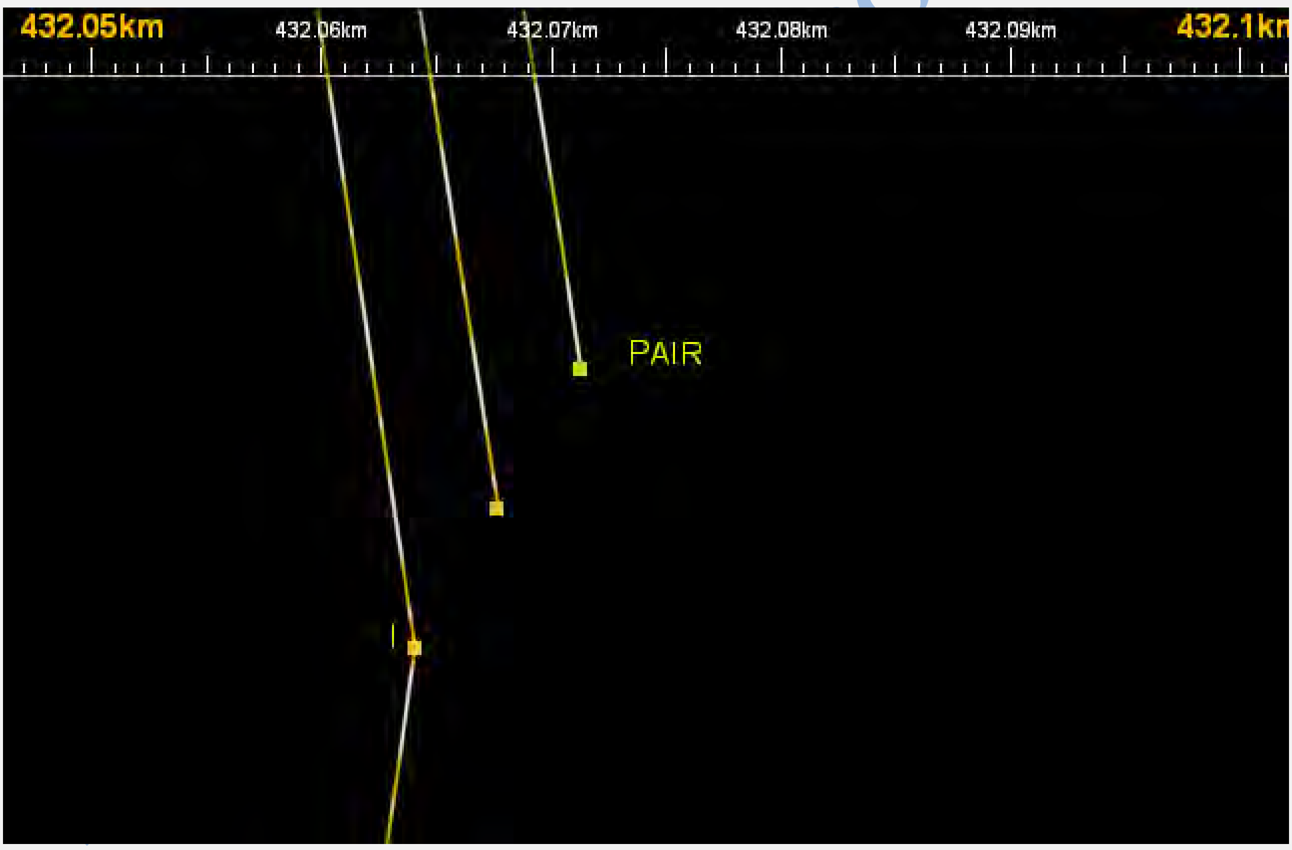
Αν η παραπάνω συνθήκη ισχύει, ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη η μεταβλητή DISTSEC να είναι μικρότερη των 60m.

- Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.1.2.1.1.



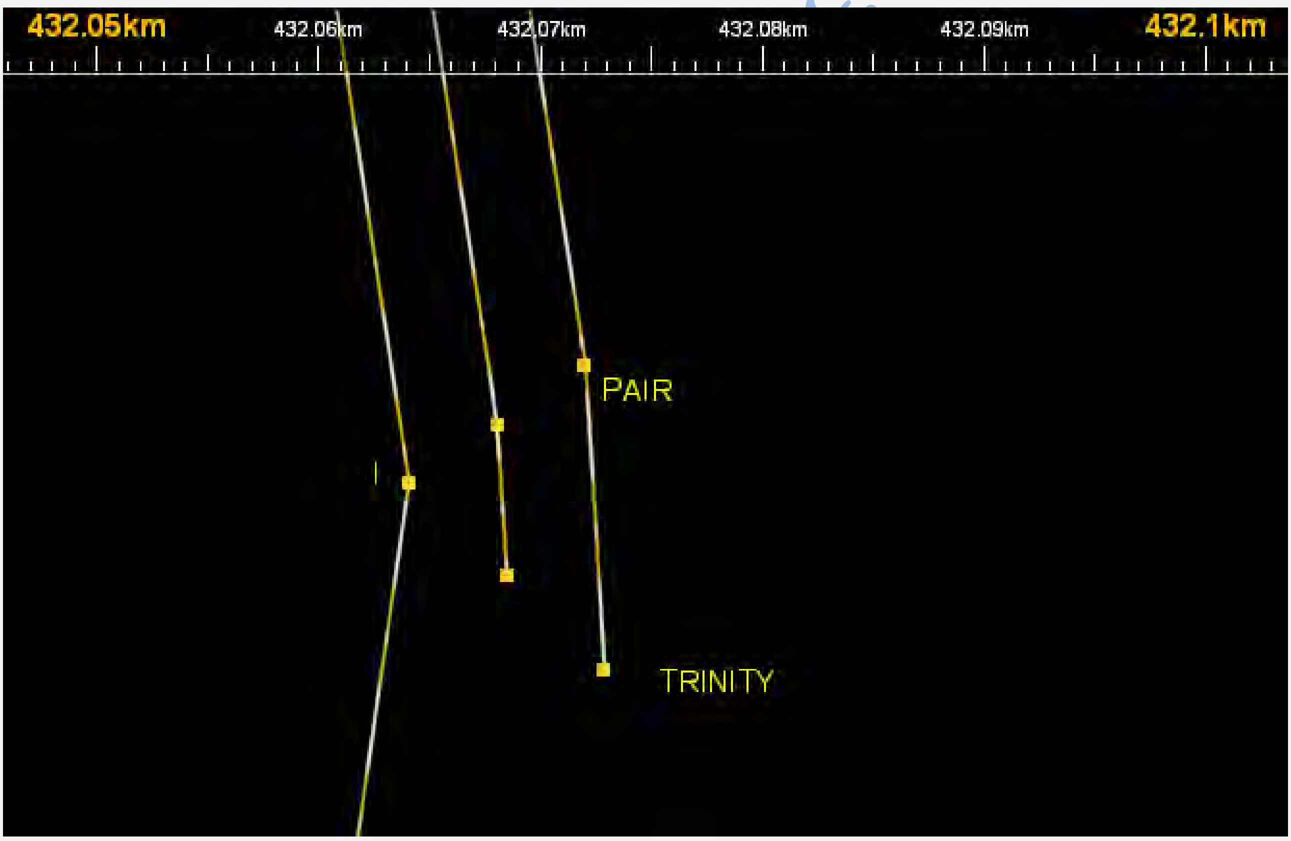
Σχήμα 5.6. Περίπτωση 3.1.2.1.1.

- Αν αντίθετα είναι ψευδής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.1.2.1.2.



Σχήμα 5.7. Περίπτωση 3.1.2.1.2.

Αν δεν ισχύει η συνθήκη του 2ου όρου, ισχύει ο 3ος όρος και η περίπτωση του σχήματος 3.1.2.2.



Σχήμα 5.8. Περίπτωση 3.1.2.2.

Μη ικανοποίηση της συνθήκης τερματισμού

Παρακάτω αναλύεται τι συμβαίνει όταν η συνθήκη τερματισμού είναι ψευδής, οπότε η μεταβλητή ARXH έχει πάρει τιμή 1 και η μεταβλητή TERMA είναι ακόμα 0.

Με την μη ικανοποίηση της συνθήκης τερματισμού ακολουθεί δομή επιλογής: αν η ακέραια μεταβλητή DIAKOPTHS έχει τιμή 1. Η μεταβλητή DIAKOPTHS παίρνει τιμή 1 σε κάθε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί η κορυφή με θέση I+1 στην προηγούμενη επανάληψη. Αν η συνθήκη DIAKOPTHS=1 είναι αληθής τότε η μόνη εντολή που εκτελείται είναι η:

DIAKOPTHS=0

Στην συνέχει ολοκληρώνεται η επανάληψη. Με αυτόν τον τρόπου επιτυγχάνεται να μην χρησιμοποιηθεί μια κορυφή σε πάνω από μια επαναλήψεις για την παραγωγή κορυφής του άξονα.

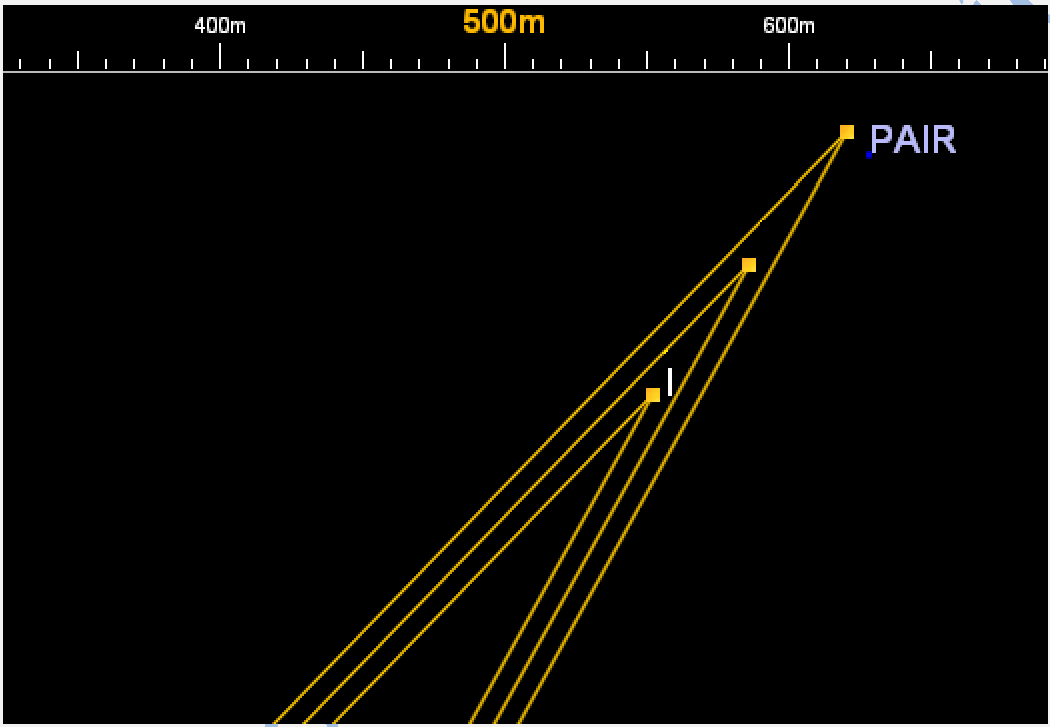
Αν η παραπάνω δομή επιλογής (που αφορά την μεταβλητή DIAKOPTHS) είναι ψευδής, ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη:

DIST>CRIT

Αν η παραπάνω συνθήκη ισχύει υπάρχουν 2 λύσεις.

Αν η γωνία αλλαγής διεύθυνσης της κορυφής είναι μικρότερη των 120° τότε η κορυφή θεωρείται «μοναχική» (βλέπε ορισμό μοναχικής κορυφής στην ενότητα A) και δεν παράγεται κορυφή άξονα σε αυτήν την επανάληψη. Αν η γωνία αλλαγής διεύθυνσης της κορυφής είναι μεγαλύτερη των 120°

τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.1. όπου λόγο της μεγάλης γωνίας αλλαγής διευθύνσεις των κορυφών, η απόστασή τους υπερβαίνει την απόσταση των 60 μέτρων και η τιμή της μεταβλητής DIST δεν αποτελεί αξιόπιστο κριτήριο. Συνεπώς σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται ως κορυφή πολυγωνικής του άξονα το μέσο της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I & της κορυφής αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR ανεξάρτητα από την τιμή της μεταβλητής DIST.



Σχήμα 5.9. Περίπτωση 3.2.1.

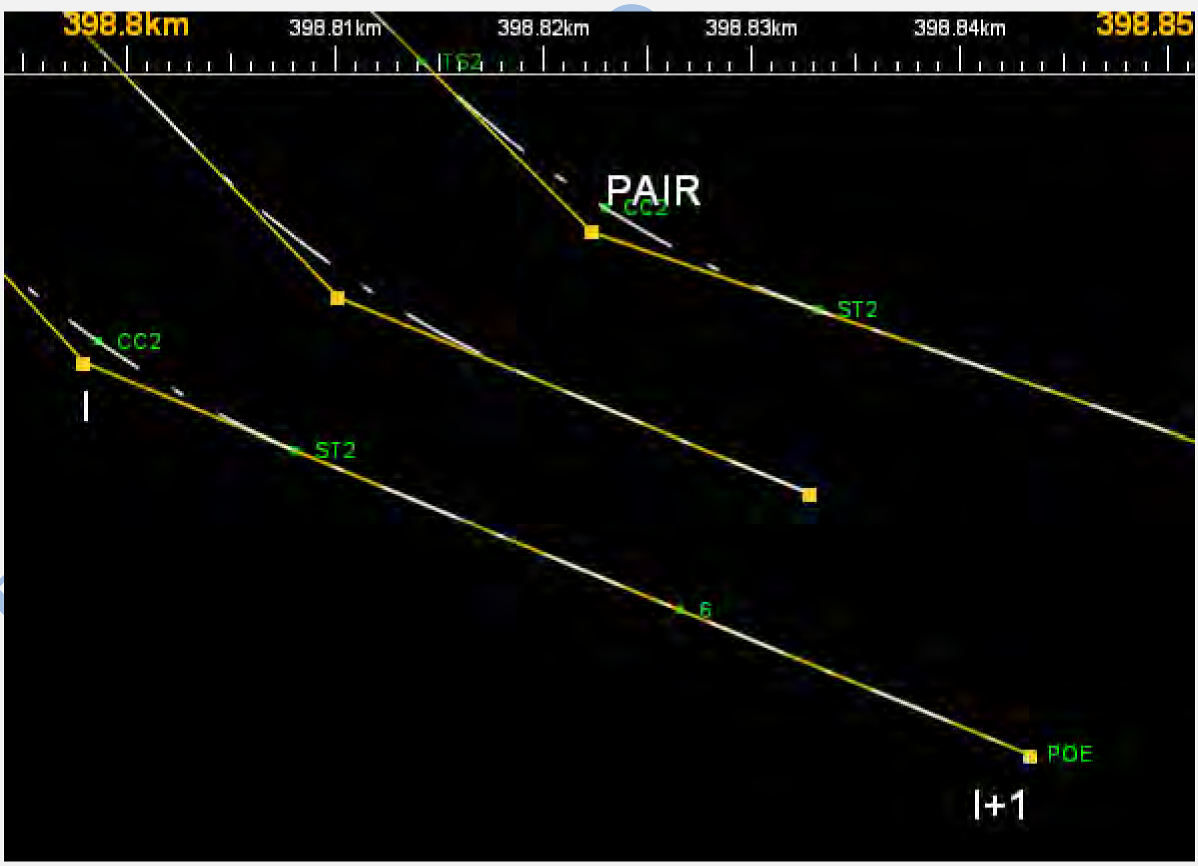
Αν η συνθήκη DIST>CRIT δεν ισχύει τότε ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη:

<u>DISTSEC>CRIT</u>

Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη :η απόσταση της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I+1 με την κορυφή αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR είναι μικρότερη των 60m.

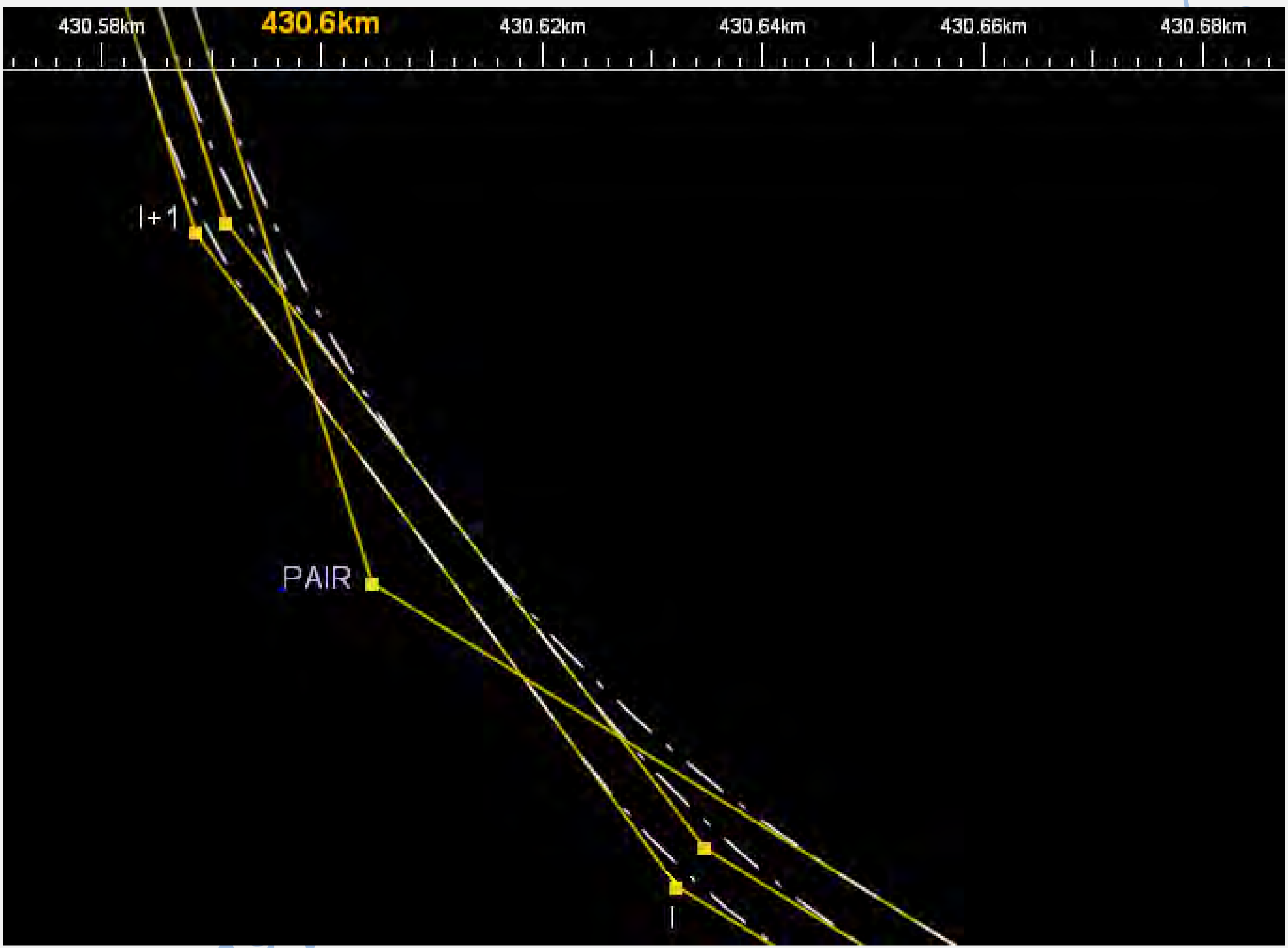
Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε, αρχικά η μεταβλητή DIAKOPTHS παίρνει τιμή 1 γιατί θα παραχθεί κορυφή του άξονα από την κορυφή δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I+1. Στην συνέχεια ακολουθεί δομή επιλογής με συνθήκη ο δείκτης I+1 είναι ίσος με τον αριθμό κορυφών της δεξιάς πολυγωνικής που αποτελεί τον *4^{o} ικανό όρο* για να πάρει η μεταβλητή TERMA τιμή 1.

- Αν ισχύει ο $4^{ος}$ όρος τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.1.1.1. όπου παράγεται ως προτελευταία κορυφή το μέσον της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I & της κορυφής αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR, ενώ ως τελευταία κορυφή παράγεται το μέσον της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I+1 με την κορυφή αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR.



Σχήμα 5.10. Περίπτωση 3.2.2.1.1.1.

- Αν δεν ισχύει ο 4ος όρος πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.1.1.2.



Σχήμα 5.11. Περίπτωση 3.2.2.1.1.2.

<u>Περίπτωση σχήματος 3.2.2.1.1.2.</u>

Στην περίπτωσή του σχήματος 3.2.2.1.1.2. η κορυφή αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR σχετίζεται με 2 κορυφές δεξιάς πολυγωνικής. Οι παραγόμενες κορυφές πολυγωνικής άξονα προκύπτουν ως εξής:

a) Αρχικά, προσδιορίζεται η τομή των προεκτάσεων των κορυφών (I)&(I+1) όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.2.1.1.2.α.

b) Στην συνέχεια, προσδιορίζεται το μέσο της τομής που προσδιορίστηκε στην προηγούμενη φάση & της κορυφής με δείκτη PAIR

c) Ακολουθεί η καταχώρηση της απόστασης μέσου (τομής,PAIR)-I και της απόστασης μέσου (τομής,PAIR)-(I+1), στις μεταβλητές DI & DII αντίστοιχα

d) Μετέπειτα, καταχωρούνται οι αποστάσεις:

Μέσου (τομής,PAIR) - μέσου((I-1),(PAIR-1)) στην μεταβλητή LI

Μέσου (τομής,PAIR) - μέσου((I+2),(PAIR+1)) στην μεταβλητή LII

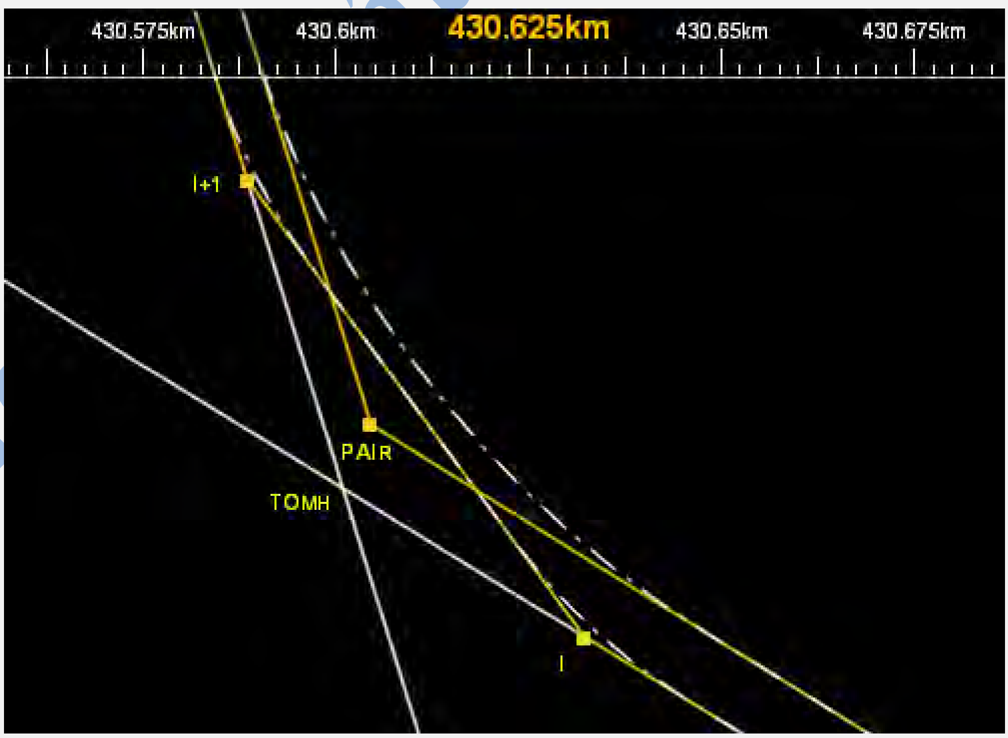
e) Παράγονται οι κορυφές άξονα όπου:

$X1^{\text{ης κορυφής}}=X^{\text{μέσου(τομής,PAIR)}} * (LI-DI)/LI + X^{\text{μέσου(I-1,PAIR-1)}} * DI/LI$

$Y1^{\text{ης κορυφής}}=Y^{\text{μέσου(τομής,PAIR)}} * (LI-DI)/LI + Y^{\text{μέσου(I-1,PAIR-1)}} * DI/LI$

$X2^{\text{ης κορυφής}}=X^{\text{μέσου(τομής,PAIR)}} * (LII-DII)/LII + X^{\text{μέσου(I+2,PAIR+1)}} * DII/LII$

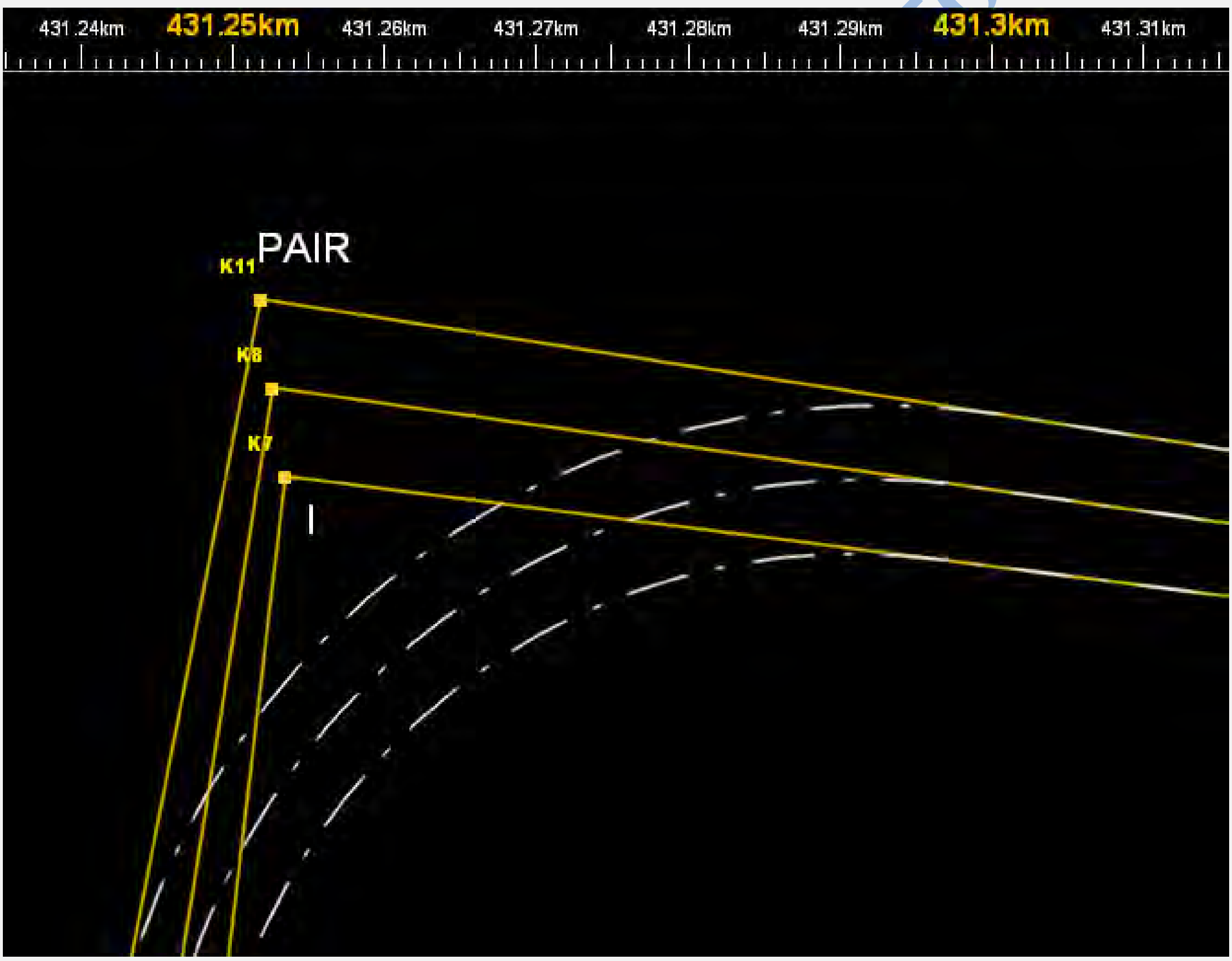
$Y2^{\text{ης κορυφής}}=Y^{\text{μέσου(τομής,PAIR)}} * (LII-DII)/LII + Y^{\text{μέσου(I+2,PAIR+1)}} * DII/LII$



Σχήμα 5.12. Περίπτωση 3.2.2.1.1.2.α.

<u>Μη ιδιάζουσα περίπτωση</u>

Αν η συνθήκη: η απόσταση της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη Ι+1 με την κορυφή αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR είναι μικρότερη των 60m, είναι ψευδής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.1.2.. Παράγεται κορυφή άξονα ως το μέσο της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη Ι & της κορυφής αριστερής πολυγωνικής με δείκτη PAIR. Η περίπτωση του σχήματος 3.2.2.1.2. είναι η *μη ιδιάζουσα περίπτωση*.



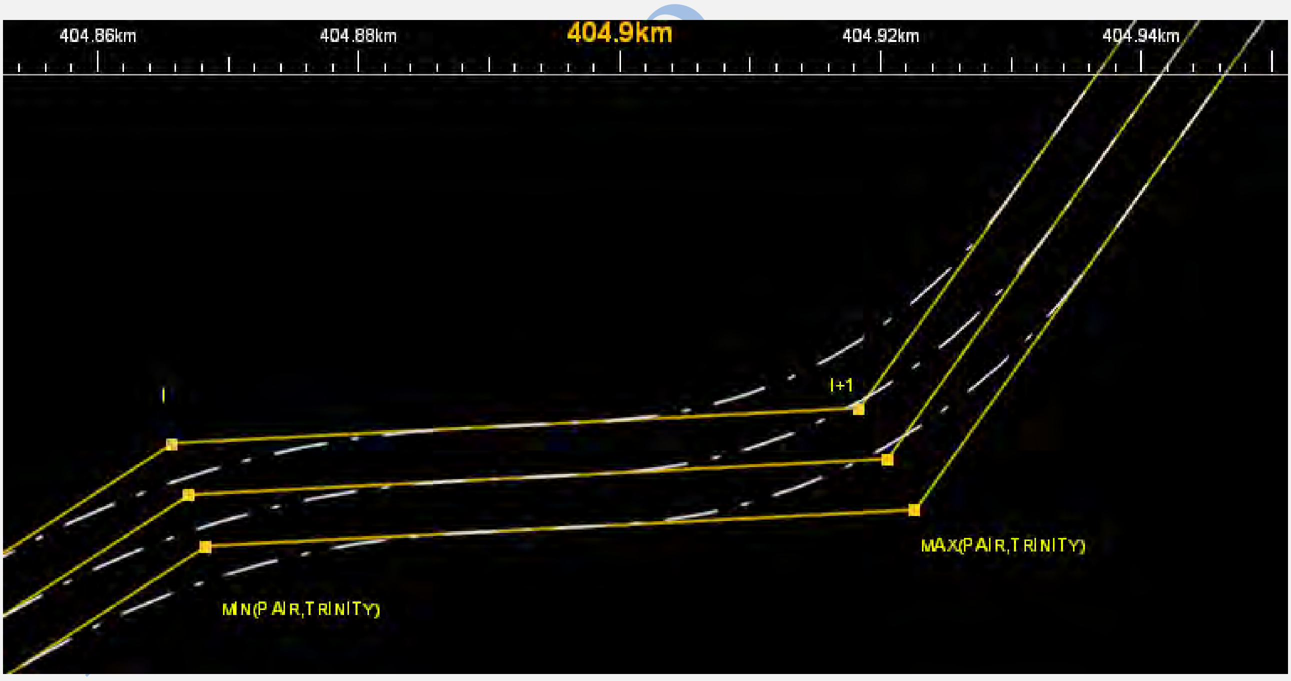
Σχήμα 5.13. Περίπτωση 3.2.2.1.2.

DISTSEC<CRIT

Αν η συνθήκη DISTSEC>CRIT είναι ψευδής, ακολουθεί η δομή επιλογής:

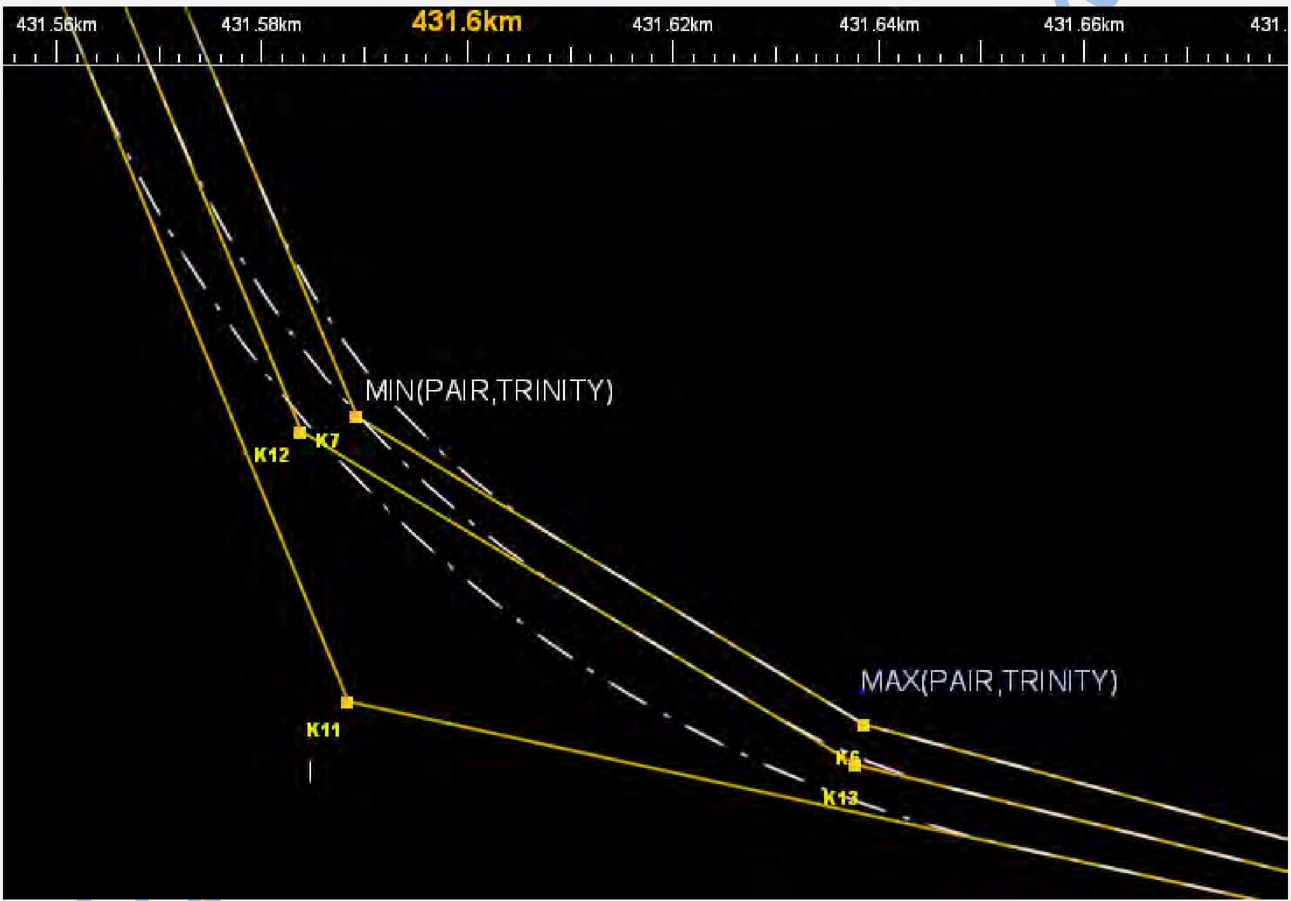
Αν η απόσταση μεταξύ της κορυφής δεξιάς πολυγωνικής με θέση I+1 και της κορυφής αριστερής πολυγωνικής με θέση τον μέγιστο δείκτη μεταξύ των PAIR & TRINITY, είναι μικρότερη των 60m

- Αν η παραπάνω συνθήκη είναι αληθής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.2.1., όπου παράγονται 2 κορυφές άξονα.



Σχήμα 5.14. Περίπτωση 3.2.2.2.1.

- Αν είναι ψευδής τότε πρόκειται για την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.2.2., όπου παράγονται 2 κορυφές πολυγωνικής όμοια με την περίπτωση του σχήματος 3.2.2.1.1.2.



Σχήμα 5.15. Περίπτωση 3.2.2.2.2.

<u>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ DIAKOPTHS</u>

Η μεταβλητή DIAKOPTHS παίρνει την τιμή 1 μες τον κώδικα όταν χρησιμοποιείται κορυφή δεξιάς πολυγωνικής με δείκτη I+1. Αυτό επιλέγεται, για να μην παραχθεί κορυφή άξονα σε πάνω από μια επαναλήψεις. Οι περιπτώσεις αυτές είναι οι 3.2.2.2.1., 3.2.2.1.1.2., 3.2.2.1.1.1., 2.2.1. & 2.1.1..

5.3. Ανάλυση «ΕΝΟΤΗΤΑΣ Α»

«Μοναχικές» κορυφές

Μέσα στο κείμενο ορίζονται ως μοναχικές, οι κορυφές που δεν έχουν σχέση ζεύγους με κορυφή της αντίθετης πολυγωνικής από αυτήν που ανήκουν. Παράδειγμα αποτελεί η κορυφή Κ16 του σχήματος Α.1.

Σχήμα 5.16. Περίπτωση Α.1.

Πίνακας GOST

Βασικό ρόλο στην επίτευξη συμβολής τον «μοναχικών» κορυφών στην παράγωγή κορυφών του άξονα, έχει ο ακέραιος 2χ1 πίνακας GOST. Στο στοιχείο GOST(1) αποθηκεύεται η θέση της πιο πρόσφατης κορυφής πολυγωνικής της δεξιάς οριογραμμής, που «συμμετείχε» σε εκτίμηση κορυφής του άξονα. Αντίστοιχη σχέση υπάρχει ανάμεσα στο GOST(2) και την αριστερή οριογραμμή.

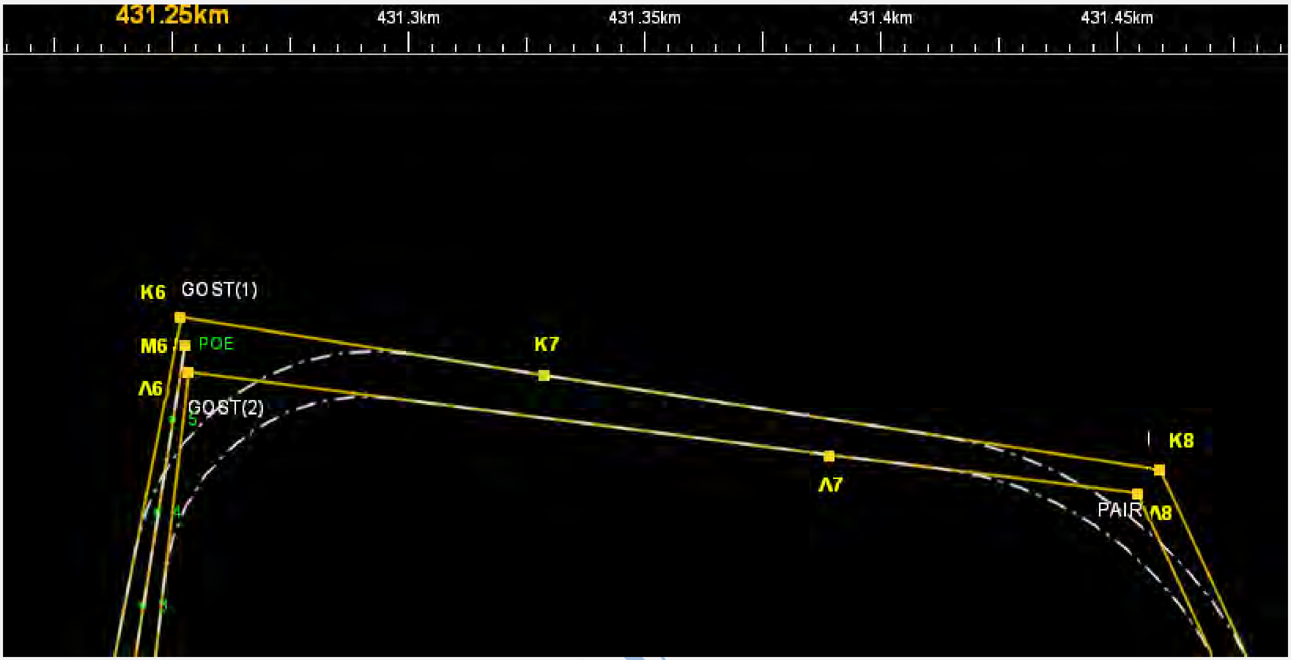
Ενότητα Α

Σκοπός του συνόλου γραμμών εντολών «ENOTHTAS A» είναι παραχθούν κορυφές άξονα από τις «μοναχικές» κορυφές. Στο σχήμα Α.2. παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για την κατανόηση της δομής του κώδικα.

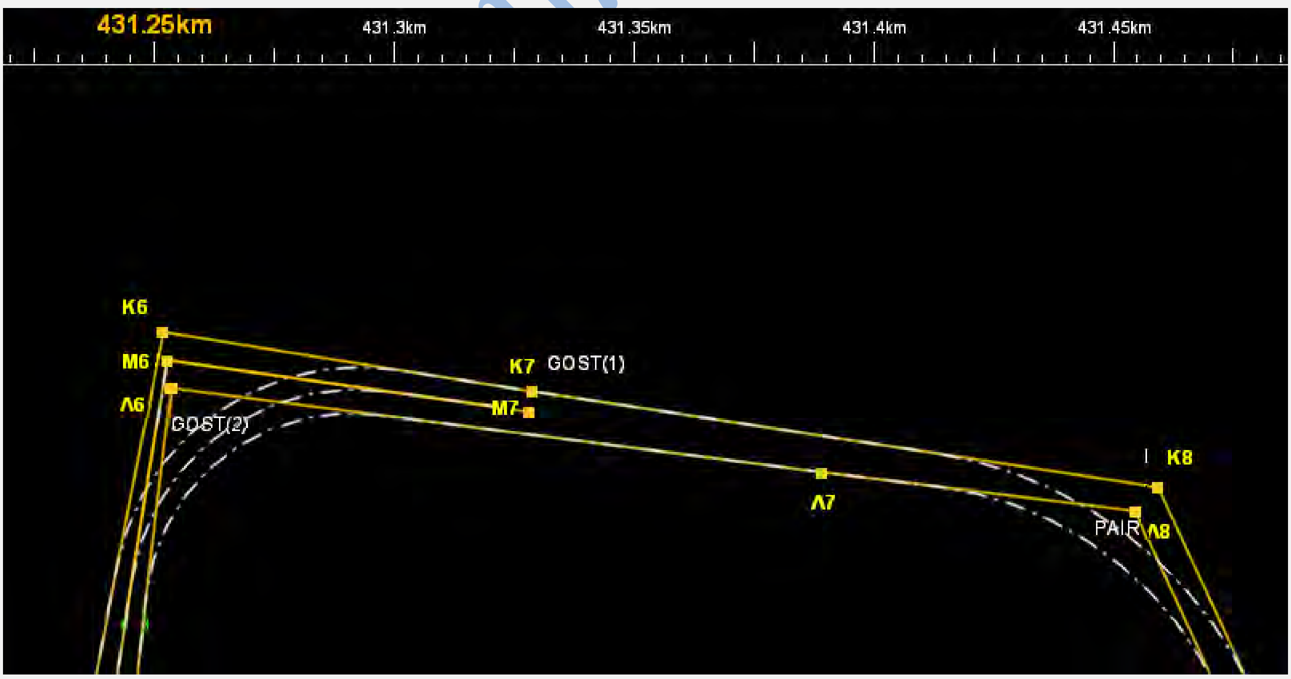
- Στο παράδειγμα (σχήμα Α.2.) το I=6 παράγεται ως κορυφή άξονα το μέσον των GOST(1)-GOST(2) στο πρότυπο της περίπτωσης 3.2.2.1.2. (κορυφή Μ6)
- Στην επόμενη επανάληψη (I= 7) λόγω μοναχικής κορυφής Κ7 δεν παράγεται κορυφή άξονα αφού η μεταβλητή DIST παίρνει τιμή μεγαλύτερη των 60m
- Στην επόμενη επανάληψη(I=8) που εμπίπτει πάλι στην περίπτωση 3.2.2.1.2. καταμετρώνται οι «μοναχικές κορυφές» ανάμεσα στα(I=8)-(GOST(1)=6) & ανάμεσα στα (ZEY=8)-(GOST(2)=6) όπου ZEY=PAIR. Στο παράδειγμα είναι οι Κ7 & Λ7 οπότε αποθηκεύεται η **θέση** τους, οι **συντεταγμένες** τους και η **απόσταση τους από την GOST(1)** σε πίνακες
- Οι 3 παραπάνω πίνακες ταξινομούνται με την κλασσική μέθοδο φυσαλίδας, ώστε ο 3^{ος} πίνακας να είναι αύξων.
- Ακολουθεί δομή επανάληψης όπου: για κάθε ταξινομημένο μοναχικό σημείο, παράγεται ως κορυφή άξονα το **μέσο** του μοναχικού σημείου και της προβολής του στο ευθύγραμμου τμήματος GOST(2)->GOST(2)+1 όταν το μοναχικό ανήκει στην δεξιά πολυγωνική, αντίθετα παράγεται ως κορυφή άξονα το μέσο του μοναχικού σημείου και της προβολής του στο ευθύγραμμο τμήμα GOST(1), GOST(1)+1 αν το μοναχικό σημείο ανήκει στην αριστερή πολυγωνική. Στην συνέχεια ο GOST παίρνει την θέση του μοναχικού σημείου όπως φαίνεται στα σχήματα Α.3.,Α.4.. Στο παράδειγμα οι επαναλήψεις είναι 2. Στην πρώτη επανάληψη παράγεται η κορυφή Μ7 ως το μέσον της Κ7 και της προβολής του Κ7 στο ε. τμήμα Λ6Λ7. (σχήμα Α.3.), ενώ στην συνέχεια το GOST(1) παίρνει τιμή 7. Στην 2^{η}

επανάληψη παράγεται η κορυφή Μ8(Σχήμα Α.4.)

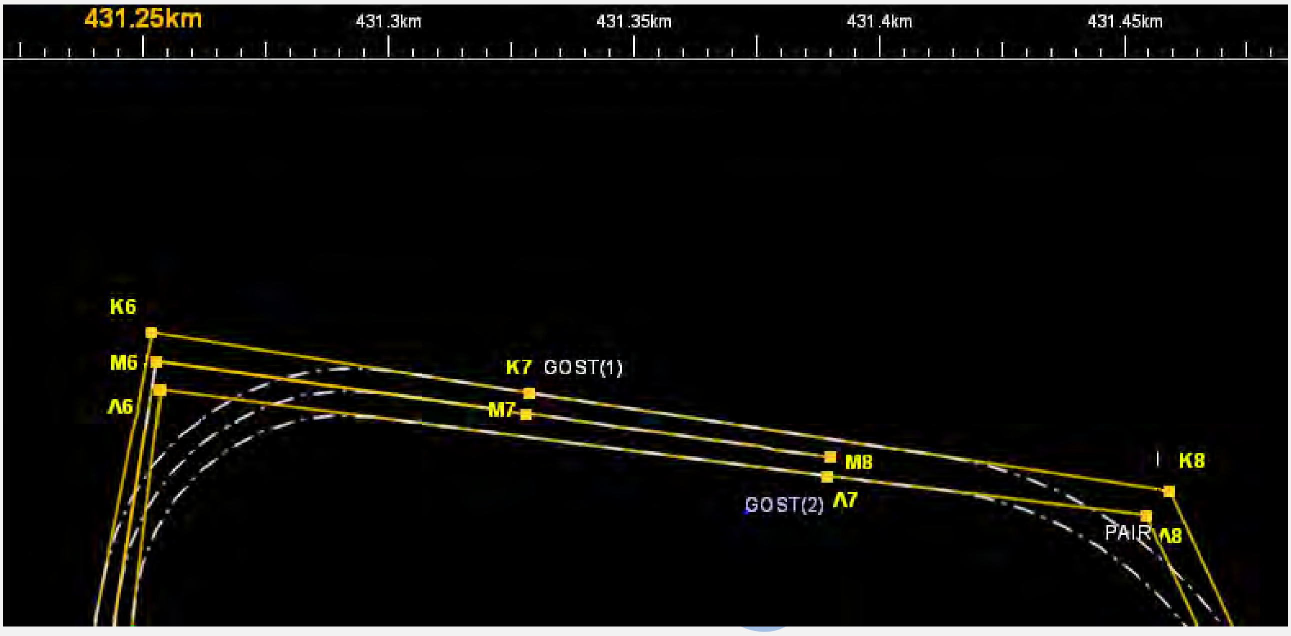
- Παράγεται η κορυφή Μ9 από τις I&PAIR στα πρότυπα της περίπτωσης 3.2.2.1.2.(Σχήμα Α.5.)



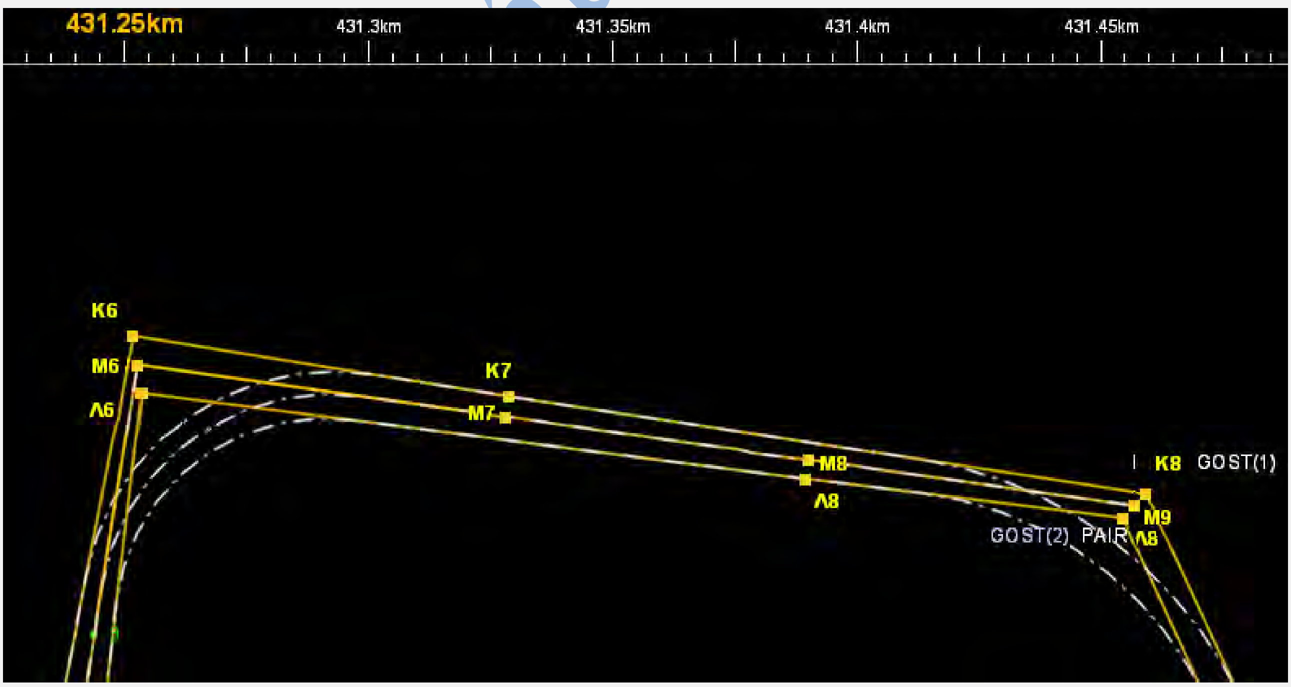
Σχήμα 5.17. Παράδειγμα φάση 1.



Σχήμα 5.18. Παράδειγμα φάση 2.



Σχήμα 5.19. Παράδειγμα φάση 3.



Σχήμα 5.20. Παράδειγμα φάση 4.

5.4. Αποθήκευση στοιχείων του άξονα

Οι συντεταγμένες των κορυφών του άξονα αποθηκεύονται στον πίνακα AKSOR με διαστάσεις (10000x2) όπου, στην 1η στήλη αποθηκεύονται οι τετμημένες(x), ενώ στην 2η στήλη αποθηκεύονται οι τιμές των τεταγμένων(y).

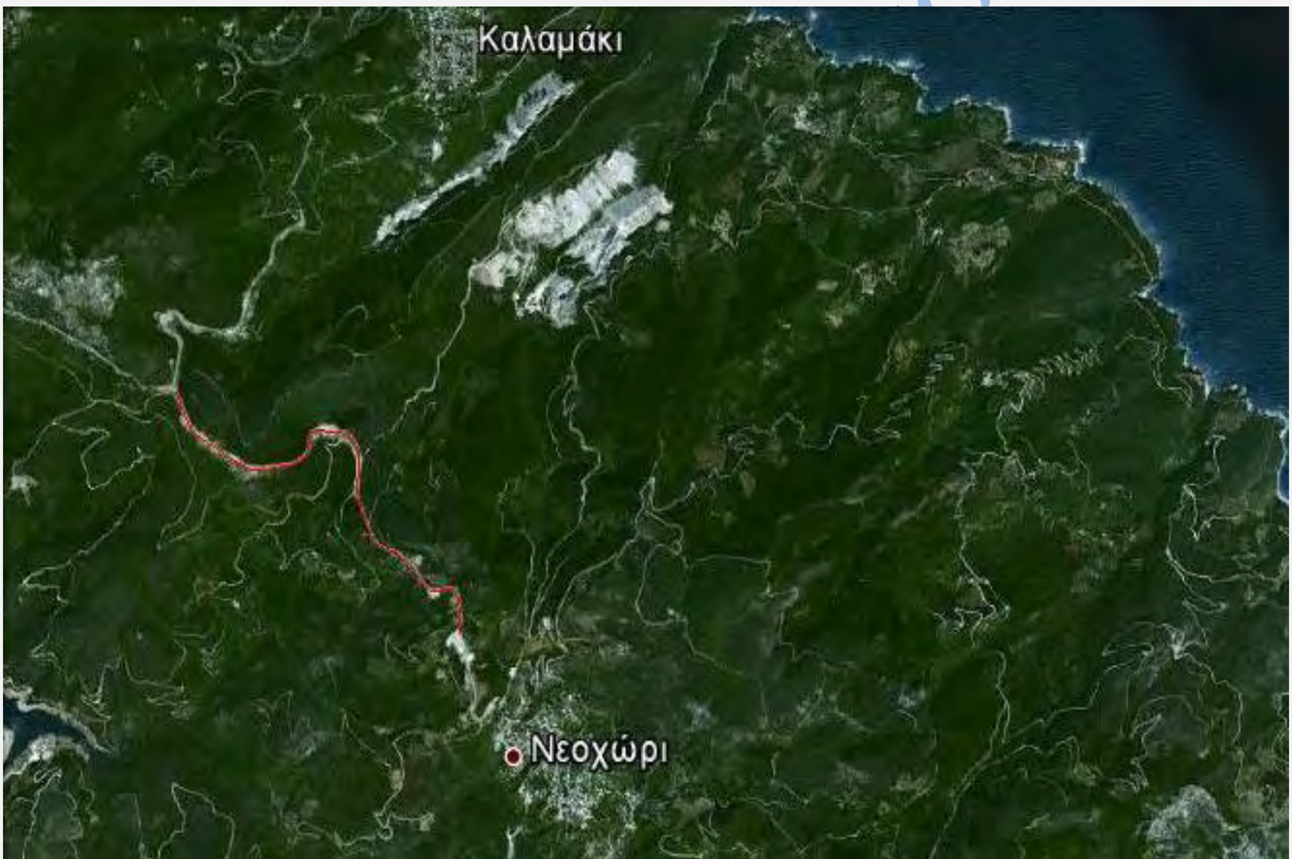
Οι τιμές των ακτινών αποθηκεύονται στον πίνακα AKSOR με διαστάσεις (10000x1). Ακολουθεί παράδειγμα όπου οι παραπάνω πίνακες παίρνουν τιμές μέσα στον κώδικα.

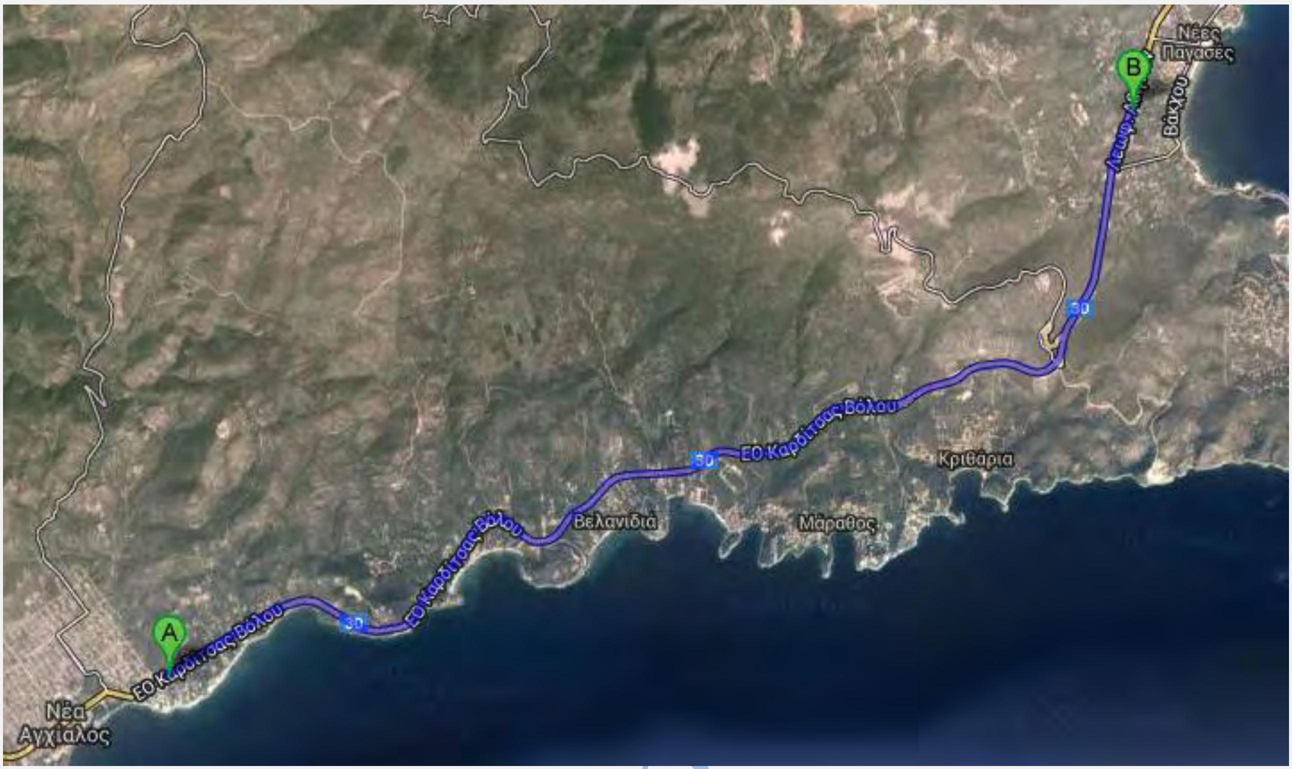
```
DIAKOPTHSB=0
K=1
GOST(1)=I
GOST(2)=PAIR
DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
  IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
    AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
    AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
    IF (K/=1)THEN
      AKSOR(K-1)=(ARR(PAIR-1)+DEKSR(I-1))/2
    END IF
    DIAKOPTHSB=1
  END IF
  K=K+1
END DO
```

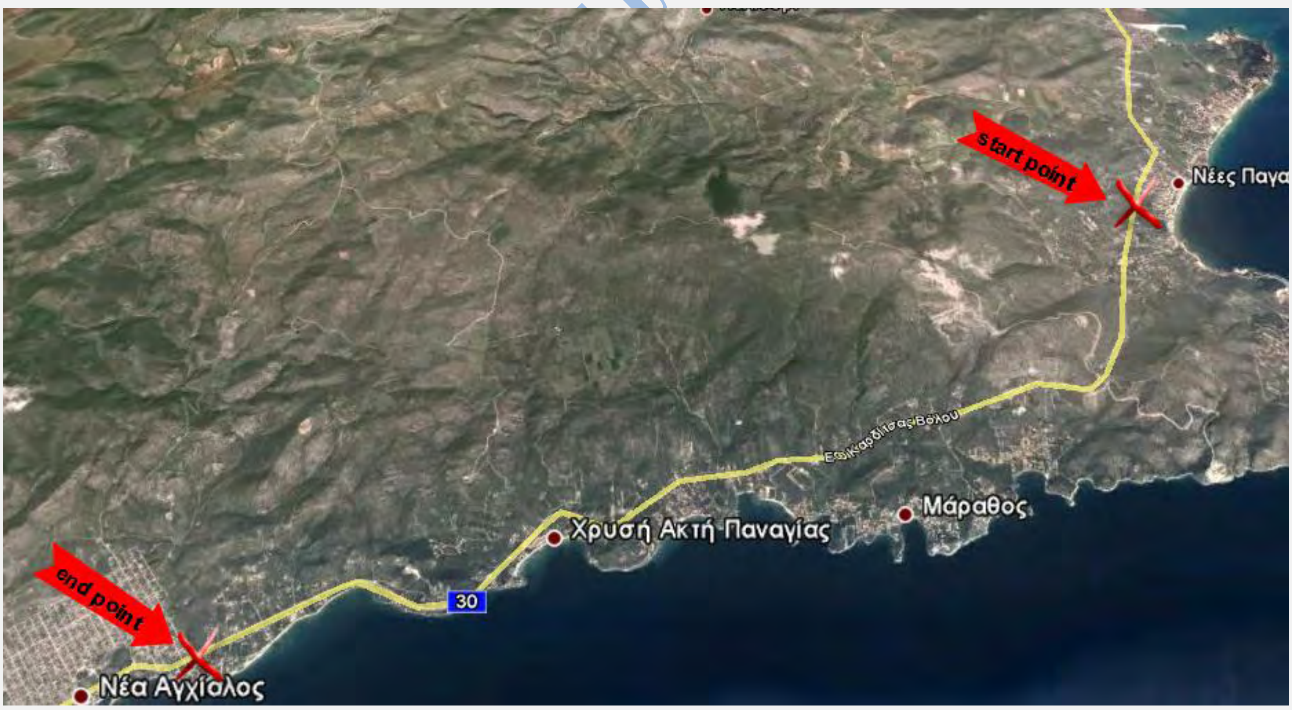
Στο τέλος της υπορουτίνας τα στοιχεία των 2 πινάκων περνάνε σε αρχείο τύπου X.Y.V.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6– ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΟΔΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ

Η διαδικασία παραγωγής της οριζοντιογραφίας πραγματοποιήθηκε για τμήμα της υφιστάμενης οδού Νεοχώρι-Καλαμάκι με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση, καθώς επίσης και σε υφιστάμενο οδικό τμήμα στην Ε.Ο Καρδίτσας-Βόλου. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται μέσω δορυφόρου (με τη βοήθεια του προγράμματος Google Earth) οι υφιστάμενες οδοί και οι γύρω περιοχές.




Νέες Παγασές
Βάκχου
B
A
30
ΕΟ Καρδίτσας Βόλου
Κριθάρια
Βελανιδιά
Μάραθος
Νέα Αγχίαλος


start point
Νέες Παγα
Μάραθος
Χρυσή Ακτή Παναγίας
30
end point
Νέα Αγχίαλος

Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε 2 παραδείγματα υφιστάμενων οδικών τμημάτων (Νεοχώρι-Καλαμάκι , και Ε.Ο Καρδίτσας-Βόλου)

1^{o} Παράδειγμα

Κρίσιμη Γωνία= 3^{o}

Αριστερή οριογραμμή :
κορυφές=17 ,
τυπικό σφάλμα=0,36m

Δεξιά οριογραμμή :
κορυφές =17
τυπικό σφάλμα=0,39m

2^{o} Παράδειγμα

Κρίσιμη Γωνία= 0,5^{o}

Αριστερή οριογραμμή :
κορυφές=36
τυπικό σφάλμα=0,29m

Δεξιά οριογραμμή :
κορυφές =33
τυπικό σφάλμα=0,26m

Ο υπολογισμός του άξονα με βάση τις πολυγωνικές των οριογραμμών και τα κριτήρια ασφαλείας υπολογίζονται στο Anadelta 4

-Γραφική αναπαράσταση στο Anadelta4 των συντεταγμένων που έχουμε συλλέξει μέσω GPS στο οδικό τμήμα Νεοχώρι-Καλαμάκι :

-Εφαρμογή μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης για κάθε δέκα μέτρα απόσταση σημείων(σε zoom) :

-Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός των αζιμουθίων και οι γωνίες αλλαγής κατεύθυνσης ανά διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα και χωρίζεται με κριτήρια που προαναφέραμε το οδικό τμήμα σε ευθύγραμμα τμήματα και κυκλικά τόξα.

EUTHUGRAMMIA.DAT

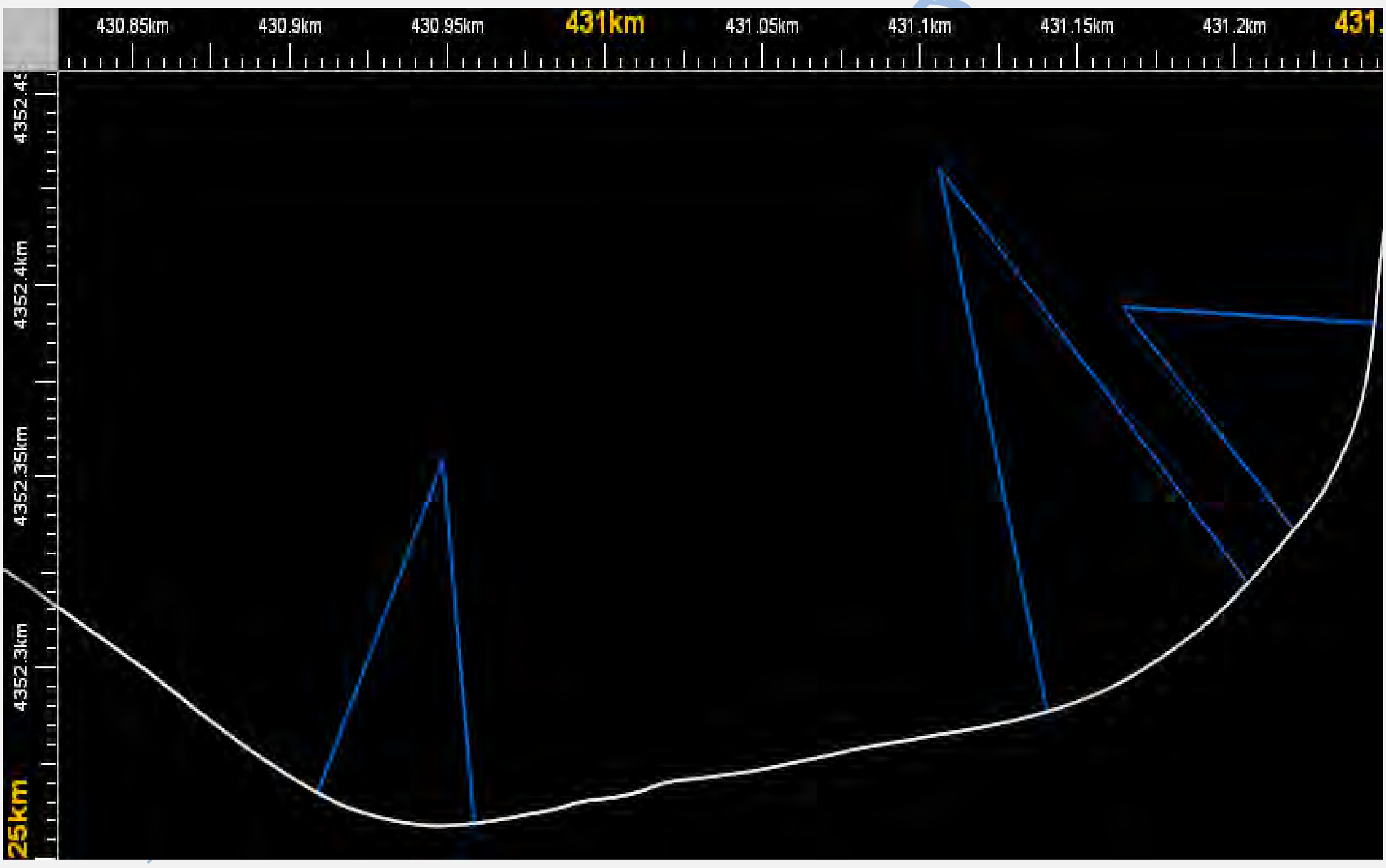
430534.025154702	4352664.92787539	0	1	1
430538.693839215	4352655.73854039	0	2	40
430538.563732598	4352655.67215072	0	3	40
430542.441194000	4352646.12746601	0	4	71
430542.464951887	4352646.13445015	0	5	71
430546.021736046	4352636.42399686	0	6	101
430545.940903385	4352636.39133708	0	7	101
430548.250084572	4352626.48177663	0	8	127
430548.233597561	4352626.47559499	0	9	127
430551.089953863	4352616.73257281	0	10	150
430551.109068369	4352616.73779838	0	11	150
430553.855632365	4352606.75817390	0	12	171
430553.838994952	4352606.75348293	0	13	171
430556.792270294	4352596.81547702	0	14	192
430556.768345289	4352596.80771221	0	15	192
430559.971759207	4352587.15093884	0	16	214
430559.896377559	4352587.12300506	0	17	214
430563.491726884	4352577.55421026	0	18	

KUKLIKOTOXO.DAT

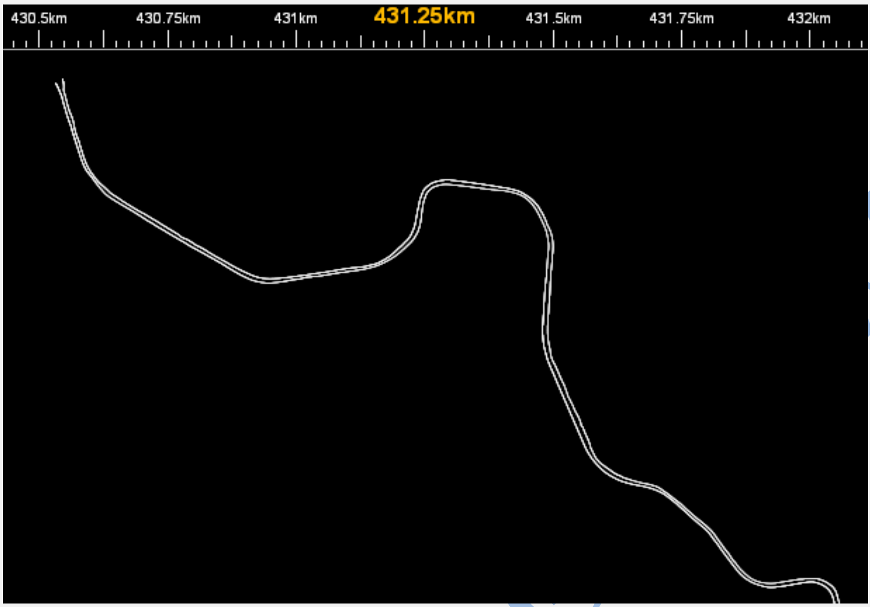
430580.906930530 383	4352518.48672798	0	31
430584.178825724 402	4352508.50995698	0	32
430584.156497445 402	4352508.50017039	0	33
430587.807166625 423	4352498.82510258	0	34
430587.796428032 423	4352498.81294755	0	35
430592.349380603 446	4352489.45862807	0	36
430616.351262640 526	4352456.47603752	0	45
430622.669258751 542	4352448.58407934	0	46
430622.653906849 542	4352448.57005611	0	47
430629.410576619 557	4352440.71654290	0	48
430629.393699249 557	4352440.67921558	0	49
430637.072636761 572	4352434.12669726	0	50
430899.668153295 1164	4352271.66924716	0	111
430908.796522071 1182	4352267.22482614	0	112
430908.782473603 1182	4352267.18551591	0	113
430918.061778759 1199	4352263.33782961	0	114
430918.083145919 1199	4352263.36090049	0	115
430927.879750353	4352260.81787593	0	116

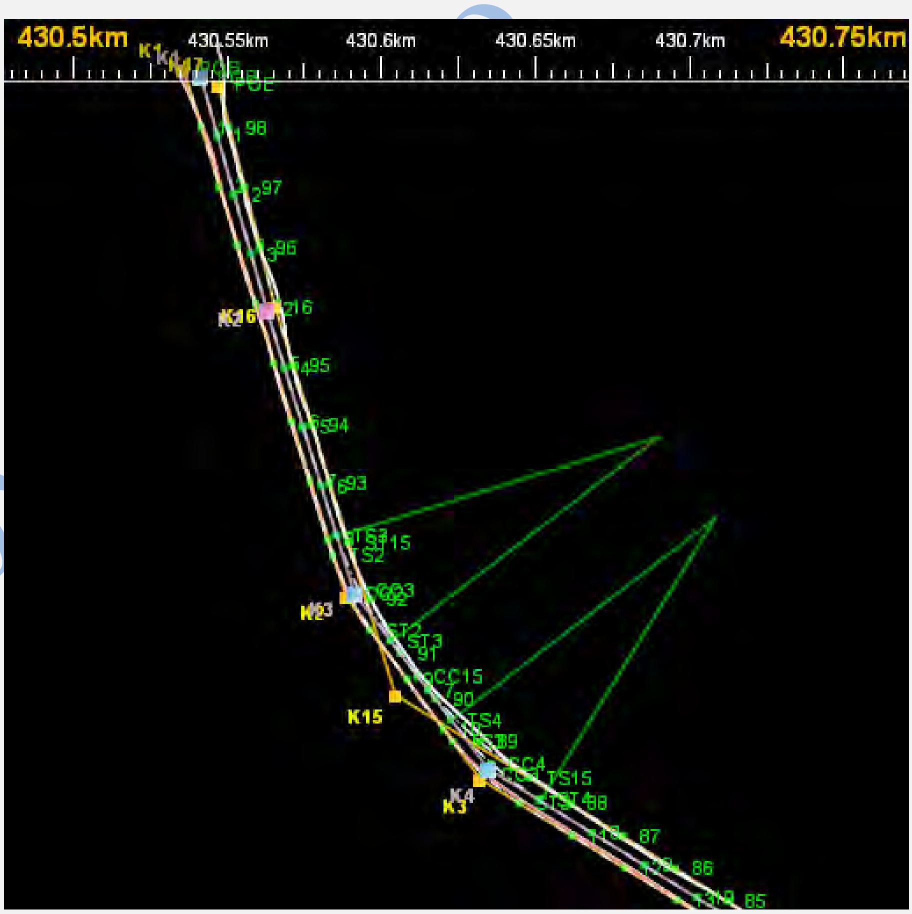
-Εφαρμόστηκε η μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης για τα σημεία που μετέχουν σε ευθύγραμμα τμήματα και η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων σε κύκλο για τα σημεία που μετέχουν σε κυκλικά τόξα.

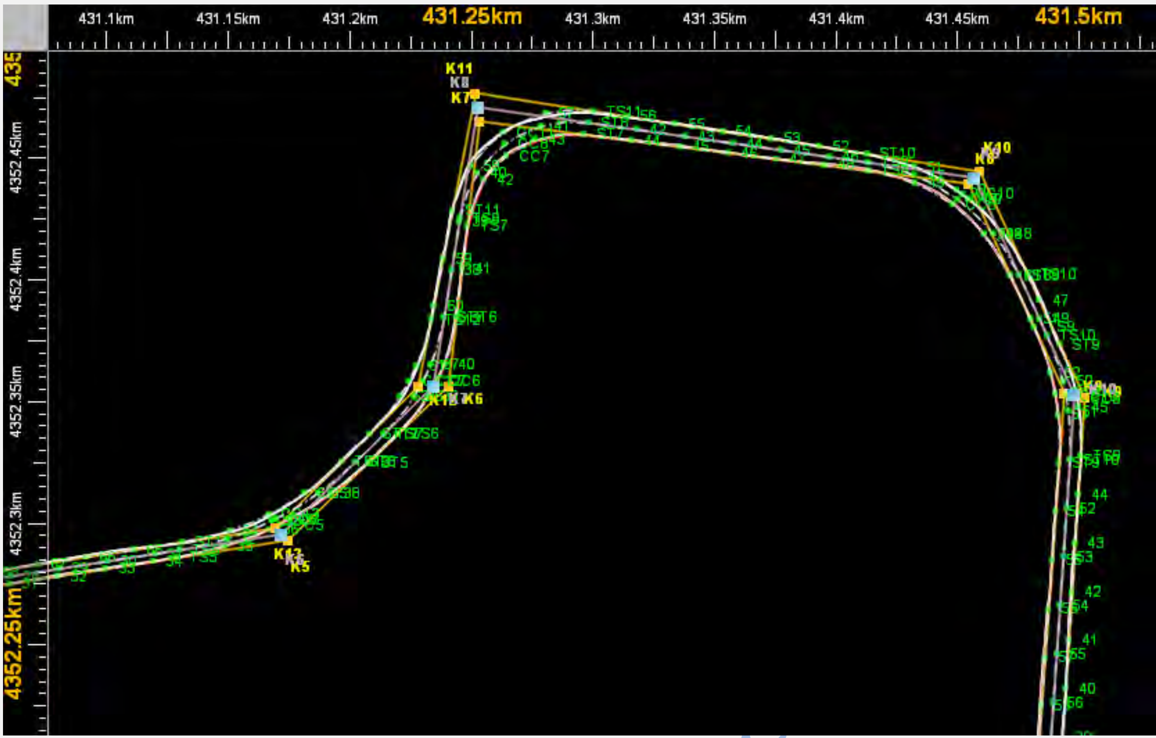
Γραφικά φαίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου (αρχή-τέλος ευθυγραμμίας και κέντρο και ακτίνα κυκλικού τόξου)

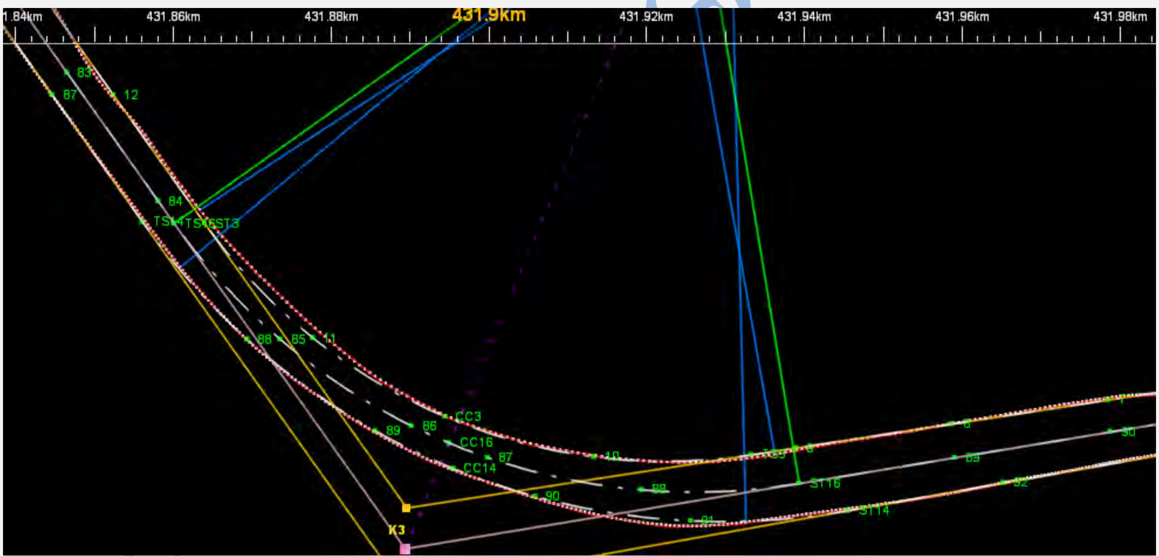


-Τέλος γίνεται ο υπολογισμός της πολυγωνικής του οδικού τμήματος Νεοχώρι-Καλαμάκι και παρακάτω φαίνεται η γραφική αποτύπωση της στο πρόγραμμα Anadelta 4 . (και για τις 2 οριογραμμές)

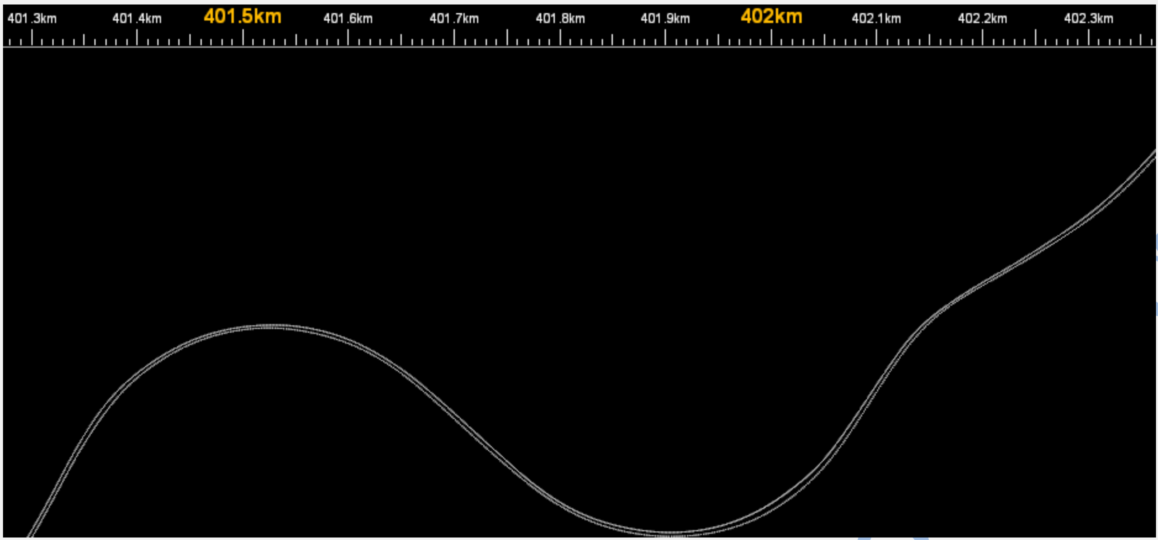


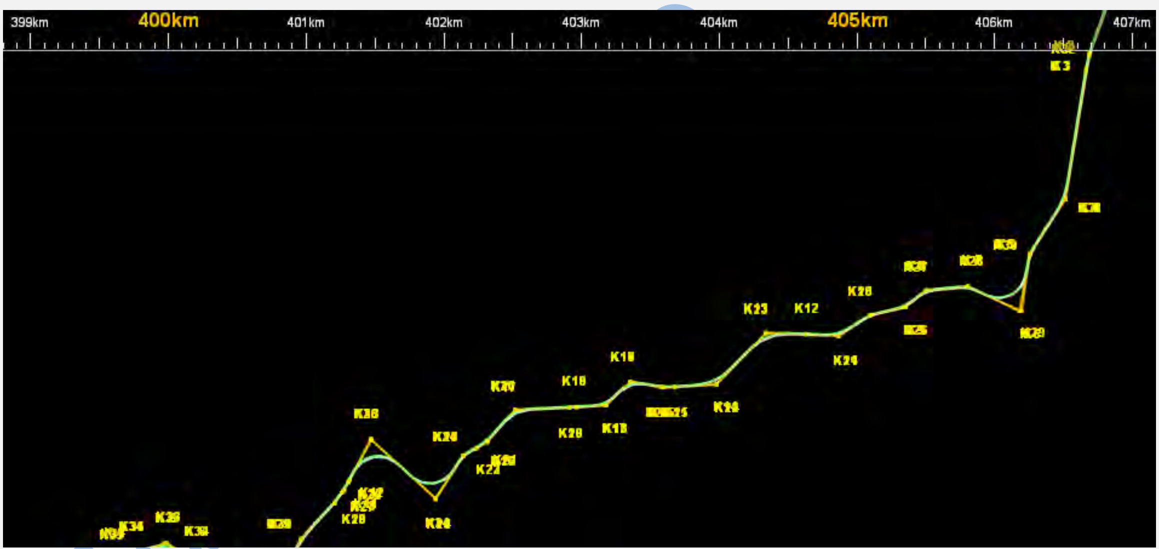


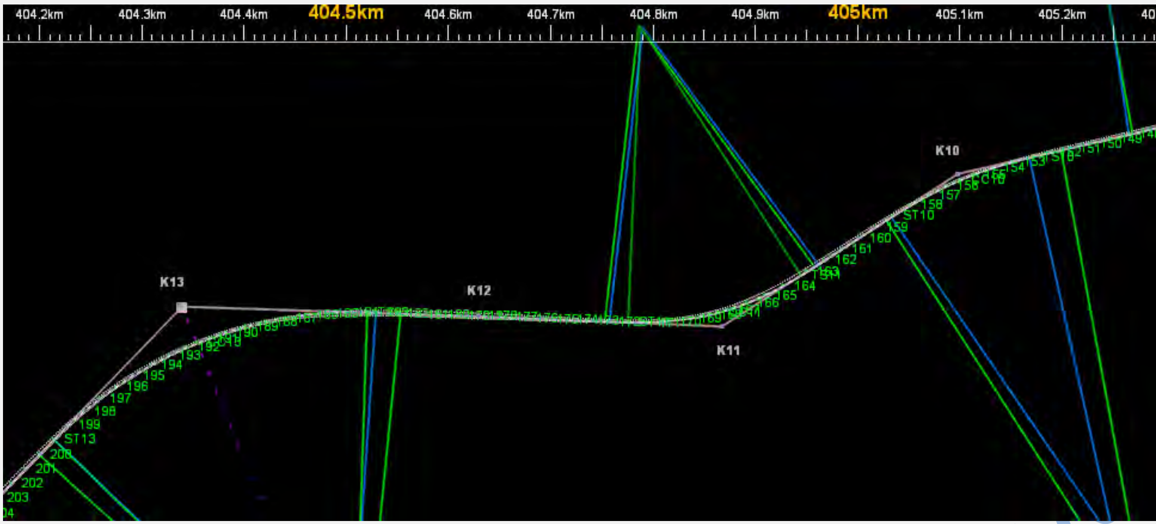

431.1km
431.15km
431.2km
431.25km
431.3km
431.35km
431.4km
431.45km
431.5km
4352.45km
4352.4km
4352.35km
4352.3km
4352.25km
K11
K7
K10
K6
K5


431.86km
431.88km
431.9km
431.92km
431.94km
431.96km
431.98km
K3

-Ομοίως και για το υφισταμενο οδικό τμήμα της Ε.Ο Καρδίτσας-Βόλου , παρατίθονται γραφικά τα αποτελέσματα :



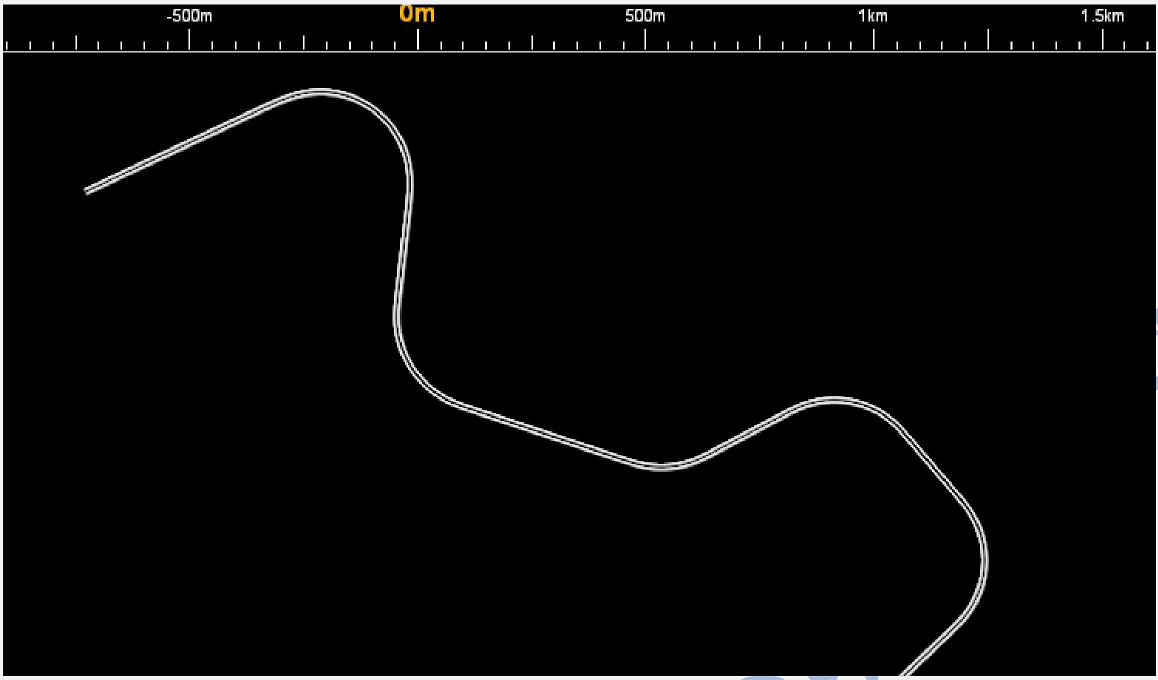




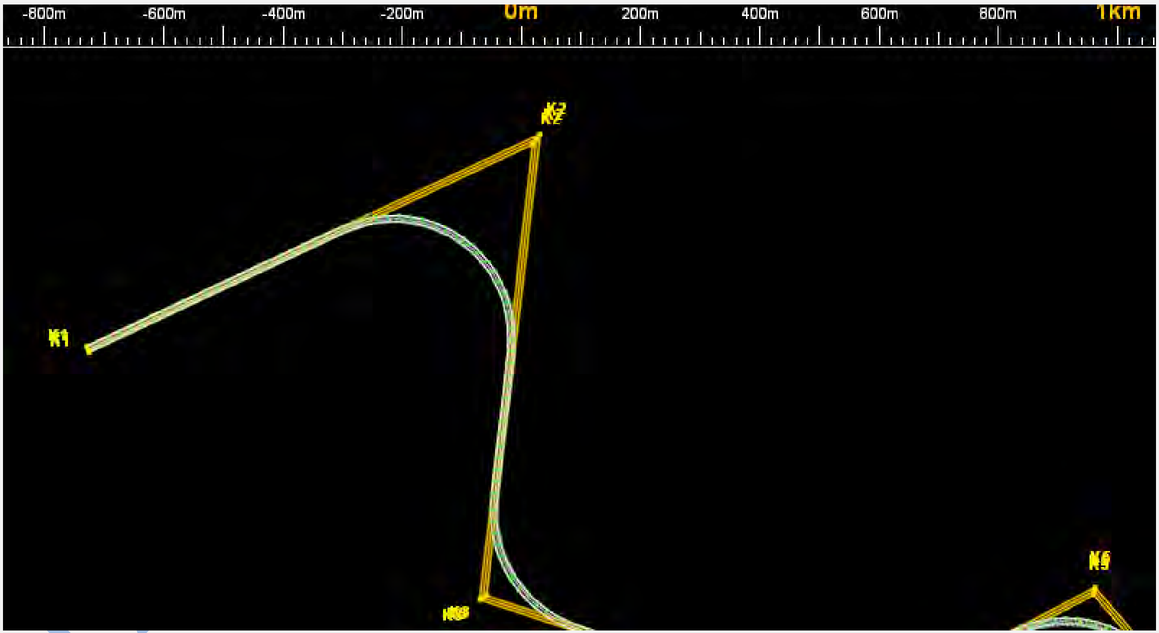
-Επιπλέον κατασκευάστηκαν ορισμένα ορισμένες ‘μετρήσεις’ μέσω annadelta οι οποίες δεν εμπεριέχουν σφάλμα. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται τα αποτελέσματα του κώδικα για αυτές τις μετρήσεις

‘

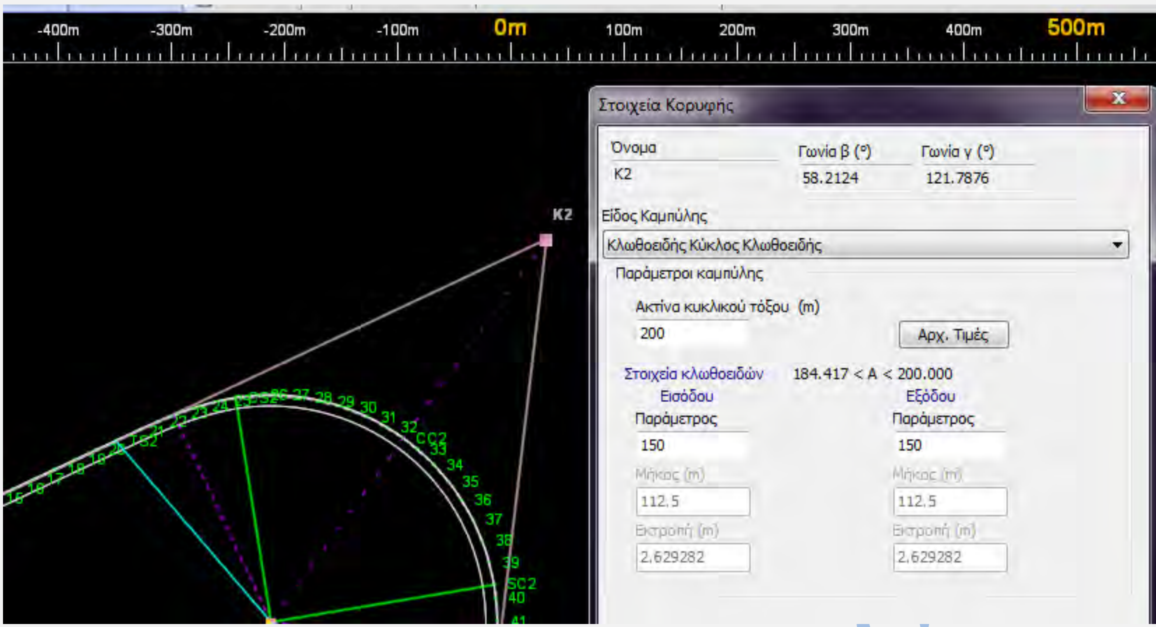
-Γεωμετρία κατασκευασμένων μετρήσεων



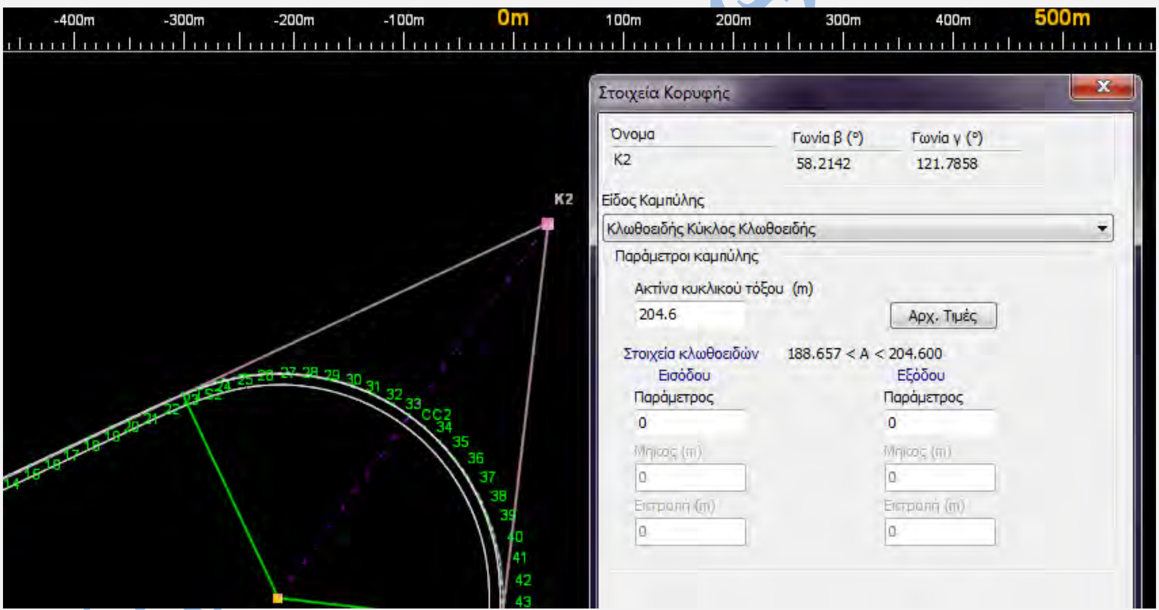
-Παρουσίαση των οριογραμμών και άξονα από πρόγραμμα



-στοιχεία κορυφής που τεθήκε από ανάδελτα(είσοδος)



-στοιχεία κορυφής που έδωσε το πρόγραμμά σε fortran(έξοδος)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7– ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Συμπεράσματα

Στο 2ο κεφάλαιο αναλύθηκαν και σχολιάστηκαν οι διατάξεις των σύγχρονων οδηγιών οδοποιίας (ΟΜΟΕ-Χ, RAA 2008) που αφορούν στην γεωμετρική χάραξη των οδών. Για εμβάθυνση σε ορισμένες από αυτές, αναζητήθηκαν πληροφορίες από συναφείς δημοσιευμένες εργασίες. Ακόμα επιχειρήθηκε μία συνοπτική παρουσίαση νέων τεχνολογιών των οποίων έχουν κάνει χρήση ερευνητές με στόχο την ψηφιακή αποτύπωση υφιστάμενων οδών.

Στο 3ο κεφάλαιο έγινε μια αναλυτική περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου που απαιτείται για τον προσδιορισμό των οριογραμμών της οδού, ενώ παράλληλα, επισημάνθηκαν οι παραδοχές και οι απλοποιήσεις που έγιναν για τις ανάγκες της σύνταξής υφιστάμενου κώδικα.

Στο 4ο κεφάλαιο έγινε αναλυτική περιγραφή και επεξήγηση του συνόλου του κώδικα που αφορά την εκτίμηση της γεωμετρίας των οριογραμμών από παλαιότερη διπλωματική εργασία(Καραογλάνης,2014), με τελευταία παράγραφο τους ελέγχους που προσθέθηκαν στην παρούσα διπλωματική .

Στο 5ο κεφάλαιο έγινε περιγραφή της δομής του κώδικα που αφορά τον προσδιορισμό του άξονα της οδού από τις 2 οριογραμμές, ο οποίος είναι και ο κορμός εργασίας της παρούσας διπλωματικής

Στο 6ο κεφάλαιο ακολούθησαν 2 παραδείγματα υπάρχουσας οδού με συντεταγμένες που συλλέχθηκαν με τοπογραφική μέθοδο οπού έγινε δοκιμή του συνολικού κώδικα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μία επιτυχής προσπάθεια παραγωγής της οριζοντιογραφίας μίας υφιστάμενης οδού.

Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε είναι εύκολο στη χρήση .Το μόνο που χρειάζεται να έχει ο χρήστης σαν δεδομένο είναι οι συντεταγμένες των σημείων της οδού σε ένα αρχείο μορφής .dat

Η γεωμετρία της οδού δεν είναι η μοναδική αιτία που σχετίζεται με την πρόκληση ατυχημάτων. Όμως είναι αδιαμφισβήτητο ότι η κακή γεωμετρία ενός οδικού τμήματος συμβάλει αρνητικά στην ασφάλεια ενός οδικού έργου και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες (καιρικές συνθήκες, ύπαρξη αντικειμένου στο οδόστρωμα, απόσπαση προσοχής οδηγού κ.α.) οδηγεί σε αύξηση των οδικών ατυχημάτων.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει απλοποιήσει πολύ τη διαδικασία δημιουργίας τοπογραφικών υποβάθρων και έχει βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό την ακρίβεια που μπορούμε να επιτύχουμε κατά την ψηφιοποίηση της υφιστάμενης κατάστασης ενός οδικού έργου. Στο πλαίσιο αυτό, η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την παραπάνω ανάλυση είναι εύκολη, γρήγορη και οικονομική, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα να αξιολογηθεί ένα υφιστάμενο οδικό τμήμα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, με σκοπό να επισημανθούν και να βελτιωθούν σημεία που αποτελούν εν δυνάμει θέσεις οδικών ατυχημάτων.

7.2 Προτάσεις

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αφετηρία σε μία προσπάθεια με στόχο την παραγωγή της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής ενός υφιστάμενου οδικού έργου μέσω ψηφιακής τοπογραφικής αποτύπωσης.

Στο πλαίσιο αυτό, στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν σημεία για περαιτέρω έρευνα μπορούν να είναι τα ακόλουθα:

1) Υπολογισμός κατάλληλων παραμέτρων καμπύλων συναρμογής (κλωθοειδών) προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση της παραγόμενης οριζοντιογραφίας σε σχέση με την αποτυπωμένη.

2) Υπολογισμός μηκοτομής (χρησιμοποιώντας φυσικά και τις συντεταγμένες στον άξονα z)

3) Λεπτομερέστερος έλεγχος στις οριακές καταστάσεις αρχής και τέλους κυκλικού τόξου

4) Μετατόπιση στην αρχή της διαδρομής , εφαρμογή της μεθόδου από την αρχή, σύγκριση των αποτελεσμάτων και με βάση αυτή, απαλοιφή προβληματικών περιοχών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Κανελλαΐδης Γ. - Μαλέρδος Γ. - Καλτσούνης Α. - Γλαρός Γ., Σημειώσεις για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών, 2012

2. Κοφίτσας, Ι. 'Στοιχεία οδοποιίας', Αθήνα 2001

3. Κοφιτσάς, Ι. "Αισθητικοί κανόνες για το σχεδιασμό αυτοκινητοδρόμων", Αθήνα 1986.

4. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 1: Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.

5. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 3: Χαράξεις, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.

6. AASHTO (2004), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

7. Άγγελος Βασίλας " Ανάπτυξη Λογισμικού για Ψηφιακή Απόδοση της Χάραξης Υφιστάμενης οδού", Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π Αθήνας, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα, Μάρτιος 2013

8. Schaum's Outline Series, Murray R. Spiegel, Mcgraw-hill, New York, Μετάφραση: Σωτήριος Κ. Περσίδης, Πιθανότητες και Στατιστική, ΕΣΠΙ, Αθήνα

9. Least Squares Fitting of Circles, N. Chernov and C. Lesort, Department of Mathematics, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL 35294, USA, November 18, 2008

10. http://www.anadelta.com

11. Καρασγλάνης Γ., 'Ανάπτυξη αλγορίθμου αναγνώρισης γεωμετρίας υφιστάμενης οδού', Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ,Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Βόλος, 2014

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
ΣΥΝΟΛΟ ΓΡΑΜΜΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ & ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

```
PROGRAM LinearRegression
  IMPLICIT NONE
  CHARACTER(100) :: XY1, XYTWO
  DOUBLE PRECISION :: CRANGLE

  WRITE(*, '(A)', ADVANCE = "NO") "Enter the left line XY.DAT:  "
  READ(*, *) XY1
  WRITE(*, '(A)', ADVANCE = "NO") "Enter the right line XY.DAT:  "
  READ(*, *) XYTWO
  WRITE(*, '(A)', ADVANCE = "NO") "Enter the Critical Angle :  "
  READ(*, *) CRANGLE



  OPEN(2,FILE=XY1,STATUS='OLD') ! de3ia oriogrammh XY
  OPEN(3,FILE='GAMA.DAT',STATUS='UNKNOWN') !allagh kateu8hnshs meta3y eu8ugrammwn tmhmatwn
  OPEN(4,FILE='FINAL_COORDINATESright.RLN',STATUS='UNKNOWN') !eu8ugramma tmhmata ana 10 met-
ra (tolbig)
  OPEN(5,FILE='AZIMOUTHIO.DAT',STATUS='UNKNOWN')!azimou8io ana eu8ugrammo tmhma
  OPEN(6,FILE='EUTHUGRAMMIA.DAT',STATUS='UNKNOWN')!arxika-telika shmeia (x,y) eu8ugrammwn
tmhmatwn (tolbig) pou anhkoun se eu8ugrammia
  OPEN(7,FILE='KUKLIKOTOXO.DAT',STATUS='UNKNOWN')!arxika-telika shmeia (x,y) eu8ugrammwn
tmhmatwn (tolbig) pou anhkoun se kykliko to3o
  OPEN(8,FILE='ARXIKATELIKALINES.DAT',STATUS='UNKNOWN')!au3ontes ari8moi arxhs-telous
eu8ugrammias (sxedio ETLINES.RLN)
  OPEN(9,FILE='ARXIKATELIKACURVE.DAT',STATUS='UNKNOWN')!au3ontes ari8moi arxhs-telous
kuklikou to3ou (sxedio ETCURVES.RLN)
  OPEN(10,FILE='ETLINES.RLN',STATUS='UNKNOWN')!syntetagmenes arxhs-telous eu8ugrammiwn
  OPEN(11,FILE='ETCURVES.DAT',STATUS='UNKNOWN')!syntetagmenes kentrou-aktinas kyklikwn to3wn
  OPEN(12,FILE='POLIGONIKI1.XYV',STATUS='UNKNOWN')!arxeio gia eisodo poligonikis sto
Anadelta4 (de3ia oriogrammh)
  OPEN(13,FILE='ARCSright.RLN',STATUS='UNKNOWN')!arxh-kentro-telos kyklikwn to3wn
  OPEN(14,FILE='T_TEST.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(15,FILE='TEST.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(16,FILE=XYTWO,STATUS='OLD')! aristerh oriogrammh XY
  OPEN(17,FILE='POLIGONIKI2.XYV',STATUS='UNKNOWN')!arxeio gia eisodo poligonikis sto
Anadelta4 (aristerh oriogrammh)
  OPEN(18,FILE='DOUBLELINE.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(50,FILE='POLIGONIKI3.XYV',STATUS='UNKNOWN')!arxeio gia eisodo poligonikis sto
Anadelta4 (aksonas)
  OPEN(60,FILE='PLHTHOS_GRAMMWN.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(70,FILE='PINAKAS2LEFT.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(71,FILE='PINAKAS2RIGHT.DAT',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(80,FILE='INV_LEFT.DAT',STATUS='UNKNOWN')  !aristerh oriogrammh anestramenh
  OPEN(90,FILE='INV_RIGHT.DAT',STATUS='UNKNOWN') !deksia oriogrammh anestramenh

  WRITE(3,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(5,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(10,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(14,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(11,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(13,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(15,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(4,*) "ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  CALL MAIN(2,12,71,CRANGLE)
  CLOSE(4)
  CLOSE(13)
  OPEN(13,FILE='ARCSleft.RLN',STATUS='UNKNOWN')
  OPEN(4,FILE='FINAL_COORDINATESleft.RLN',STATUS='UNKNOWN')
  WRITE(3,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(5,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
```

```
  WRITE(14,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(10,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(11,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(13,*)  "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(15,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  WRITE(4,*) "ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ"
  CALL MAIN(16,17,70,CRANGLE)
  CLOSE(4)
  CLOSE(13)


  CALL AKSONAS(17,12,50,60)



  CONTAINS

!**************************************************
  SUBROUTINE MAIN(FD_INPUT,FD_OUTPUT,FD_OUTPUT2,CRANGLE)
!**************************************************
    IMPLICIT NONE

    INTEGER FD_INPUT, FD_OUTPUT,FD_OUTPUT2,NUMBER_ARC,DIAKOPTHS_E,ER
    INTEGER I,J,J1,NODES,ARXIKO,TELIKO,KSEGMENT,IT,NUMOFBP,J2     ,PLUS,GOSTNAME,GOSTZ
,F_A,ARC_PAIR    ,REDUSE,GOSTRUN
    INTEGER ILINE,ICUR,NLINES,NARCS,IC1,IC2,IL1,IL2,N1,I1,I2,STARTLINE,ENDLINE,MIDLINE
    DOUBLE PRECISION TOLBIG,
DIST,A,B,PI,XPREV,YPREV,XIN,YIN,XF,YF,XX1,XX2,YY1,YY2,Xc,Yc,CRANGLE,C,DISTRATIO,DISTLINE,DIS
PL,TNEW1,TNEW2,TNEW,A1,B1,A2,B2,MO_R
    DOUBLE PRECISION
G,KB,Kx,Ky,Px,Py,Nx,Ny,NM,BNx,BNy,BN,NMx,NMy,Mx,My,DIST_ARCPAIR,MID1x,MID1y,MID2x,MID2y,X00,
Y00 ,TA1,TA2,TB1,TB2
    DOUBLE PRECISION, ALLOCATABLE, DIMENSION(:) :: T(:),GAMA(:),TPOL(:)
    DOUBLE PRECISION, ALLOCATABLE :: TELPOL(:,:), neaXY(:,:), EUTHUGRAMMIA(:,:),
KUKLIKOTOXO(:,:), POL(:,:), XY(:,:),
XYTWO(:,:),GOSTXY(:,:),GOSTDIAN(:,:),PINAKAS1(:,:),PINAKAS2(:,:),TEMPPOL(:,:)
    DOUBLE PRECISION, ALLOCATABLE, DIMENSION(:) :: R(:), RINIT(:),TEMPR(:)
    INTEGER, ALLOCATABLE,DIMENSION(:) ::
ICOUNT(:),ICURVE(:),LFIRST(:),LLAST(:),CFIRST(:),CLAST(:),Z(:),ZTWO(:),NBPOINT(:)
    CHARACTER, ALLOCATABLE,DIMENSION(:) :: NAME(:),NAMETWO(:)
    DOUBLE PRECISION :: FIRSTLASTPOL(1:2,1:2)
    LOGICAL  INLINE,INSCURVE

    ALLOCATE(XY(1:100000,1:3))
    ALLOCATE(XYTWO(1:100000,1:3))
    ALLOCATE(T(1:10000),neaXY(1:10000,1:2),GAMA(1:10000),TPOL(1:10000))
    ALLOCATE(EUTHUGRAMMIA(1:10000,1:2), KUKLIKOTOXO(1:10000,1:2))
    ALLOCATE(
ICOUNT(1:10000),ICURVE(1:10000),LFIRST(1:10000),LLAST(1:10000),CFIRST(1:10000),CLAST(1:10000
),NAME(1:10000),NAMETWO(1:10000),Z(1:10000),ZTWO(1:10000),NBPOINT(1:10000))
    ALLOCATE( POL(1:10000,1:2),TELPOL(1:10000,1:2),TEMPPOL(1:10000,1:2))
    ALLOCATE( R(1:10000),RINIT(1:10000),TEMPR(1:10000) )
    ALLOCATE( GOSTXY(1:1,1:2),GOSTDIAN(1:1,1:2))
    ALLOCATE(PINAKAS1(1:100000,1:8))
    ALLOCATE(PINAKAS2(1:100000,1:11))

    neaXY=0
    T=0
    PI=DACOS(-1.0D0)
    !CRANGLE=3
    TOLBIG=10
  !metraw to plh8os twn shmeiwn (X,Y) pou exw san input
```

```
NODES=-1
I=0
C=1
XY=0



DO

  NODES=NODES+1
  I=I+1
  READ(FD_INPUT,*) NAME(I),XY(I,1),XY(I,2),Z(I)
  XY(I,3)=1
  IF( XY(I,1)==0) EXIT
  IF (I>2) THEN
    DIST=DSQRT((XY(I,1)-XPREV)**2+(XY(I,2)-YPREV)**2)
    IF (DIST>2*TOLBIG) THEN
     WRITE(15,*) NAME(I)
     I=I-1
     NODES=NODES-1
    ELSE
     XPREV=XY(I,1)
     YPREV=XY(I,2)
    END IF
  ELSE
   XPREV=XY(I,1)
   YPREV=XY(I,2)
  END IF

END DO

DIST=0.0D0+00  ;
XIN=0.0D+00 ;   YIN=0.0D+00
XF=0.0D+00  ;   YF=0.0D+00  ; ARXIKO=0 ; TELIKO=1 ; NLINES=0 ;NARCS=0 ;KSEGMENT=0

!!!XATZI PWS KAI PWS
DO I=2,NODES-1
  ! apostash meta3y twn shmeiwn
  DIST=DIST+DSQRT((XY(I,1)-XY(I-1,1))**2+(XY(I,2)-XY(I-1,2))**2)

  !krithrio gia xwrismo tou odikou tmhmatos se eu8ugramma tmhmata twn "tolbig" metrwn
  IF ( DIST>TOLBIG ) THEN
    KSEGMENT=KSEGMENT+1
    ARXIKO=TELIKO
    TELIKO=I
    XIN=XY(ARXIKO,1)    ;   XF=XY(TELIKO,1)
    YIN=XY(ARXIKO,2)    ;   YF=XY(TELIKO,2)

   IF ((DABS(XF-XIN)<1.E-6) .AND. (YF-YIN>0)) THEN
       T(KSEGMENT)=90
     ELSE IF ((DABS(XF-XIN)<1.E-6) .AND. (YF-YIN<0) ) THEN
       T(KSEGMENT)=270
     ELSE IF ((DABS(XF-XIN)<1.E-6) .AND. (DABS(YF-YIN)<1.E-6) ) THEN
       T(KSEGMENT)=720
     ELSE IF ((DABS(YF-YIN)<1.E-6)) THEN
        IF ((XF-XIN<0)) THEN
         T(KSEGMENT)=180
        ELSE
         T(KSEGMENT)=0
        END IF
    ELSE
     T(KSEGMENT)=ATAN((YF-YIN)/(XF-XIN))*180/PI
```

```
          IF (XF-XIN<0) THEN
           T(KSEGMENT)=T(KSEGMENT)+180
          END IF

          IF (T(KSEGMENT)<0) THEN
           T(KSEGMENT)=T(KSEGMENT)+360
          END IF
          IF (T(KSEGMENT)<360) THEN
           T(KSEGMENT)=T(KSEGMENT)-360
          END IF
         END IF

         WRITE(5,'(1x,F14.5,I5)') T(KSEGMENT)
         IF ((T(KSEGMENT)>80 .AND. T(KSEGMENT)<100 ) .OR. (T(KSEGMENT)>260 .AND.
 T(KSEGMENT)<280 ))THEN
             CALL REGRESSION2(ARXIKO,TELIKO,XY,A,B)
             CALL NEWXY(A,B,YIN,XIN,YF,XF,YY1,XX1,YY2,XX2)

         ELSE

             CALL REGRESSION(ARXIKO,TELIKO,XY,A,B) ! vriskei parametrous a,b grammikhs
 palindromhshs twn tolbig eu8ugrammwn tmhmatwn

            ! XIN=XY(ARXIKO,1)    ;   XF=XY(TELIKO,1)
            ! YIN=XY(ARXIKO,2)    ;   YF=XY(TELIKO,2)

             CALL NEWXY(A,B,XIN,YIN,XF,YF,XX1,YY1,XX2,YY2)  ! vriskei suntetagmenes x,y
 arxikou kai telikou  twn "tolbig" eu8ugrammwn tmhmatwn



         END IF

         T(KSEGMENT)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI  ! azimou8io kathe eu8ugrammou tmhmatos
 tolbig
         IF (XX2-XX1<0) THEN
          T(KSEGMENT)=T(KSEGMENT)+180
         END IF

         IF (T(KSEGMENT)<0) THEN
          T(KSEGMENT)=T(KSEGMENT)+360
         END IF


         neaXY(2*KSEGMENT-1,1)=XX1
         neaXY(2*KSEGMENT-1,2)=YY1
         neaXY(2*KSEGMENT,1)=XX2
         neaXY(2*KSEGMENT,2)=YY2

         ICOUNT(2*KSEGMENT-1)=ARXIKO
         ICOUNT(2*KSEGMENT)=TELIKO

         WRITE(5,'(1x,F14.5,I5)') T(KSEGMENT) ,KSEGMENT
         WRITE(4,*) 1
         WRITE (4,'(1x,F14.3,A1,F14.3,A1,2I5)') XX1,",",YY1,",",KSEGMENT,ARXIKO
         WRITE (4,'(1x,F14.3,A1,F14.3,A1,2I5)') XX2,",",YY2,",",KSEGMENT,TELIKO
         WRITE(4,*) "*"

         DIST=0.0D+00
       ENDIF
     ENDDO
```

```
    GAMA=0
    DO I=1,KSEGMENT-1
      GAMA(I)=T(I+1)-T(I)  ! allagh kateu8unshs meta3u eu8ugrammwn tmhmatwn
      IF ( DABS(GAMA(I))>180 ) THEN
        GAMA(I)=360-DABS(GAMA(I))
            IF ( T(I+1)>T(I) ) THEN
                GAMA(I)=-GAMA(I)
            END IF
      END IF
      WRITE(3,'(1x,F14.5,I5)') GAMA(I),I
    END DO
    GAMA(KSEGMENT)=GAMA(KSEGMENT-1) !paradoxh

    !************************************************************xwrizw tin odo mou se
eu8ugramma tmhmata kai kyklika to3a(arxh)
    DO I=1,KSEGMENT-1              !na elegx8ei h oriakh timh tou I
      INLINE= .FALSE.
      INLINE=INLINE .OR. (I==1) .OR. (I==KSEGMENT-1) .OR. (I==2) .OR. GAMA(I)*GAMA(I+1)<0

       IF (GAMA(I)*GAMA(I+1)<0) THEN
           INLINE=.TRUE.
           IF ((DABS(GAMA(I))>2*CRANGLE) .AND. (DABS(GAMA(I+1))<CRANGLE/4.0)) THEN
              INLINE=.FALSE.
              WRITE(15,*) GAMA(I),GAMA(I+1),I,NAME( ICOUNT(2*I-1)),"*"
           END IF
           IF ((DABS(GAMA(I+1))>2*CRANGLE) .AND. (DABS(GAMA(I))<CRANGLE/4.0)) THEN
              INLINE=.FALSE.
              WRITE(15,*) GAMA(I),GAMA(I+1),I,NAME(I)
           END IF
       END IF


      IF (.NOT.INLINE) THEN
            INLINE=( DABS(GAMA(I))<CRANGLE .OR. DABS(GAMA(I+1))<CRANGLE ) .AND. (
DABS(GAMA(I)+GAMA(I+1))<2*CRANGLE  )
              IF (.NOT.INLINE) THEN
                 INLINE=( DABS(GAMA(I))<CRANGLE/4.0 .OR. DABS(GAMA(I+1))<CRANGLE/4.0 )
              END IF
      END IF
       ! WRITE(15,*) I,GAMA(I),GAMA(I+1),INLINE
        !eu8ugrammia
      IF (INLINE) THEN
        NLINES=NLINES+1
        ICURVE(I+1)=0    ! +1 after 2.9.2014
        WRITE(6,'(1x,2F14.3,4I5)') (neaXY(2*I-1,J),J=1,2),0,2*I-1,ICOUNT(2*I-1),0
        WRITE(6,'(1x,2F14.3,3I5)') (neaXY(2*I,J),J=1,2),0,2*I,ICOUNT(2*I)
      !  WRITE(7,'(1x,2F14.3,4I5)') (neaXY(2*I-1,J),J=1,2),0,2*I-1,ICOUNT(2*I-1),0
      !  WRITE(7,'(1x,2F14.3,3I5)') (neaXY(2*I,J),J=1,2),0,2*I,ICOUNT(2*I)
      ELSE                                                      !kykliko to3o
        NARCS=NARCS+1
        ICURVE(I+1)=1    ! +1 after 2.9.2014
        IF( (GAMA(I) + GAMA(I+1))>0 ) THEN
         ICURVE(I+1)=-1
        END IF
        WRITE(7,'(1x,2F14.3,4I5)') (neaXY(2*I-1,J),J=1,2),0,2*I-1,ICOUNT(2*I-1),ICURVE(I+1)
!arxika telika kykliko to3o (10metra)
        WRITE(7,'(1x,2F14.3,3I5)') (neaXY(2*I,J),J=1,2),0,2*I,ICOUNT(2*I)
      END IF
    END DO
    !************************************************************************xwrizw tin odo
mou se eu8ugramma tmhmata kai kyklika to3a(telos)
    IL1=1;IL2=1;IC1=1;IC2=1
```

```
    ILINE=1;ICUR=0
    ICURVE(1)=0
    ICURVE(2)=0
    INSCURVE=.FALSE.

    DO I=2,KSEGMENT-1
      IF (ICURVE(I)==0) THEN
        IF (ABS(ICURVE(I-1))==1) THEN !arxh eu8ugrammias(telos kuklikou to3ou)
          IL1=ICOUNT(2*I-1)
          ILINE=ILINE+1
         WRITE(15,'(1x,2I5,A5,F8.2,A3)') I,ILINE,NAME(IL1),GAMA(I),"**"
          IF (I>2) THEN !e3airesh mikrou kyklikou to3ou (eu8ugrammia-kukliko to3o-
eu8ugrammia)
            IF ((ICURVE(I-2)==0) .AND. (INSCURVE)) THEN
               DO J=CFIRST(ICUR),CLAST(ICUR)
                  XY(J,3)=-1
               END DO
              ! WRITE(15,*) ICUR,ILINE
               ICUR=ICUR-1
            !   IF (INSCURVE) THEN
                ILINE=ILINE-1
                IL1=LFIRST(ILINE)
            !   END IF
            END IF
          END IF !
        END IF
        IL2=ICOUNT(2*I)
        LFIRST(ILINE)=IL1
        LLAST(ILINE)=IL2
        WRITE(15,'(1x,2I5,2A5,A5,F8.2)') I,ILINE,NAME(IL1),NAME(IL2),ICURVE(I),GAMA(I)
      ELSE                              ! ABS(ICURVE(I))==1
        IF (ICURVE(I-1)==0) THEN !arxh kyklikou to3ou (telos eu8ugrammias)
          IC1=ICOUNT(2*I-1)
          ICUR=ICUR+1
          INSCURVE=.TRUE.
          IF ( (I>2) .AND. (ILINE>1) ) THEN !this block after 12.9.2014
            IF ( (ABS(ICURVE(I-2))==1) .AND. (ICURVE(I-2)==ICURVE(I)) ) THEN !enopoihsh
kyklikou to3ou me to prohgoumeno omorropo ( e3airesh mikrhs eu8ugrammias)
               !WRITE(15,*) ICUR,ILINE,ICURVE(I-2),ICURVE(I)
               ICUR=ICUR-1
               ILINE=ILINE-1
               IC1=CFIRST(ICUR)
               INSCURVE=.FALSE.
            ELSE
               IF ( (I>4) .AND. (ICUR>1) .AND. (ICURVE(I-2)==0) .AND. (ABS(ICURVE(I-3))==1)
.AND. (ICURVE(I-3)==ICURVE(I)) &
                   .AND. (ICURVE(I-4)==ICURVE(I)) .AND. (ICURVE(I-4)==ICURVE(I)) .AND.
(RINIT(ICUR-1)>300.0)  ) THEN
                   !enopoihsh kyklikou to3ou me to prohgoumeno omorropo ( e3airesh mikrhs
diplhs eu8ugrammias)
                  I1=CFIRST(ICUR-1)
                  I2=CLAST(ICUR-1)
                  DISTRATIO=DSQRT((XY(I1,1)-XY(I2,1))**2+(XY(I1,2)-XY(I2,2))**2)/RINIT(ICUR-
1)
                  IF (DISTRATIO<0.2) THEN
                   ICUR=ICUR-1
                   ILINE=ILINE-1
                   IC1=CFIRST(ICUR)
                   INSCURVE=.FALSE.
                   WRITE(15,'(1x,4I5,A5,F8.2)') ICUR,ILINE,ICURVE(I-
3),ICURVE(I),NAME(IC1),GAMA(I)
                  END IF
```

```
               END IF
            END IF
          END IF
        END IF
        IC2=ICOUNT(2*I)
        CFIRST(ICUR)=IC1
        CLAST(ICUR)=IC2
        CALL ETCURVES(CFIRST(ICUR),CLAST(ICUR),XY,Xc,Yc,RINIT(ICUR))  !vriskei kentra kyklwn
kai aktines
        WRITE(15,'(1x,2I5,2A5,I5,F8.2,A2)') I,ICUR,NAME(IC1),NAME(IC2),ICURVE(I),GAMA(I),"*"
      END IF
    END DO

    NLINES=ILINE
    NARCS=ICUR
    POL=0
    FIRSTLASTPOL=0

    DO I=1,NLINES
      CALL REGRESSION(LFIRST(I),LLAST(I),XY,A,B) ! vriskei ta nea a,b grammikhs
palindromhshs
      CALL
NEWXY(A,B,XY(LFIRST(I),1),XY(LFIRST(I),2),XY(LLAST(I),1),XY(LLAST(I),2),XX1,YY1,XX2,YY2)
!vriskei ta nea x,y eu8ugrammias
      POL(I,1)=A
      POL(I,2)=B
      TPOL(I)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI

      IF (XX2-XX1<0) THEN
       TPOL(I)=TPOL(I)+180
      END IF

      IF (TPOL(I)<0) THEN
       TPOL(I)=TPOL(I)+360
      END IF

    !  WRITE(8,'(1x,3I5)') I,LFIRST(I),LLAST(I)  !au3ontes ari8moi arxhs-telous eu8ugrammias
    !  WRITE(10,*) 1
    !  WRITE(10,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I5)') XX1,",",YY1,",",LFIRST(I) !syntetagmenes arxhs-
telous eu8ugrammiwn
    !  WRITE(10,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I5)') XX2,",",YY2,",",LLAST(I)
    !  WRITE(10,*) "*"
      IF (I==1) THEN
        FIRSTLASTPOL(I,1)=XX1
        FIRSTLASTPOL(I,2)=YY1
      END IF
      IF (I==NLINES) THEN
        FIRSTLASTPOL(2,1)=XX2
        FIRSTLASTPOL(2,2)=YY2
      END IF
    END DO
    !*************************************************************DOKIMASTIKO 1.10
    NUMOFBP=0
    DO I=1,NLINES

     DISTLINE=DSQRT((XY(LLAST(I),1)-XY(LFIRST(I),1))**2+(XY(LLAST(I),2)-XY(LFIRST(I),2))**2)

     IF ( (DISTLINE>6*TOLBIG) ) THEN

      MIDLINE=( LLAST(I)+LFIRST(I) )/2
      STARTLINE=LFIRST(I)+J1   !(LLAST(I)-LFIRST(I))/20
      DISPL=0
```

```
      J1=0
      CALL REGRESSION(LFIRST(I),MIDLINE,XY,A,B)
      CALL
NEWXY(A,B,XY(LFIRST(I),1),XY(LFIRST(I),2),XY(MIDLINE,1),XY(MIDLINE,2),XX1,YY1,XX2,YY2)

      TNEW1=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI

      IF (XX2-XX1<0) THEN
       TNEW1=TNEW1+180
      END IF

      IF (TNEW1<0) THEN
       TNEW1=TNEW1+360
      END IF


      CALL REGRESSION(MIDLINE,LLAST(I),XY,A,B)
      CALL
NEWXY(A,B,XY(MIDLINE,1),XY(MIDLINE,2),XY(LLAST(I),1),XY(LLAST(I),2),XX1,YY1,XX2,YY2)

      TNEW2=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI

      IF (XX2-XX1<0) THEN
       TNEW2=TNEW2+180
      END IF

      IF (TNEW2<0) THEN
       TNEW2=TNEW2+360
      END IF
      WRITE(18,*) TNEW1,TNEW2,ABS(TNEW2-TNEW1),I
      IF ( ABS(TNEW2-TNEW1)>2*CRANGLE )  THEN
       NUMOFBP=NUMOFBP + 1
       NBPOINT(NUMOFBP)=I
       WRITE(18,*) "CORRECTED 1" ! 8esh I , plh8os extra korufwn
      END IF

     END IF

    END DO

    !***************************************************************

    DO J1=NUMOFBP,1,-1
      DO J2=NLINES,NBPOINT(J1),-1    !eu8ugrammies
       LFIRST(J2+1)=LFIRST(J2)
       LLAST(J2+1)=LLAST(J2)
      END DO
      J2=NBPOINT(J1)
      LFIRST(J2+1)=( LFIRST(J2+1) + LLAST(J2+1) )/2
      LLAST(J2)=( LFIRST(J2) + LLAST(J2) )/2
      LLAST(J2)=LFIRST(J2+1)
      NLINES=NLINES+1

      DO J2=NARCS,NBPOINT(J1),-1      !kuklika to3a   afairesh -1
       IF ( J2>0 ) THEN
        CFIRST(J2+1)=CFIRST(J2)
        CLAST(J2+1)=CLAST(J2)
       ELSE
        CFIRST(J2+1)=0
        CLAST(J2+1)=0
       END IF
      END DO
```

```
      J2=NBPOINT(J1)
      CFIRST(J2)=LLAST(J2)
      CLAST(J2)=LLAST(J2)
      NARCS=NARCS+1

    END DO
    !***************************************************************DOKIMASTIKO 25.9
    DO I=1,NLINES
      DISTLINE=DSQRT((XY(LLAST(I),1)-XY(LFIRST(I),1))**2+(XY(LLAST(I),2)-
XY(LFIRST(I),2))**2)
      IF ( (DISTLINE>6*TOLBIG) .AND. (I>1) .AND. (I<NLINES) ) THEN
            DISPL=0
            J1=0
            DO J=LFIRST(I),LLAST(I)-1
             DISPL=DISPL+DSQRT((XY(J+1,1)-XY(J,1))**2+(XY(J+1,2)-XY(J,2))**2)
             J1=J1+1
             IF ( DISPL>TOLBIG ) THEN
              EXIT
             END IF
            END DO

            STARTLINE=LFIRST(I)+J1   !(LLAST(I)-LFIRST(I))/20

            DISPL=0
            J1=0
            DO J=LLAST(I)-1,LFIRST(I),-1
             DISPL=DISPL+DSQRT((XY(J+1,1)-XY(J,1))**2+(XY(J+1,2)-XY(J,2))**2)
             J1=J1+1
             IF ( DISPL>TOLBIG ) THEN
              EXIT
             END IF
            END DO

            ENDLINE=LLAST(I)-J1       !19*(LLAST(I)-LFIRST(I))/20

            CALL REGRESSION(LFIRST(I),STARTLINE,XY,A,B)
            CALL
NEWXY(A,B,XY(LFIRST(I),1),XY(LFIRST(I),2),XY(STARTLINE,1),XY(STARTLINE,2),XX1,YY1,XX2,YY2)

            TNEW=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI

            IF (XX2-XX1<0) THEN
             TNEW=TNEW+180
            END IF

            IF (TNEW<0) THEN
             TNEW=TNEW+360
            END IF
            WRITE(14,*) ABS(TNEW-TPOL(I)),I
            IF ( ABS(TNEW-TPOL(I))>CRANGLE/4 )  THEN
                LFIRST(I)=STARTLINE
                WRITE(14,*) "CORRECTED 1"
            END IF

            CALL REGRESSION(ENDLINE,LLAST(I),XY,A,B)
            CALL
NEWXY(A,B,XY(ENDLINE,1),XY(ENDLINE,2),XY(LLAST(I),1),XY(LLAST(I),2),XX1,YY1,XX2,YY2)

            TNEW=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))*180/PI

            IF (XX2-XX1<0) THEN
             TNEW=TNEW+180
```

```
            END IF

            IF (TNEW<0) THEN
             TNEW=TNEW+360
            END IF
            WRITE(14,*) ABS(TNEW-TPOL(I)),I
            IF ( ABS(TNEW-TPOL(I))> CRANGLE/4 ) THEN
                LLAST(I)=ENDLINE
                WRITE(14,*) "CORRECTED 2"
            END IF

      END IF

      CALL REGRESSION(LFIRST(I),LLAST(I),XY,A,B) ! vriskei ta nea a,b grammikhs
palindromhshs
      CALL
NEWXY(A,B,XY(LFIRST(I),1),XY(LFIRST(I),2),XY(LLAST(I),1),XY(LLAST(I),2),XX1,YY1,XX2,YY2)
!vriskei ta nea x,y eu8ugrammias
      POL(I,1)=A
      POL(I,2)=B

      WRITE(8,'(1x,3I5)') I,LFIRST(I),LLAST(I)  !au3ontes ari8moi arxhs-telous eu8ugrammias
      WRITE(10,*) 1
      WRITE(10,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I5)') XX1,",",YY1,",",LFIRST(I) !syntetagmenes arxhs-
telous eu8ugrammiwn
      WRITE(10,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I5)') XX2,",",YY2,",",LLAST(I)
      WRITE(10,*) "*"
      IF (I==1) THEN
        FIRSTLASTPOL(I,1)=XX1
        FIRSTLASTPOL(I,2)=YY1
      END IF
      IF (I==NLINES) THEN
        FIRSTLASTPOL(2,1)=XX2
        FIRSTLASTPOL(2,2)=YY2
      END IF
    END DO

!*****************************************************************************************
***********


    !hlias
    PINAKAS1=0
    F_A=1
    !hlias
    DO I=1,NARCS
      IF ( CFIRST(I)==CLAST(I) ) THEN
       Xc=0
       Yc=0
       R(I)=0

      ELSE
       CALL ETCURVES(CFIRST(I),CLAST(I),XY,Xc,Yc,R(I))  !vriskei kentra kyklwn kai aktines
       WRITE(13,*) 1 !arxh-kentro-telos kyklikwn to3wn
       WRITE(13,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I2)') XY(CFIRST(I),1),",",XY(CFIRST(I),2),",",0
       WRITE(13,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I2)') Xc,",",Yc,",",0
       WRITE(13,'(1x,F14.5,A1,F14.5,A1,I2)') XY(CLAST(I),1),",",XY(CLAST(I),2),",",0
       WRITE(13,*) "*"
       !PARATHRHSH..edw ftaxnw ena pinakaki me ta mh mhdenika toksa, gia sugrish me ta
telika(hlias)
       PINAKAS1(F_A,1)=XY(CFIRST(I),1)
       PINAKAS1(F_A,2)=XY(CFIRST(I),2)
```

```
       PINAKAS1(F_A,3)=XY(CLAST(I),1)
       PINAKAS1(F_A,4)=XY(CLAST(I),2)
       PINAKAS1(F_A,5)=Xc
       PINAKAS1(F_A,6)=Yc
       PINAKAS1(F_A,7)=(XY(CFIRST(I),1)+XY(CLAST(I),1))/2
       PINAKAS1(F_A,8)=(XY(CFIRST(I),2)+XY(CLAST(I),2))/2

       F_A=F_A+1
       !telos parathrhshs
      END IF
      WRITE(9,'(1x,3I5)') I,CFIRST(I),CLAST(I) !au3ontes ari8moi arxhs-telous kyklikwn to3wn
      WRITE(11,'(1x,3F14.5)') Xc,Yc,R(I) !syntetagmenes kentro kyklou kai aktinas


    END DO

    TELPOL=0
    TELPOL(1,1)=FIRSTLASTPOL(1,1)
    TELPOL(1,2)=FIRSTLASTPOL(1,2)
    TELPOL(NLINES+1,1)=FIRSTLASTPOL(2,1)
    TELPOL(NLINES+1,2)=FIRSTLASTPOL(2,2)

    !WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K1,", TELPOL(1,1),",",TELPOL(1,2)
    WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A5,F14.3,A1,F14.3)') "1,K1,", TELPOL(1,1),",",TELPOL(1,2)
    !WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,5H1,K1,,2x,F12.3,1x,1H,,1x,F12.3)') TELPOL(1,1),TELPOL(1,2)
    DO I=2,NLINES
      TELPOL(I,1)=(POL(I,2)-POL(I-1,2))/(POL(I-1,1)-POL(I,1))     !X THS TOMHS 2 EUTHEIWN
THS MORFHS Y=Ax+B
      TELPOL(I,2)=(POL(I-1,1)*TELPOL(I,1))+POL(I-1,2)             !Y
    END DO
    !edw tha midenistoun oi aktines pou einai antiropes me ta arxika kuklika toksa
    PINAKAS2=0
    DO I=2,NLINES
      G=ACOS(((TELPOL(I,1)-TELPOL(I-1,1))*(TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))+(TELPOL(I,2)-TELPOL(I-
1,2))*(TELPOL(I+1,2)-TELPOL(I,2)))/SQRT((TELPOL(I,1)-TELPOL(I-1,1))**2+(TELPOL(I,2)-
TELPOL(I-1,2))**2)/SQRT((TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I+1,2)-TELPOL(I,2))**2))
      KB=TAN(G/2)*R(I-1)
      Kx=TELPOL(I-1,1)*KB/SQRT((TELPOL(I-1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I-1,2)-
TELPOL(I,2))**2)+TELPOL(I,1)*(1-KB/SQRT((TELPOL(I-1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I-1,2)-
TELPOL(I,2))**2))
      Ky=TELPOL(I-1,2)*KB/SQRT((TELPOL(I-1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I-1,2)-
TELPOL(I,2))**2)+TELPOL(I,2)*(1-KB/SQRT((TELPOL(I-1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I-1,2)-
TELPOL(I,2))**2))
      Px=TELPOL(I+1,1)*KB/SQRT((TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I+1,2)-
TELPOL(I,2))**2)+TELPOL(I,1)*(1-KB/SQRT((TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I+1,2)-
TELPOL(I,2))**2))
      Py=TELPOL(I+1,2)*KB/SQRT((TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I+1,2)-
TELPOL(I,2))**2)+TELPOL(I,2)*(1-KB/SQRT((TELPOL(I+1,1)-TELPOL(I,1))**2+(TELPOL(I+1,2)-
TELPOL(I,2))**2))
      Nx=(Kx+Px)/2
      Ny=(Ky+Py)/2
      IF (R(I-1)/=0) THEN
        NM=COS(G/2)*R(I-1)
        BNx=Nx-TELPOL(I,1)
        BNy=Ny-TELPOL(I,2)
        BN=SQRT((TELPOL(I,1)-Nx)**2+(TELPOL(I,2)-Ny)**2)
        NMx=BNx/BN*NM
        NMy=BNy/BN*NM
        Mx=Nx+NMx
        My=Ny+NMy
        ARC_PAIR=1
        DIST_ARCPAIR=SQRT((Nx-PINAKAS1(1,7))**2+(Ny-PINAKAS1(1,8))**2)
```

```
        DO J=2,F_A
          IF (DIST_ARCPAIR>SQRT((Nx-PINAKAS1(J,7))**2+(Ny-PINAKAS1(J,8))**2)) THEN
            DIST_ARCPAIR=SQRT((Nx-PINAKAS1(J,7))**2+(Ny-PINAKAS1(J,8))**2)
             ARC_PAIR=J
          END IF
        END DO
        MID1x=PINAKAS1(ARC_PAIR,7)-PINAKAS1(ARC_PAIR,5)
        MID1y=PINAKAS1(ARC_PAIR,8)-PINAKAS1(ARC_PAIR,6)
        MID2x=Nx-Mx
        MID2y=Ny-My


        IF
(ACOS((MID1x*MID2x+MID1y*MID2y)/SQRT(MID1x**2+MID1y**2)/SQRT(MID2x**2+MID2y**2))>1.570796326
7948966) THEN  !SYNTHIKH MIDENISMOU  TIS ANTIROPHS STROFHS
          R(I-1)=0  !MHDENISMOS
          Kx=0
          Ky=0
          Px=0
          Py=0
          Nx=0
          Ny=0
          Mx=0
          My=0

        END IF
      ELSE
        Kx=0
        Ky=0
        Px=0
        Py=0
        Nx=0
        Ny=0
        Mx=0
        Mx=0
        My=0
      END IF
      PINAKAS2(I,1)=TELPOL(I,1)
      PINAKAS2(I,2)=TELPOL(I,2)
      PINAKAS2(I,3)=Kx
      PINAKAS2(I,4)=Ky
      PINAKAS2(I,5)=Px
      PINAKAS2(I,6)=Py
      PINAKAS2(I,7)=Nx
      PINAKAS2(I,8)=Ny
      PINAKAS2(I,9)=Mx
      PINAKAS2(I,10)=My
      PINAKAS2(I,11)=G*180/3.1415926535897932


    END DO
    ! enopoish tokswn me idia aktina kai kentro xwris endiamesh euthigrammia
    TEMPPOL=0
    TEMPR=0
    REDUSE=0
    GOSTRUN=2
    TEMPPOL(1,1)=TELPOL(1,1)
    TEMPPOL(1,2)=TELPOL(1,2)
    DO I=3,NLINES+1
      IF (I==NLINES+1) THEN
        IF(I-GOSTRUN==1)THEN
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,1)=TELPOL(I-1,1)
```

```
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,2)=TELPOL(I-1,2)
          TEMPR(I-REDUSE-2)=R(I-2)
          TEMPPOL(I-REDUSE,1)=TELPOL(I,1)
          TEMPPOL(I-REDUSE,2)=TELPOL(I,2)
        ELSE
          !GOSTRUN-1,GOSTRUN,I-1,I
          TA1=(TELPOL(GOSTRUN-1,2)-TELPOL(GOSTRUN,2))/(TELPOL(GOSTRUN-1,1)-
TELPOL(GOSTRUN,1))
          TA2=(TELPOL(I,2)-TELPOL(I-1,2))/(TELPOL(I,1)-TELPOL(I-1,1))
          TB1=TELPOL(GOSTRUN,2)-TA1*TELPOL(GOSTRUN,1)
          TB2=TELPOL(I-1,2)-TA2*TELPOL(I-1,1)
          X00=(TB2-TB1)/(TA1-TA2)
          Y00=X00*TA2+TB2
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,1)=X00
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,2)=Y00
          TEMPR(I-REDUSE-2)=R(I-2)
          TEMPPOL(I-REDUSE,1)=TELPOL(I,1)
          TEMPPOL(I-REDUSE,2)=TELPOL(I,2)




        END IF
      ELSE IF ((SQRT((PINAKAS2(GOSTRUN,9)-PINAKAS2(I,9))**2+(PINAKAS2(GOSTRUN,10)-
PINAKAS2(I,10))**2)<(I-GOSTRUN)*1).AND.(PINAKAS2(GOSTRUN,9)/=0))THEN
        REDUSE=REDUSE+1
      ELSE
        IF (I-GOSTRUN==1) THEN
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,1)=TELPOL(I-1,1)
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,2)=TELPOL(I-1,2)
          TEMPR(I-REDUSE-2)=R(I-2)
          GOSTRUN=I

        ELSE

          !GOSTRUN-1,GOSTRUN,I-1,I
          TA1=(TELPOL(GOSTRUN-1,2)-TELPOL(GOSTRUN,2))/(TELPOL(GOSTRUN-1,1)-
TELPOL(GOSTRUN,1))
          TA2=(TELPOL(I,2)-TELPOL(I-1,2))/(TELPOL(I,1)-TELPOL(I-1,1))
          TB1=TELPOL(GOSTRUN,2)-TA1*TELPOL(GOSTRUN,1)
          TB2=TELPOL(I-1,2)-TA2*TELPOL(I-1,1)
          X00=(TB2-TB1)/(TA1-TA2)
          Y00=X00*TA1+TB1
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,1)=X00
          TEMPPOL(I-REDUSE-1,2)=Y00
          TEMPR(I-REDUSE-2)=R(I-2)
          GOSTRUN=I

        END IF
      END IF
    END DO
    TELPOL=TEMPPOL
    R=TEMPR
    NLINES=NLINES-REDUSE

    ! TELOS enopoish tokswn me idia aktina kai kentro xwris endiamesh euthigrammia
    DO I=2,NLINES
      WRITE(FD_OUTPUT2,'(1x,I3,A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3,
A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3, A1,F14.3)')
I,",",PINAKAS2(I,1),",",PINAKAS2(I,2),",",PINAKAS2(I,3),",",PINAKAS2(I,4),",",PINAKAS2(I,5),
",",PINAKAS2(I,6),",",PINAKAS2(I,7),",",PINAKAS2(I,8),",",PINAKAS2(I,9),",",PINAKAS2(I,10),"
,",PINAKAS2(I,11)
```

```
    END DO
    !!!
    !edw pername tin poligonikh sto arxeio XYV
    DO I=2,NLINES
      IF (I<10) THEN
        ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
        WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I1,A1,F14.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
      ELSE IF (I<100) THEN
        ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
        WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I2,A1,F13.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
      ELSE
        ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
        WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I3,A1,F12.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",TELPOL(I,1),",",TELPOL(I,2),",",0,",",R(I-1),",",0
      END IF
    END DO


    IF (NLINES+1<10) THEN
      ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
      WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I1,A1,F14.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINES+1,",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
    ELSE IF(NLINES+1<100) THEN
      ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
      WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I2,A1,F13.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINES+1,",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
    ELSE
      ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
      WRITE(FD_OUTPUT,'(1x,A3,I3,A1,F12.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINES+1,",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
    END IF
    !!!!!!!!!!!!MOLIS TELEIWSW TIN YPOROYTINA TWN INV PERNAW TIN KATW ENTOLH EKEI

    WRITE(60,'(1X,I3)') NLINES
    !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!1
  END SUBROUTINE MAIN

!**************************************************
  SUBROUTINE REGRESSION(ARXIKO,TELIKO,XY,A,B)
!**************************************************
    IMPLICIT NONE

    INTEGER J,N,ARXIKO,TELIKO
    DOUBLE PRECISION A,B,SX,SY,SXY,SXX
    DOUBLE PRECISION XY(1:100000,1:3)

    SX=0.0D+00  ;   SY=0.0D+00  ;   SXY=0.0D+00 ;   SXX=0.0D+00
    N=0
    DO J=ARXIKO,TELIKO
     IF ( XY(J,3)>0) THEN
      N=N+1
      SY=SY+XY(J,2)
      SX=SX+XY(J,1)
      SXY=SXY+XY(J,1)*XY(J,2)
      SXX=SXX+XY(J,1)*XY(J,1)
     END IF
    ENDDO

    !N=TELIKO-ARXIKO+1
    A=(N*SXY-SX*SY)/(N*SXX-SX**2.0)
```

```
    B=(SY-A*SX)/N

  END SUBROUTINE REGRESSION

!**************************************************
  SUBROUTINE ETCURVES(ARXIKO,TELIKO,XY,Xc,Yc,R) ! kanei elaxista tetragwna sta kuklika to3a kai vriskei kentro kai aktina kyklwn
!**************************************************
    IMPLICIT NONE

    INTEGER J,ARXIKO,TELIKO,N
    DOUBLE PRECISION Uc,Vc,Xc,Yc,R,Xm,Ym,U,SU,SUU,SUUU,V,SV,SVV,SVVV,SUUV,SVVU,SX,SY,SUV,ANGLE
    DOUBLE PRECISION XY(1:100000,1:3)

    U=0 ;V=0 ; SU=0 ; SUU=0 ;SUUU=0 ; SV=0 ; SVV=0 ; SVVV=0 ; SUV=0 ; SVVU=0 ; SUUV=0
    Xm=0 ; Ym=0 ;Uc=0 ;Vc=0;Xc=0;Yc=0;R=0;SX=0;SY=0 ; ANGLE=0

    DO J=ARXIKO,TELIKO
      SX=SX+XY(J,1)
      SY=SY+XY(J,2)
    END DO

    N=TELIKO-ARXIKO+1
    Xm=SX/N
    Ym=SY/N

    DO J=ARXIKO,TELIKO
      U=XY(J,1)-Xm
      SU=SU+U
      SUU=SUU+U**2
      SUUU=SUUU+U**3
      V=XY(J,2)-Ym
      SV=SV+V
      SVV=SVV+V**2
      SVVV=SVVV+V**3
      SUV=SUV+U*V
      SUUV=SUUV+(U**2)*V
      SVVU=SVVU+(V**2)*U
    END DO

    Vc=((0.5*SVVV+0.5*SUUV)-((SUUU*SUV*0.5+0.5*SVVU*SUV)/SUU))/(SVV-((SUV**2)/SUU))
    Uc=(((SUUU+SVVU)/2)-Vc*SUV)/SUU
    Xc=Uc+Xm
    Yc=Vc+Ym
    R=DSQRT(Uc**2 + Vc**2 + ((SUU+SVV)/N))
    ANGLE=0

  END SUBROUTINE

!**************************************************
  SUBROUTINE NEWXY(A,B,X1,Y1,X2,Y2,XX1,YY1,XX2,YY2)
!**************************************************
    IMPLICIT NONE

    DOUBLE PRECISION A,B,X1,Y1,X2,Y2,XX1,XX2,YY1,YY2

    XX1=(Y1+X1/A-B)/(A+1.0/A)
    YY1=-XX1/A+Y1+X1/A
    XX2=(Y2+X2/A-B)/(A+1.0/A)
    YY2=-XX2/A+Y2+X2/A
```

```
  END SUBROUTINE NEWXY


  !**************************************************
  SUBROUTINE REGRESSION2(ARXIKO,TELIKO,XY,A,B)
!**************************************************
    IMPLICIT NONE

    INTEGER J,N,ARXIKO,TELIKO
    DOUBLE PRECISION A,B,SX,SY,SXY,SXX
    DOUBLE PRECISION XY(1:100000,1:3)

    SX=0.0D+00  ;   SY=0.0D+00  ;   SXY=0.0D+00 ;   SXX=0.0D+00
    N=0
    DO J=ARXIKO,TELIKO
     IF ( XY(J,3)>0) THEN
      N=N+1
      SY=SY+XY(J,1)
      SX=SX+XY(J,2)
      SXY=SXY+XY(J,2)*XY(J,1)
      SXX=SXX+XY(J,2)*XY(J,2)
     END IF
    ENDDO

    !N=TELIKO-ARXIKO+1
    A=(N*SXY-SX*SY)/(N*SXX-SX**2.0)
    B=(SY-A*SX)/N

  END SUBROUTINE REGRESSION2

  !**************************************************
  SUBROUTINE AKSONAS(DAR,DDEKS,DAKS,NLINES)
!**************************************************
    IMPLICIT NONE
    INTEGER DAR,DDEKS,DAKS,NLINES,NBHNLINESAKS         ,ZEY,TEMP1,M,L,PL,N
    INTEGER I,J,NLINESAR,NLINESDEKS,NLINESAKS,PAIR,TRINITY,K,DIAKOPTHS,DIAKOPTHSB,ARXH,TERMA
    REAL
DIST,DISTSEC,DA,DB,FITRAX,FITRAY,TOMHX,TOMHY,DI,DII,LI,LII,CRIT,XA,XB,XC,XD,YA,YB,YC,YD
,A1X,A1Y,A2X,A2Y,BX,BY
       DOUBLE PRECISION, DIMENSION (10000,2)::ARPOL,DEKSPOL,AKSOPOL
    REAL, DIMENSION (10000)::ARR,DEKSR,AKSOR,Z
    INTEGER, DIMENSION(10000)::ASSO
    INTEGER, DIMENSION(2)::GOST
    CHARACTER, DIMENSION(10000)::NAME
    INTEGER,DIMENSION(50,2) ::BE
    REAL,DIMENSION(50,2) :: BETWEEN
    REAL,DIMENSION(50) :: APOST
    INTEGER,DIMENSION(1,2) :: TEMP2
    REAL,DIMENSION(1,2) :: TEMP3
    !!!!!!!!!!!

    CRIT=60
    !diavazw ta arxeia aristerhs & deksias poligonikhs sta epomena 2 DO
    I=1
    CLOSE(17)
    OPEN(17,FILE='POLIGONIKI2.XYV',STATUS='OLD')

    CLOSE(60)


!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    OPEN(60,FILE='PLHTHOS_GRAMMWN.DAT',STATUS='OLD')
```

```
    READ(60,*)NLINESDEKS


    READ(60,*)NLINESAR
    READ(17,*) ASSO(I),NAME(I),ARPOL(I,1),ARPOL(I,2)


    DO
      I=I+1
     IF (I==NLINESAR+1) EXIT

      READ(17,*) ASSO(I),NAME(I),ARPOL(I,1),ARPOL(I,2),Z(I-1),ARR(I-1)
    END DO

    READ(17,*) ASSO(I),NAME(I),ARPOL(I,1),ARPOL(I,2)



    CLOSE(12)
    OPEN(12,FILE='POLIGONIKI1.XYV',STATUS='OLD')

    I=1
    READ(12,*) ASSO(I),NAME(I),DEKSPOL(I,1),DEKSPOL(I,2)

    DO
      I=I+1
     IF (I==NLINESDEKS+1) EXIT

      READ(12,*) ASSO(I),NAME(I),DEKSPOL(I,1),DEKSPOL(I,2),Z(I-1),DEKSR(I-1)
    END DO
    READ(12,*) ASSO(I),NAME(I),DEKSPOL(I,1),DEKSPOL(I,2)
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!



    !gurizw anapoda ta stoixeia ths aristerhs poligonikhs
    ARPOL(NLINESAR+1:1:-1,1) =ARPOL(1:NLINESAR+1,1)
    ARPOL(NLINESAR+1:1:-1,2) =ARPOL(1:NLINESAR+1,2)
    ARR(NLINESAR-1:1:-1) =ARR(1:NLINESAR-1)
    !***********************************************


    !ektimhsh poligwnikhs tou aksona
    ARXH=0
    TERMA=0
    AKSOPOL=0
    AKSOR=0
    DIAKOPTHS=0
    DO I=1,NLINESDEKS+1
        DIST=100000
        DISTSEC=100000
        TRINITY=0
        PAIR=0
        DO J=1,NLINESAR+1
          IF (DIST> SQRT((ARPOL(J,1)-DEKSPOL(I,1))**2+(ARPOL(J,2)-DEKSPOL(I,2))**2)) THEN
             DIST= SQRT((ARPOL(J,1)-DEKSPOL(I,1))**2+(ARPOL(J,2)-DEKSPOL(I,2))**2)
             PAIR=J
          END IF
        END DO
        DO J=1,NLINESAR+1
          IF( (DISTSEC> SQRT((ARPOL(J,1)-DEKSPOL(I,1))**2+(ARPOL(J,2)-DEKSPOL(I,2))**2))
.AND. (J /= PAIR) )THEN
```

```
          DISTSEC= SQRT((ARPOL(J,1)-DEKSPOL(I,1))**2+(ARPOL(J,2)-DEKSPOL(I,2))**2)
          TRINITY=J
          END IF


        END DO
        !??????????????


        IF (TERMA==1) THEN

        ELSE IF(ARXH==0) THEN
          IF (DIST>CRIT)  THEN

          ELSE IF (DISTSEC>CRIT) THEN
            IF (SQRT((DEKSPOL(I+1,1)-ARPOL(PAIR,1))**2+(DEKSPOL(I+1,2)-
ARPOL(PAIR,2))**2)<CRIT) THEN

              ARXH=1
              AKSOPOL(1,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
              AKSOPOL(1,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
              AKSOPOL(2,1)=(DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
              AKSOPOL(2,2)=(DEKSPOL(I+1,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
              IF (PAIR==1) THEN
                AKSOR(1)=DEKSR(I)/2
              ELSE
                AKSOR(1)=(DEKSR(I)+ARR(PAIR-1))/2
              END IF
              GOST(1)=I+1
              GOST(2)=PAIR
              DIAKOPTHS=1
            ELSE
              ARXH=1
              AKSOPOL(1,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
              AKSOPOL(1,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
              GOST(1)=I
              GOST(2)=PAIR

            END IF
          ELSE
            IF (SQRT((DEKSPOL(I+1,1)-ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))**2+(DEKSPOL(I+1,2)-
ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2))**2)<CRIT)THEN

              ARXH=1
              DIAKOPTHS=1
              AKSOPOL(1,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1))/2
              AKSOPOL(1,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2))/2
              AKSOPOL(2,1)=(DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))/2
              AKSOPOL(2,2)=(DEKSPOL(I+1,2)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2))/2
              AKSOR(1)=(ARR(MAX(PAIR,TRINITY)-1)+DEKSR(I))/2

              GOST(1)=I+1
              GOST(2)=MAX(PAIR,TRINITY)
            ELSE
              ARXH=1
              AKSOPOL(1,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1))/2
              AKSOPOL(1,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2))/2
              AKSOPOL(2,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))/2
              AKSOPOL(2,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2))/2
              AKSOR(1)=ARR(MAX(PAIR,TRINITY)-1)/2
              GOST(1)=I
              GOST(2)=MAX(PAIR,TRINITY)
```

```
            END IF
          END IF

        ELSE !ARXH=1 & TELOS=/1

          IF (((I==NLINESDEKS+1).AND.(DIST<CRIT)) .OR. ((PAIR==NLINESAR+1).AND.(DIST<CRIT))
.OR. ((TRINITY==NLINESAR+1).AND.(DISTSEC<CRIT))) THEN !synthikh wste TERMA=1

            TERMA=1
            !enothta A opou:ZEY prosdiorizetai apo to akoloutho IF
            IF (I==NLINESDEKS+1) THEN
              IF (DISTSEC<CRIT) THEN
                ZEY=MIN(PAIR,TRINITY)
              ELSE
                ZEY=PAIR
              END IF
            ELSE IF (PAIR==NLINESAR+1) THEN
              IF (DISTSEC<CRIT) THEN
                ZEY=MIN(PAIR,TRINITY)
              ELSE
                ZEY=PAIR
              END IF
            ELSE
              ZEY=PAIR
            END IF
            BE=0

            BETWEEN=0
            APOST=0
            TEMP1=0
            TEMP2=0
            TEMP3=0
            M=1
            IF (I-GOST(1)>1)  THEN
              DO L=GOST(1)+1,I-1
                BE(M,1)=L
                BE(M,2)=1
                BETWEEN(M,1)=DEKSPOL(L,1)
                BETWEEN(M,2)=DEKSPOL(L,2)
                M=M+1
              END DO
            END IF
            IF (ZEY-GOST(2)>1) THEN
              DO L=GOST(2)+1,ZEY-1
                BE(M,1)=L
                BE(M,2)=2
                BETWEEN(M,1)=ARPOL(L,1)
                BETWEEN(M,2)=ARPOL(L,2)
                M=M+1
             END DO
            END IF
            IF (M>1) THEN
              PL=M-1
               DO M=1,PL
                APOST(M)=SQRT((BETWEEN(M,1)-DEKSPOL(GOST(1),1))**2+(BETWEEN(M,2)-
DEKSPOL(GOST(1),2))**2)
              END DO
              IF (PL>1) THEN
                DO M=2,50
                  DO N=50,M,-1
                    IF ((APOST(N-1)>APOST(N)).AND.(APOST(N)/=0)) THEN
                      TEMP1=APOST(N-1)
```

```
                APOST(N-1)=APOST(N)
                APOST(N)=TEMP1

                TEMP2(1,1)=BE(N-1,1)
                BE(N-1,1)=BE(N,1)
                BE(N,1)=TEMP2(1,1)

                TEMP2(1,2)=BE(N-1,2)
                BE(N-1,2)=BE(N,2)
                BE(N,2)=TEMP2(1,2)

                TEMP3(1,1)=BETWEEN(N-1,1)
                BETWEEN(N-1,1)=BETWEEN(N,1)
                BETWEEN(N,1)=TEMP2(1,1)

                TEMP3(1,2)=BETWEEN(N-1,2)
                BETWEEN(N-1,2)=BETWEEN(N,2)
                BETWEEN(N,2)=TEMP2(1,2)
              END IF
            END DO
          END DO
        END IF


       !DO WHILE ((GOST(1)<I-1).OR.(GOST(2)<ZEY-1))
        DO M=1,PL

           IF (BE(M,2)==1) THEN

             A1X=ARPOL(GOST(2),1)
             A1Y=ARPOL(GOST(2),2)
             A2X=ARPOL(GOST(2)+1,1)
             A2Y=ARPOL(GOST(2)+1,2)
             BX=BETWEEN(M,1)
             BY=BETWEEN(M,2)
             IF (A1X==A2X) THEN
               FITRAY=BY
               FITRAX=A1X
             ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                FITRAX=BX
               FITRAY=A1Y
             ELSE
               FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X))/((A2Y-
A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
               FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
             END IF

             GOST(1)=BE(M,1)
             K=1
             DIAKOPTHSB=0

             DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
               IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                 AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                 AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                 IF (K/=1)THEN
                   AKSOR(K-1)=(DEKSR(BE(M,1)-1))/2
                 END IF
                 DIAKOPTHSB=1
               END IF
               K=K+1
```

```
                END DO
              ELSE IF (BE(M,2)==2) THEN
                A1X=DEKSPOL(GOST(1),1)
                A1Y=DEKSPOL(GOST(1),2)
                A2X=DEKSPOL(GOST(1)+1,1)
                A2Y=DEKSPOL(GOST(1)+1,2)
                BX=BETWEEN(M,1)
                BY=BETWEEN(M,2)
                IF (A1X==A2X) THEN
                  FITRAY=BY
                  FITRAX=A1X
                ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                  FITRAX=BX
                  FITRAY=A1Y
                ELSE
                  FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X))/((A2Y-
A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                  FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                END IF
                GOST(2)=BE(M,1)
                K=1
                DIAKOPTHSB=0

                DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                  IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                    AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                    AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                    IF (K/=1)THEN
                      AKSOR(K-1)=(ARR(BE(M,1)-1))/2
                    END IF
                    DIAKOPTHSB=1
                  END IF
                  K=K+1
                END DO
              END IF
            END DO
          END IF
          !telos enothtas A
          !!!!!!!!!!!
          !!!!
          !!!!!!!!!!
          K=1
          DIAKOPTHSB=0

          IF (I==NLINESDEKS+1) THEN
            IF (DISTSEC<CRIT) THEN
              DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                  IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                    AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I,1))/2
                    AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I,2))/2
                    AKSOR(K-1)=ARR(MIN(PAIR,TRINITY)-1)/2
                    AKSOPOL(K+1,1)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I,1))/2
                    AKSOPOL(K+1,2)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I,2))/2

                    DIAKOPTHSB=1
                  END IF
                  K=K+1
              END DO

            ELSE
```

```
            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                  AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(PAIR,1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(PAIR,2)+DEKSPOL(I,2))/2


                  DIAKOPTHSB=1
                END IF
                K=K+1
            END DO


          END IF
        ELSE IF (PAIR==NLINESAR+1) THEN
          IF (DISTSEC<CRIT) THEN
            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                  AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(PAIR,1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(PAIR,2)+DEKSPOL(I,2))/2


                  DIAKOPTHSB=1
                END IF
                K=K+1
            END DO

          ELSE
            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                  AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(TRINITY,1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(TRINITY,2)+DEKSPOL(I,2))/2
                  AKSOR(K-1)=(ARR(TRINITY-1)+DEKSR(I-1))/2
                  AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(PAIR,1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(PAIR,2)+DEKSPOL(I,2))/2

                  DIAKOPTHSB=1
                END IF
                K=K+1
            END DO

          END IF
        ELSE
            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                  AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I,2))/2
                  AKSOR(K-1)=ARR(MIN(PAIR,TRINITY)-1)/2
                  AKSOPOL(K+1,1)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I,1))/2
                  AKSOPOL(K+1,2)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I,2))/2

                  DIAKOPTHSB=1
                END IF
                K=K+1
            END DO

        END IF
      !telos kwdika opou to TERMA eksiswnetai me 1
```

```
            ELSE
              !sto akoloutho IF an isxuei h sinthikh den xrisimopoiw to DEKSPOL(I) giati
exei xrhsimopoihthei stin prohgoumenh epanalhpsh
              !opote sthn ousia agnow tin parousa epanalhpsh
              IF (DIAKOPTHS==1) THEN
                DIAKOPTHS=0
              ELSE
                !periptwseis sundiasmou tou DEKSPOL(I) me ta ARPOL otan
ARXH=1,TELOS=0,DIAKOPTHS=0
                IF (DIST>CRIT) THEN
                  !periptwsh 1: to DEKSPOL(I) apexei apostash panw apo 60 m apo tin
kontinoterh korifh tis aristerhs poligwnikhs opote to agnow prwsorina(tha paraxthei korifh
apo afto to symeio otan treksei h {{{enothta A}}} se epomenh epanalhpsh)
                  !to akoloutho if afora eksairesh tou panw sxoliou opou exw apotomh
strofh(petalo). se afthn tin periptwsh to DEKSPOL(I) prepei na susxetistei me to zeugari tou
para thn apostash krithrio eisodou sto if tha einai h gwnia allaghs dieuthinshs twn
poligwnikwn
                  IF ( ACOS(((DEKSPOL(I,1)-DEKSPOL(I-1,1))*(DEKSPOL(I+1,1)-
DEKSPOL(I,1))+(DEKSPOL(I,2)-DEKSPOL(I-1,2))*(DEKSPOL(I+1,2)-
DEKSPOL(I,2)))/SQRT((DEKSPOL(I,1)-DEKSPOL(I-1,1))**2+(DEKSPOL(I,2)-DEKSPOL(I-
1,2))**2)/SQRT((DEKSPOL(I+1,1)-DEKSPOL(I,1))**2+(DEKSPOL(I+1,2)-DEKSPOL(I,2))**2))>2.094)
THEN
                    !Enothta A   opou:ZEY=PAIR
                    ZEY=PAIR
                    BE=0

                    BETWEEN=0
                    APOST=0
                    TEMP1=0
                    TEMP2=0
                    TEMP3=0
                    M=1
                    IF (I-GOST(1)>1)  THEN
                      DO L=GOST(1)+1,I-1
                        BE(M,1)=L
                        BE(M,2)=1
                        BETWEEN(M,1)=DEKSPOL(L,1)
                        BETWEEN(M,2)=DEKSPOL(L,2)
                        M=M+1
                      END DO
                    END IF
                    IF (ZEY-GOST(2)>1) THEN
                      DO L=GOST(2)+1,ZEY-1
                        BE(M,1)=L
                        BE(M,2)=2
                        BETWEEN(M,1)=ARPOL(L,1)
                        BETWEEN(M,2)=ARPOL(L,2)
                        M=M+1
                      END DO
                    END IF
                    IF (M>1) THEN
                      PL=M-1
                      DO M=1,PL
                        APOST(M)=SQRT((BETWEEN(M,1)-DEKSPOL(GOST(1),1))**2+(BETWEEN(M,2)-
DEKSPOL(GOST(1),2))**2)
                      END DO
                    IF (PL>1) THEN
                      DO M=2,50
                        DO N=50,M,-1
                          IF ((APOST(N-1)>APOST(N)).AND.(APOST(N)/=0)) THEN
                            TEMP1=APOST(N-1)
```

```
                APOST(N-1)=APOST(N)
                APOST(N)=TEMP1

                TEMP2(1,1)=BE(N-1,1)
                BE(N-1,1)=BE(N,1)
                BE(N,1)=TEMP2(1,1)

                TEMP2(1,2)=BE(N-1,2)
                BE(N-1,2)=BE(N,2)
                BE(N,2)=TEMP2(1,2)

                TEMP3(1,1)=BETWEEN(N-1,1)
                BETWEEN(N-1,1)=BETWEEN(N,1)
                BETWEEN(N,1)=TEMP2(1,1)

                TEMP3(1,2)=BETWEEN(N-1,2)
                BETWEEN(N-1,2)=BETWEEN(N,2)
                BETWEEN(N,2)=TEMP2(1,2)
              END IF
            END DO
          END DO
        END IF


        !DO WHILE ((GOST(1)<I-1).OR.(GOST(2)<ZEY-1))
        DO M=1,PL

          IF (BE(M,2)==1) THEN

            A1X=ARPOL(GOST(2),1)
            A1Y=ARPOL(GOST(2),2)
            A2X=ARPOL(GOST(2)+1,1)
            A2Y=ARPOL(GOST(2)+1,2)
            BX=BETWEEN(M,1)
            BY=BETWEEN(M,2)
            IF (A1X==A2X) THEN
              FITRAY=BY
              FITRAX=A1X
            ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
              FITRAX=BX
              FITRAY=A1Y
            ELSE
              FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
              FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
            END IF

            GOST(1)=BE(M,1)
            K=1
            DIAKOPTHSB=0

            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
              IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                IF (K/=1)THEN
                  AKSOR(K-1)=(DEKSR(BE(M,1)-1))/2
                END IF
                DIAKOPTHSB=1
              END IF
              K=K+1
```

```
                    END DO
                  ELSE IF (BE(M,2)==2) THEN
                    A1X=DEKSPOL(GOST(1),1)
                    A1Y=DEKSPOL(GOST(1),2)
                    A2X=DEKSPOL(GOST(1)+1,1)
                    A2Y=DEKSPOL(GOST(1)+1,2)
                    BX=BETWEEN(M,1)
                    BY=BETWEEN(M,2)
                    IF (A1X==A2X) THEN
                      FITRAY=BY
                      FITRAX=A1X
                    ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                      FITRAX=BX
                      FITRAY=A1Y
                    ELSE
                      FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                      FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                    END IF
                    GOST(2)=BE(M,1)
                    K=1
                    DIAKOPTHSB=0

                    DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                      IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                        AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                        AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                        IF (K/=1)THEN
                          AKSOR(K-1)=(ARR(BE(M,1)-1))/2
                        END IF
                        DIAKOPTHSB=1
                      END IF
                      K=K+1
                    END DO
                  END IF
                 END DO
               END IF
               !telos enothtas A
               !!!!!!!!!!!
               !!!!
               !!!!!!!!!!
               DIAKOPTHSB=0
               K=1
               GOST(1)=I
               GOST(2)=PAIR
               DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                 IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                   AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
                   AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
                   AKSOR(K-1)=(ARR(PAIR-1)+DEKSR(I-1))/2
                   DIAKOPTHSB=1
                 END IF
                 K=K+1
               END DO

              END IF
            ELSE
              !periptwsh 2
              IF (DISTSEC>CRIT)  THEN  !periptwsh 2.1:h deuterh kontinoterh korifh tis
aristrhs poligonikhs apo tin korifh DEKSPOL(I) apexei perissotero apo 60 m
```

```
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!enothta A opou:ZEY=PAIR
ZEY=PAIR

BE=0

BETWEEN=0
APOST=0
TEMP1=0
TEMP2=0
TEMP3=0
M=1
IF (I-GOST(1)>1)  THEN
  DO L=GOST(1)+1,I-1
    BE(M,1)=L
    BE(M,2)=1
    BETWEEN(M,1)=DEKSPOL(L,1)
    BETWEEN(M,2)=DEKSPOL(L,2)
    M=M+1
  END DO
END IF
IF (ZEY-GOST(2)>1) THEN
  DO L=GOST(2)+1,ZEY-1
    BE(M,1)=L
    BE(M,2)=2
    BETWEEN(M,1)=ARPOL(L,1)
    BETWEEN(M,2)=ARPOL(L,2)
    M=M+1
  END DO
END IF
IF (M>1) THEN
  PL=M-1
  DO M=1,PL
    APOST(M)=SQRT((BETWEEN(M,1)-DEKSPOL(GOST(1),1))**2+(BETWEEN(M,2)-
DEKSPOL(GOST(1),2))**2)
  END DO
  IF (PL>1) THEN
    DO M=2,50
      DO N=50,M,-1
        IF ((APOST(N-1)>APOST(N)).AND.(APOST(N)/=0)) THEN
          TEMP1=APOST(N-1)
          APOST(N-1)=APOST(N)
          APOST(N)=TEMP1

          TEMP2(1,1)=BE(N-1,1)
          BE(N-1,1)=BE(N,1)
          BE(N,1)=TEMP2(1,1)

          TEMP2(1,2)=BE(N-1,2)
          BE(N-1,2)=BE(N,2)
          BE(N,2)=TEMP2(1,2)

          TEMP3(1,1)=BETWEEN(N-1,1)
          BETWEEN(N-1,1)=BETWEEN(N,1)
          BETWEEN(N,1)=TEMP2(1,1)

          TEMP3(1,2)=BETWEEN(N-1,2)
          BETWEEN(N-1,2)=BETWEEN(N,2)
         BETWEEN(N,2)=TEMP2(1,2)
       END IF
     END DO
   END DO
```

```
                        END IF


                       !DO WHILE ((GOST(1)<I-1).OR.(GOST(2)<ZEY-1))
                        DO M=1,PL

                          IF (BE(M,2)==1) THEN

                            A1X=ARPOL(GOST(2),1)
                            A1Y=ARPOL(GOST(2),2)
                            A2X=ARPOL(GOST(2)+1,1)
                            A2Y=ARPOL(GOST(2)+1,2)
                            BX=BETWEEN(M,1)
                            BY=BETWEEN(M,2)
                            IF (A1X==A2X) THEN
                              FITRAY=BY
                              FITRAX=A1X
                            ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                              FITRAX=BX
                              FITRAY=A1Y
                            ELSE
                              FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                              FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                            END IF

                            GOST(1)=BE(M,1)
                            K=1
                            DIAKOPTHSB=0

                            DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                             IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                               AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                               AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                               IF (K/=1)THEN
                                 AKSOR(K-1)=(DEKSR(BE(M,1)-1))/2
                              END IF
                              DIAKOPTHSB=1
                            END IF
                            K=K+1
                           END DO
                         ELSE IF (BE(M,2)==2) THEN
                           A1X=DEKSPOL(GOST(1),1)
                           A1Y=DEKSPOL(GOST(1),2)
                           A2X=DEKSPOL(GOST(1)+1,1)
                           A2Y=DEKSPOL(GOST(1)+1,2)
                           BX=BETWEEN(M,1)
                           BY=BETWEEN(M,2)
                           IF (A1X==A2X) THEN
                             FITRAY=BY
                             FITRAX=A1X
                           ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                             FITRAX=BX
                             FITRAY=A1Y
                           ELSE
                             FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                             FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                           END IF
                           GOST(2)=BE(M,1)
                           K=1
```

```
                    DIAKOPTHSB=0

                    DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                      IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                        AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                        AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                        IF (K/=1)THEN
                          AKSOR(K-1)=(ARR(BE(M,1)-1))/2
                        END IF
                        DIAKOPTHSB=1
                      END IF
                      K=K+1
                    END DO
                  END IF
                END DO
               END IF
               !telos enothtas A
               !!!!!!!!!!!
               !!!!
               !!!!!!!!!!

                  IF (CRIT>SQRT((ARPOL(PAIR,1)-DEKSPOL(I+1,1))**2+(ARPOL(PAIR,2)-
DEKSPOL(I+1,2))**2) )THEN
                    DIAKOPTHS=1
                    IF  (I+1==NLINESDEKS+1)  THEN
                      TERMA=1
                      K=1
                      DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                        IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                          AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
                          AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,2))/2
                          AKSOR(K-1)=ARR(I-1)/2
                          AKSOPOL(K+1,1)=(DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
                          AKSOPOL(K+1,2)=(DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(PAIR,2))/2
                          DIAKOPTHSB=1
                        END IF
                        K=K+1
                      END DO
                    ELSE
                      IF( (DEKSPOL(I-1,1)/=DEKSPOL(I,1)) .AND.
(DEKSPOL(I+1,1)/=DEKSPOL(I+2,1)) )THEN
                        XA=DEKSPOL(I-1,1)
                        YA=DEKSPOL(I-1,2)
                        XB=DEKSPOL(I,1)
                        YB=DEKSPOL(I,2)
                        XC=DEKSPOL(I+1,1)
                        YC=DEKSPOL(I+1,2)
                        XD=DEKSPOL(I+2,1)
                        YD=DEKSPOL(I+2,2)
                        TOMHX=(YC-YA+(YA-YB)/(XA-XB)*XA-(YD-YC)/(XD-XC)*XC)/((YA-
YB)/(XA-XB)-(YD-YC)/(XD-XC))
                        TOMHY=DEKSPOL(I-1,2)+(DEKSPOL(I,2)-DEKSPOL(I-
1,2))/(DEKSPOL(I,1)-DEKSPOL(I-1,1))*(TOMHX-DEKSPOL(I-1,1))
                      ELSE IF (DEKSPOL(I-1,1)==DEKSPOL(I,1)) THEN
                        TOMHX= DEKSPOL(I-1,1)
                        TOMHY= DEKSPOL(I+1,2)+(DEKSPOL(I+2,2)-
DEKSPOL(I+1,2))/(DEKSPOL(I+2,1)-DEKSPOL(I+1,1))*(TOMHX-DEKSPOL(I+1,1))
                      ELSE IF (DEKSPOL(I+1,1)==DEKSPOL(I+2,1)) THEN
                        TOMHX= DEKSPOL(I+1,1)
                        TOMHY= DEKSPOL(I-1,2)+(DEKSPOL(I,2)-DEKSPOL(I-
1,2))/(DEKSPOL(I,1)-DEKSPOL(I-1,1))*(TOMHX-DEKSPOL(I-1,1))
```

```
                           END IF
                           TOMHX=(TOMHX+ARPOL(PAIR,1))/2
                           TOMHY=(TOMHY+ARPOL(PAIR,2))/2
                           DI=SQRT((TOMHX-DEKSPOL(I,1))**2+(TOMHY-DEKSPOL(I,2))**2)
                           DII=SQRT((TOMHX-DEKSPOL(I+1,1))**2+(TOMHY-DEKSPOL(I+1,2))**2)
                           LI=SQRT((TOMHX-(DEKSPOL(I-1,1)+ARPOL(PAIR-1,1))/2)**2+(TOMHY-
(DEKSPOL(I-1,2)+ARPOL(PAIR-1,2))/2)**2)
                           LII=SQRT((TOMHX-(DEKSPOL(I+2,1)+ARPOL(PAIR+1,1))/2)**2+(TOMHY-
(DEKSPOL(I+2,2)+ARPOL(PAIR+1,2))/2)**2)
                           DIAKOPTHSB=0
                           K=1
                           GOST(1)=I+1
                           GOST(2)=PAIR
                           DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                             IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                               AKSOPOL(K,1)=TOMHX*(LI-DI)/LI+(DEKSPOL(I-1,1)+ARPOL(PAIR-
1,1))/2*DI/LI
                               AKSOPOL(K,2)=TOMHY*(LI-DI)/LI+(DEKSPOL(I-1,2)+ARPOL(PAIR-
1,2))/2*DI/LI
                               AKSOR(K-1)=(ARR(PAIR-1)+DEKSR(I-1))/2
                               AKSOPOL(K+1,1)=TOMHX*(LII-
DII)/LII+(DEKSPOL(I+2,1)+ARPOL(PAIR+1,1))/2*DII/LII
                               AKSOPOL(K+1,2)=TOMHY*(LII-
DII)/LII+(DEKSPOL(I+2,2)+ARPOL(PAIR+1,2))/2*DII/LII
                               AKSOR(K)=(ARR(PAIR-1)+DEKSR(I))/2
                               DIAKOPTHSB=1
                             END IF
                             K=K+1
                           END DO
                         END IF

                      ELSE
                         DIAKOPTHSB=0
                         K=1
                         GOST(1)=I
                         GOST(2)=PAIR
                         DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                           IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                             AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(I,1)+ARPOL(PAIR,1))/2
                             AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(I,2)+ARPOL(PAIR,2))/2
                             IF (K/=1)THEN
                               AKSOR(K-1)=(ARR(PAIR-1)+DEKSR(I-1))/2
                             END IF
                             DIAKOPTHSB=1
                           END IF
                           K=K+1
                         END DO
                      END IF
                  ELSE !periptwsh 2.2:h 2h kontinoterh korifh  apo to DEKSPOL(I) apexei
apostash mikroterh twn 60 m
                    !Enothta A   opou:ZEY=MIN(PAIR,TRINITY)

                    ZEY=MIN(PAIR,TRINITY)
                    BE=0

                    BETWEEN=0
                    APOST=0
                    TEMP1=0
                    TEMP2=0
                    TEMP3=0
                    M=1
                    IF (I-GOST(1)>1)  THEN
```

```
                    DO L=GOST(1)+1,I-1
                      BE(M,1)=L
                      BE(M,2)=1
                      BETWEEN(M,1)=DEKSPOL(L,1)
                      BETWEEN(M,2)=DEKSPOL(L,2)
                      M=M+1
                    END DO
                  END IF
                  IF (ZEY-GOST(2)>1) THEN
                    DO L=GOST(2)+1,ZEY-1
                      BE(M,1)=L
                      BE(M,2)=2
                      BETWEEN(M,1)=ARPOL(L,1)
                      BETWEEN(M,2)=ARPOL(L,2)
                      M=M+1
                    END DO
                  END IF
                  IF (M>1) THEN
                    PL=M-1
                    DO M=1,PL
                      APOST(M)=SQRT((BETWEEN(M,1)-DEKSPOL(GOST(1),1))**2+(BETWEEN(M,2)-
DEKSPOL(GOST(1),2))**2)
                    END DO
                  IF (PL>1) THEN
                    DO M=2,50
                      DO N=50,M,-1
                        IF ((APOST(N-1)>APOST(N)).AND.(APOST(N)/=0)) THEN
                           TEMP1=APOST(N-1)
                           APOST(N-1)=APOST(N)
                           APOST(N)=TEMP1

                           TEMP2(1,1)=BE(N-1,1)
                           BE(N-1,1)=BE(N,1)
                           BE(N,1)=TEMP2(1,1)

                           TEMP2(1,2)=BE(N-1,2)
                           BE(N-1,2)=BE(N,2)
                           BE(N,2)=TEMP2(1,2)

                           TEMP3(1,1)=BETWEEN(N-1,1)
                           BETWEEN(N-1,1)=BETWEEN(N,1)
                           BETWEEN(N,1)=TEMP2(1,1)

                           TEMP3(1,2)=BETWEEN(N-1,2)
                           BETWEEN(N-1,2)=BETWEEN(N,2)
                           BETWEEN(N,2)=TEMP2(1,2)
                         END IF
                       END DO
                     END DO
                   END IF


                   !DO WHILE ((GOST(1)<I-1).OR.(GOST(2)<ZEY-1))
                   DO M=1,PL

                     IF (BE(M,2)==1) THEN

                       A1X=ARPOL(GOST(2),1)
                       A1Y=ARPOL(GOST(2),2)
                       A2X=ARPOL(GOST(2)+1,1)
                       A2Y=ARPOL(GOST(2)+1,2)
                       BX=BETWEEN(M,1)
```

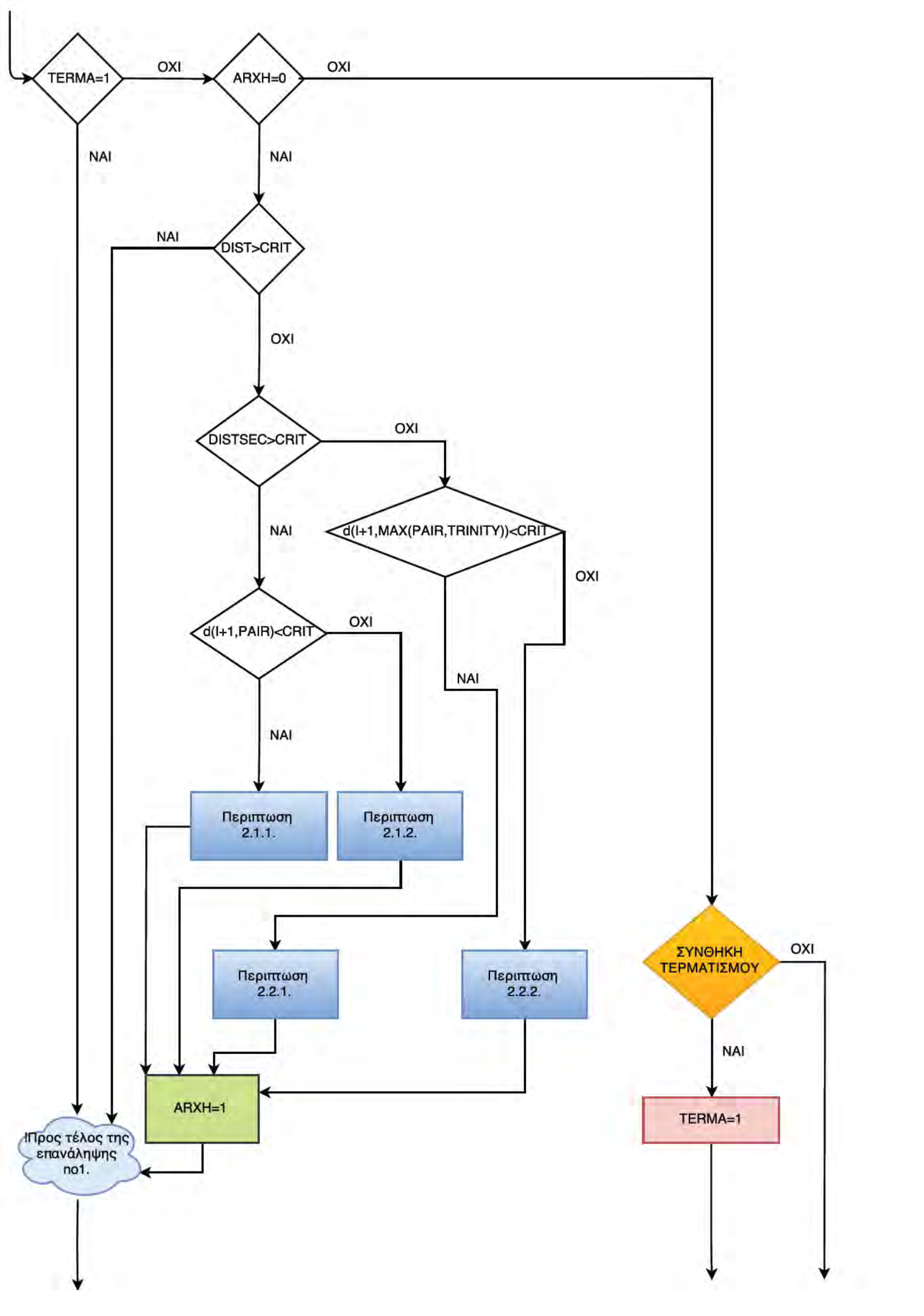
```
                        BY=BETWEEN(M,2)
                        IF (A1X==A2X) THEN
                          FITRAY=BY
                          FITRAX=A1X
                        ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                          FITRAX=BX
                          FITRAY=A1Y
                        ELSE
                          FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                          FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                        END IF

                        GOST(1)=BE(M,1)
                        K=1
                        DIAKOPTHSB=0

                        DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                          IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                            AKSOPOL(K,1)=(DEKSPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                            AKSOPOL(K,2)=(DEKSPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                            IF (K/=1)THEN
                              AKSOR(K-1)=(DEKSR(BE(M,1)-1))/2
                            END IF
                            DIAKOPTHSB=1
                          END IF
                          K=K+1
                        END DO
                      ELSE IF (BE(M,2)==2) THEN
                        A1X=DEKSPOL(GOST(1),1)
                        A1Y=DEKSPOL(GOST(1),2)
                        A2X=DEKSPOL(GOST(1)+1,1)
                        A2Y=DEKSPOL(GOST(1)+1,2)
                        BX=BETWEEN(M,1)
                        BY=BETWEEN(M,2)
                        IF (A1X==A2X) THEN
                          FITRAY=BY
                          FITRAX=A1X
                        ELSE IF (A1Y==A2Y)THEN
                          FITRAX=BX
                          FITRAY=A1Y
                        ELSE
                          FITRAX=(BY-A1Y+BX*(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y)+A1X*(A2Y-A1Y)/(A2X-
A1X))/((A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)+(A2X-A1X)/(A2Y-A1Y))
                          FITRAY=A1Y+(A2Y-A1Y)/(A2X-A1X)*(FITRAX-A1X)
                        END IF
                        GOST(2)=BE(M,1)
                        K=1
                        DIAKOPTHSB=0

                        DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                          IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                            AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(BE(M,1),1)+FITRAX)/2
                            AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(BE(M,1),2)+FITRAY)/2

                            IF (K/=1)THEN
                              AKSOR(K-1)=(ARR(BE(M,1)-1))/2
                            END IF
                            DIAKOPTHSB=1
                          END IF
                          K=K+1
```

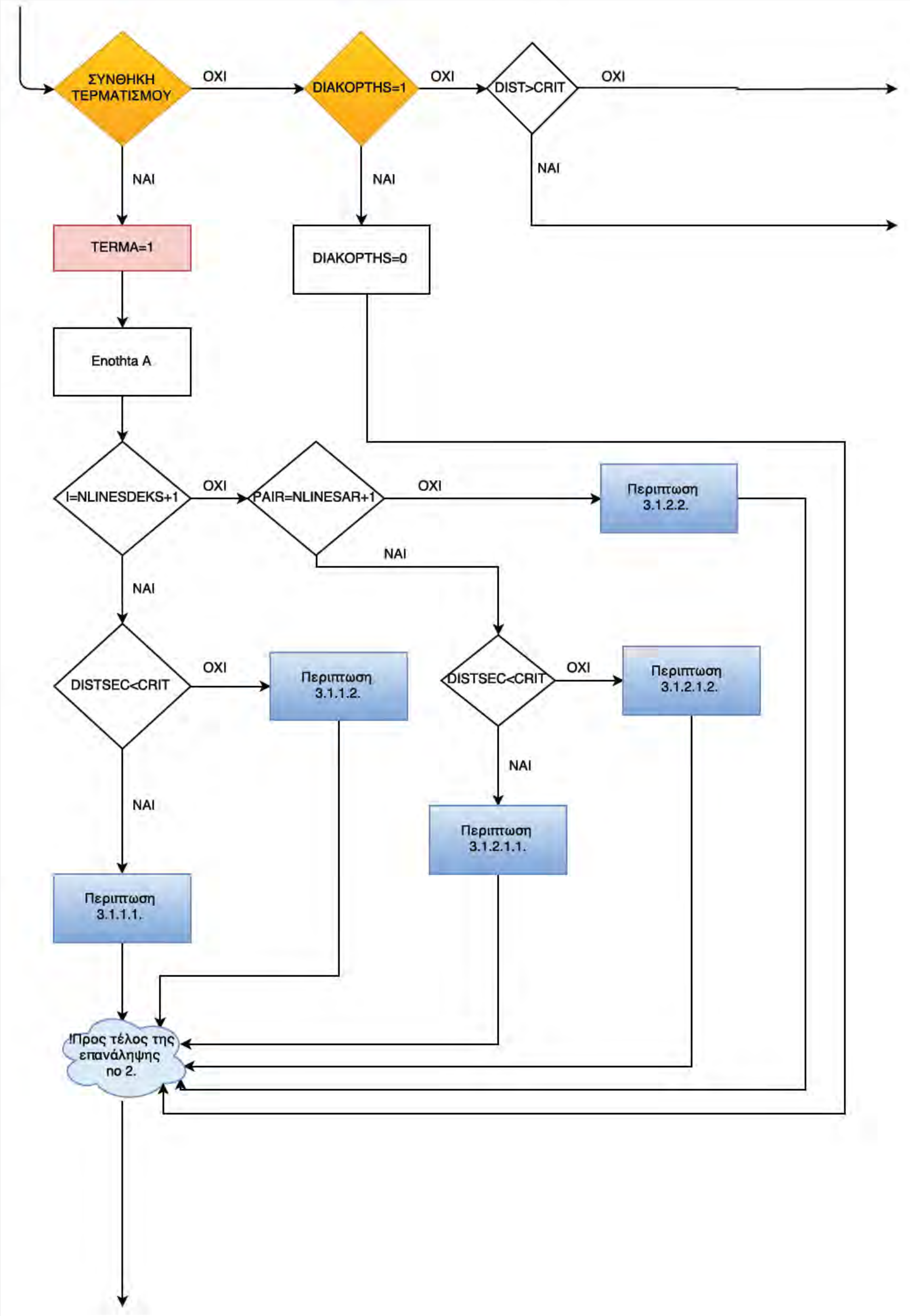
```
                        END DO
                      END IF
                     END DO
                   END IF
                   !telos enothtas A
    !!!!!!!!!!!
    !!!!
    !!!!!!!!!!
                    IF(CRIT>SQRT((ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)-
DEKSPOL(I+1,1))**2+(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)-DEKSPOL(I+1,2))**2))THEN  !  periptwsh2.2.1:
kontinwn strofwn

                       DIAKOPTHS=1
                       DIAKOPTHSB=0
                       K=1
                       GOST(1)=I+1
                       GOST(2)=MAX(PAIR,TRINITY)
                       DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                        IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN

                          AKSOPOL(K,1)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I,1))/2
                          AKSOPOL(K,2)=(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I,2))/2
                          AKSOR(K-1)=(ARR(MIN(PAIR,TRINITY)-1)+DEKSR(I-1))/2
                          AKSOPOL(K+1,1)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)+DEKSPOL(I+1,1))/2
                          AKSOPOL(K+1,2)=(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)+DEKSPOL(I+1,2))/2
                          AKSOR(K)=(ARR(MAX(PAIR,TRINITY)-1)+DEKSR(I))/2
                          DIAKOPTHSB=1
                        END IF
                        K=K+1
                      END DO
                    ELSE !periptwsh 2.2.2:(1strofh apo DEKSPOL(I),MIN(PAIR,TRINITY),
MAX(PAIR,TRINITY)
                       IF( (ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1)/=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)) .AND.
(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)/=ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1)) )THEN
                           XA=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1)
                           YA=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2)
                           XB=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)
                           YB=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)
                           XC=ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)
                           YC=ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)
                           XD=ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1)
                           YD=ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,2)


                          TOMHX=(YC-YA+(YA-YB)/(XA-XB)*XA-(YD-YC)/(XD-XC)*XC)/((YA-YB)/(XA-
XB)-(YD-YC)/(XD-XC))
                          TOMHY=ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2)+(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)-
ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2))/(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)-ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-
1,1))*(TOMHX-ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1))
                       ELSE IF (ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1)==ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1))
THEN
                          TOMHX= ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1)
                          TOMHY= ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2)+(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,2)-
ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2))/(ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1)-
ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))*(TOMHX-ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))
                       ELSE IF (ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)==ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1))
THEN
                          TOMHX= ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1)
                          TOMHY= ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2)+(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2)-
ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2))/(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1)-ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-
1,1))*(TOMHX-ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1))
                       END IF
```

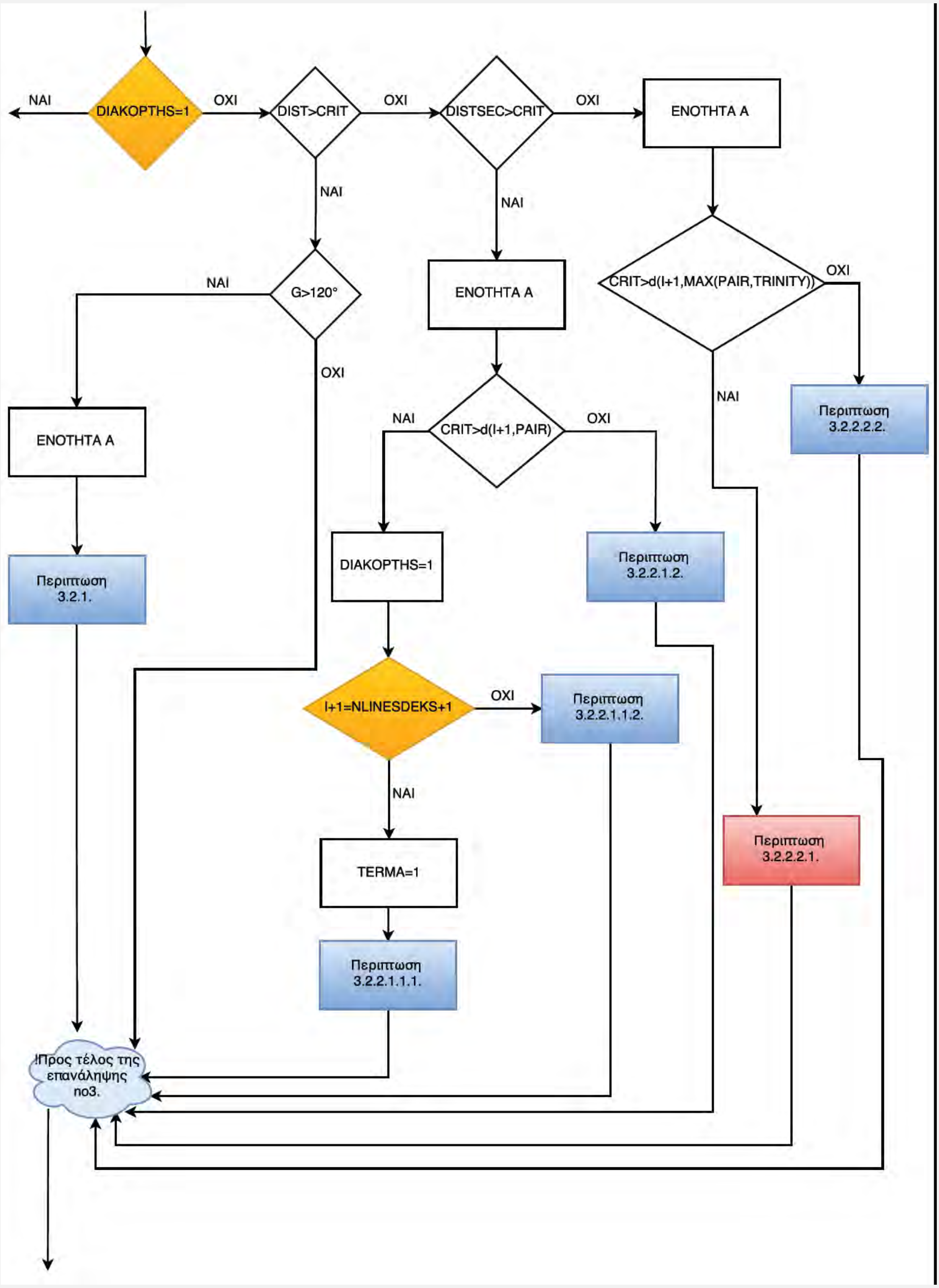
```
                       TOMHX=(TOMHX+DEKSPOL(I,1))/2
                       TOMHY=(TOMHY+DEKSPOL(I,2))/2!!!!!!
                       DI=SQRT((TOMHX-ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),1))**2+(TOMHY-
ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY),2))**2)
                       DII=SQRT((TOMHX-ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),1))**2+(TOMHY-
ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY),2))**2)
                       LI=SQRT((TOMHX-(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1)+DEKSPOL(I-
1,1))/2)**2+(TOMHY-(ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2)+DEKSPOL(I-1,2))/2)**2)
                       LII=SQRT((TOMHX-
((DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1)))/2)**2+(TOMHY-
((DEKSPOL(I+1,2)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,2)))/2)**2)

                       DIAKOPTHSB=0
                       K=1
                       GOST(1)=I
                       GOST(2)=MAX(PAIR,TRINITY)
                       DO WHILE (DIAKOPTHSB==0)
                          IF( (AKSOPOL(K,1)==0) .AND. (AKSOPOL(K,2)==0) )THEN
                            AKSOPOL(K,1)=TOMHX*(LI-DI)/LI+(DEKSPOL(I-
1,1)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,1))/2*DI/LI
                            AKSOPOL(K,2)=TOMHY*(LI-DI)/LI+(DEKSPOL(I-
1,2)+ARPOL(MIN(PAIR,TRINITY)-1,2))/2*DI/LI
                            AKSOR(K-1)=(ARR(MIN(PAIR,TRINITY)-1)+DEKSR(I-1))/2
                            AKSOPOL(K+1,1)=TOMHX*(LII-
DII)/LII+(DEKSPOL(I+1,1)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,1))/2*DII/LII
                            AKSOPOL(K+1,2)=TOMHY*(LII-
DII)/LII+(DEKSPOL(I+1,2)+ARPOL(MAX(PAIR,TRINITY)+1,2))/2*DII/LII
                            AKSOR(K)=(ARR(MAX(PAIR,TRINITY)-1)+DEKSR(I-1))/2
                            DIAKOPTHSB=1
                          END IF
                          K=K+1
                       END DO

                   END IF
                 END IF !telos if twn upoperiptwsewn ths periptwshs 2
               END IF
            END IF
          END IF
        END IF
       END DO

       !!!!!!!
       NLINESAKS=1
       DO WHILE ((AKSOPOL(NLINESAKS,1)/=0).AND.(AKSOPOL(NLINESAKS,2)/=0))
           NLINESAKS=NLINESAKS+1
       END DO
       NLINESAKS=NLINESAKS-2
       WRITE(DAKS,'(1x,A5,F14.3,A1,F14.3)') "1,K1,", AKSOPOL(1,1),",",AKSOPOL(1,2)


       DO I=2,NLINESAKS


         IF (I<10) THEN

           WRITE(DAKS,'(1x,A3,I1,A1,F14.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",AKSOPOL(I,1),",",AKSOPOL(I,2),",",0,",",AKSOR(I-1),",",0
         ELSE IF (I<100) THEN

           WRITE(DAKS,'(1x,A3,I2,A1,F13.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",AKSOPOL(I,1),",",AKSOPOL(I,2),",",0,",",AKSOR(I-1),",",0
         ELSE
```

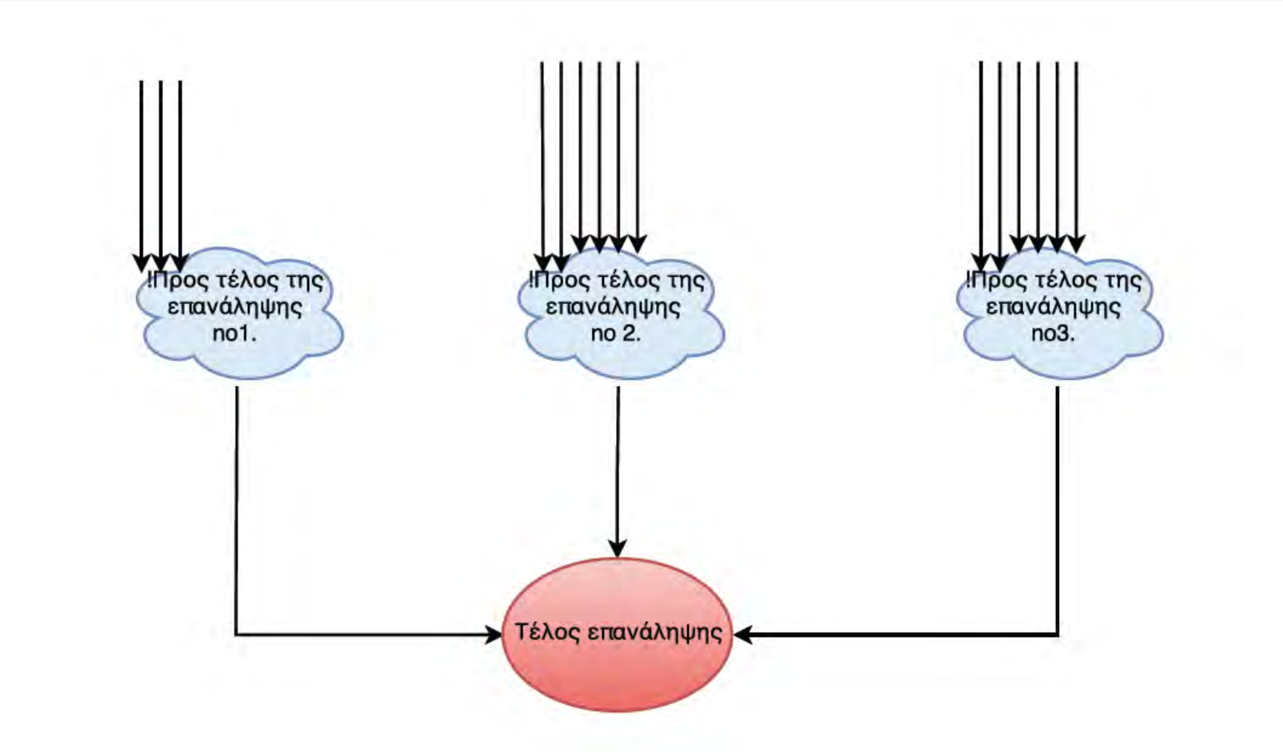
```
           WRITE(DAKS,'(1x,A3,I3,A1,F12.3,A1,F14.3,A1,I1,A1,F14.3,A1,I1)')
"1,K",I,",",AKSOPOL(I,1),",",AKSOPOL(I,2),",",0,",",AKSOR(I-1),",",0
          END IF
        END DO


        IF (NLINESAKS+1<10) THEN
          ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
          WRITE(DAKS,'(1x,A3,I1,A1,F14.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINESAKS+1,",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,1),",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,2)
        ELSE IF(NLINESAKS+1<100) THEN
          ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
          WRITE(DAKS,'(1x,A3,I2,A1,F13.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINESAKS+1,",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,1),",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,2)
        ELSE
          ! WRITE(FD_OUTPUT,*) "1,K",",",TELPOL(NLINES+1,1),",",TELPOL(NLINES+1,2)
          WRITE(DAKS,'(1x,A3,I3,A1,F12.3,A1,F14.3)')
"1,K",NLINESAKS+1,",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,1),",",AKSOPOL(NLINESAKS+1,2)
        END IF
    END SUBROUTINE AKSONAS
    REAL FUNCTION AZIMOUTHIO(XA,YA,XB,YB)
    IMPLICIT NONE
    DOUBLE PRECISION XA,YA,XB,YB,A,DY,DX
    DX=XB-XA
    DY=YB-YA
    IF (DX==0) THEN
      IF (DY>0) THEN
        AZIMOUTHIO=0
      ELSE IF (DY<0)THEN
        AZIMOUTHIO=3.1415926535897932
      END IF
    ELSE IF (DY==0) THEN
      IF (DX>0) THEN
        AZIMOUTHIO=3.1415926535897932/2
      ELSE IF (DX<0) THEN
        AZIMOUTHIO=3.1415926535897932*3/2
      END IF
    ELSE
      A=DATAN(DABS(DX/DY))
      IF (DX>0) THEN
        IF (DY>0) THEN
          AZIMOUTHIO=A
        ELSE IF (DY<0) THEN
          AZIMOUTHIO=-A+3.1415926535897932
        END IF
      ELSE IF (DX<0) THEN
        IF (DY>0) THEN
          AZIMOUTHIO=2*3.1415926535897932-A
        ELSE IF (DY<0) THEN
          AZIMOUTHIO=3.1415926535897932+A
        END IF
      END IF
    END IF
    RETURN
    END FUNCTION AZIMOUTHIO
  END PROGRAM
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ ΚΥΡΙΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ
ΥΠΟΡΟΥΤΗΝΑΣ AKSONAS


TERMA=1
OXI
ARXH=0
OXI
NAI
NAI
NAI
DIST>CRIT
OXI
DISTSEC>CRIT
OXI
NAI
d(I+1,MAX(PAIR,TRINITY))<CRIT
OXI
d(I+1,PAIR)<CRIT
OXI
NAI
NAI
Περιπτωση 2.1.1.
Περιπτωση 2.1.2.
Περιπτωση 2.2.1.
Περιπτωση 2.2.2.
ΣΥΝΘΗΚΗ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ
OXI
NAI
ARXH=1
TERMA=1
ΙΠρος τέλος της επανάληψης no1.


ΣΥΝΘΗΚΗ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΟΧΙ
DIAKOPTHS=1
ΟΧΙ
DIST>CRIT
ΟΧΙ
ΝΑΙ
ΝΑΙ
ΝΑΙ
TERMA=1
DIAKOPTHS=0
Enothta A
I=NLINESDEKS+1
ΟΧΙ
PAIR=NLINESAR+1
ΟΧΙ
Περιπτωση 3.1.2.2.
ΝΑΙ
ΝΑΙ
DISTSEC<CRIT
ΟΧΙ
Περιπτωση 3.1.1.2.
DISTSEC<CRIT
ΟΧΙ
Περιπτωση 3.1.2.1.2.
ΝΑΙ
ΝΑΙ
Περιπτωση 3.1.2.1.1.
Περιπτωση 3.1.1.1.
!Προς τέλος της επανάληψης no 2.


NAI
DIAKOPTHS=1
OXI
DIST>CRIT
OXI
DISTSEC>CRIT
OXI
ENOTHTA A
NAI
NAI
NAI
G>120°
ENOTHTA A
CRIT>d(I+1,MAX(PAIR,TRINITY))
OXI
OXI
NAI
ENOTHTA A
NAI
CRIT>d(I+1,PAIR)
OXI
Περιπτωση 3.2.2.2.2.
DIAKOPTHS=1
Περιπτωση 3.2.2.1.2.
Περιπτωση 3.2.1.
I+1=NLINESDEKS+1
OXI
Περιπτωση 3.2.2.1.1.2.
NAI
TERMA=1
Περιπτωση 3.2.2.2.1.
Περιπτωση 3.2.2.1.1.1.
!Προς τέλος της επανάληψης no3.


!Προς τέλος της επανάληψης no1.
!Προς τέλος της επανάληψης no 2.
!Προς τέλος της επανάληψης no3.
Τέλος επανάληψης