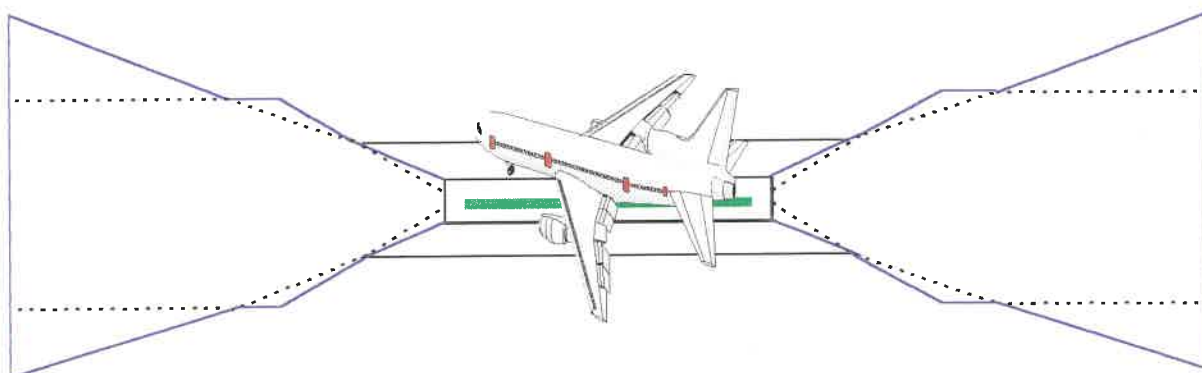


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΣ: Κ. ΑΜΠΑΚΟΥΜΚΙΝ
Φ. ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΜΑΤΙΣΜΩΝ ΕΝΟΣ
ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ
ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΛΑΦΟΥΣ



Διπλωματική εργασία:

ΜΑΛΙΝΔΡΕΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 1996

Ευχαριστίες

Τελειώνοντας τη διπλωματική αυτή εργασία νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω αυτούς που με καθοδήγησαν και συνετέλεσαν στην διεκπεραίωση της, σύμφωνα με τους αντικειμενικούς σκοπούς που τέθηκαν από την αρχή. Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη θα ήθελα να εκφράσω στον καθηγητή Κ. Αμπακούμκιν που μου έδωσε το ερέθισμα και την δυνατότητα να ασχοληθώ με το θέμα αυτό, καθώς και για τις εποικοδομητικές, καθοδηγητικές και κριτικές του παρατηρήσεις. Επίσης εκφράζω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον άμεσο επιβλέποντα της μελέτης αυτής, κύριο Φ. Μερτζάνη, για το ειλικρινές ενδιαφέρον, την αμέριστη συμπαράσταση και την ουσιαστική βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τέλος, ένα θερμότατο ευχαριστώ εκφράζω στους γονείς μου και στα αδέρφια μου που με περιέβαλαν με κατανόηση και αγάπη όλη αυτή την περίοδο.

Γ.Π.Μ.

Περιεχόμενα

Σύνοψη	I
Abstract	II
Περίληψη	III

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 Γενικά για τις αερομεταφορές	1
1.2 Ρόλος Η/Υ στην εξέλιξη των αερομεταφορών	2
1.2.1 Γενικά	2
1.2.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας	3

2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Συλλογή στοιχείων εδάφους	4
2.2.1 Κατανομή αρχικών δεδομένων	4
2.2.2 Κατάλληλη πυκνότητα αρχικών δεδομένων	5
2.2.3 Τεχνικές συλλογής στοιχείων εδάφους	7
2.3 Επεξεργασία στοιχείων εδάφους-Πορεία προσομοίωσης	10
2.4 Προσομοίωση βασιζόμενη σε κানাβο	10
2.4.1 Γενικά	10
2.4.2 Προοδευτικό δείγμα	11
2.4.3 Παρεμβολή κόμβων κανάβου	12
2.4.4 Πολυώνυμα παράστασης επιφανειών	15
2.5 Προσομοίωση βασιζόμενη στο τριγωνισμό	16
2.5.1 Γενικά	16
2.5.2 Μέθοδος Delaunay	17
2.5.3 Αλγόριθμος ακτινικής «σάρωσης»	19
2.6 Πρότυπα προσομοίωσης προγράμματος AIR96	20
2.7 Σχηματισμός ισουψών	24
2.7.1 Μέθοδος βάση κανάβου	24
2.7.2 Μέθοδος βάση τριγωνισμού	27
2.7.3 Σύγκριση μεθόδων	29

2.7.4 Σφάλματα που παρουσιάζονται στις ισουψείς	30
---	----

3. ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ - ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

3.1 Διάκριση αεροδρομίων	32
3.2 Κύριες κατασκευές αεροδρομίων	33
3.3 Διαδικασία σχεδιασμού ενός αεροδρομίου	35
3.3.1 Γενικά	35
3.3.2 Σχέδιο γενικής διάταξης αεροδρομίου	36
3.4 Αεροσκάφη σχεδιασμού - τύποι αεροσκαφών	40

4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΜΠΟΔΙΩΝ

4.1 Γενικά	43
4.2 Οριακές επιφάνειες εμποδίων	43
4.2.1 Εσωτερική - Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια	43
4.2.2 Κωνική επιφάνεια	45
4.2.3 Επιφάνεια προσέγγισης	46
4.2.4 Εσωτερική επιφάνεια προσέγγισης	46
4.2.5 Μεταβατική επιφάνεια	47
4.2.6 Εσωτερική μεταβατική επιφάνεια	47
4.2.7 Επιφάνεια απογείωσης	49
4.2.8 Επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση	49
4.3 Διάδρομοι προσγείωσης	51
4.3.1 Μη ενόργανοι διάδρομοι	51
4.3.2 Μη ακριβείς ενόργανοι διάδρομοι	54
4.3.3 Ακριβείς ενόργανοι διάδρομοι	55
4.4 Διάδρομοι απογείωσης	58
4.5 Αντικείμενα εκτός των επιφανειών	60
4.6 Άλλα αντικείμενα	61

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

5.1 Γενικά	62
------------------	----

5.2	Επιρροή μετεωρολογικών συνθηκών	63
5.2.1	Γενικά	63
5.2.2	Επιρροή της θερμοκρασίας	63
5.2.3	Επιρροή των ανέμων - Ανεμολόγιο	64
5.3	Επιρροή τοπογραφικών συνθηκών	65
5.3.1	Γενικά	65
5.3.2	Επιρροή υψομέτρου αεροδρομίου στο μήκος διαδρόμου ..	67
5.4	Επιρροή γεωμετρικών συνθηκών στο μήκος διαδρόμου	67
5.5	Επιρροή οικολογικών παραμέτρων	68

6. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

6.1	Κατηγορίες αεροδρομίων - διαδρόμων	70
6.2	Διάδρομοι - Ζώνη ασφαλείας	70
6.2.1	Στοιχεία οριζοντιογραφίας	70
6.2.2	Στοιχεία μηκοτομής-επικλίσεων	73
6.3	Στοιχεία γεωμετρίας τροχοδρομικού συστήματος	73
6.4	Δάπεδα αναμονής για απογείωση	75

7. ΧΩΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΚΙΝΗΣΗ ΓΑΙΩΝ

7.1	Γενικά	77
7.2	Μέθοδοι εμβαδομέτρησης	77
7.2.1	Γραφικές μέθοδοι	77
7.2.2	Αναλυτικές μέθοδοι	80
7.2.3	Μέθοδος με Η/Υ	80
7.3	Μέθοδοι ογκομέτρησης	81
7.3.1	Μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών	81
7.3.2	Μέθοδος των μέσων επιφανειών	82
7.3.3	Μέθοδος με Η/Υ	82
7.4	Συντελεστής επιπλήσματος	84
7.5	Κίνηση γαιών	85
7.5.1	Γενικά	85
7.5.2	Σχεδίαση του διαγράμματος Bruckner	86

7.5.3	Γραμμές διανομής	87
7.5.4	Τρόποι μετακίνησης γαιών	89
7.5.5	Διάγραμμα LALANNE	90

8. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ Η/Υ

8.1	Ανάλυση προγράμματος AIR96	92
8.2	Πρότυπα προσομοίωσης εδάφους	99
8.2.1	Γενικά	102
8.2.2	Σύγκριση προτύπων	104
8.3	Εφαρμογές προγράμματος AIR96	109

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ114

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- ◇ Αλγόριθμος προγράμματος AIR96 (file: AIR96)
 - ◇ Αλγόριθμος πρότυπου κεντροβαρικού μέσου όρου (file: BARIKO)
 - ◇ Αλγόριθμος πρότυπου περιγεγραμμένου κύκλου (file: CYCLE)
 - ◇ Αλγόριθμος πρότυπου ελαχίστου εμβαδού (file: EMBADO)
 - ◇ Αλγόριθμος πρότυπου ελαχίστου αθροίσματος πλευρών (file: PLEVRES)
 - ◇ Δείγμα αποτελεσμάτων αρχείων «EPIF», «XOMA»,
-

Σύνοψη διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία με θέμα «Υπολογισμός χωματισμών ενός αεροδρομίου με χρήση τεσσάρων προτύπων προσομοίωσης εδάφους» έχει ως κύριο στόχο την εύρεση του όγκου των χωματισμών (επίχωμα-όρυγμα) που προκύπτουν, καθοριστικού συντελεστή του συνολικού κόστους του αεροδρομίου και σχετίζεται : πρώτον, με τη φάση εκλογής της θέσης ενός νέου αεροδρομίου, και δεύτερον, με την επιλογή τεχνολογίας και μεθόδου διοίκησης στην κατασκευή του έργου. Στην εργασία αυτή καταρτίζεται και εφαρμόζεται πρόγραμμα, γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη του ορισμένα δεδομένα, όπως τη διεύθυνση, το μήκος, τις κλίσεις, το υψόμετρο του διαδρόμου και με βάση αυτά «δημιουργεί» τις επιφάνειες απομάκρυνσης εμποδίων του αεροδρομίου. Με τη βοήθεια των τεσσάρων προτύπων προσομοίωσης εδάφους, στα οποία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην εργασία αυτή, υπολογίζεται σε κάθε διατομή των επιφανειών ο όγκος των χωματισμών που προκύπτει. Η εξοικονόμηση χρόνου από τη χρήση του προγράμματος, σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους, είναι πολύ σημαντική και σε συνδυασμό με την αξιοπιστία του προγράμματος, συμβάλλει στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό και στην αναβάθμιση της ποιότητας κατασκευής ενός νέου αεροδρομίου.

Abstract

This Thesis with subject «The estimation of the earth volume of an airport by use of four digital terrain models» has as main purpose the correct estimation of the earth volume (cut-fill) of an airport, one of the basic components of the total cost of the airport and concerns principally the phase of selecting the location of a new airport, and secondarily, the technology and the management of the project of an airport's construction. In this Thesis a program is formed in Fortran programming language and applied, by taking into account the disposable data, such as the direction, the length, the slopes, the height of the runway, etc. The program «creates» the obstacle limitation surfaces of the airport and, based on the four terrain modelling methods, on which special emphasis in this Thesis is given, estimates the earth volume in every cross-section of the surfaces. The time saving from the use of the program, compared with the classic methods is significant and combined with the credibility of the results of the program, contributes to more effective planning and quality of a new airport's construction.

Περίληψη διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία με θέμα «Υπολογισμός χωματισμών ενός αεροδρομίου με χρήση τεσσάρων προτύπων προσομοίωσης εδάφους» εντάσσεται στη φάση εκλογής θέσης ενός αεροδρομίου, αφού κύριος στόχος της είναι ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν, καθοριστικού παράγοντα του συνολικού κόστους του έργου. Για το σκοπό αυτό καταρτίστηκε και εφαρμόστηκε πρόγραμμα, σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει 9 κεφάλαια, στα οποία αναπτύσσονται ειδικότερα:

Στην Εισαγωγή, γίνεται αναφορά γενικά στις αερομεταφορές και στο ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν οι Η/Υ στο στάδιο του σχεδιασμού της κατασκευής και της λειτουργίας των αεροδρομίων, καθώς επίσης και στους στόχους της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Στο Δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των προτύπων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της μορφολογίας του εδάφους μέσω ισοϋψών καμπύλων. Περιγράφονται δηλαδή ουσιαστικά τα στοιχεία εκείνα που συντελούν στη δημιουργία του καθοριστικού για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, τμήματος του προγράμματος, των προτύπων προσομοίωσης εδάφους.

Στο Τρίτο κεφάλαιο που ακολουθεί διακρίνονται τα αεροδρόμια ανάλογα με την χρήση τους, καθώς και οι κατηγορίες των α/φ, με διάφορα κριτήρια κατά περίπτωση. Επίσης γίνεται αναφορά στις κύριες κατασκευές ενός αεροδρομίου και στο ρόλο που παίζει η κάθε μία για την ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία του. Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα βήματα σχεδιασμού ενός αεροδρομίου (MASTER PLAN).

Στο Τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι επιφάνειες περιορισμού και απομάκρυνσης εμποδίων, με στόχο την ασφάλεια των προσγειώσεων και απογειώσεων των α/φ. Γίνεται επίσης πλήρης αναφορά στις αναγκαίες κατά περίπτωση επιφάνειες για τους διαδρόμους προσγείωσης και απογείωσης, με διάκριση των διαδρόμων προσγείωσης ανάλογα με την χρήση κατάλληλων βοηθητικών οργάνων, μικρής ή μεγάλης ακρίβειας.

Η επίδραση των τοπικών μετεωρολογικών, τοπογραφικών και γεωμετρικών συνθηκών, στο απαιτούμενο μήκος του διαδρόμου και στον τελικό σχεδιασμό των αεροδρομίων, είναι το θέμα που ασχολείται το Πέμπτο κεφάλαιο, χωρίς να παραλείπονται και οι οικολογικές παράμετροι που επηρεάζουν τον τελικό σχεδιασμό της κατασκευής ενός αεροδρομίου.

Το θέμα του Έκτου κεφαλαίου είναι καθαρά γεωμετρικό. Σε αυτό τα αεροδρόμια κατατάσσονται, ανάλογα με το βασικό μήκος του διαδρόμου και διατυπώνονται οι περιορισμοί της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής κατά κατηγορία, όσον αφορά το διάδρομο, την ζώνη ασφαλείας και το τροχοδρομικό σύστημα.

Στο Έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται το τελευταίο τμήμα του προγράμματος, το οποίο έχει σχέση με τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών που δημιουργούνται από την κατασκευή του αεροδρομίου, καθώς και οι τρόποι μετακίνησής τους.

Κατόπιν περιγραφής και ανάλυσης όλων των απαραίτητων στοιχείων για τη δημιουργία των αλγόριθμων του προγράμματος, στο Όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόγραμμα AIR96. Ειδικότερα γίνεται αναφορά στις διάφορες φάσεις που συνθέτουν το πρόγραμμα και τα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους που χρησιμοποιούνται σε αυτό. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται επίσης και τα συγκριτικά αποτελέσματα (χρόνος, όγκος χωματισμών) μιας συγκεκριμένης εφαρμογής, με τη χρήση των τεσσάρων διαφορετικών προτύπων προσομοίωσης εδάφους.

Στο Ένατο κεφάλαιο τέλος, γίνεται μία συνολική θεώρηση της ευχέρειας χρήσης του προγράμματος, του φάσματος που καλύπτει, της σημασίας του στη χρονική διάρκεια και στην ποιότητα του σχεδιασμού, της ποιότητας των προτύπων προσομοίωσης εδάφους και διατυπώνονται προτάσεις για την περαιτέρω βελτίωση του.

Τέλος στο παράρτημα που ακολουθεί παραθέτονται οι αλγόριθμοι του προγράμματος AIR96 και των υπορουτίνων των τεσσάρων προτύπων προσομοίωσης εδάφους. Επίσης, παρουσιάζεται δείγμα των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος, λόγω του μεγάλου όγκου τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 Γενικά για τις αερομεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών κατά τη διάρκεια ιδίως της μεταπολεμικής περιόδου παρουσίασε ταχύτατη πρόοδο, που έφτασε μέχρι να μεταφέρει για πρώτη φορά τον άνθρωπο στην Σελήνη και να προετοιμάσει ταξίδια ακόμη και σε άλλους πολύ πιο μακρινούς πλανήτες του αστρικού μας συστήματος. Επίκεντρο και πρωτοπορία στο «φαινόμενο» της *ραγδαίας τεχνολογικής προόδου* («επανάστασης», «έκρηξης», κτλ.) (technological progress/revolution/explosion), έχει πλέον ο τομέας των μεταφορών και συγκοινωνιών και επικοινωνιών, που συνεχίζεται με γοργούς ρυθμούς, σε τέτοια έκταση που να γίνεται πλέον λόγος για «εκμηδένιση των αποστάσεων», μετάβαση στην «κοινωνία της επικοινωνίας», στην μεταβιομηχανική «οικονομία των υπηρεσιών», κλπ.

Η μεταπολεμική ζωή χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα από την «κινητικότητα» του ανθρώπου, παράλληλα με την «κινητικότητα» των ιδεών, των αγαθών, των συστημάτων κτλ. Το φαινόμενο είναι παγκόσμιο (διεθνές) αλλά και Ελληνικό (εθνικό). Στην εξέλιξή του έχει συντελέσει αναμφισβήτητα η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος που ανοίγει καινούργιους ορίζοντες στην ανθρώπινη προοπτική [βλέπε Κ.Γ.Αμπακούμκιν (1990), Κ.Ι.Χατζή (1978)].

Η «κινητικότητα» που προαναφέρθηκε εκδηλώνεται με την ενεργοποίηση δύο συστημάτων: των συγκοινωνιών και των επικοινωνιών. Τα συστήματα αυτά είναι αλληλένδετα και οπωσδήποτε δεμένα με τις υπόλοιπες εκδηλώσεις της κοινωνικής ζωής.

Οι συγκοινωνίες, ιδιαίτερα, περιλαμβάνουν τα ακόλουθα είδη μεταφορών:

- α) επίγειες (χερσαίες) μεταφορές, δηλαδή τις οδικές, τις σιδηροδρομικές και τους μητροπολιτικούς σιδηρόδρομους
- β) θαλάσσιες μεταφορές και
- γ) εναέριες μεταφορές

Ένας οργανωμένος συγκοινωνιακός κλάδος που αναπτύχθηκε ταχύτατα την περίοδο αυτή και βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη είναι οι *εναέριες μεταφορές* (αερομεταφορές). Έχει διαπιστωθεί από στατιστικά στοιχεία ότι οι αερομεταφορές παρουσιάζουν συνεχή και ταχεία άνοδο, ποιοτική και ποσοτική και αποτελούν σήμερα ουσιαστικό τμήμα του συνολικού

συστήματος των μεταφορών, με άμεσες επιπτώσεις στον τρόπο και την ποιότητα ζωής [βλέπε Κ.Γ. Αμπακούμκιν (1990),1] .

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις *σύγχρονες αερομεταφορές* είναι τα ακόλουθα:

- I. Συνεχής και δυναμική επέκταση, δηλαδή αύξηση των αερομεταφορών επιβατών και εμπορευμάτων, αύξηση του αριθμού των πτήσεων, αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των αεροδρομίων, και τέλος κάλυψη περισσότερων περιοχών.
- II. Διάθεση μεγάλων οικονομικών πόρων για πάγια περιουσιακά στοιχεία (εγκαταστάσεις εδάφους, α/φ, έργα υποδομής, κτλ.) και για την προμήθεια και βελτίωση του αεροπορικού υλικού.
- III. Συνεχής αύξηση των απαιτήσεων σε ειδικευμένο προσωπικό (εδάφους, αέρα) υψηλής εξειδίκευσης για την υποστήριξη του συστήματος.
- IV. Ταυτόχρονη εξέλιξη πολλών συγγενικών τεχνολογικών τομέων, όπως η ηλεκτρονική, τα συστήματα αυτοματισμού, η εδαφομηχανική, η τεχνική της οδοστρώσης.
- V. Ύπαρξη ανοιχτού πεδίου έρευνας και συνεχιζόμενου σχεδιασμού της εξέλιξης των μεταφορικών συστημάτων (υποσυστημάτων, δικτύων, κτλ.), σε συνδυασμό με τη στάθμη της μεταφορικής εξυπηρέτησης [βλέπε Κ.Γ.Αμπακούμκιν (1990),2]

1.2 Ρόλος Η/Υ στην εξέλιξη των αερομεταφορών

1.2.1 Γενικά

Η ταχεία επέκταση των αερομεταφορών και οι προοπτικές για συνέχιση ή/και μελλοντική περαιτέρω επιτάχυνσή της, γίνεται σε πλαίσια βαθμιαίας πολυπλοκοποίησης των προβλημάτων που ανακύπτουν και των δυσχερειών επίλυσής των, ως αποτέλεσμα της ταχείας τεχνολογικής προόδου, του φαινομένου της διεθνοποίησης/παγκοσμιοποίησης (internationalization/globalization) των αγορών, κτλ.

Στα πλαίσια της πολυπλοκότητας της ανάπτυξης του συστήματος των αερομεταφορών, αυτή είναι τεχνικά ανέφικτη έως αδιανόητη, χωρίς την αξιοποίηση της τεχνολογίας των Η/Υ. Ουσιαστικά, η πρόοδος της

τεχνολογίας των Η/Υ ταυτίζεται με τις συγκοινωνίες και τις επικοινωνίες, που σηματοδοτούν ιδιαίτερα το σύστημα των αερομεταφορών σε ολόκληρη τη δομή και σε όλες τις φάσεις και λειτουργίες του. Ειδικότερα, η χρησιμοποίηση Η/Υ είναι απαραίτητη για:

- α. την διατύπωση αξιόπιστων προοπτικών σε ότι αφορά την μελλοντική πορεία της αεροπορικής κίνησης
- β. το σχεδιασμό και την χάραξη εθνικής αναπτυξιακής στρατηγικής στον τομέα των μεταφορών και στον κλάδο των αερομεταφορών (δημιουργία υποδομής, σύστημα ελέγχου αρτιότητας εκτέλεσης και ομαλής λειτουργίας των αεροδρομίων, κτλ.)
- γ. το σχεδιασμό της κατασκευής των αεροδρομίων κλπ. συμπληρωματικών μέσων, με την ευρύτερη έννοια των αερολιμένων [βλέπε Κ.Γ.Αμπακούμκιν (1990),1] για την προσαρμογή του συστήματος των αερομεταφορών στις απαιτήσεις της μελλοντικής αεροπορικής κίνησης, κτλ.

1.2.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία με θέμα «Υπολογισμός χωματισμών ενός αεροδρομίου με χρήση τεσσάρων προτύπων προσομοίωσης εδάφους» εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο του *σχεδιασμού της κατασκευής αεροδρομίων*. Ειδικότερα, αυτή επικεντρώνεται στη χρήση Η/Υ, με σκοπό την βελτιστοποίηση των πόρων που χρησιμοποιούνται και την μεγιστοποίηση του αποτελέσματος, σε όρους ποιοτικής και ποσοτικής συμβολής αυτών στην ικανοποίηση των αναγκών της μελλοντικής αεροπορικής επιβατικής κίνησης (cost-benefit analysis).

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μία ολοκληρωμένη ερευνητική προσπάθεια ένταξης της χρήσης των Η/Υ στο σχεδιασμό των αεροδρομίων, στο προκαταρκτικό στάδιο κατασκευής, αφού ως σκοπό έχει τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν από την κατασκευή ενός νέου αεροδρομίου. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση του χρόνου, παράλληλα με την ποιοτική και αξιόπιστη αποτελεσματικότητα του προγράμματος που θα χρησιμοποιηθεί, παρέχοντας την δυνατότητα ευχέρειας στην έκφραση των εναλλακτικών λύσεων για τη θέση του αεροδρομίου, εντοπισμό και επιλογή της τελικής βέλτιστης λύσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1 Εισαγωγή

Το θέμα των προτύπων προσομοίωσης εδάφους παρουσιάζει πολύ μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με τη συνεχώς βελτιούμενη τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την χρησιμοποίηση αυτοματοποιημένων συστημάτων. Η εξέλιξη αυτή συνίσταται τόσο στα πλεονεκτήματα της απόδοσης τους με τα γραφικά, όσο και στη θεαματική αύξηση της ταχύτητας συλλογής στοιχείων του εδάφους. Συνέπεια αυτών αποτελεί η ταχύτερη παραγωγή χαρτών και η σταθερότητα στην υψηλή ποιότητα τους. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους αναλυτικά, αφού αποτελούν και την «καρδιά» του προγράμματος της διπλωματικής εργασίας.

Τι είναι όμως ακριβώς ένα πρότυπο προσομοίωσης εδάφους; Με την έννοια αυτή εννοούμε ένα σύνολο σημείων της επιφάνειας του εδάφους, των οποίων οι συντεταγμένες X, Y, Z έχουν ληφθεί με μετρήσεις, και ένα σύνολο υπολογιστικών βημάτων που μας επιτρέπουν να αποκτήσουμε πρόσθετα στοιχεία της επιφάνειας, όπως π.χ. το υψόμετρο ενός τυχαίου σημείου, αν δοθούν οι οριζόντιες συντεταγμένες του. Το ψηφιακό πρότυπο εδάφους είναι λοιπόν ένα σύστημα που περιγράφει το ανάγλυφο ενός τμήματος της φυσικής επιφάνειας της γης με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Τα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους αποτελούν απαραίτητο εργαλείο στα χέρια του μηχανικού, για την απεικόνιση των επιφανειών του εδάφους, απαραίτητη προϋπόθεση για τον προγραμματισμό και υλοποίηση διαφόρων τεχνικών εργασιών, στην οδοποιία, στα αεροδρόμια, στους σιδηρόδρομους, κτλ. Χρησιμοποιούνται μάλιστα σε πολλά πεδία δράσης, ειδικά δε στους πολιτικούς μηχανικούς, στην αρχιτεκτονική και σχεδιασμό τοπίων, στις ραδιοεπικοινωνίες, στο σχεδιασμό άμυνας και σε άλλες περιοχές έρευνας.

2.2 Συλλογή στοιχείων εδάφους

2.2.1 Κατανομή αρχικών δεδομένων

Η ακρίβεια της παράστασης της φυσικής γήινης επιφάνειας με τη βοήθεια ενός ψηφιακού προτύπου εξαρτάται κυρίως από την πυκνότητα

και τη διάταξη των αποτυπούμενων σημείων. Η επιλογή της πυκνότητας και της διάταξης των σημείων μπορεί να γίνει κατά τρεις τρόπους [βλέπε διπλωματική εργασία Βασίλη Μαλοβρούβα, Αθήνα 1990]:

I. Λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους (ράχες, κοιλώματα, κτλ.) έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποτυπώσουμε με επαρκή ακρίβεια την περιοχή με όσο το δυνατόν λιγότερα σημεία. Κατά την επιλογή αυτή, που εφαρμόζεται κυρίως στις τοπογραφικές μεθόδους, προκύπτει ακανόνιστη διάταξη των αποτυπωμένων σημείων που καταγράφονται με τον αύξοντα αριθμό τους και τις τρεις συντεταγμένες τους X,Y,Z.

II. Μη λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους, έτσι ώστε να μπορέσουμε με μία κανονική διάταξη των σημείων (στις κορυφές ενός τετραγωνικού ή ορθογωνικού κανάβου) να αποτυπώσουμε την περιοχή. Κατά την επιλογή αυτή απαιτούνται περισσότερα σημεία για την ακριβή αποτύπωση του εδάφους, αλλά επειδή αυτά διατάσσονται συνήθως στις κορυφές ενός κανάβου που καλύπτει την περιοχή, καταγράφονται μόνο με τις Z συντεταγμένες τους, ενώ οι X,Y συντεταγμένες τους προκύπτουν από τη θέση των σημείων στον κανάβο. Ο τρόπος αυτός ενδείκνυται μόνο σε περιπτώσεις μέτρησης και καταγραφής στα φωτογραμμετρικά όργανα, στα ηλεκτρονικά ταχύμετρα και στην αυτόματη ψηφιακή ανάλυση από ήδη υπάρχοντα τοπογραφικά διαγράμματα, μέθοδοι συλλογής στοιχείων εδάφους που αναλύονται στην παράγραφο 2.2.3.

III. Μη λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους σε εντελώς τυχαίες θέσεις και χωρίς καμία κανονική διάταξη. Μία τέτοια επιλογή εξυπηρετεί μόνο πειραματικούς σκοπούς και όχι πρακτικούς.

2.2.2 Κατάλληλη πυκνότητα αρχικών δεδομένων

Επειδή όπως αναφέραμε τόσο η διάταξη όσο και η πυκνότητα των σημείων επηρεάζουν σημαντικά την ακρίβεια ενός ψηφιακού πρότυπου, αναζητήθηκε ο πιο κατάλληλος αριθμός σημείων που πρέπει να αποτυπώνεται σε κάθε περιοχή. Αυτός εξαρτάται από τη μορφή της φυσικής γήινης επιφάνειας με κριτήρια :

- Τις κλίσεις της σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις

- Τις αποκλίσεις της ως προς ένα επίπεδο που προσαρμόζεται καλύτερα στην επιφάνεια
- Το σύνολο των τοπικών ανωμαλιών (υψώματα, χαμηλές θέσεις) και των γραμμών αλλαγής κλίσης (κορυφογραμμές, ράχες, εσοχές κτλ.)
- Την τραχύτητα της (εναλλασσόμενες μικροανωμαλίες συνολικού ύψους 30εκ. κατά μέσο όρο)

Σύμφωνα με τα πιο πάνω κριτήρια μπορούμε να διακρίνουμε τις πιο κάτω τέσσερις εδαφικές μορφές και να δώσουμε για κάθε μία από αυτές τον πιο κατάλληλο αριθμό σημείων που πρέπει να αποτυπωθούν για την κατασκευή ενός ψηφιακού πρότυπου εδάφους [βλέπε Βασίλης Μαλοβρούβας, διπλωματική εργασία, Αθήνα 1990] :

ΕΔΑΦΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Α: Απλή ομαλή επιφάνεια, σχεδόν επίπεδη ή με μικρές μεταβολές στην καμπυλότητα της (σύνολο τοπικών ανωμαλιών r10 ανά ha).

Κατάλληλη πυκνότητα: 20 έως 40 σημεία ανά ha.

ΕΔΑΦΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Β: Ομαλή αλλά κυματοειδής επιφάνεια (σύνολο τοπικών ανωμαλιών r20 ανά ha).

Κατάλληλη πυκνότητα: 40 έως 100 σημεία ανά ha.

ΕΔΑΦΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Γ: Ανώμαλη επιφάνεια με έντονα μεταβαλλόμενη καμπυλότητα (σύνολο τοπικών ανωμαλιών r20 ανά ha).

Κατάλληλη πυκνότητα: 100 έως 400 σημεία ανά ha.

ΕΔΑΦΙΚΗ ΜΟΡΦΗ Δ: Τεχνητή επιφάνεια προκύπτουσα από χωματουργικές εργασίες μεγάλης έκτασης και που χαρακτηρίζεται από πολλές γραμμές αλλαγής κλίσεως.

Οι πιο πάνω προτεινόμενες πυκνότητες ισχύουν για κανονική διάταξη των σημείων και ελαττώνονται κατά το 1/2, όταν για την επιλογή των αρχικών δεδομένων λαμβάνονται υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Είναι προφανές ότι η μεγαλύτερη πυκνότητα των αρχικών δεδομένων έχει ως αποτέλεσμα την απλούστερη αντιμετώπιση του μαθηματικού προβλήματος της παρεμβολής, λαμβάνοντας φυσικά παράλληλα υπόψη μας το πρόβλημα χωρητικότητας που μπορεί να δημιουργείται στα τοπογραφικά όργανα μέτρησης και καταγραφής, καθώς και τον χρόνο που απαιτείται για την καταγραφή των αρχικών δεδομένων.

2.2.3 Τεχνικές συλλογής στοιχείων εδάφους

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για την συλλογή των στοιχείων του εδάφους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το μέγεθος της περιοχής, η απαιτούμενη ακρίβεια των δεδομένων σημείων και ο τύπος των πληροφοριών που περιστασιακά θέλουμε να αποσπάσουμε από το πρότυπο.

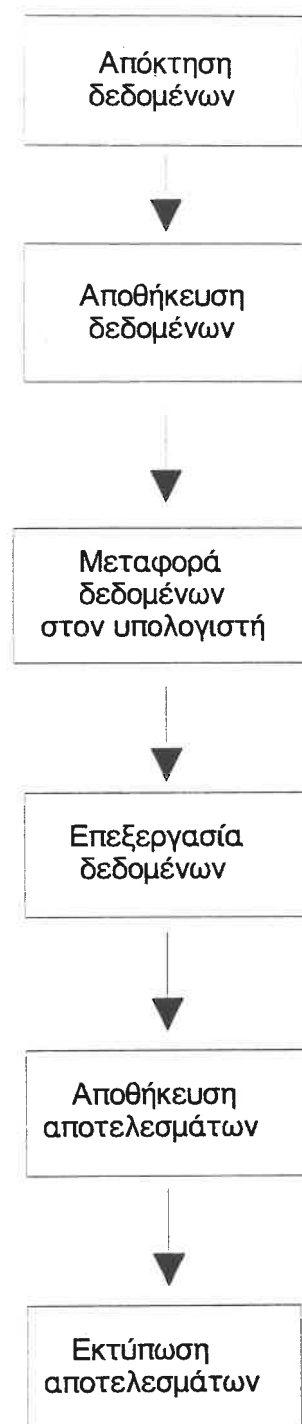
Τρεις είναι οι κύριες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συλλογή των στοιχείων αυτών :

(i) Μετρήσεις από το έδαφος

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε σχετικά μικρές περιοχές, όπου η πυκνότητα του δείγματος είναι μεγάλη και η ακρίβεια στα προσδιοριζόμενα υψόμετρα αναγκαία. Επομένως η τεχνική αυτή είναι διαδεδομένη σε μεγάλες συνήθως κλίμακες και τα τελευταία χρόνια γίνεται ακόμα πιο συχνή η εφαρμογή της με την χρήση των ηλεκτρονικών ταχυμετρητών : όργανα που μετρούν ηλεκτρονικά γωνίες και αποστάσεις, που μειώνουν όλο και πιο πολύ την χρήση των κλασσικών ταχυμετρικών μεθόδων με τη σταδία και τον κλασσικό Θεοδόλιχο. Τα όργανα αυτά μπορούν να έχουν τη δυνατότητα, χωρίς τούτο να είναι απαραίτητο, να αποθηκεύουν τις μετρήσεις, είτε με τη βοήθεια εσωτερικής μνήμης είτε, πιο συχνά, με εξωτερικό σταθερό καταγραφέα δεδομένων (data recorder). Η διαδικασία μεταφοράς των δεδομένων από την απόκτηση τους μέχρι και την εξαγωγή τους υπό τη μορφή σχεδίου, φαίνεται στο σχήμα 2.1.

(ii) Φωτογραμμετρικές μέθοδοι

Βασίζονται στη χρήση στερεοσχεδιαστικών μηχανημάτων. Οι μέθοδοι αυτές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κλιμάκων και ακρίβειας, έχουν όμως ιδιαίτερη σημασία και επικρατούν έναντι των άλλων σε περιοχές μεγάλης



Σχήμα 2.1 Καταγραφή, μεταβίβαση και επεξεργασία δεδομένων

έκτασης και κυρίως όταν το έδαφος παρουσιάζεται ανώμαλο και ιδιαίτερα απρόσιτο. Η ακρίβεια των μετρήσεων που μπορεί να επιτευχθεί, η κλίμακα των τελικών χαρτών, η πιθανή ισοδιάσταση των ισοϋψών κτλ., εξαρτώνται από ποικίλους αλληλοσχετιζόμενους παράγοντες, αλλά κυρίως από :

- (α) την κλίμακα και την ανάλυση της φωτογράφισης από τόν αέρα
- (β) το υψόμετρο πτήσης
- (γ) τα φωτογραφικά χαρακτηριστικά των μηχανών
- (δ) την ακρίβεια του στερεοσχεδιαστικού εξοπλισμού των μετρήσεων

Η βασική αρχή λειτουργίας ενός στερεοσχεδιαστικού μηχανήματος είναι η αναπαραγωγή ενός ακριβούς τρισδιάστατου πρότυπου του εδάφους από τις φωτογραφίες από τον αέρα. Στη συνέχεια ο φωτογραμμετρητής αναλύει με ακρίβεια το στερεοπρότυπο και συλλέγει τα αναγκαία στοιχεία, αντί να μετράει απ' το έδαφος με τα απαραίτητα εργαλεία. Επομένως η οικονομία σε χρόνο και κόστος της τεχνικής αυτής είναι πολύ σημαντική, γι' αυτό και χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια με ολοένα και αυξανόμενους ρυθμούς.

(iii) Γραφικές ψηφιακές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτοί στηρίζονται σε ήδη υπάρχοντες χάρτες για την παροχή πληροφοριών, με τη βοήθεια κατάλληλων ψηφιακών μηχανημάτων που μετατρέπουν τις ισουψείς, αλλά και ολόκληρο το χάρτη, σε σημεία με συντεταγμένες X,Y,Z. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν δύο εναλλακτικές μέθοδοι που αφορούν τις μεθόδους αυτές :

- (α) μέτρηση σημείων μόνο κατά μήκος των ισουψών, οπότε και απαιτείται η καταγραφή και αποθήκευση λιγότερων σημείων
- (β) σάρωση ολόκληρου του χάρτη, με αποτέλεσμα τη συλλογή σημαντικά πολλών στοιχείων του εδάφους

Η ταχύτητα και για τις δύο διαδικασίες σχετίζεται με το εάν πραγματοποιούνται χειρονακτικά ή με αυτόματα μηχανήματα, οπότε και η ταχύτητα μέτρησης των σημείων είναι πολύ μεγαλύτερη, με συνέπεια την εξοικονόμηση σημαντικού χρόνου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι αυτόματοι ψηφιοποιητές (SCANNERS) μειονεκτούν σημαντικά από πλευράς κόστους και προκειμένου για έγχρωμους χάρτες, η ψηφιοποίηση πρέπει να γίνεται ξεχωριστά για κάθε χρώμα.

Τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών ποτέ δεν παρουσιάζουν ακρίβεια ίδια με αυτή των μετρήσεων απ' το έδαφος και των φωτογραμμετρικών μεθόδων. Παρ' όλα αυτά, είναι αποδεκτές σε διάφορους τομείς που σχετίζονται με τη προσομοίωση μεγάλων συνήθως επιφανειών εδάφους.

2.3 Επεξεργασία στοιχείων εδάφους- Πορεία προσομοίωσης

Ένας μεγάλος αριθμός υπολογιστικών πακέτων έχουν επινοηθεί και γραφτεί για τα πρότυπα εδάφους, κάθε ένα από τα οποία έχει γραφτεί ανεξάρτητα, χρησιμοποιεί διαφορετική γλώσσα προγραμματισμού, έχει μία συγκεκριμένη εφαρμογή και μία διακριτική προσέγγιση με άλλα προγράμματα. Παρ' όλα αυτά όμως, όταν αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους, εύκολα διαπιστώνεται ότι βασικά ακολουθούν μία από τις *δύο κύριες προσεγγίσεις* :

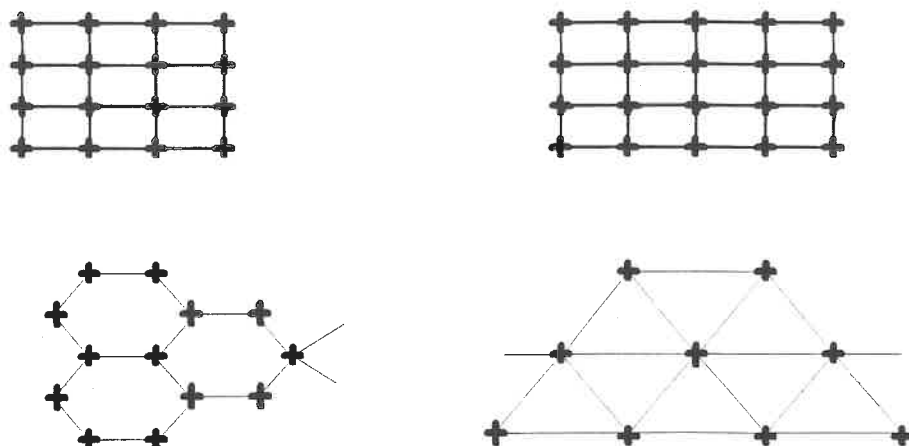
- (i) βασίζονται, ή κανουν χρήση υψομετρικών δεδομένων τα οποία έχουν συλλεχθεί ή κανονιστεί στη μορφή κανονικού κανάβου (συνήθως ορθογώνιου)
- (ii) βασίζονται σε ένα τριγωνικό δίκτυο ακανόνιστου μεγέθους, σχήματος και προσανατολισμού και χρησιμοποιούν τυχαία υψομετρικά δεδομένα

2.4 Προσομοίωση βασιζόμενη σε κανάβο

2.4.1 Γενικά

Τα δεδομένα που συνθέτουν το πρότυπο συλλέγονται σε μορφή ενός κανονικού κανάβου. Η πιο κοινή μορφή κανάβου είναι η ορθογώνια, χρησιμοποιούνται όμως και η εξαγωνική καθώς και η τριγωνική (σχήμα 2.2).

Το μειονέκτημα της προσέγγισης με ορθογωνικό κανάβο είναι ότι η διανομή των δεδομένων σημείων δεν ακολουθεί τα χαρακτηριστικά του ίδιου του εδάφους. Έτσι, αν τα σημεία διατάσσονται σε μορφή ορθογωνικού κανάβου, η πυκνότητα τους πρέπει να είναι σημαντικά μεγάλη, ώστε να περιγράφει ικανοποιητικά κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εδάφους που θέλουμε να αποτυπώσουμε (λάκκοι,



Σχήμα 2.2 Κανονικά σχέδια κανάβων

κοιλώματα, κτλ.). Αν γίνει όμως κάτι τέτοιο, θα υπάρχουν τμήματα του εδάφους όπου θα υπάρχει περίσσεια σημείων, αφού δεν θα είναι αναγκαίος ο μεγάλος αριθμός τους για την περιγραφή τους.

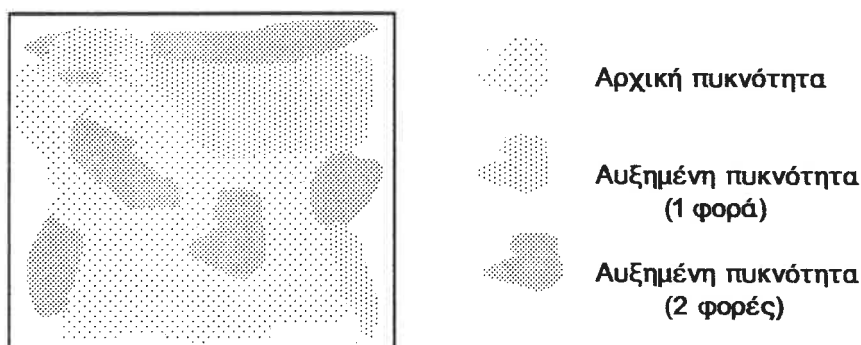
Συνεπώς, πριν τον ορισμό του πρότυπου εδάφους πρέπει να προσδιοριστεί η διανομή των σημείων που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα ως τα δεδομένα σημεία του πρότυπου που θα δημιουργήσουμε.

2.4.2 Προοδευτικό δείγμα

Μία λύση στο μειωνέκτημα της προσέγγισης με ορθογωνικό κάναβο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, έχει βρεθεί μέσω της φωτογραμμετρίας στη μορφή του προοδευτικού δείγματος και της ανάπτυξης του σύνθετου δείγματος : αντί όλα τα σημεία να συλλέγονται με την ίδια πυκνότητα, συλλέγονται με διαφορετική πυκνότητα ανάλογα με την τοπική τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους.

Αρχικά με έναν εκτενή κάναβο λαμβάνουμε μία πρώτη ικανοποιητική κάλυψη με υψομετρικά σημεία σε ολόκληρη την περιοχή. Στη συνέχεια, η *πυκνότητα* των μετρηθέντων σημείων *αυξάνεται προοδευτικά*, με βάση μία ανάλυση του αναγλύφου του εδάφους, με χρήση φωτογραμμετρικού οργάνου. Έτσι το αρχικό μέγεθος του κελιού του κανάβου υποδιπλασιάζεται σε συγκεκριμένες περιοχές, βασιζόμενοι στα

αποτελέσματα της προηγούμενης ανάλυσης. Οι μετρήσεις με την αυξημένη αυτή πυκνότητα πραγματοποιούνται, υπό τον έλεγχο του υπολογιστή, μόνο σε αυτές τις προκαθορισμένες περιοχές. Μία εκτενέστερη ανάλυση πραγματοποιείται αργότερα στις τελευταίες αυτές περιοχές, βάση της οποίας στη συνέχεια, η πυκνότητα των προς μέτρηση σημείων μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο για ακόμη μικρότερες περιοχές. Έτσι τελικά προκύπτουν περιοχές με διαφορετικές πυκνότητες μετρηθέντων σημείων, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3, όπου εμφανίζονται πιο έντονα οι περιοχές με την μεγαλύτερη πυκνότητα και πιο αδρές οι περιοχές με την μικρότερη πυκνότητα μετρηθέντων σημείων.



Σχήμα 2.3 Παράδειγμα προοδευτικού δείγματος

Συνήθως τρεις τέτοιες επαναλήψεις θεωρούνται επαρκείς για την απόκτηση των κατάλληλων δεδομένων για την μετέπειτα περιγραφή της επιφάνειας μέσω των προτύπων προσομοίωσης.

2.4.3 Παρεμβολή κόμβων κανάβου

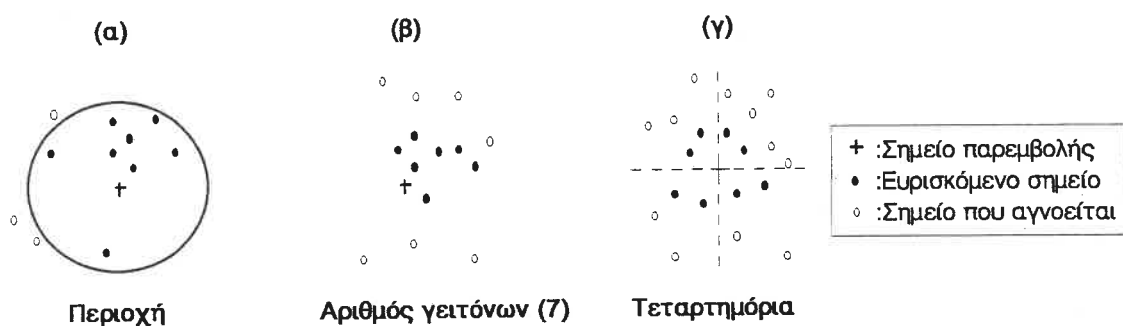
Για την περιγραφή σημαντικών στοιχείων της μορφολογίας του εδάφους, όπως κορυφές λόφων, λάκκοι, κοιλάματα ή κατά μήκος γραμμών αλλαγής κλίσεων όπως ράχες, ποτάμια, κτλ., πρέπει να πραγματοποιούνται μετρήσεις σε συγκεκριμένα, αλλά τυχαία τοποθετημένα, σημεία και στη συνέχεια μία προκαταρκτική παρεμβολή, η οποία θα μετατρέψει τα μετρηθέντα δεδομένα σημεία σε κάναβο κατάλληλων διαστάσεων.

Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των μεθόδων της παρεμβολής κόμβων κανάβου μεταξύ τυχαίων σημείων, βασίζονται στην έκταση της παρεμβολής που πραγματοποιείται. Συνήθως διακρίνονται οι παρακάτω μέθοδοι :

(α) *σημειακές μέθοδοι* (pointwise methods), που βασίζονται στον υπολογισμό κάθε σημείου του κανάβου ανεξάρτητα, μέσω των γειτονικών τυχαία τοποθετημένων σημείων. Με τον τρόπο αυτό κάθε τελικό σημείο ή κόμβος του κανάβου δεν έχει καμία επίδραση στα παρακείμενα σημεία. Με τις μεθόδους αυτές μπορεί να παραχθεί μία συνεχής επιφάνεια απ' όλα τα τελικά σημεία, χωρίς καμία ασυνέχεια ή συνοριακά προβλήματα.

Σχεδόν όλοι οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μεθόδους βασίζονται σε ένα σύνολο των κοντινότερων σημείων, τα οποία επηρεάζουν το τελικό υψόμετρο του προς μέτρηση σημείου αντιστρόφως ανάλογα της απόστασης τους από το σημείο αυτό. Το πρότυπο βαρύτητας που χρησιμοποιείται εκφράζεται από το συντελεστή $w=1/d$, όπου d η απόσταση του κοντινού από το τελικό σημείο, και ο οποίος κυμαίνεται συνήθως από 0,5 έως 4.

Η αναζήτηση για τα κοντινότερα σημεία μπορεί να περιλαμβάνει μία απλή περιοχή, κυκλικής μορφής (σχήμα 2.4(α)), προκαθορισμένης ακτίνας ή ορθογωνικής μορφής, προκαθορισμένου μεγέθους έτσι ώστε να τα περιλαμβάνει. Μία παραλλαγή της τεχνικής αυτής είναι η επιλογή n κοντινότερων σημείων, όπου το n συνήθως κυμαίνεται από 6 έως 10 (σχήμα 2.4(β)). Το μειονέκτημα των δύο προηγούμενων μεθόδων είναι ότι



Σχήμα 2.4 Σημειακές μέθοδοι : τεχνικές αναζήτησης σημείων

δεν λαμβάνουν υπόψη τους τη διανομή των σημείων στην περιοχή του προς μέτρηση κόμβου του κανάβου. Έτσι, μία περαιτέρω παραλλαγή αποτελεί η τεχνική του χωρίσματος της κοντινότερης γειτονιάς σε ίσα τμήματα, συνήθως τέσσερα (τεταρτημόρια) ή οκτώ, με τα δύο ή τέσσερα κοντινότερα σημεία ανά τεταρτημόριο να λαμβάνονται υπόψη (σχήμα 2.4(γ)).

(β) *σφαιρικές μέθοδοι* (global methods), που βασίζονται σε μία σύνθετη τρισδιάστατη επιφάνεια μέσω του συνόλου των δεδομένων υψομετρικών σημείων, απ' την εξίσωση της οποίας υπολογίζονται τα υψόμετρα όλων των απαιτούμενων κόμβων ή σημείων στον κανάβο. Αφότου η σφαιρική επιφάνεια έχει παραχθεί και οι συντελεστές του πολυωνύμου, που την περιγράφει, έχουν υπολογιστεί, το υψόμετρο των κόμβων ή συγκεκριμένων σημείων του κανάβου μπορεί να παρεμβληθεί. Προβλήματα μπορεί να παρουσιαστούν αν ο βαθμός του πολυωνύμου είναι ιδιαίτερα υψηλός και ο αριθμός των σημείων, που απαιτούνται για το σχηματισμό του πρότυπου, σημαντικά μεγάλος, με αποτέλεσμα χρονοβόρους υπολογισμούς. Επίσης οι αποκλίσεις που οφείλονται στα υψηλόβαθμα κυρίως πολυώνυμα, μπορεί να οδηγήσουν σε φτωχά, από πλευράς εμπιστοσύνης, αποτελέσματα για το υψόμετρο των παρεμβαλλομένων σημείων.

(γ) *τμηματικές μέθοδοι* (patchwise methods), που βασίζονται σε μία σειρά τρισδιάστατων ισομεγεθών επιφανειών, ταυτόσημου σχήματος, μέσω των οποίων μπορούν να υπολογιστούν τα υψόμετρα των γειτονικών κόμβων του κανάβου, τα οποία κείνται μέσα στις επιφάνειες αυτές. Τα σχήματα κάθε τμήματος είναι κανονικά σε μορφή, συνήθως τετράγωνα ή ορθογώνια. Κάθε ένα από τα τμήματα αυτά χαρακτηρίζεται από παρόμοιες μαθηματικές εκφράσεις.

Διακρίνονται δύο είδη *τμηματικών μεθόδων* :

- (1) συνεχή τμήματα χαρακτηρίζουν όλη την επιφάνεια, τα οποία συνορεύουν ακριβώς με τα γειτονικά τους. Αυτά τα τμήματα μπορεί να δημιουργούν σημαντικές ασυνέχειες κατά μήκος των συνόρων τους, κάτι που γίνεται φανερό με τον σχηματισμό των ισουψών καμπύλων,
- (2) επικαλυπτόμενα τμήματα που είναι μία εναλλακτική λύση, όπου θα υπάρχουν κοινά σημεία μέσα σε μια περιοχή, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό των παραμέτρων για κάθε τμήμα χωριστά.

Τα *πλεονεκτήματα* των τμηματικών μεθόδων έναντι των σφαιρικών συνίστανται στο ότι: (ι) με αρκετά λίγες παραμέτρους μπορούν να περιγραφούν ικανοποιητικά τα τμήματα στα οποία έχει χωριστεί η περιοχή, με συνέπεια την ύπαρξη λίγων αγνώστων, οι οποίοι θα υπολογιστούν με ταυτόχρονες ισότητες, με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και (ιι) αφότου υπολογιστούν οι άγνωστοι, είναι εύκολος ο υπολογισμός των υψομέτρων των κόμβων ή άλλων σημείων του κανάβου, με αντικατάσταση στις συναρτήσεις που περιγράφουν το τμήμα.

Παρ' όλα αυτά όμως υπάρχουν και ορισμένα *μειονεκτήματα* που παρουσιάζουν οι μέθοδοι αυτές. Ετσι απαιτείται πολύ μεγαλύτερη οργάνωση των δεδομένων σημείων και της συνολικής διαδικασίας απ' ότι στις σημειακές και σφαιρικές μεθόδους και η διαίρεση της επιφάνειας στα τμήματα πρέπει να πραγματοποιηθεί με ιδιαίτερη προσοχή. Αν για παράδειγμα τα δεδομένα σημεία δεν έχουν κατανεμηθεί σωστά προς τις γωνίες των τμημάτων, επηρεάζονται οι εκτιμηθείσες παράμετροι και συνεπώς και η ακρίβεια των υψομέτρων των σημείων του κανάβου που μας ενδιαφέρουν.

2.4.4 Πολυώνυμα παράστασης επιφανειών

Όπως έχει προαναφερθεί, πολυωνμικές ισότητες χρησιμοποιούνται για την περιγραφή επιφανειών στις σφαιρικές και στις τμηματικές μεθόδους. Η γενική πολυωνμική ισότητα για την παράσταση των επιφανειών φαίνεται στον πίνακα 2.1, όπου Z_i το υψόμετρο του σημείου i , X_i, Y_i οι ορθογώνιες συντεταγμένες του ίδιου σημείου και $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots$, οι συντελεστές των πολυωνύμων.

Στο πρώτο βήμα, οι τιμές των X, Y, Z είναι γνωστές για κάθε σημείο που έχει μετρηθεί. Ετσι οι τιμές των συντελεστών $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots$, μπορούν να υπολογιστούν από το σύνολο των ταυτόχρονων ισοτήτων που παράγονται από κάθε δεδομένο σημείο. Αφότου έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές αυτοί, με τη βοήθεια των γνωστών συντεταγμένων X, Y των κόμβων του κανάβου, μπορεί να υπολογιστεί η αντίστοιχη τιμή Z του υψομέτρου τους.

Για τη σωστή επιλογή της μορφής του πολυωνύμου πρέπει να ληφθεί υπόψη το σχήμα που παράγεται από κάθε όρο του πολυωνύμου ξεχωριστά.

Οι συνηθέστερες μορφές πολυωνύμων που χρησιμοποιούνται είναι οι παρακάτω:

(α) γραμμικό, τεσσάρων όρων : $z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$

(β) τετραγωνικό, εννέα όρων : $z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^2y^2$

(γ) κυβικό, δεκαέξι όρων : $z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^2y^2 + a_9x^3 + a_{10}y^3 + a_{11}x^3y + a_{12}xy^3 + a_{13}x^3y^3 + a_{14}x^3y^2 + a_{15}x^2y^3$

Όροι πολυωνύμων	Τάξη όρου	Περιγραφή	Αρ. όρων
$z = a_0$	Μηδέν	Επίπεδο	1
$+a_1x + a_2y$	Ένα	Γραμμικό	2
$+a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy$	Δύο	Τετραγωνικό	3
$+a_6x^3 + a_7y^3 + a_8x^2y + a_9xy^2$	Τρία	Κυβικό	4
$+a_{10}x^4 + a_{11}y^4 + a_{12}x^3y + a_{13}x^2y^2 + a_{14}xy^2$	Τέσσερα	4ου βαθμού	5
$+a_{15}x^5 + \dots$	Πέντε	5ου βαθμού	6

Πίνακας 2.1 Γενική πολυωνυμική ισότητα για την παράσταση επιφανειών

Παρά τα μειονεκτήματα των μεθόδων προσομοίωσης βασισμένων σε κানাβο, χρησιμοποιούνται ακόμα ευρέως. Επίσης η ανάπτυξη του προοδευτικού δείγματος, που χρησιμοποιείται σε φωτογραμμετρικά όργανα, έχει συμβάλλει σημαντικά στον υπερκερασμό του βασικού μειονεκτήματος των μεθόδων αυτών, που συνίσταται στην έλλειψη ποικιλίας δειγμάτων εδάφους. Επίσης, η ενσωμάτωση εδαφικών γραμμών αλλαγής κλίσεων σε υπολογιστικά πακέτα προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία στις μεθόδους προσομοίωσης βασιζόμενες σε κানাβο και κυρίως όταν βασίζονται στην τεχνική της φωτογραμμετρίας.

2.5 Προσομοίωση βασιζόμενη στο τριγωνισμό

2.5.1 Γενικά

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην προσομοίωση εδάφους και πολλά σύγχρονα σχεδιαστικά προγράμματα την έχουν υιοθετήσει. Ο βασικός λόγος είναι ότι τα μετρηθέντα δεδομένα σημεία χρησιμοποιούνται ευθέως για τον υπολογισμό υψομέτρων άλλων

σημείων με παρεμβολή, απ' τη στιγμή που σχηματίζουν τις πλευρές των τριγώνων που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή. Επίσης, η χρήση των τριγώνων προσφέρει ένα σχετικά απλό τρόπο προσθήκης γραμμών αλλαγής κλίσεως και άλλων μορφολογικών χαρακτηριστικών, των οποίων η απεικόνιση θεωρείται δύσκολη στα πρότυπα προσομοίωσης εδαφών.

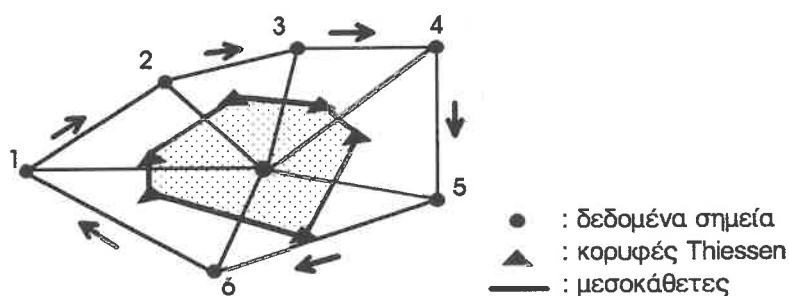
Η μέθοδος αυτή μειονεκτούσε απ' το γεγονός ότι αποδείκνυε δύσκολα ότι το ίδιο δίκτυο τριγώνων σχηματίζεται από ένα απλό σύνολο τυχαίων σημείων, ανεξάρτητα από ποιο σημείο του συνόλου αυτού ξεκινάει ο τριγωνισμός. Επίσης ο αυτόματος τριγωνισμός συχνά έπαιρνε πολύ χρόνο να εκτελεστεί σε Η/Υ. Παρ' όλα αυτά, τα προβλήματα ξεπεράστηκαν, με αποτέλεσμα οι μέθοδοι τριγωνισμού να είναι σήμερα ιδιαίτερα δημοφιλείς.

Κάθε προσέγγιση βασισμένη σε τριγωνισμό πρέπει να επιδιώκει την παραγωγή ενός μοναδικού συνόλου τριγώνων, όσο το δυνατόν ισόπλευρων και με μικρές πλευρές. Οι δύο κυριότεροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται και που ανταποκρίνονται στις παραπάνω απαιτήσεις είναι :

- (α) μέθοδος τριγωνισμού Delaunay
- (β) αλγόριθμος ακτινικής σάρωσης

2.5.2 Μέθοδος Delaunay

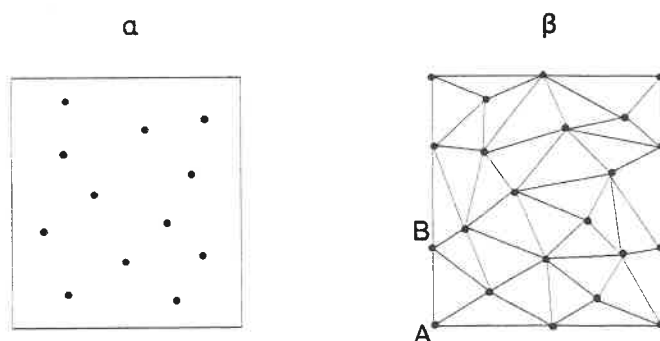
Η μέθοδος αυτή είναι συνδεδεμένη με το πολύγωνο Thiessen, το οποίο επιδιώκει να ορίσει γεωμετρικά την περιοχή επιρροής ενός σημείου. Αυτό γίνεται με την κατασκευή μίας σειράς μεσοκαθέτων σε κάθε ένα από τα τρίγωνα που σχηματίζονται γύρω από το καθορισμένο σημείο. Το πολύγωνο το οποίο σχηματίζεται είναι το πολύγωνο Thiessen (σχήμα 2.5),



Σχήμα 2.5 Κατασκευή πολυγώνου Thiessen

οι κορυφές του οποίου (σημεία τομής των μεσοκαθέτων) είναι οι κορυφές Thiessen. Τα δεδομένα σημεία που περιβάλλουν ένα καθορισμένο δεδομένο σημείο είναι γνωστά ως «Thiessen γείτονες».

Το προκαταρκτικό στάδιο πριν τον τριγωνισμό περιλαμβάνει τον ορισμό πρόσθετων συνοριακών σημείων για τον σχηματισμό μίας περιμέτρου γύρω από τα άκρα της περιοχής που ορίζεται από τα δεδομένα σημεία. Αυτό είναι απαραίτητο για τη δημιουργία ενός πλαισίου του πρότυπου εδάφους και ενός συνόλου συνοριακών τριγώνων, που επιτρέπει την επέκταση των ισοψών ή άλλων γραμμών εκτός της περιοχής των δεδομένων σημείων. Αφότου έχουν ορισθεί τα συνοριακά σημεία (που μπορεί να έχουν αυθαίρετες τιμές) και έχουν προστεθεί στα δεδομένα σημεία, μπορεί ολόκληρη η περιοχή να τριγωνισθεί, ξεκινώντας από ένα ζευγάρι συνοριακών σημείων A,B, που έχουν ήδη ορισθεί (σχήμα 2.6).



Σχήμα 2.6 Τριγωνισμός Delaunay : (α) δεδομένα σημεία, (β) τριγωνισμένη περιοχή και συνοριακά σημεία

Η αναζήτηση για τον επόμενο γείτονα γίνεται με τη βοήθεια ενός κύκλου, με τη βάση AB ως διάμετρο, προς τα δεξιά, για να βρούμε αν κάποιο σημείο κείται μέσα στον κύκλο. Η αναζήτηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί αρκετά γρήγορα με χρήση Η/Υ. Αν κανένα σημείο δεν βρίσκεται μέσα στον κύκλο, αυξάνεται το μέγεθος του κύκλου (π.χ. δύο φορές), με την AB να είναι τώρα μία χορδή του μεγαλύτερου κύκλου. Κάθε δεδομένο σημείο που κείται μέσα στον καινούργιο κύκλο ελέγχεται αν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των κριτηρίων για το κοντινότερο Thiessen γείτονα.

Αφότου αυτό έχει επιτευχθεί, συνεχίζεται η αναζήτηση προς τα δεξιά, για τον επόμενο γείτονα κ.ο.κ., έως ότου φτάσουμε στο επόμενο

συνοριακό σημείο. Τα τρίγωνα που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο, αποτελούν το λεγόμενο «κέλυφος». Η διαδικασία του τριγωνισμού συνεχίζει με κάθε σημείο του κελύφους να χρησιμοποιείται ως το σημείο εκκίνησης της αναζήτησης μέχρι το επόμενο σύνολο των Thiesen γειτόνων, έως ότου να βρεθούν οι γείτονες όλων των δεδομένων σημείων της περιοχής και να σχηματιστούν τα αντίστοιχα τρίγωνα.

Η μέθοδος Delaunay χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των πακέτων προσομοίωσης εδαφών, που βασίζονται στη μέθοδο του τριγωνισμού. Αποτελεί μία μέθοδο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε φάση σχεδιασμού με μεγάλη αξιοπιστία και μάλιστα με τα μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα (ηλεκτρονικοί υπολογιστές μεγάλων ταχυτήτων και δυνατοτήτων) σε όχι σημαντικά μεγάλο χρονικό διάστημα.

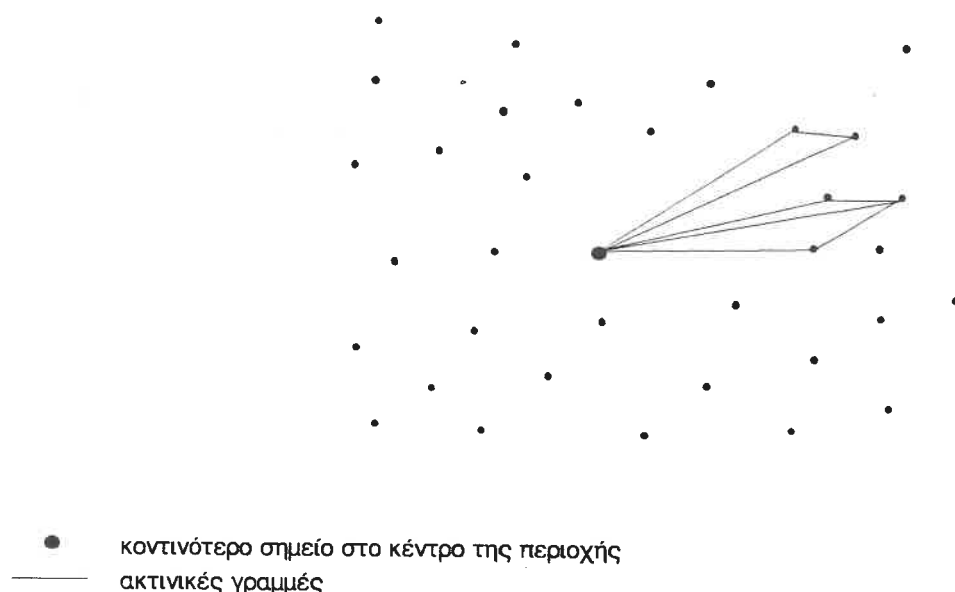
2.5.3 Αλγόριθμος ακτινικής «σάρωσης»

Η μέθοδος αυτή αποτελεί μία εναλλακτική μέθοδο της μεθόδου τριγωνισμού Delaunay.

Όπως και προηγουμένως, τα δεδομένα σημεία είναι τυχαία, με συντεταγμένες X, Y, Z . Τα σημεία είναι συνήθως τοποθετημένα σε κορυφές, υψώματα, γραμμές αλλαγής κλίσεων, κτλ. Ο τριγωνισμός ξεκινάει από το σημείο που είναι πλησιέστερα στο κέντρο της περιοχής. Απ' αυτό το κεντρικό σημείο υπολογίζεται η απόσταση και το αζιμούθιο προς όλα τα άλλα σημεία και γίνεται ταξινόμηση με βάση το αζιμούθιο.

Μετά την ταξινόμηση χαράσσεται η ακτινική γραμμή σε κάθε σημείο, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός μακρύ λεπτού τριγώνου συνδέοντας με γραμμή το καινούργιο με το προηγούμενο σημείο (σχήμα 2.7). Αν δύο σημεία έχουν το ίδιο αζιμούθιο, τότε χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό ενός ζευγαριού τριγώνων σε κάθε μία πλευρά της κοινής γραμμής.

Καθώς χρησιμοποιείται κάθε σημείο, προστίθεται σε μία λίστα, βάση της οποίας θα σχηματιστεί το σύνολο του δικτύου των τριγώνων. Μετά την αρχική «σάρωση», τα κοιλώματα που δημιουργούνται πρέπει να συμπληρωθούν με καινούργια τρίγωνα. Κάθε σημείο της «συνοριακής» λίστας συγκρίνεται με τα επόμενα δύο σημεία της λίστας και ελέγχεται αν είναι εφικτός ο σχηματισμός ενός εσωτερικού τριγώνου. Αν είναι, τότε το καινούργιο τρίγωνο προστίθεται στα υπόλοιπα δεδομένα τρίγωνα του δικτύου και το δεύτερο (εσωτερικό) σημείο αποσύρεται από τη λίστα των εξωτερικών συνοριακών σημείων. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας η λίστα θα περιέχει σημεία που θα σχηματίζουν το περίγραμμα του πρότυπου εδάφους. Όλα τα σημεία θα έχουν τριγωνοποιηθεί, χωρίς



Σχήμα 2.7 Μέθοδος ακτινικής σάρωσης

να υπάρχουν τρίγωνα που να καλύπτουν άλλα τρίγωνα. Παρ' όλα αυτά, τα σχήματα που δημιουργούνται είναι μακριά από το επιθυμητό αποτέλεσμα, γι' αυτό και ακολουθείται η ακόλουθη διαδικασία: ένα τετράπλευρο σχηματίζεται από ένα ζευγάρι τριγώνων. Το τετράπλευρο αυτό ελέγχεται με υπολογισμό των δύο αποστάσεων των απέναντι ζευγαριών των κόμβων. Αν η απόσταση των κοινών σημείων των δύο τριγώνων είναι μεγαλύτερη από την απόσταση των απέναντι μοναδικών κόμβων, τότε οι μορφές των τριγώνων μεταβάλλονται ριζικά και τα δεδομένα σημεία αναδιαμορφώνονται. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με επιτυχείς αλλαγές των δεδομένων σημείων, έως ότου ο τελικός έλεγχος δεν επιφέρει καμία αλλαγή.

2.6 Πρότυπα προσομοίωσης προγράμματος AIR96

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στο πρόγραμμα που καταρτίζεται και εφαρμόζεται στη διπλωματική αυτή εργασία δίνεται έμφαση στα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους. το υψόμετρο ενός τυχαίου σημείου, αν δοθούν οι οριζόντιες συντεταγμένες του. Τα πρότυπα, όπως έχουμε προαναφέρει, είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του υψόμετρου ενός τυχαίου σημείου, αν δοθούν οι οριζόντιες συντεταγμένες του. Στο πρόγραμμα

AIR96 πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των υψομέτρων εδάφους των σημείων των επιφανειών απομάκρυνσης εμποδίων του αεροδρομίου, που περιγράφονται, μέσω κανάβων, με οριζόντιες συντεταγμένες. Ο υπολογισμός των υψομέτρων αυτών είναι απαραίτητος για τον έλεγχο απομάκρυνσης εμποδίων στην ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου και τον υπολογισμό των αντίστοιχων χωματισμών. Οι εναλλακτικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη του στόχου αυτού και που στηρίζονται σε όσα ήδη έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους, είναι οι παρακάτω:

1. Κεντροβαρικού μέσου όρου
2. Περιγεγραμμένου κύκλου
3. Ελάχιστου εμβαδού
4. Ελάχιστου αθροίσματος πλευρών

Οι τέσσερις αυτές εναλλακτικές μέθοδοι αναπτύσσονται στην συνέχεια, ενώ διαγραμματικά φαίνονται στο σχήμα 2.8.

Μέθοδος κεντροβαρικού μέσου όρου

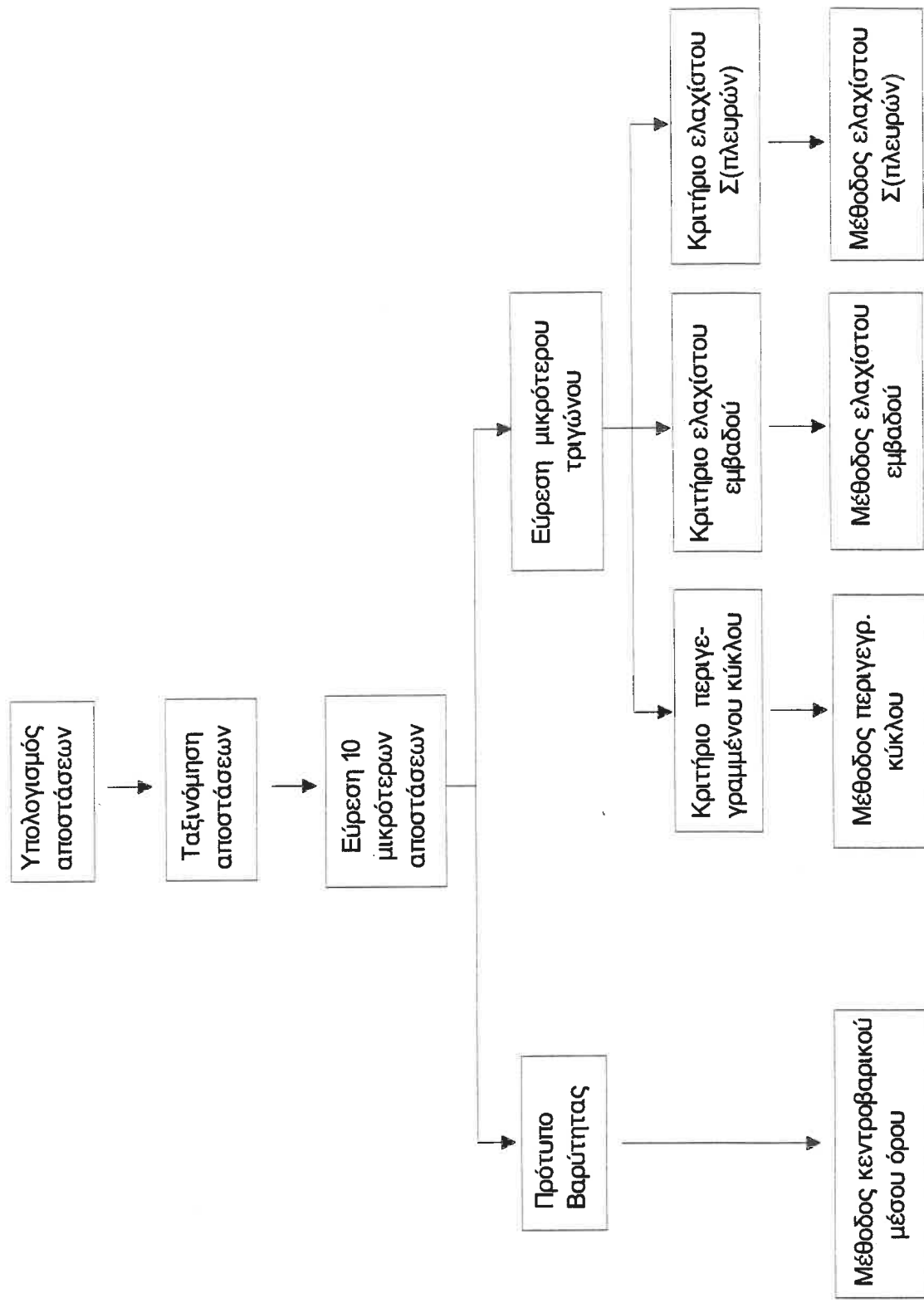
Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στην συνέχεια σύμφωνα με το πρότυπο βαρύτητας (επιρροή υψομέτρου τοπογραφικού σημείου αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης του από το ζητούμενο σημείο), υπολογίζεται το ζητούμενο υψόμετρο του σημείου (διαγραμματικά, σχήμα 2.8). Η μαθηματική σχέση που εκφράζει το πρότυπο βαρύτητας είναι η ακόλουθη :

$$Z_A = \frac{(Z_1/S_1) + (Z_2/S_2) + \dots + (Z_{10}/S_{10})}{(1/S_1) + (1/S_2) + \dots + (1/S_{10})}$$

όπου,

- Z_A : ζητούμενο υψόμετρο του σημείου
 $Z_1, Z_2, \dots, Z_{10}$: υψόμετρα των δέκα (10) κοντινότερων σημείων
 $S_1, S_2, \dots, S_{10}$: αποστάσεις των δέκα (10) κοντινότερων σημείων από το ζητούμενο σημείο

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο **BARIKO**, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.



Σχήμα 2.8 Ροή προτύπων προσομοίωσης εδάφους προγράμματος AIR96

Μέθοδος περιγεγραμμένου κύκλου

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση ενός τριγώνου, το οποίο να περιέχει το σημείο του οποίου ψάχνουμε το υψόμετρο εδάφους και ο περιγεγραμμένος κύκλος του τριγώνου αυτού να μην περικλείει κανένα άλλο σημείο εκτός απ' αυτό.

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου). Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 2.8.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο CYCLE, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

Μέθοδος ελαχίστου εμβαδού

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση εκείνου του τριγώνου που θα περιέχει το σημείο και παράλληλα θα έχει το ελάχιστο εμβαδό από όλα τα τρίγωνα εκείνα που επίσης θα περιέχουν το σημείο αυτό.

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου). Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 2.8.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο

EMBADO, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

Μέθοδος ελαχίστου αθροίσματος πλευρών

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση εκείνου του τριγώνου που θα περιέχει το σημείο και παράλληλα το άθροισμα των πλευρών του θα είναι το ελάχιστο, από όλα τα αθροίσματα των πλευρών των τριγώνων που επίσης θα περιέχουν το σημείο αυτό.

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου). Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 2.8.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο PLEVRES, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

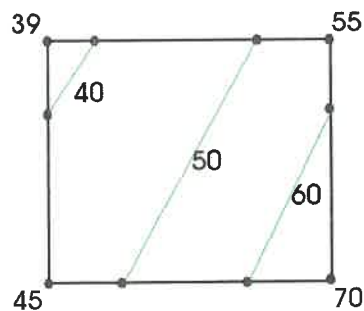
Η αξιολόγηση των τεσσάρων παραπάνω μεθόδων προσομοίωσης εδάφους, που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα της διπλωματικής αυτής εργασίας, γίνεται κατόπιν εφαρμογής του προγράμματος, γι' αυτό και τα συμπεράσματα που προκύπτουν, παρουσιάζονται στο 8ο κεφάλαιο, στις παραγράφους 8.2 και 8.3.

2.7 Σχηματισμός ισόβαθου

2.7.1 Μέθοδος βάση κανάβου

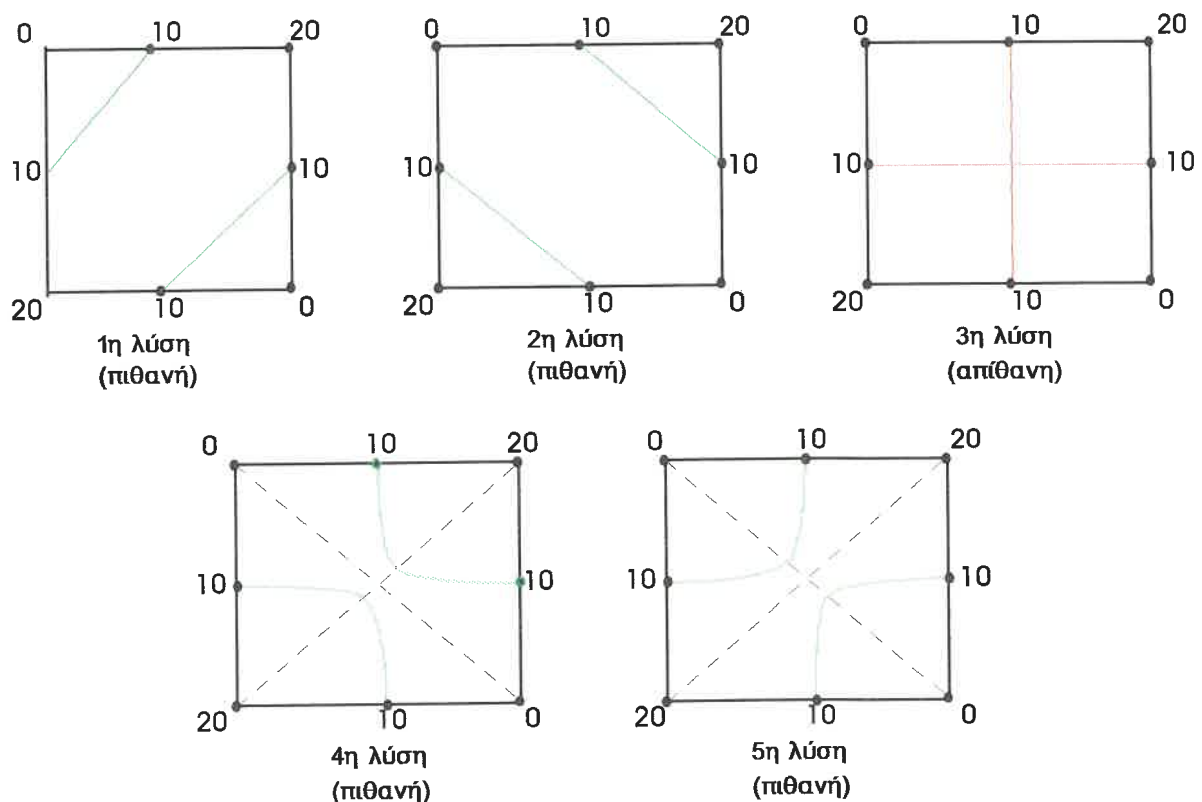
Θεωρώντας ένα κελί κανάβου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.9, χρειάζεται μία απλή γραμμική παρεμβολή κατά μήκος καθεμιάς από τις τέσσερις πλευρές, βασισμένη στις τιμές των κόμβων. Οι θέσεις όλων των

τιμών των καμπύλων σε κάθε πλευρά, καθορίζονται και στη συνέχεια συνδέονται με ευθύγραμμα τμήματα, απ' τη στιγμή που σε κάθε σημείο εισόδου στο κελί πρέπει να αντιστοιχεί και ένα σημείο εξόδου.



Σχήμα 2.9 Γραμμική παρεμβολή σε κελί κανάβου

Παρ' όλα αυτά όμως, υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις και αδύνατες καταστάσεις. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.10, υπάρχουν δύο πιθανές λύσεις (λύσεις 1η, 2η) που δίνουν αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα ως προς τις λύσεις των ισοψών και μία τρίτη αδύνατη λύση.



Σχήμα 2.10 Εναλλακτικές λύσεις ισοψών σε ένα κελί

Λύση στο πρόβλημα αυτό αποτελεί ο χωρισμός του κελιού σε τέσσερα τρίγωνα, ορίζοντας στο κεντρικό σημείο του κελιού τον μέσο όρο των τεσσάρων κόμβων (λύσεις 4η, 5η, σχήμα 2.10).

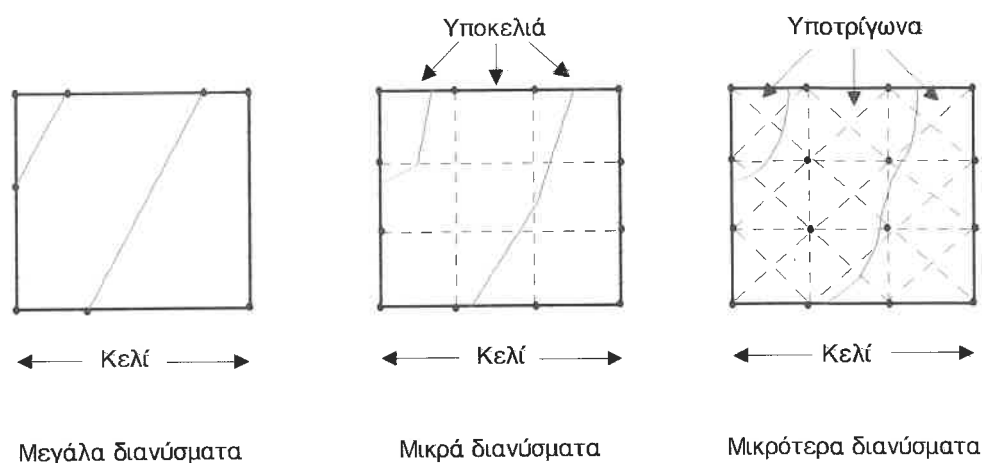
Υιοθετώντας έναν αυθαίρετο κανόνα, όπως για παράδειγμα «στα δεξιά της καμπύλης να βρίσκονται τα υψηλά εδάφη», καταλήγουμε σε μία και μοναδική λύση, αλλά δεν παύει να αποτελεί ένα αρκετά αυθαίρετο αποτέλεσμα.

Λόγω των παραπάνω προβλημάτων, πολλά πακέτα ισοϋψών καμπύλων που βασίζονται σε προσομοίωση με κανονικό κανάβο, στηρίζονται σε κάποιο τύπο συνάρτησης, όπως για παράδειγμα στο κυβικό πολυώνυμο, το οποίο έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 2.4.4. Έτσι σχηματίζεται ένα καινούργιο τεμάχιο που βασίζεται σε μία ομάδα κελιών κανάβου (υποκελιά). Αν χρησιμοποιείται το δεκαέξι παραγόντων κυβικό πολυώνυμο, τότε το ελάχιστο μέγεθος του τεμαχίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι αυτό που αποτελείται από 9 κελιά ή 16 κόμβους. Αν χρησιμοποιείται μικρότερος αριθμός παραμέτρων, όπως π.χ. το εννέα παραγόντων τετραγωνικό πολυώνυμο, τότε η λύση των ελαχίστων τετραγώνων ενδείκνυται για τον υπολογισμό των παραμέτρων. Αυτό συντελεί στην καλύτερη προσαρμογή ή συνέχεια μεταξύ κελιών κανάβου. Η παρεμβολή της καμπύλης μέσω ενός ατομικού κελιού γίνεται με αναφορά σ' ολόκληρο το τεμάχιο και δεν είναι πλέον γραμμική σε κάθε κελί του κανάβου ξεχωριστά.

Αρχικά λοιπόν υπολογίζονται οι τιμές των παραμέτρων $a_0, a_1, \dots$ της τοπικής επιφάνειας του τεμαχίου, χρησιμοποιώντας τις γνωστές τιμές των δεκαέξι κόμβων που περιέχει. Στη συνέχεια, υπολογίζονται επιπρόσθετα υψόμετρα, χρησιμοποιώντας τις γνωστές τιμές των παραμέτρων για όλες τις κορυφές των υποκελιών που παράγονται σε κάθε κελί κανάβου. Με τον τρόπο αυτό οι καμπύλες παρεμβάλλονται γραμμικά μεταξύ των σημείων στο υποκελί.

Κάθε ένα από τα ευθύγραμμα διανύσματα που απαρτίζουν τις ισοϋψείς καμπύλες γίνονται αρκετά μικρά και οι απότομες αλλαγές στη διεύθυνση, που δημιουργούνται από γραμμική παρεμβολή σε ολόκληρο το κελί, ελαττώνονται σημαντικά, με εμφανές όφελος στην οπτική εμφάνιση των ισοϋψών (σχήμα 2.11). Είναι δυνατή η περαιτέρω διαίρεση των υποκελιών σε τέσσερα τρίγωνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.11, με αποτέλεσμα τα ευθύγραμμα διανύσματα να προκύπτουν ακόμη μικρότερα και οι ισοϋψείς καμπύλες περισσότερο εξομαλυμένες. Φυσικά αυτό που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι οι απαιτήσεις στην ακρίβεια, στην ποιοτική εμφάνιση των ισοϋψών και στο διαθέσιμο χρόνο, αφού, όπως είναι φυσικό, όσο

μικρότερα είναι τα διανύσματα που δημιουργούμε τόσο περισσότερος είναι και ο χρόνος που απαιτείται.



Σχήμα 2.11 Σχηματισμός ισοψών μέσω κελιών, υποκελιών και υποτριγώνων

2.7.2 Μέθοδος βάση τριγωνισμού

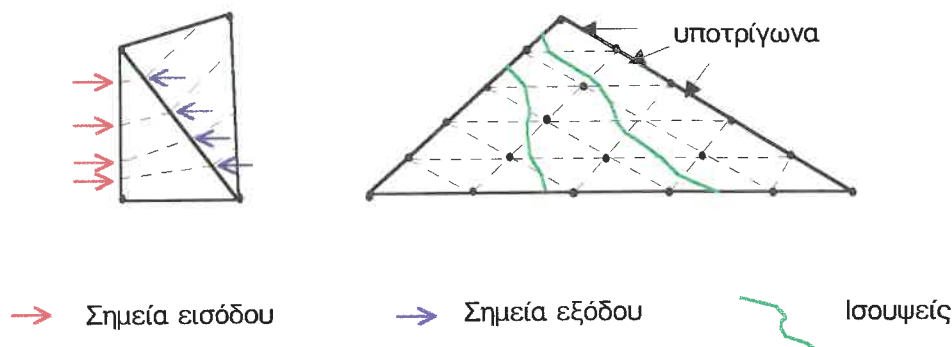
Όπως στην περίπτωση υψομετρικών σημείων σε μορφή κανονικού κανάβου, έτσι και με τη μέθοδο του τριγωνισμού τυχαίων σημείων, υπάρχουν δύο κύριες κατευθύνσεις για τον σχηματισμό ισοψών καμπύλων :

- (α) απλή γραμμική παρεμβολή των καμπύλων και
- (β) σχηματισμός εξομαλυμένων ισοψών καμπύλων μέσω κάποιου τύπου συνάρτησης.

Η χρήση της απ' ευθείας γραμμικής παρεμβολής για το σχηματισμό ισοψών καμπύλων συναντιέται πολύ συχνά, όταν το πρότυπο εδάφους στηρίζεται στον τριγωνισμό, κάτι που δε συμβαίνει στη προσομοίωση που βασίζεται σε κανάβο.

Η παρεμβολή ξεκινάει από τα συνοριακά τρίγωνα. Έτσι, όλα τα σημεία εισόδου τοποθετούνται στην περίμετρο και τα αντίστοιχα σημεία εξόδου στις εσωτερικές πλευρές καθενός συνοριακού τριγώνου. Τα τελευταία αυτά σημεία λειτουργούν προφανώς ως σημεία εισόδου για τα επόμενα εσωτερικά τρίγωνα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.12.

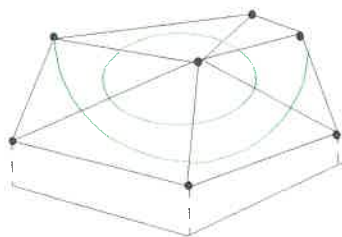
Όπως στη μέθοδο βάση κανάβου, έτσι και στη μέθοδο του τριγωνισμού, η περιοχή ενός τριγώνου μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερα τρίγωνα



Σχήμα 2.12 Σχηματισμός ισοϋψών μέσω τριγώνων και υποτριγώνων

(υποτρίγωνα), με σκοπό να αποφευχθούν τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα με τις απότομες αλλαγές της διεύθυνσης κατά μήκος της κοινής πλευράς δύο παρακείμενων τριγώνων. Οι τιμές των κορυφών κάθε υποτριγώνου μπορούν να υπολογιστούν με απλή γραμμική παρεμβολή. Τα σημεία τομής της κάθε ισοψούς με τις πλευρές των υποτριγώνων ενώνονται και σχηματίζεται η απαιτούμενη καμπύλη, η οποία φαίνεται εξομαλυμένη, αφού αποτελείται από μία σειρά μικρών διανυσμάτων, με εμφανές το όφελος στην οπτική εμφάνιση της καμπύλης (σχήμα 2.12).

Μία εναλλακτική προσέγγιση είναι η προσαρμογή κάποιου τύπου τρισδιάστατου τμήματος επιφάνειας σε κάθε τρίγωνο, που να εξασφαλίζει την ομαλή μεταφορά από το ένα τρίγωνο στο άλλο. Αυτό απαιτεί το σχηματισμό ενός πολυγωνικού τεμαχίου, χρησιμοποιώντας το κεντρικό σημείο και τους Thiessen γείτονες του (σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13 Επιφάνειες και καμπύλες σε κεντρικό πολύγωνο που περιλαμβάνει πολλά τρίγωνα

Δεν υπάρχει δυσκολία στο σχηματισμό του τεμαχίου αυτού, αλλά θα είναι ακανόνιστο σε σχήμα (αφού δεν υπάρχει κανονικός κánaβος) και τα

δεδομένα σημεία θα έχουν μία δύσχρηστη μορφή. Οι αποστάσεις από το κεντρικό σημείο θα είναι όλες άνισες και το προσαρμοσμένο πολυώνυμο πρέπει να έχει αντίστροφη βαρύτητα με την αυξανόμενη απόσταση. Συνεπώς ένα πολυώνυμο μικρής τάξης με βαρύτητα αντίστροφη της απόστασης μπορεί να προσαρμοστεί, μέσω των ακανόνιστα τοποθετημένων δεδομένων σημείων που περιέχει το τεμάχιο.

2.7.3 Σύγκριση μεθόδων

Η δικαιολόγηση της χρήσης ενός δικτύου τριγώνων για την παραγωγή των ισοϋψών, στηρίζεται κυρίως στις απαιτήσεις ακρίβειας απεικόνισης του εδάφους καθώς και στην ταχύτητα των υπολογισμών. Η καλύτερη σύγκριση μπορεί να γίνει με ένα κανονικό ορθογωνικό κάναβο, π.χ. έναν τετραγωνικό. Έστω ότι ο κάναβος αυτός καλύπτει μία περιοχή 1000 τυχαία τοποθετημένων σημείων σε μία τετραγωνική περιοχή. Το μέγεθος του κανάβου αυτού θα είναι πιθανόν της τάξεως των 100 γραμμών και 100 στηλών. Συνεπώς απαιτείται η παρεμβολή $100 \times 100 = 10000$ κόμβων κανάβου μεταξύ των 1000 τυχαίων σημείων, κάτι που απαιτεί πληθώρα υπολογισμών. Από την άλλη πλευρά, η μέθοδος τριγωνισμού Delaunay, απαιτεί τις ίδιες αρχικές X και Y διαδικασίες ταξινόμησης, ακολουθούμενες από 1000 σετς «γειτονικών» υπολογισμών. Αν κατά μέσο όρο ο χρόνος υπολογισμού για κάθε σημείο είναι, με τη μέθοδο Delaunay, προσεγγιστικά ισοδύναμος με αυτόν που απαιτείται για την παρεμβολή ενός κόμβου κανάβου, εύκολα διαπιστώνεται η μεγάλη εξοικονόμηση χρόνου μέσω της ανάπτυξης μίας τριγωνικής δομής απ' ότι ενός τετραγωνικού κανάβου, ιδιαίτερα μάλιστα με την αύξηση του αριθμού των σημείων.

Επιπλέον, σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου τριγωνισμού, αποτελεί το γεγονός ότι όλα τα αυθεντικά δεδομένα σημεία τοποθετούνται ακριβώς στο τριγωνικό δίκτυο, σε αντίθεση με την περιστασιακή αξιοποίηση τους όταν γίνεται χρήση ορθογωνικού κανάβου. Συνεπώς, η μέθοδος τριγωνισμού παρουσιάζει ευελιξία στην ποικιλία πυκνότητας δεδομένων σημείων στα διαφορετικά τμήματα του χάρτη.

Η μέθοδος Delaunay υπερέχει επίσης στην απεικόνιση κρημνών και γραμμών αλλαγής κλίσης, όπου τα συστήματα που βασίζονται σε κάναβο παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα.

Για τη δίκαιη σύγκριση των δύο μεθόδων πρέπει να αναφερθεί και ο χρόνος που απαιτείται για την προσαρμογή των τμημάτων της επιφάνειας, για την παραγωγή των τελικών εξομαλυμένων ισοϋψών. Αν

θεωρούνται επαρκή τα γραμμικά τμήματα της επιφάνειας, τότε η διαφορά στην ταχύτητα εκτέλεσης του «δεσίματος» των ισοϋψών μεταξύ των δύο μεθόδων είναι μικρή. Αν όμως επιβάλλεται μία κατάσταση συνέχειας στην επιφάνεια, τότε η δημιουργία των τεμαχίων της επιφάνειας μπορεί να διαρκεί διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Έχει βρεθεί ότι η δημιουργία ενός ορθογωνικού τεμαχίου με κάποια μέθοδο είναι σημαντικά πιο γρήγορη από τον χρόνο που χρησιμοποιεί ένα ακανόνιστο τεμάχιο επιφάνειας. Όμως, από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση του τριγωνισμού, τα τεμάχια είναι ανάλογα με την πυκνότητα των σημείων σε όλες τις περιοχές, με αποτέλεσμα να δίνουν ακριβείς πληροφορίες σε όλες τις περιοχές του χάρτη.

2.7.4 Σφάλματα που παρουσιάζονται στις ισοϋψείς

Η διαδικασία συλλογής των στοιχείων, η μέθοδος επεξεργασίας αυτών και ο τρόπος σχεδιασμού του αναγλύφου του εδάφους, εισάγουν γενικά σφάλματα στην απεικόνιση της τελικής μορφής.

Τα σφάλματα αυτά μπορούμε να τα κατατάξουμε κατά δύο τρόπους. Ο πρώτος, σύμφωνα με το είδος των σφαλμάτων : σε συστηματικά, τυχαία και χοντρικά. Ο δεύτερος, σύμφωνα με το μέγεθος που επηρεάζουν : υψόμετρο, θέση, καμπυλότητα, μήκος καμπύλων και η κλίση μιας περιοχής. Αναλυτικότερα:

Τα *συστηματικά σφάλματα* μπορούν να προέρχονται από σφάλμα στο επίπεδο αναφοράς όπως, στροφή του συστήματος συντεταγμένων κατά κάποια γωνία φ ή λάθος στη θέση της αρχής του. Όταν η απόδοση γίνεται φωτογραμμετρικά, συστηματικό σφάλμα μπορεί να προκύψει από σφάλμα στη θέση σχηματισμού του στερεοπρότυπου.

Τα *τυχαία σφάλματα* προέρχονται κυρίως από τον τρόπο συλλογής των στοιχείων ή τον τρόπο απόδοσης των καμπυλών. Ανάλογα με το σφάλμα αλλοιώνεται λίγο ή πολύ η μορφή της απεικόνισης του αναγλύφου. Συνήθως όμως τα σφάλματα αυτά απορροφούνται από το πάχος των γραμμών και την κλίμακα.

Τα *χοντρικά σφάλματα* προέρχονται από σφάλματα στα όργανα συλλογής και απόδοσης του χάρτη ή από την απειρία του προσωπικού. Αυτά μπορούν να εντοπισθούν σχετικά εύκολα με την σύγκριση του χάρτη και του εδάφους.

Σφάλμα στο υψόμετρο μπορεί να οφείλεται σε λάθος επίπεδο αναφοράς ή σφάλμα στις μετρήσεις ορισμένων σημείων.

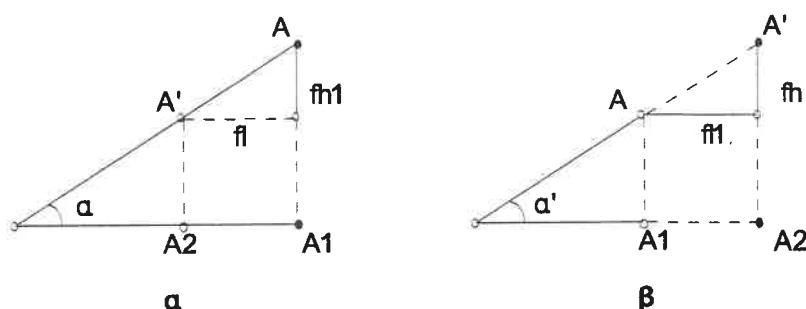
Σφάλμα στη θέση μπορεί να οφείλεται σε στροφή του συστήματος της προβολής ή σε σφάλμα στην αρχή του συστήματος αναφοράς.

Κάποιο σφάλμα f_i στην πραγματική θέση ενός σημείου δημιουργεί σφάλμα fh_1 στο υψόμετρο αυτού και αντίστροφα κάποιο σφάλμα fh στο πραγματικό υψόμετρο, δημιουργεί σφάλμα f_h στη θέση του σημείου.

Από το σχήμα 2.14 (α) παρατηρούμε ότι αν το σημείο A σχεδιασθεί στο χαρτί στη θέση A2, εισάγοντας κάποιο σφάλμα fi σε σχέση με την προβολή A1 της πραγματικής θέσης, τότε αυτή μετατοπίζεται στον χώρο από την A στην A' δημιουργώντας σφάλμα fh_1 στο υψόμετρο του, τέτοιο ώστε $fh_1/fi = \tan \alpha$.

Όμοια από το σχήμα 2.14 (β) παρατηρούμε ότι αν το κάποιο σφάλμα fh στο πραγματικό υψόμετρο HA του σημείου μετατοπίζει τη θέση A αυτού στο χώρο στην A', με αποτέλεσμα η προβολή του στο χαρτί A2 να έχει σφάλμα fi_1 σε σχέση με την προβολή της πραγματικής θέσης. Και εδώ επίσης έχουμε $fh/fi_1 = \tan \alpha'$.

Όταν το fh ή το fi είναι συστηματικό, καταλαβαίνουμε ότι δεν επηρεάζεται η κλίση και η καμπυλότητα των ισοϋψών της περιοχής. Στην αντίθετη περίπτωση εκτός από την κλίση και την καμπυλότητα, επηρεάζεται και το μήκος των καμπυλών, σε σχέση με το πραγματικό.



Σχήμα 2.14 Σφάλματα ισοϋψών καμπύλων
α. σφάλμα στη θέση
β. σφάλμα στο υψόμετρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ - ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

3.1 Διάκριση αεροδρομίων

Τα αεροδρόμια ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν, ή αν εξυπηρετούν περισσότερους του ενός ανάλογα με το βασικό σκοπό, διακρίνονται σε:

- ◊ Πολιτικά, δημόσιας ή ιδιωτικής χρήσης
- ◊ Στρατιωτικά

Τα κριτήρια σχεδιασμού ενός αεροδρομίου εξαρτώνται από τον (ους) σκοπό (ούς) που προβλέπεται να εξυπηρετήσουν. Για παράδειγμα, ένα πολιτικό αεροδρόμιο εγκαθίσταται σχεδόν πάντοτε κοντά σε ένα αστικό κέντρο και γενικότερα σε ένα κέντρο που αποτελεί πόλο έλξης αερομεταφορικού έργου (αν όχι αστικό κέντρο, κάποιο μεγάλο βιομηχανικό συγκρότημα, μία έντονη τουριστική περιοχή, κτλ.). Ένα στρατιωτικό αεροδρόμιο, αντίθετα, ανάλογα με τον ειδικό σκοπό που εξυπηρετεί, θα εγκατασταθεί κοντά σε μία μεγάλη βάση, ή σε ένα κατάλληλο σημείο για την επιτυχημένη προσέγγιση ξένου στόχου.

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την εγκατάσταση ενός αεροδρομίου, είναι η βαρύτητα της *οικονομικής ανταποδοτικότητας* ως κριτηρίου σχεδιασμού. Έτσι, ένα πολιτικό αεροδρόμιο σχεδιάζεται με στόχο να επιτευχθεί μία καλή ανταποδοτικότητα. Ένα στρατιωτικό αεροδρόμιο πρακτικά αγνοεί το στόχο αυτό, όπως και το αεροδρόμιο μίας αερολέσχης που βασικά καλύπτει την επιθυμία των μελών της να ικανοποιήσουν την αγάπη τους για την αεροπλοΐα, αλλά και να διαδώσουν το αεροπορικό πνεύμα.

Τα πιο πολύπλοκα, από την άποψη καλύψεως απαιτήσεων και λειτουργιών, αεροδρόμια, αποτελούν τα πολιτικά αεροδρόμια δημόσιας χρήσης, που εξυπηρετούν πτήσεις διεθνείς και εσωτερικού, με τα οποία και θα ασχοληθούμε στα κεφάλαια που ακολουθούν. Εξ' άλλου είναι γεγονός ότι πολλά στοιχεία, όπως λ.χ. οι μεθοδολογίες γεωμετρικού σχεδιασμού, υπολογισμού οδοστρωμάτων, κτλ., είναι ίδιες και για τα αεροδρόμια άλλων κατηγοριών. Η διαφορά στις περιπτώσεις αυτές έγκειται στους κανονισμούς και στα μεγέθη υπολογισμού.

Τα πολιτικά αεροδρόμια διακρίνονται ανάλογα με την χρήση τους σε *κανονικά* και *εναλλακτικά*. Τα εναλλακτικά χρησιμοποιούνται σε έκτακτες μόνο περιπτώσεις και κατά κανόνα είναι στρατιωτικά αεροδρόμια που μπορούν να εξυπηρετήσουν σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και την πολιτική αεροπορία.

Μία άλλη διάκριση των αεροδρομίων είναι σε χερσαία, υδάτινα και επί πάγου. Στο τέλος της δεκαετίας του 1930 υπήρχε ένα σημαντικό πλήθος υδάτινων αεροδρομίων. Μετά το Β' Παγκόσμιο πόλεμο η μεγάλη εξέλιξη των αεριοθούμενων οδήγησε σε απαξίωση τις σχετικές εγκαταστάσεις. Έτσι σήμερα διατηρείται σε χρήση ένας πολύ περιορισμένος αριθμός τέτοιων αεροδρομίων. Αντίθετα τα αεροδρόμια σε πάγο, που εξυπηρετούν τις πολικές περιοχές παρουσιάζουν μία σημαντική εξέλιξη. Πάντως θα πρέπει να σημειωθεί ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν α/φ μικρού βάρους.

3.2 Κύριες κατασκευές αεροδρομίων

Οι διάφοροι χώροι και κατασκευές ενός αεροδρομίου έχουν ως στόχο την *εξυπηρέτηση των ακόλουθων αναγκών*:

- Σε σχέση με τα αεροσκάφη:

- ⇒ Ασφάλεια προσγείοαπογειώσεων
- ⇒ Στάθμευση, κατά το χρόνο που δε χρησιμοποιούνται
- ⇒ Στάθμευση, κατά το χρόνο που πραγματοποιείται η επιβίβαση - αποβίβαση επιβατών και αποσκευών
- ⇒ Φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων, κτλ.
- ⇒ Ανεφοδιασμός, καθαρισμός, κτλ.
- ⇒ Συντήρηση και επισκευές

- Σε σχέση με τους επιβάτες που θα ταξιδέψουν:

- ⇒ Σύντομη παραμονή των επιβατών και φίλων τους που τους συνοδεύουν
- ⇒ Έλεγχος εισιτηρίων, βάρους αποσκευών, καθώς και παραλαβή των αποσκευών από τους επιβάτες
- ⇒ Μεταφορά των αποσκευών και φόρτωση τους στα α/φ
- ⇒ Έλεγχοι ασφαλείας
- ⇒ Πρόσθετοι έλεγχοι για τους επιβάτες του εξωτερικού
- ⇒ Αναμονή των επιβατών μέχρι της αποβίβασης
- ⇒ Μεταφορά των επιβατών από τους χώρους αναμονής στο α/φ

- ⇒ Εξυπηρέτηση των μέσων μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά στο αεροδρόμιο
- Σε σχέση με τους επιβάτες που ταξίδεψαν:
 - ⇒ Μεταφορά τους από το α/φ στο χώρο παραλαβής των αποσκευών
 - ⇒ Παραλαβή των αποσκευών
 - ⇒ Έλεγχοι για τους επιβάτες του εξωτερικού
 - ⇒ Χώροι αναμονής για τους επιβάτες που θα συνεχίσουν το ταξίδι τους με το ίδιο ή άλλο α/φ
 - ⇒ Διακίνηση των επιβατών προς τα μέσα μεταφοράς τους
- Σε σχέση με τα εμπορεύματα, ταχυδρομείο, κτλ., ανάλογες (με τους επιβάτες) ανάγκες.
- Σε σχέση με τις επιχειρήσεις που με οποιοδήποτε τρόπο συμμετέχουν στην κάλυψη των παραπάνω αναγκών:
 - ⇒ Εξυπηρέτηση του προσωπικού των (διακίνηση, εργασία, κτλ.)
 - ⇒ Εξυπηρέτηση των ίδιων των επιχειρήσεων, με χώρους γραφείων, κτλ.

Οι κύριες κατασκευές ενός αεροδρομίου που καλύπτουν τις παραπάνω ανάγκες είναι:

- Ο (οι) διάδρομος (οι), ή σύστημα διαδρόμων που εξυπηρετεί την προσγείωση και απογείωση των α/φ
- Τα δάπεδα στάθμευσης, όπου τα α/φ σταθμεύουν για φορτοεκφόρτωση, ανεφοδιασμό, κτλ.
- Το τροχοδρομικό σύστημα που συνδέει το διάδρομο ή το σύστημα διαδρόμων με τα δάπεδα στάθμευσης
- Ο επιβατικός αεροσταθμός που εξυπηρετεί τη διακίνηση των επιβατών μεταξύ των επιφανειακών δικτύων μεταφοράς και των α/φ
- Ο εμπορευματικός αεροσταθμός για τη διακίνηση των εμπορευμάτων

- Οι συνδέσεις του αεροσταθμού με τα επιφανειακά δίκτυα μεταφοράς και οι σχετικές τερματικές εγκαταστάσεις εξυπηρέτησεως των επιφανειακών μέσων μεταφοράς
- Ο Πύργος Ελέγχου
- Λοιπές εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν την ασφάλεια γενικά (πυροσβεστικός σταθμός, κτλ.), τη διακίνηση των επιβατών, ταχυδρομείου και εμπορευμάτων, τον ανεφοδιασμό, ελέγχους, συντήρηση και καθαρισμό των α/φ, καθώς και του υπόλοιπου μηχανικού εξοπλισμού του αεροδρομίου.

3.3 Διαδικασία σχεδιασμού ενός αεροδρομίου

3.3.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός ενός αεροδρομίου έχει ως στόχο να προδιαγράψει την επέκταση ή τον εκσυγχρονισμό ενός υπάρχοντος αεροδρομίου ή την κατασκευή ενός νέου. Είναι απαραίτητος ανεξάρτητα από το μέγεθος και το σκοπό που θα εξυπηρετήσει. Επιδιώκεται πάντοτε η ανάπτυξη του αεροδρομίου να συμβιβάζεται με το περιβάλλον, τις ανάγκες της περιοχής και τα υπόλοιπα μεταφορικά μέσα.

Τα *αποτελέσματα της μελέτης* στην οποία θα στηριχτεί ο σχεδιασμός ενός αεροδρομίου, είναι ένας οδηγός για:

- (1) την κατασκευή των εγκαταστάσεων του αεροδρομίου
- (2) τη χρήση γης, μέσα και γύρω από το αεροδρόμιο
- (3) τον καθορισμό των περιβαλλοντολογικών επιδράσεων από την κατασκευή του αεροδρομίου και τη λειτουργία του
- (4) τον καθορισμό των απαιτήσεων για την προσπέλαση στο α/δ
- (5) τον προσδιορισμό των οικονομικών δεικτών, των πηγών και του τρόπου χρηματοδότησεως των προτεινόμενων έργων και της λειτουργίας των
- (6) τον καθορισμό ενός προγράμματος προτεραιοτήτων και φάσεων για τα προτεινόμενα έργα.

3.3.2 Σχέδιο γενικής διάταξης αεροδρομίου (MASTER PLAN)

Η μελέτη σχεδιασμού είναι ουσιαστικά ένα σύνολο επί μέρους απογραφών, αναλύσεων και μελετών, που τα στοιχεία της κάθε μιας χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα της άλλης. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη σχεδιασμού περιλαμβάνει τις παρακάτω φάσεις:

- 1η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ

1) Απογραφές - Προβλέψεις ζήτησης

Το αρχικό βήμα είναι η συλλογή όλων των διαθεσίμων σχετικών στοιχείων με την περιοχή που θα εξυπηρετήσει το αεροδρόμιο. Στα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται στοιχεία απογραφής των ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων αεροδρομίου (αν φυσικά υπάρχει), καθώς και τα σχέδια αναπτύξεως της περιοχής που μπορεί να επηρεάσουν τον σχεδιασμό του νέου αεροδρομίου.

Τα στατιστικά δεδομένα της αεροπορικής κινήσεως (αεροσκαφών, επιβατών) και οι καλύτερες δυνατές μελλοντικές προβλέψεις, θα αποτελέσουν τη βάση κατά τις διάφορες φάσεις σχεδιασμού ενός νέου αεροδρομίου. Οι εγκαταστάσεις του αεροδρομίου εκτιμούνται με βάση την εξυπηρέτηση της επιβατικής κίνησης σε «ώρες αιχμής». Όμως για λόγους οικονομίας και αποδοτικότερης εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων, δεν λαμβάνεται υπόψη η ώρα αιχμής με τη μέγιστη κίνηση, αλλά μία ώρα αιχμής με μικρότερη κίνηση, όπως π.χ. η ώρα αιχμής της 30ης ή 40ης σε κίνηση ημέρας του έτους.

Όσον αφορά τις προβλέψεις της αεροπορικής κίνησης, μπορούν να εφαρμοσθούν διάφορες μέθοδοι και μαθηματικά μοντέλα υπολογισμού. Οι πιο διαδεδομένες είναι η μέθοδος της τάσης (Trend Projection) και οι πιο αξιόπιστες οικονομετρικές μέθοδοι. Πάντως λαμβάνονται υπόψη τόσο οι μακροπρόθεσμες (περίπου 20 έτη), όσο και οι μεσοπρόθεσμες (περίπου 10 έτη) και μικροπρόθεσμες προβλέψεις (περίπου 5 έτη).

2) Ανάλυση ζήτησης - χωρητικότητας

Η φάση αυτή του σχεδιασμού ασχολείται με:

⇒ πρόβλεψη αεροπορικών κινήσεων / χωρητικότητα εναέριου χώρου

- ⇒ πρόβλεψη αεροπορικών κινήσεων / εγκαταστάσεις ελέγχου εναέριου χώρου
- ⇒ πρόβλεψη επιβατικής κίνησης / χωρητικότητα αεροσταθμού
- ⇒ πρόβλεψη εμπορευματικής κίνησης / χωρητικότητα εμπορευματικού σταθμού
- ⇒ πρόβλεψη κυκλοφοριακών φόρτων / ικανότητα οδικού δικτύου

3) Ανάλυση προδιαγραφών εγκαταστάσεων

Σκοπός των μελετών αυτών είναι η τεκμηρίωση ενός καταλόγου απαιτήσεων των εγκαταστάσεων του αεροδρομίου, όπως:

- Διάδρομοι (μήκος, πλάτος, χωρητικότητα, ελεύθερες ζώνες, κτλ.)
- Τροχιόδρομοι (μήκος, πλάτος, χωρητικότητα, κτλ.)
- Αεροσταθμός (θέσεις στάθμευσης, επιφάνεια, σχεδιασμός, κτλ.)
- Υπόστεγα
- Ελικοδρόμια
- Ελεύθερες επιφάνειες
- Αποχέτευση
- Οδοστρώματα
- Φωτισμός και Σήμανση
- Ανεμολόγιο
- Αεροναυτιλιακά βοηθήματα

4) Οι Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις

Στη διαδικασία επιλογής της θέσης εγκατάστασης ενός νέου αεροδρομίου ή της ανάπτυξης υφιστάμενου, πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη οι περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις.

Παρά το γεγονός ότι ο θόρυβος αποτελεί το βασικό περιβαλλοντολογικό πρόβλημα που συνοδεύει την κατασκευή ενός αεροδρομίου, υπάρχουν και άλλα προβλήματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως η μόλυνση του αέρα, του νερού, κτλ.

Με την κοινοτική και την εθνική νομοθεσία, προβλέπονται πλέον ειδικοί όροι και κανόνες, για την χορήγηση άδειας για τις κατασκευές εγκατάστασης ή επέκτασης αεροδρομίων.

• 2η ΦΑΣΗ: ΕΚΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ

Μετά από μία γενική εκτίμηση της εκτάσεως που απαιτείται για τη κατασκευή ενός αεροδρομίου, εξετάζονται και αξιολογούνται οι δυνατές εναλλακτικές θέσεις, με τη χρησιμοποίηση και της μεθόδου Αναλύσεως Κόστους - Οφέλους (COST-BENEFIT ANALYSIS). Η τελική επιλογή για τη θέση του αεροδρομίου θα είναι κατά πάσα πιθανότητα ένας συμβιβασμός μεταξύ των καλύτερων λύσεων από πλευράς:

- ⇒ ελεύθερων επιφανειών εναέριου χώρου (ελιγμών προσγειώσεων-απογειώσεων)
- ⇒ λειτουργικών απαιτήσεων (δυσκολία οδικής προσπέλασης)
- ⇒ διαθεσιμότητας και κόστους γης
- ⇒ περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων
- ⇒ χρήσεις γης της γύρω περιοχής
- ⇒ φυσικά χαρακτηριστικά & ατμοσφαιρικές συνθήκες της τοποθεσίας
- ⇒ παροχές

Η διπλωματική αυτή σχετίζεται με αυτή τη φάση του σχεδιασμού, αφού απώτερος στόχος της είναι η δυνατότητα εντοπισμού και επιλογής, με μεγάλη εξοικονόμηση χρόνου, της βέλτιστης δυνατής θέσης του αεροδρομίου, από πλευράς όγκου (κόστους) χωματισμών.

• 3η ΦΑΣΗ: ΓΕΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το μέρος αυτό της μελέτης πρέπει ξεκάθαρα να καταλήγει στη γενική μορφή και το μέγεθος των έργων και εγκαταστάσεων του αεροδρομίου. Έτσι πρέπει να περιλαμβάνει:

- τους διαδρόμους και τις ζώνες προσέγγισης, καθώς και την επισήμανση των εμποδίων που θα αρθούν και αυτών που απλώς θα σημανθούν
- το τροχοδρομικό σύστημα και τα δάπεδα αναμονής
- τα δάπεδα στάθμευσης
- τις εγκαταστάσεις αεροναυτιλιακών βοηθημάτων
- τα λειτουργικά σχέδια του (των) αεροσταθμού (ών), όπως οι ροές επιβατών - αποσκευών, οι διανυόμενες αποστάσεις, ο αναγκαίος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και οι υποχρεωτικές στάσεις - καθυστερήσεις, ελέγχους για την επάρκεια των διαφόρων επιφανειών,

καθώς και για την ικανοποιητική σύνδεση τους με τους λοιπούς χώρους του αεροσταθμού και γενικότερα των λοιπών εγκαταστάσεων.

- τα λειτουργικά σχέδια των συγκοινωνιακών αξόνων συνδέσεως με το δίκτυο της εξυπηρετούμενης περιοχής, καθώς και τα αντίστοιχα των τερματικών εγκαταστάσεων. Τόσο η εξωτερική προσπέλαση του αεροδρομίου, όσο και το εσωτερικό δίκτυο, είναι μεγάλης σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία του αεροδρομίου.
- τις βοηθητικές εγκαταστάσεις του αεροδρομίου και τις εγκαταστάσεις υποστηρίξεως των α/φ (ανεφοδιασμός, επισκευαστικές βάσεις-συνεργεία)
- τις εμπορικές και ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις
- τη χρήση γης στον χώρο που περιβάλλει το αεροδρόμιο, ώστε να διασφαλιστούν οι δεσμεύσεις που θα επιτρέψουν την ασφαλή κυκλοφορία των α/φ, καθώς και να διασφαλιστούν οι περιοχές που θίγονται ιδιαίτερα (θόρυβος, κτλ.) από την λειτουργία του αεροδρομίου
- παρουσίαση και ανάλυση όλων των δυσκολιών του έργου
- παρουσίαση και ανάλυση του οικονομικού και μη οικονομικού κόστους κατασκευής σε μία ικανοποιητική προσέγγιση.

• 4η ΦΑΣΗ: ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Κάθε σχεδιασμός νέου αεροδρομίου ή αναπτύξεως υφιστάμενου, θα πρέπει να περιλαμβάνει την εκτίμηση του προϋπολογισμού των έργων, των οικονομικών δεικτών (δείκτες εσωτερικής ανταποδοτικότητας κτλ.), την ανάλυση των δυνατοτήτων χρηματοδότησης και την ανάλυση των ετήσιων εσόδων και δαπανών λειτουργίας (χρηματικές εισροές-εκροές και διαχρονική εξέλιξη τους).

• 5η ΦΑΣΗ: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ

Ο σωστός σχεδιασμός επιβάλλει λεπτομερειακό χρονοπρογραμματισμό, ώστε να διασφαλιστεί η έγκαιρη εκτέλεση των έργων, να αποφευχθεί η δέσμευση πολύ υψηλών επενδύσεων σε υποχρησιμοποιούμενες στη πρώτη χρονική περίοδο εγκαταστάσεις, κτλ. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η επεξεργασία και διατύπωση συγκεκριμένου δικτύου εκτέλεσης (PERT/CPM), σε τρόπον ώστε να διασφαλιστεί η σωστή διαχείριση της υλοποίησης (project management).

• 6η ΦΑΣΗ: ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ & ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Η διασφάλιση τόσο της δυνατότητας κατασκευής των έργων, όσο και της ομαλής λειτουργίας του αεροδρομίου, προϋποθέτει το συντονισμό των ενεργειών πολλών υπηρεσιών και οργανισμών. Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η μελέτη σχεδιασμού να περιλάβει την ανάλυση των απαραίτητων διαδικασιών και την πρόβλεψη των ενεργειών (ακόμα και νομοθετικών), που θα διασφαλίσουν την κατασκευή και την απρόσκοπτη λειτουργία του αεροδρομίου.

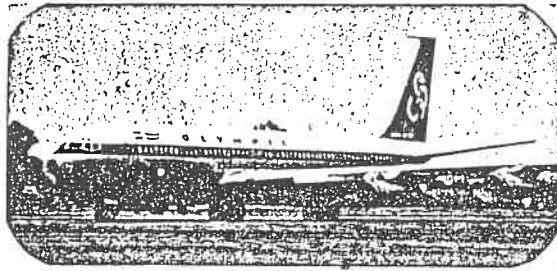
3.4 Αεροσκάφη σχεδιασμού - τύποι αεροσκαφών

Τα αεροσκάφη διακρίνονται σε κατηγορίες. Μία κύρια διάκριση είναι σε *πολιτικά* και *στρατιωτικά* (ή *πολεμικά*). Τα πολιτικά αεροσκάφη διακρίνονται επίσης σε κατηγορίες, ανάλογα με το *μέγεθος* και τη *χωρητικότητα* τους. Μία άλλη διάκριση είναι ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις σε μήκος διαδρόμου. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό διακρίνονται τα συμβατικά *a/4* (CTOL) από τα RTOL (που απαιτούν μειωμένο μήκος διαδρόμου), τα STOL (μικρό μήκος διαδρόμου) και τα VTOL (κατακόρυφης προσγείωσης-απογείωσης).

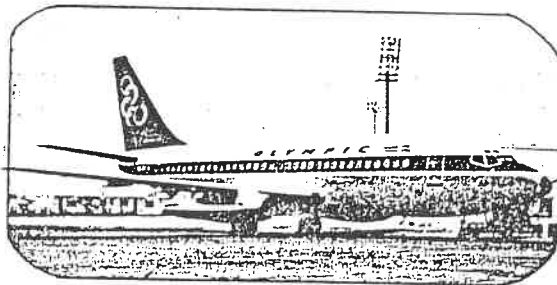
Για τον σχεδιασμό ενός στοιχείου του αεροδρομίου επιλέγεται πάντοτε ένα *a/φ σχεδιασμού*, το οποίο και παρουσιάζει τα δυσμενέστερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη κατασκευή, από όλους τους τύπους *a/φ* που προβλέπεται να χρησιμοποιούν την κατασκευή αυτή. Το *a/φ σχεδιασμού* των επί μέρους στοιχείων ενός αεροδρομίου δεν είναι πάντοτε το ίδιο. Για τα μεγάλα πολιτικά διεθνή αεροδρόμια το *a/φ σχεδιασμού* του οδοστρώματος ενός διαδρόμου είναι γενικά διάφορο από αυτό του μήκους του, ενώ ένα τρίτο *a/φ* επιλέγεται για το σχεδιασμό των υπόστεγων συντηρήσεως/επισκευών, κτλ. Για άλλα στοιχεία του αεροδρομίου, όπως λ.χ. τα δάπεδα σταθμεύσεως, είναι σκόπιμη η εισαγωγή της έννοιας του τύπου *μίξεως*. Ως *μίξη* θεωρείται η ποσοστιαία κατανομή του συνόλου των *a/φ* που χρησιμοποιούν το στοιχείο. Αντίθετα, στα μικρά πολιτικά αεροδρόμια και ιδιαίτερα στα ιδιωτικά, μπορεί ένας τύπος *a/φ* να αρκεί για το σχεδιασμό όλων των κατασκευών.

Λόγω του μεγάλου αριθμού των τύπων και παραλλαγών των *a/φ*, είναι σκόπιμη η κατάταξη των *a/φ* κατά κλάσεις, όπως φαίνεται παρακάτω. Μερικά από τα είδη των *a/φ* φαίνονται στο σχήμα σχήμα 3.1.

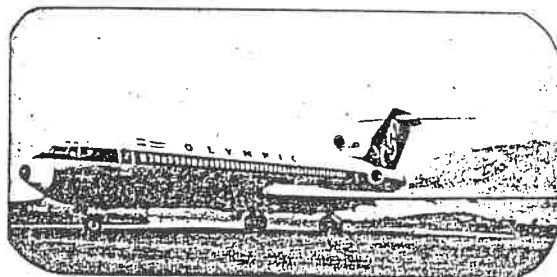
<u>ΚΛΑΣΗ</u>	<u>ΤΥΠΟΣ Α/Φ</u>
A	BOEING 707, 747, 720 DOUGLAS DC-8, DC-10 LOCKHEED L-1011
B	BOEING 727, 737 DOUGLAS DC-9 BAC-111
C	Μικρά α/φ αερογραμμών (κινητήρες P)
D	Μικρά α/φ γενικής χρήσης (κινητήρες 2P)
E	Μικρά α/φ (κινητήρας 1P)



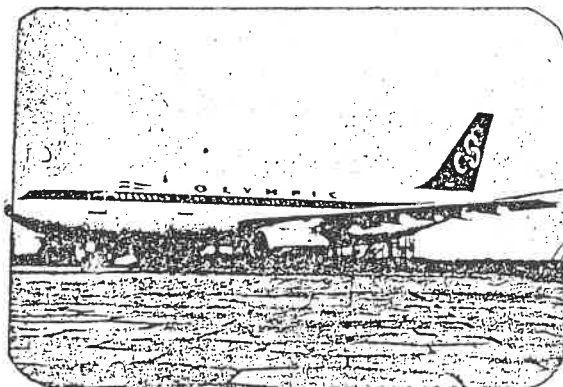
OLYMPIC AIRWAYS Boeing 707-384 C & B



OLYMPIC AIRWAYS Boeing 737-284



OLYMPIC AIRWAYS Boeing 727-284



OLYMPIC AIRWAYS Airbus A 300 - B4

Σχήμα 3.1 Είδη αεροσκαφών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΜΠΟΔΙΩΝ

4.1 Γενικά

Για λόγους *ασφαλείας* στις προσγειώσεις και στις απογειώσεις, ο χώρος γύρω από το αεροδρόμιο επιβάλλεται να είναι ελεύθερος από διάφορα εμπόδια. Οι οριακές επιφάνειες που καθορίζουν τον ελεύθερο από εμπόδια χώρο και που θα αναπτυχθούν στο κεφάλαιο αυτό, ονομάζονται οριακές επιφάνειες εμποδίων.

Οι απαιτήσεις για τις οριακές επιφάνειες εμποδίων καθορίζονται με βάση την προτιθέμενη χρήση του διαδρόμου, π.χ. απογείωση ή προσγείωση, και τον τύπο προσέγγισης. Σε περιπτώσεις που ο διάδρομος χρησιμοποιείται για προσγειώσεις-απογειώσεις και στις δύο κατευθύνσεις η λειτουργία συγκεκριμένων επιφανειών είναι πιθανόν να καταργηθεί λόγω των αυστηρών απαιτήσεων άλλης χαμηλότερης επιφάνειας. Επίσης οι επιφάνειες αυτές καθορίζονται με βάση τους συνήθεις και ακραίους ελιγμούς των α/φ για τους διάφορους τύπους που θα εξυπηρετήσει το αεροδρόμιο.

Κατά τους κανονισμούς του ICAO που ακολουθεί και η Ελλάδα, οι επιφάνειες δίνονται στο σχήμα 4.1 για όλες τις τάξεις αεροδρομίων A,B,C,D,E.

Έτσι καθορίζεται αρχικά μία *ελεύθερη ζώνη ασφαλείας* που περιβάλλει το διάδρομο. Το πλάτος της είναι 300μ. για διαδρόμους με ενόργανη προσέγγιση και 150μ. για διαδρόμους A,B,C, 80μ. για D και 60μ. για E. Το μήκος της ζώνης είναι μεγαλύτερο από εκείνο του διαδρόμου κατά 60μ. για τάξεις A,B,C και 30μ. για D,E, προς κάθε πλευρά.

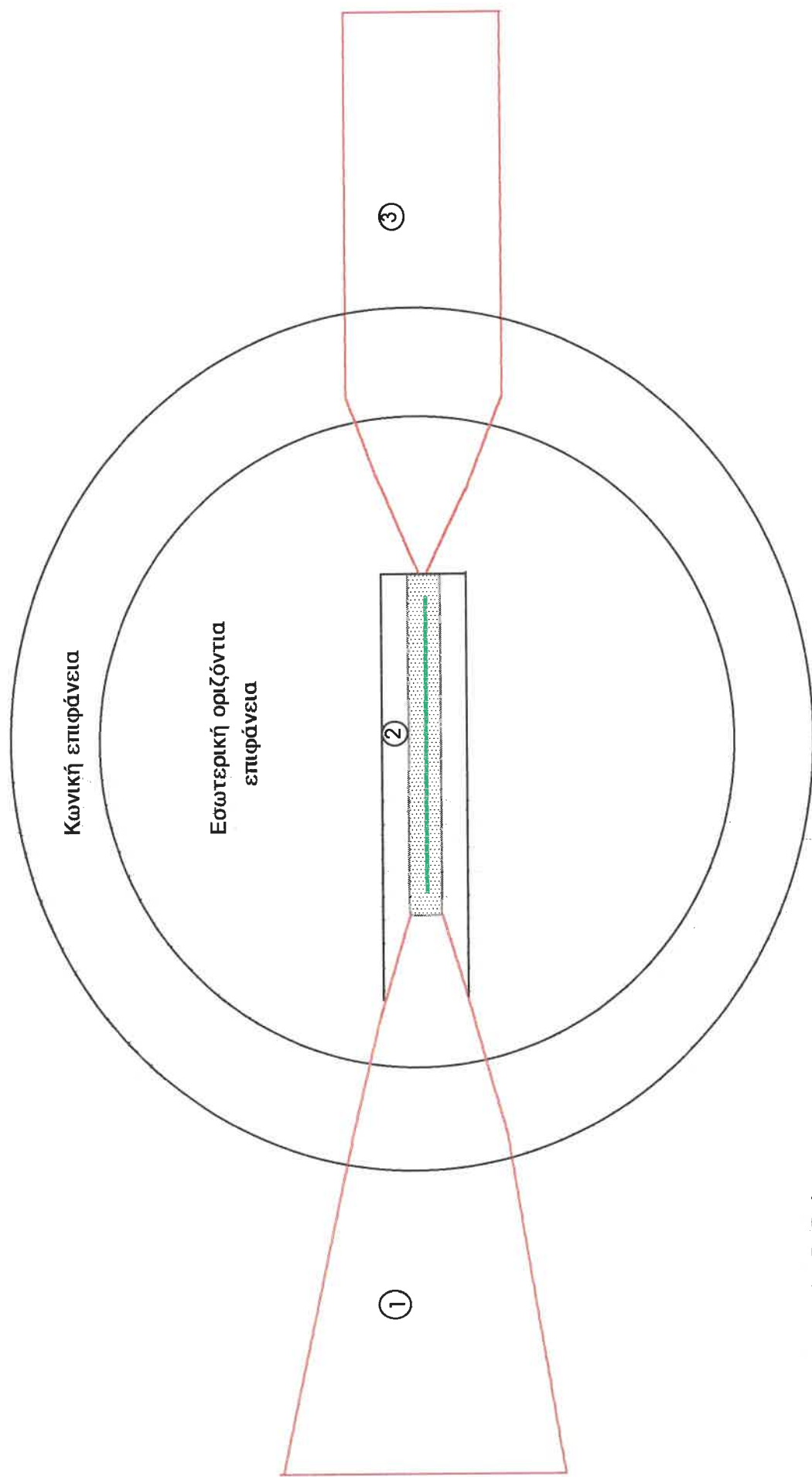
Από τα όρια της ζώνης ασφαλείας ξεκινούν *κεκλιμένες επίπεδες επιφάνειες*, τα χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται παρακάτω.

4.2 Οριακές επιφάνειες εμποδίων

4.2.1 Εσωτερική - εξωτερική οριζόντια επιφάνεια

Εσωτερική οριζόντια επιφάνεια (Inner horizontal surface)

- Περιγραφή: Επιφάνεια τοποθετημένη πάνω από το αεροδρόμιο και τα περίχωρα του.



- επιφάνεια διαδρόμου
- ▨ επιφάνεια ζώνης ασφαλείας
- ① επιφάνεια προσγείωσης
- ② μεταβατική επιφάνεια
- ③ επιφάνεια απογείωσης

Σχήμα 4.1 Επιφάνειες απομάκρυνσης εμποδίων

- **Χαρακτηριστικά:** Η ακτίνα ή εξωτερικά όρια μετριοούνται από σημείο αναφοράς ή σημεία εγκατεστημένα για το σκοπό αυτό. Είναι ίση με 4000μ. για τάξεις A,B,C, 2500μ. για D ή 2000 για E. Το σχήμα της επιφάνειας δεν είναι πάντα κυκλικό.
- **Ύψος:** Είναι μεγαλύτερο κατά 45μ. από το υψόμετρο του αεροδρομίου. Το τελευταίο καθορίζεται από την αρμόδια υπηρεσία και αντιστοιχεί συνήθως στο υψόμετρο του μέσου του διαδρόμου (αν είναι μόνο ένας διάδρομος) ή της τομής των διαδρόμων, ή άλλο κατάλληλο σημείο. Το σχήμα της επιφάνειας δεν είναι πάντα κυκλικό.

Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια (Outer horizontal surface)

- **Περιγραφή:** Επιφάνεια τοποθετημένη πάνω από το α/δ και τα περίχωρα του.
- **Χαρακτηριστικά:** Η ακτίνα ή εξωτερικά όρια μετριοούνται από σημείο αναφοράς ή σημεία εγκατεστημένα για το σκοπό αυτό. Το σχήμα της επιφάνειας δεν είναι πάντα κυκλικό.
- **Ύψος:** Είναι μεγαλύτερο κατά 100μ. από το υψόμετρο της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας για τάξεις A,B (δηλ. 145μ. υψηλότερα από το υψόμετρο αναφοράς), 75μ. για C, 55μ. για D και 35μ. για E. Το σχήμα της επιφάνειας δεν είναι πάντα κυκλικό.

4.2.2 Κωνική επιφάνεια (Conical surface)

- **Περιγραφή:** Επιφάνεια κεκλιμένη προς τα πάνω και προς τα έξω από την περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας.
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το χαμηλότερο άκρο που συμπίπτει με την περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας και (β) το υψηλότερο άκρο που τοποθετείται σε καθορισμένο ύψος πάνω από την εσωτερική επιφάνεια.
- **Κλίση:** Μετρίεται σε κατακόρυφο επίπεδο κάθετα στην περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας και είναι ίση με 5%.

Παρατήρηση

Η ικανοποίηση της απουσίας οποιουδήποτε εμποδίου σ' αυτή την επιφάνεια είναι δύσκολη και πολλές φορές ανέφικτη. Είναι τότε θέμα εγκρίσεως της αρμόδιας υπηρεσίας να αποδεχθεί τα εμπόδια και να τα επισημάνει.

4.2.3 Επιφάνεια προσέγγισης (Approach surface)

- **Περιγραφή:** Κεκλιμένο επίπεδο ή συνδυασμός επιπέδων που προηγούνται του κατωφλίου του αεροδιαδρόμου.
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το εσωτερικό άκρο που έχει συγκεκριμένο μήκος και είναι σε οριζόντιο επίπεδο, κάθετα στην προέκταση της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου, σε καθορισμένη απόσταση πριν από το κατώφλι, (β) δύο πλευρές που αρχίζουν από το τέλος του εσωτερικού άκρου, αποκλίνουν ομοιόμορφα και σε καθορισμένο βαθμό από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου και (γ) το εξωτερικό άκρο που είναι παράλληλο στο εσωτερικό.
- **Ύψος εσωτερικού άκρου:** είναι ίση με το ύψος του μέσου του κατωφλίου.
- **Κλίση:** οι κλίσεις της επιφάνειας μετριοούνται σε κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του αεροδιαδρόμου.

4.2.4 Εσωτερική επιφάνεια προσέγγισης (Inner approach surface)

- **Περιγραφή:** Ένα ορθογώνιο τμήμα της επιφάνειας προσέγγισης ακριβώς πριν από το κατώφλι (σχήμα 4.2).
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το εσωτερικό άκρο που συμπίπτει με αυτό της ζώνης προσέγγισης, αλλά έχει δικό του καθορισμένο μήκος, (β) δύο πλευρές που αρχίζουν από το τέλος του εσωτερικού άκρου και εκτείνονται παράλληλα με το κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του διαδρόμου και (γ) το εξωτερικό άκρο που είναι παράλληλο στο εσωτερικό.

4.2.5 Μεταβατική επιφάνεια (Transitional surface)

- Περιγραφή: Σύνθετη επιφάνεια κατά μήκος της πλευράς της ζώνης ασφαλείας και μέρους της επιφάνειας προσέγγισης. Κλίνει προς τα πάνω και έξω, μέχρι την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια.
- Χαρακτηριστικά: Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το χαμηλότερο άκρο που ξεκινάει στην τομή της πλευράς της επιφάνειας προσέγγισης με την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια και εκτείνεται καθοδικά στην πλευρά της επιφάνειας προσέγγισης μέχρι το εσωτερικό άκρο της και από εκεί κατά μήκος της ζώνης παράλληλα στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου και (β) το υψηλότερο άκρο που κείται εντός του εσωτερικού οριζόντιου επιπέδου.
- Ανύψωση σημείου χαμηλότερου άκρου: (α) κατά μήκος της επιφάνειας προσέγγισης είναι ίση με την ανύψωση της επιφάνειας προσέγγισης στο σημείο αυτό και (β) κατά μήκος της ζώνης ίση με την ανύψωση του κοντινότερου σημείου στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου ή στην προέκταση του.

Παρατήρηση

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω προκύπτει ότι η μεταβατική επιφάνεια θα καμπυλώνεται κατά μήκος της ζώνης, αν το προφίλ του διαδρόμου είναι καμπύλο ή θα είναι επίπεδη, αν το προφίλ του διαδρόμου είναι ευθεία γραμμή. Η τομή της μεταβατικής με την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια θα είναι επίσης καμπύλη ή ευθεία γραμμή ανάλογα με το προφίλ του διαδρόμου.

- Κλίση: Μετρίεται σε κατακόρυφο επίπεδο σε δεξιές γωνίες στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου.

4.2.6 Εσωτερική μεταβατική επιφάνεια (Inner transitional surface)

- Σκοπός: Ο ρόλος της επιφάνειας αυτής είναι ο έλεγχος των οριακών επιφανειών εμποδίων όσο αφορά ραδιοβοηθήματα για την προσγείωση, αεροσκάφη και άλλα οχήματα τα οποία πρέπει να είναι κοντά στο διάδρομο και η οποία δεν πρέπει να διαπερνιέται παρά μόνο από

εύθραυστα προς φόρτωση αντικείμενα. Η μεταβατική επιφάνεια έχει ως σκοπό τον έλεγχο των οριακών εμποδίων για κτίρια κτλ.

- **Περιγραφή:** Επιφάνεια όμοια με τη μεταβατική, αλλά πιο κοντά στο διάδρομο (σχήμα 4.2).
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το χαμηλότερο άκρο που ξεκινάει στο τέλος της εσωτερικής επιφάνειας προσέγγισης και εκτείνεται καθοδικά στην πλευρά της επιφάνειας αυτής, από εκεί κατά μήκος της ζώνης παράλληλα στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου έως το εσωτερικό άκρο της επιφάνειας απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση (*balked landing surface*) και από εκεί ανοδικά στην πλευρά της επιφάνειας αυτής μέχρι το σημείο όπου η πλευρά αυτή τέμνει την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια και (β) το υψηλότερο άκρο που βρίσκεται στο επίπεδο της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας.
- **Ανύψωση σημείου χαμηλότερου άκρου:** (α) κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας προσέγγισης και της επιφάνειας απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση είναι ίση με την ανύψωση της συγκεκριμένης επιφάνειας στο σημείο αυτό και (β) κατά μήκος της ζώνης ίση με την ανύψωση του κοντινότερου σημείου στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου ή στην προέκταση του.

Παρατήρηση

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω προκύπτει ότι η εσωτερική μεταβατική επιφάνεια θα καμπυλώνεται κατά μήκος της ζώνης, αν το προφίλ του διαδρόμου είναι καμπύλο ή θα είναι επίπεδη, αν το προφίλ του διαδρόμου είναι ευθεία γραμμή. Η τομή της εσωτερικής μεταβατικής με την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια θα είναι επίσης καμπύλη ή ευθεία γραμμή ανάλογα με το προφίλ του διαδρόμου.

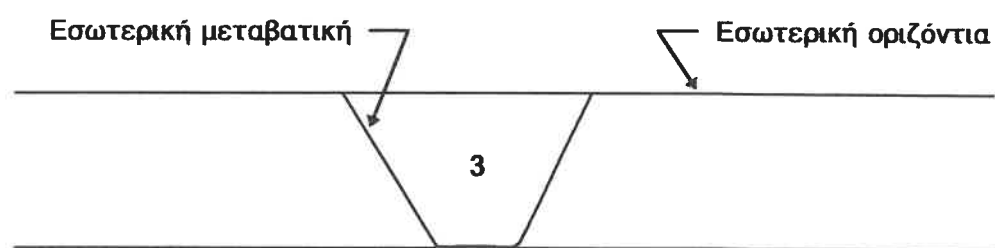
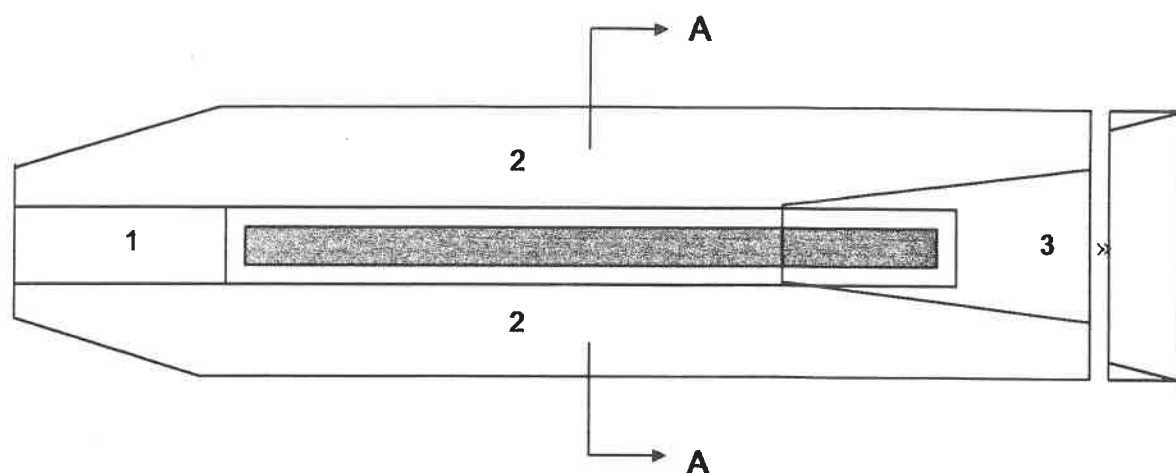
- **Κλίση:** Μετρίεται σε κατακόρυφο επίπεδο σε δεξιές γωνίες στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου.

4.2.7 Επιφάνεια απογείωσης (Take off surface)

- **Περιγραφή:** Κεκλιμένο επίπεδο ή άλλη καθορισμένη επιφάνεια μετά το τέλος του διαδρόμου ή του ελεύθερου καθορισμένου χώρου (clearway).
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το εσωτερικό άκρο που είναι σε οριζόντιο επίπεδο, κάθετα στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου, σε καθορισμένη απόσταση μετά το τέλος του διαδρόμου ή στο τέλος του ελεύθερου χώρου (clearway) όταν αυτό προνοείται και το μήκος του υπερβαίνει την καθορισμένη απόσταση, (β) δύο πλευρές που αρχίζουν από το τέλος του εσωτερικού άκρου, αποκλίνουν ομοιόμορφα, σε καθορισμένο βαθμό από την τροχιά της απογείωσης, μέχρι ένα καθορισμένο πλάτος και συνεχίζουν έπειτα με αυτό το πλάτος για το υπόλοιπο του μήκους της επιφάνειας απογείωσης (γ) το εξωτερικό άκρο που είναι κάθετο στην καθορισμένη τροχιά της απογείωσης.
- **Ανύψωση σημείου χαμηλότερου άκρου:** είναι ίση με το υψηλότερο σημείο της εκτεινόμενης κεντρικής γραμμής του διαδρόμου, ανάμεσα στο τέλος του διαδρόμου και στο εσωτερικό άκρο, εκτός και αν προνοείται ο ελεύθερος χώρος (clearway), οπότε και είναι ίση με το υψηλότερο σημείο του εδάφους στην κεντρική γραμμή του ελεύθερου αυτού χώρου.
- **Κλίση:** Στην περίπτωση πτήσης με απευθείας απογείωση μετριοούνται σε κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του αεροδιαδρόμου. Στην περίπτωση πτήσης με απογείωση που περιλαμβάνει στροφή, η επιφάνεια απογείωσης είναι μία σύνθετη επιφάνεια με μία κανονική κεντρική γραμμή και η κλίση της πρέπει να είναι ίση με αυτή για πτήση με απ' ευθείας απογείωση.

4.2.8 Επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση (Balked landing surface)

- **Περιγραφή:** Κεκλιμένο επίπεδο που βρίσκεται σε καθορισμένη απόσταση από το κατώφλι και εκτείνεται ανάμεσα στις εσωτερικές μεταβατικές επιφάνειες (σχήμα 4.2).
- **Χαρακτηριστικά:** Τα όρια της επιφάνειας περιλαμβάνουν (α) το εσωτερικό άκρο που είναι σε οριζόντιο επίπεδο, κάθετα στην κεντρική



ΤΟΜΗ Α-Α

Επιφάνειες

- 1 : Εσωτερική προσέγγισης
- 2 : Εσωτερική μεταβατική
- 3 : Απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση

Σχήμα 4.2 Εσωτερική επιφάνεια προσέγγισης, εσωτερική μεταβατική και επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσγείωση

γραμμή του διαδρόμου, σε καθορισμένη απόσταση μετά το κατώφλι, (β) δύο πλευρές που αρχίζουν από το τέλος του εσωτερικού άκρου, αποκλίνουν ομοιόμορφα, σε καθορισμένο βαθμό από το κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του διαδρόμου και (γ) το εξωτερικό άκρο που είναι παράλληλο στο εσωτερικό άκρο, στο επίπεδο της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας.

- Ανύψωση σημείου χαμηλότερου άκρου: ίση με την ανύψωση της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου στη θέση του εσωτερικού άκρου.
- Κλίση: η κλίση της επιφάνειας μετριέται σε κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του διαδρόμου.

4.3 Διάδρομοι προσγείωσης

4.3.1 Μη ενόργανοι διάδρομοι

Οι οριακές επιφάνειες εμποδίων που αφορούν έναν μη ενόργανο διάδρομο προσγείωσης είναι οι παρακάτω:

- κωνική επιφάνεια
 - εσωτερική οριζόντια επιφάνεια
 - επιφάνεια προσέγγισης
 - μεταβατικές επιφάνειες
- Κλίσεις: Τα ύψη και οι κλίσεις των επιφανειών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες, και οι υπόλοιπες διαστάσεις μικρότερες, από τις τιμές του πίνακα 4.1.

Πρέπει να ακολουθείται *αυστηρά* ο παρακάτω κανονισμός:

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης ή τη μεταβατική επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο.

Σύσταση

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την κωνική επιφάνεια ή την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Σύσταση

Υπάρχοντα αντικείμενα πάνω από οποιαδήποτε επιφάνεια πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνονται εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το αντικείμενο καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Παρατήρηση

Εξαιτίας των κλίσεων της ζώνης ασφαλείας, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, το εσωτερικό άκρο ή τμήμα του εσωτερικού άκρου της επιφάνειας προσέγγισης μπορεί να βρίσκεται κάτω από το αντίστοιχο ύψος της ζώνης. Δεν είναι απαραίτητο η ζώνη να διαμορφώνεται ώστε να συμφωνεί με το εσωτερικό άκρο της επιφάνειας προσέγγισης, ούτε τα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης μετά το τέλος της ζώνης, αλλά κάτω από το επίπεδο της, να απομακρύνονται, εκτός αν θεωρηθεί ότι θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ.

Σύσταση

Στη μελέτη προτεινόμενων κατασκευών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή μελλοντική ανάπτυξη ενόργανου διαδρόμου, με συνέπεια την απαίτηση αυστηρότερων οριακών επιφανειών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.

Διαστάσεις και κλίσεις Επιφανειών εμποδίων

ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Μη ενόργανη				Μη ακριβής		Ακρίβης	
							ΚΑΤΗΓ.	ΚΑΤΗΓ.
	Α Β	Γ	Δ	Ε	Α Β	Γ	I	II ή III
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
ΚΩΝΙΚΗ								
Κλίση	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Ύψος	100	75	55	35	100	75	100	100
ΕΣΩΤ.ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ								
Ύψος	45	45	45	45	45	45	45	45
Ακτίνα	4000	4000	2500	2000	4000	4000	4000	4000
ΕΣΩΤ.ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ								
Πλάτος							120	120
Απόσταση από το άκρο							60	60
Μήκος							900	900
Κλίση							2%	2%
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ								
Μήκος εσωτερικού άκρου	150	150	80	60	300	300	300	300
Απόσταση από το άκρο	60	60	30	30	60	60	60	60
Αμφίπλευρη διεύρυνση	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Α' ΤΜΗΜΑ								
Μήκος	3000	3000	2500	1600	3000	3000	3000	3000
Κλίση	2,5%	3,33%	4%	5%	2%	2%	2%	2%
Β' ΤΜΗΜΑ								
Μήκος					3600	3600	3600	3600
Κλίση					2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
ΟΡΙΖ. ΤΜΗΜΑ								
Μήκος					8400	8400	8400	8400
ΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ					15000	15000	15000	15000
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ								
Κλίση	14,3%	14,3%	20%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
ΕΣΩΤ.ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ								
Κλίση						40%	33,3%	33,3%
ΑΠΟΤΥΧ.ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ								
Μήκος εσωτερικού άκρου						90	120	120
Απόσταση από το άκρο						β	1800	1800
Αμφίπλευρη διεύρυνση						10%	10%	10%
Κλίση						4%	3,33%	3,33%

α. Όλες οι διαστάσεις σε μέτρα

β. Απόσταση μέχρι το τέλος της ζώνης

4.3.2 Μη ακριβείς ενόργανοι διάδρομοι

Οι οριακές επιφάνειες εμποδίων που αφορούν έναν μη ακριβή ενόργανο διάδρομο προσγείωσης είναι οι παρακάτω:

- κωνική επιφάνεια
 - εσωτερική οριζόντια επιφάνεια
 - επιφάνεια προσέγγισης , και
 - μεταβατικές επιφάνειες
- Κλίσεις: Τα ύψη και οι κλίσεις των επιφανειών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες, και οι υπόλοιπες διαστάσεις μικρότερες, από τις τιμές του πίνακα 4.1 , εκτός από την περίπτωση του οριζόντιου τμήματος της επιφάνειας προσέγγισης (βλέπε επόμενη παράγραφο).

Η επιφάνεια προσέγγισης πρέπει να είναι οριζόντια μετά το σημείο στο οποίο η 2,5% κλίση τέμνει:

- (α) ένα οριζόντιο επίπεδο 150μ. πάνω από το ύψος του κατωφλίου ή
- (β) το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από την κορυφή οποιουδήποτε αντικειμένου που «κυριαρχεί» στα όρια απουσίας εμποδίων,

οποιοδήποτε των (α) και (β) είναι υψηλότερο.

Πρέπει να ακολουθείται *αυστηρά* ο παρακάτω κανονισμός:

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης εντός των 3000 μ. από το εσωτερικό άκρο ή τη μεταβατική επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο.

Σύσταση

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης πέρα από τα 3000μ. από το εσωτερικό άκρο, την κωνική επιφάνεια ή την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη

διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Σύσταση

Υπάρχοντα αντικείμενα πάνω από οποιαδήποτε επιφάνεια πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνονται εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το αντικείμενο καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοϊκή μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Παρατήρηση

Εξαιτίας των κλίσεων της ζώνης ασφαλείας, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, το εσωτερικό άκρο ή τμήμα του εσωτερικού άκρου της επιφάνειας προσέγγισης μπορεί να βρίσκεται κάτω από το αντίστοιχο ύψος της ζώνης. Δεν είναι απαραίτητο η ζώνη να διαμορφώνεται ώστε να συμφωνεί με το εσωτερικό άκρο της επιφάνειας προσέγγισης, ούτε τα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης μετά το τέλος της ζώνης, αλλά κάτω από το επίπεδο της, να απομακρύνονται, εκτός αν θεωρηθεί ότι θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ.

4.3.3 Ακριβείς ενόργανοι διάδρομοι

Οι οριακές επιφάνειες εμποδίων που αφορούν έναν ακριβή ενόργανο διάδρομο κατηγορίας I είναι οι παρακάτω:

- κωνική επιφάνεια
- εσωτερική οριζόντια επιφάνεια
- επιφάνεια προσέγγισης
- μεταβατικές επιφάνειες

Σύσταση

Οι παρακάτω οριακές επιφάνειες *πρέπει* να αφορούν έναν ακριβή διάδρομο προσγείωσης κατηγορίας I:

- εσωτερική επιφάνεια προσέγγισης
- εσωτερικές μεταβατικές επιφάνειες
- επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση

Οι οριακές επιφάνειες εμποδίων που αφορούν έναν ακριβή ενόργανο διάδρομο κατηγοριών II, III είναι οι παρακάτω:

- κωνική επιφάνεια
 - εσωτερική οριζόντια επιφάνεια
 - επιφάνεια προσέγγισης & εσωτερική επιφάνεια προσέγγισης
 - μεταβατικές επιφάνειες
 - εσωτερικές μεταβατικές επιφάνειες
 - επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση
- Κλίσεις: Τα ύψη και οι κλίσεις των επιφανειών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες, και οι υπόλοιπες διαστάσεις μικρότερες, από τις τιμές του πίνακα 4.1, εκτός από την περίπτωση του οριζόντιου τμήματος της επιφάνειας προσέγγισης (βλέπε επόμενη παράγραφο).

Η επιφάνεια προσέγγισης πρέπει να είναι οριζόντια μετά το σημείο στο οποίο η 2,5% κλίση τέμνει:

- (α) ένα οριζόντιο επίπεδο 150μ. πάνω από το ύψος του κατωφλίου ή
- (β) το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από την κορυφή οποιουδήποτε αντικειμένου που «κυριαρχεί» στα όρια απουσίας εμποδίων,

οποιοδήποτε των (α) και (β) είναι υψηλότερο.

Πρέπει να ακολουθούνται *αυστηρά* οι παρακάτω κανονισμοί:

- (1) Σταθερά αντικείμενα δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια, την εσωτερική μεταβατική επιφάνεια ή την επιφάνεια απογείωσης μετά από αποτυχημένη προσέγγιση, εκτός από εύθραυστα αντικείμενα, τα οποία εξαιτίας της λειτουργίας τους πρέπει να τοποθετούνται στη ζώνη ασφαλείας. Ευκίνητα αντικείμενα δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από τις παραπάνω επιφάνειες κατά τη διάρκεια της χρήσης του διαδρόμου για προσγείωση.

- (2) Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης ή τη μεταβατική επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο.

Σύσταση

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την κωνική επιφάνεια και την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Σύσταση

Υπάρχοντα αντικείμενα πάνω από μια επιφάνεια προσέγγισης, μία μεταβατική επιφάνεια, την κωνική επιφάνεια και την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνονται εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το αντικείμενο καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Παρατήρηση

Εξαιτίας των κλίσεων της ζώνης ασφαλείας, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, το εσωτερικό άκρο ή τμήμα του εσωτερικού άκρου της επιφάνειας προσέγγισης μπορεί να βρίσκεται κάτω από το αντίστοιχο ύψος της ζώνης. Δεν είναι απαραίτητο η ζώνη να διαμορφώνεται ώστε να συμφωνεί με το εσωτερικό άκρο της επιφάνειας προσέγγισης, ούτε το έδαφος ή αντικείμενα που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης μετά το τέλος της ζώνης, αλλά κάτω από το επίπεδο της, να απομακρύνονται, εκτός αν θεωρηθεί ότι θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ.

4.4 Διάδρομοι απογείωσης

Η οριακή επιφάνεια εμποδίων που αφορά έναν διάδρομο απογείωσης είναι η παρακάτω:

- επιφάνεια απογείωσης

Οι διαστάσεις της επιφάνειας δεν πρέπει να είναι μικρότερες από τις τιμές του πίνακα 4.2. , εκτός εάν υιοθετηθεί ένα μικρότερο μήκος για την επιφάνεια απογείωσης, συνεπές με τα μέτρα που έχουν ληφθεί για τις απογείώσεις.

Σύσταση

Τα χαρακτηριστικά των χειρισμών των α/φ για τα οποία προβλέπεται η χρήση του διαδρόμου πρέπει να εξεταστούν αν είναι επιθυμητό να μειωθεί η κλίση που καθορίζεται στον πίνακα 4.2 , όταν κρίσιμες συνθήκες χειρισμών προβλέπονται να πραγματοποιηθούν. Αν η καθορισμένη κλίση μειωθεί, αντίστοιχη διευθέτηση πρέπει να γίνει για το μήκος της επιφάνειας απογείωσης, έτσι ώστε το ύψος να είναι μικρότερο των 300μ.

Παρατήρηση

Η μείωση αυτή της κλίσης είναι ωφέλιμη όταν οι τοπικές συνθήκες διαφέρουν από τις συνθήκες στο επίπεδο της θάλασσας και σχετίζεται και με τις απαιτήσεις των α/φ που χρησιμοποιούν το διάδρομο.

Πρέπει να ακολουθείται *αυστηρά* ο παρακάτω κανονισμός:

Νέα αντικείμενα ή επεκτάσεις ήδη υφισταμένων αντικειμένων δεν πρέπει να επιτρέπονται πάνω από την επιφάνεια απογείωσης εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το καινούργιο αντικείμενο ή η προέκταση του θα καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο.

Σύσταση

Αν κανένα αντικείμενο δεν τέμνει την κλίση 2% (1:50) της επιφάνειας απογείωσης, καινούργια αντικείμενα πρέπει να περιορίζονται ώστε να

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.

Διαστάσεις και κλίσεις Επιφανειών εμποδίων**ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΑΠΟΓΕΙΩΣΕΩΣ**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ α ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ	Κύρια διαδρομή	Άλλα τύποι		
		A,B,C	A,B,C	D	E
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΟΔΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ					
Μήκος εσωτερικού άκρου		180	180	80	60
Απόσταση από το άκρο		60	60	60	30
Αμφίπλευρη διεύρυνση		12,5%	12,5%	10%	10%
Τελικό πλάτος		1200 *	1200 *	580	380
Μήκος		12000	12000	2500	1600
Κλίση		2%	2,5%	4%	5%

α. Όλες οι διαστάσεις σε μέτρα

* αυξάνεται σε 1800μ. σε ειδικές περιπτώσεις

διατηρούν την υπάρχουσα ελεύθερη από εμπόδια επιφάνεια ή μία επιφάνεια με κλίση 1,6% (1:62,5).

Σύσταση

Υπάρχοντα αντικείμενα που προεξέχουν πάνω από την επιφάνεια απογειώσεως πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνονται εκτός εάν, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, το αντικείμενο καλυπτόταν από ένα ήδη υπάρχον αμετακίνητο αντικείμενο ή μετά από αεροπλοική μελέτη διαπιστωθεί ότι το αντικείμενο ή η προέκταση δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια και την ομαλότητα των χειρισμών των α/φ.

Παρατήρηση

Εξαιτίας των κλίσεων της ζώνης ασφαλείας ή του ελεύθερου χώρου (clearway), σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, τμήμα του εσωτερικού άκρου της επιφάνειας απογειώσεως μπορεί να βρίσκεται κάτω από το αντίστοιχο ύψος της ζώνης ή του ελεύθερου χώρου (clearway). Δεν είναι απαραίτητο η ζώνη να διαμορφώνεται ώστε να συμφωνεί με το εσωτερικό άκρο της επιφάνειας απογειώσεως, ούτε το έδαφος ή αντικείμενα που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια απογειώσεως μετά το τέλος της ζώνης ή του ελεύθερου χώρου, αλλά κάτω από το επίπεδο τους, να απομακρύνονται, εκτός αν θεωρηθεί ότι θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ.

Παρόμοιες θεωρήσεις εφαρμόζονται στην τομή ενός ελεύθερου χώρου (clearway) και της ζώνης ασφαλείας, όπου υπάρχουν διαφορές στις εγκάρσιες κλίσεις.

4.5 Αντικείμενα εκτός των επιφανειών

Σύσταση

Για προτεινόμενες κατασκευές, εκτός των ορίων των οριακών επιφανειών εμποδίων, που ξεπερνούν ένα ύψος, το οποίο έχει καθοριστεί από την αρμόδια υπηρεσία, πρέπει να γίνεται αεροπλοική μελέτη των συνεπειών τέτοιων κατασκευών στους χειρισμούς των α/φ.

Σύσταση

Τα αντικείμενα που ανέρχονται σε ύψος 150μ. και άνω πάνω από το υψόμετρο του εδάφους πρέπει να θεωρούνται ως εμπόδια, εκτός εάν μία ειδική αεροπλοϊκή μελέτη αποδείξει ότι δεν θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ.

Παρατήρηση

Αυτή η μελέτη αφορά την φύση των χειρισμών που λαμβάνουν χώρα και μπορεί να διακρίνεται μεταξύ ημερησίων και νυχτερινών χειρισμών.

4.6 Άλλα αντικείμενα

Σύσταση

Αντικείμενα τα οποία σχεδιάζονται εκτός της επιφάνειας προσέγγισης, που όμως παρ' όλα αυτά θα επηρέαζαν αρνητικά τις ενόργανες ή μη ενόργανες λειτουργίες, πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνονται.

Σύσταση

Οτιδήποτε το οποίο, κατά τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας μετά από αεροπλοϊκή μελέτη, θέτει σε κίνδυνο τα α/φ στην περιοχή κίνησης ή στον αέρα εντός των ορίων της εσωτερικής οριζόντιας και της κωνικής επιφάνειας πρέπει να θεωρείται ως εμπόδιο και πρέπει, όσο είναι εφικτό, να απομακρύνεται.

Παρατήρηση

Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, αντικείμενα τα οποία δεν σχεδιάζονται να είναι πάνω από τις επιφάνειες που απαριθμούνται στον πίνακα 4.1 μπορεί να θέτουν σε κίνδυνο τα α/φ, όπως για παράδειγμα, όπου υπάρχουν ένα ή περισσότερα απομονωμένα αντικείμενα στη γειτονιά του αεροδρομίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

5.1 Γενικά

Κύριο στοιχείο σε ένα αεροδρόμιο είναι ο διάδρομος. Ο τύπος του α/φ (ισχύς μηχανών κτλ.) και το φορτίο του (που συντίθεται από το ωφέλιμο φορτίο και τα καύσιμα) καθορίζει το απαιτούμενο «βασικό» μήκος διαδρόμου. Σαν «βασικό» νοείται το μήκος που αντιστοιχεί σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση, σε υψόμετρο παρά την επιφάνεια της θάλασσας και σε θερμοκρασία 15°C.

Μεταβολές ως προς τις παραμέτρους αυτές συνεπάγονται αντίστοιχες (αυξητικές) μεταβολές στο απαιτούμενο μήκος διαδρόμου. Όπως είναι ευκολονόητο, αυτό οφείλεται στη μεταβολή της πυκνότητας του αέρα. Η ισορροπία «εν πτήσει» είναι αποτέλεσμα της αεροδυναμικής διαφοράς πιέσεων στην κάτω και στην άνω επιφάνεια των φτερών του α/φ, κάτι που εξαρτιέται από τη μορφή των φτερών και τη σχετική πυκνότητα του αέρα. Έτσι κάθε αίτιο που προκαλεί μεταβολή της πυκνότητας οδηγεί σε μεταβολή του απαιτούμενου μήκους διαδρόμου και κατά συνέπεια πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των αεροδρομίων. Τέτοια αίτια είναι βασικά η *θερμοκρασία*, το *υψόμετρο* και η *κατά μήκος κλίση του διαδρόμου*. Ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν το μήκος του διαδρόμου περιγράφεται στις παρακάτω παραγράφους.

Εξ' άλλου, όπως είναι φανερό, η σχέση ισχύος/βάρους επηρεάζει ουσιαστικά το απαιτούμενο μήκος διαδρόμου. Επειδή ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου του α/φ είναι τα καύσιμα του, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το μήκος του διαδρόμου είναι το *μήκος του ταξιδιού* που προβλέπεται να κάνει (και οι συνθήκες πτήσεως), που καθορίζουν και την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμων.

Όμως ο σχεδιασμός του διαδρόμου δεν επηρεάζεται μόνο ως προς το μήκος του, αλλά και ως προς τη διεύθυνση του. Καθώς στην ανάπτυξη της αεροδυναμικής ανώσεως η σχετική ταχύτητα (α/φ - αέρα) παίζει πρωτεύοντα ρόλο, τα α/φ επιχειρούν πάντοτε να απογειώνονται και να προσγειώνονται αντίθετα προς τον άνεμο. Ο τρόπος επιρροής των ανέμων αναπτύσσεται αναλυτικά στην παράγραφο 5.2.3.

5.2 Επιρροή μετεωρολογικών συνθηκών

5.2.1 Γενικά

Η ορατότητα, η δημιουργία ομίχλων, η υψηλή βροχόπτωση επιδρούν ανασταλτικά στη λειτουργικότητα του αεροδρομίου.

Ειδικότερα ο άνεμος και η θερμοκρασία είναι μετεωρολογικές συνθήκες που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων για τη θέση, το μέγεθος και τη διάταξη του αεροδρομίου.

Η θερμοκρασία επιδρά στο μήκος των διαδρόμων, αφού οι υψηλές θερμοκρασίες απαιτούν μεγαλύτερα μήκη διαδρόμων.

Ευνοϊκοί άνεμοι μειώνουν το μήκος, ενώ αντίθετα μη ευνοϊκοί άνεμοι αυξάνουν το μήκος του διαδρόμου που χρειάζεται για την κανονική λειτουργία του αεροδρομίου.

5.2.2 Επιρροή της θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία επιδρά στην πυκνότητα του αέρα, αλλά και στην απόδοση των κινητήρων. Οι μηχανές των αεριωθούμενων αεροπλάνων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στη θερμοκρασία. Έτσι για παράδειγμα, η ωστική δύναμη στην έξοδο ενός στροβιλοκινητήρα (που χρησιμοποιείται στο Boeing 707-120) ελαττώνεται αισθητά από μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας. Η ελάττωση αυτή της ωθήσεως έχει σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη αύξηση στο απαιτούμενο μήκος του διαδρόμου.

Είναι λοιπόν προφανές ότι δύο αεροδρόμια που εξυπηρετούν τον ίδιο τύπο αεροσκάφους, δεν είναι ανάγκη να έχουν και το ίδιο μήκος αν η θερμοκρασία τους είναι διαφορετική. Έτσι, αεροδρόμια σε τοποθεσίες με ψυχρό κλίμα μπορεί να απαιτούν μήκος διαδρόμων πολλές εκατοντάδες μέτρα μικρότερο απ' ότι σε τοποθεσίες με θερμό κλίμα.

Για παράδειγμα, ένα B 707-320 με βάρος απογείωσης 320000lb, στο επίπεδο της θάλασσας, χωρίς επικρατούντες ανέμους και χωρίς κλίση, απαιτεί μήκος διαδρόμου 3500μ., όταν η θερμοκρασία είναι 15°C, ενώ απαιτεί 4720μ. με θερμοκρασία 37°C.

Διόρθωση μήκους διαδρόμου λόγω θερμοκρασίας

Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται αρχικά η συμβατική θερμοκρασία T του αεροδρομίου από τον τύπο:

$$T = T_1 + 0.33(T_2 - T_1)$$

όπου: T_1 , η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα του έτους (θερμότερος θεωρείται ο μήνας που περιλαμβάνει την μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία)

T_2 , η μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία του ίδιου μήνα

Για κάθε 1°C που η T υπερβαίνει τη θερμοκρασία της σταθερής ατμόσφαιρας για το ίδιο υψόμετρο (υψόμετρο του αεροδρομίου), το μήκος του διαδρόμου πρέπει να αυξάνεται κατά 1%.

5.2.3 Επιρροή των ανέμων - Ανεμολόγιο

Η ισορροπία του α/φ στον αέρα, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, είναι αεροδυναμική και εξαρτιέται και από τη σχετική ταχύτητα α/φ και αέρα. Στα μεγάλα ύψη η διατάραξη της ισορροπίας δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη σε αντίθεση με τα χαμηλά ύψη, λίγο πριν και αμέσως μετά την προσγείωση και την απογείωση αντίστοιχα. Βέβαια, η μεταβολή της διεύθυνσης του ανέμου δεν είναι δυνατόν να παρακολουθείται, παρά μόνο σε τρόπο που η απογείωση (ή προσγείωση) να ελαχιστοποιεί την εγκάρσια, προς την διεύθυνση τροχοδρομήσεως του α/φ, συνιστώσα του ανέμου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο διάδρομος, ή οι διάδρομοι, επιδιώκονται να έχουν διεύθυνση συγγραμική προς τη διεύθυνση των κρατούντων ανέμων (μειωμένη δηλαδή κάθετη συνιστώσα), ενώ επιβάλλεται και η απαγόρευση της προσγείωσης και της απογείωσης α/φ, όταν η εγκάρσια συνιστώσα του ανέμου υπερβαίνει κάποια τιμή ασφαλείας. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του α/φ και κυρίως ο λόγος ισχύος/βάρους απογείωσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η μέγιστη εγκάρσια συνιστώσα του ανέμου που γίνεται δεκτή. Συνεπώς είναι δυνατόν, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ανέμου, να απαγορευθεί η χρήση ενός διαδρόμου για α/φ ενός τύπου και να επιτρέπεται για άλλα.

Για τα πολιτικά αεροδρόμια που χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα επιβατικά και εμπορευματικά α/φ, αναγνωρίζεται μία τιμή κάθετης, προς τη διεύθυνση του διαδρόμου, συνιστώσας ανέμου, που να είναι παραδεκτή από όλους τους σύγχρονους τύπους α/φ. Η τιμή αυτή είναι 15mi/h (24km/h).

Τα πολιτικά αεροδρόμια μάλιστα, που εξυπηρετούν τακτικές αερογραμμές και μάλιστα διεθνείς, πρέπει να μην αχρηστεύονται λόγω

ανέμων στο 95% του χρόνου τουλάχιστον. Το αεροδρόμιο του Ελληνικού για παράδειγμα, θεωρείται πολύ καλό, έχοντας 97% του έτους μη απαγορευτικές συνθήκες (λόγω πλάγιων ανέμων) για τη χρησιμοποίησή του.

Για την επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού των διαδρόμων απαιτείται η συλλογή και στατιστική επεξεργασία των *ανεμολογικών στοιχείων* της περιοχής του αεροδρομίου. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να καλύπτουν ένα, όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, συνεχές χρονικό διάστημα, τουλάχιστον 5 ετών. Με τη βοήθεια των στοιχείων αυτών και των παραπάνω δεσμεύσεων για την ταχύτητα των πλάγιων ανέμων και το χρόνο χρήσης του αεροδρομίου, μπορεί να κατασκευασθεί ανεμολόγιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1.

Αν στο ανεμολόγιο χαραχθεί ο προσανατολισμένος άξονας του διαδρόμου και χαραχθούν δύο παράλληλες εφαπτόμενες στον κύκλο των 24 km/h, τότε η μεταξύ των δύο παραλλήλων περιοχή του κύκλου, δείχνει τα ποσοστά του χρόνου, κατά τον οποίο οι πνέοντες άνεμοι έχουν συνιστώσα κάθετη προς τη διεύθυνση του διαδρόμου, μικρότερη των 24 km/h, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές του κύκλου. Το άθροισμα των περιοχών του κύκλου που βρίσκονται ανάμεσα στις δύο παράλληλες πρέπει να αντιστοιχεί για διεθνές αεροδρόμιο σε ποσοστό μεγαλύτερο του 95%. Με τον τρόπο αυτό βρίσκεται η βέλτιστη διεύθυνση του διαδρόμου.

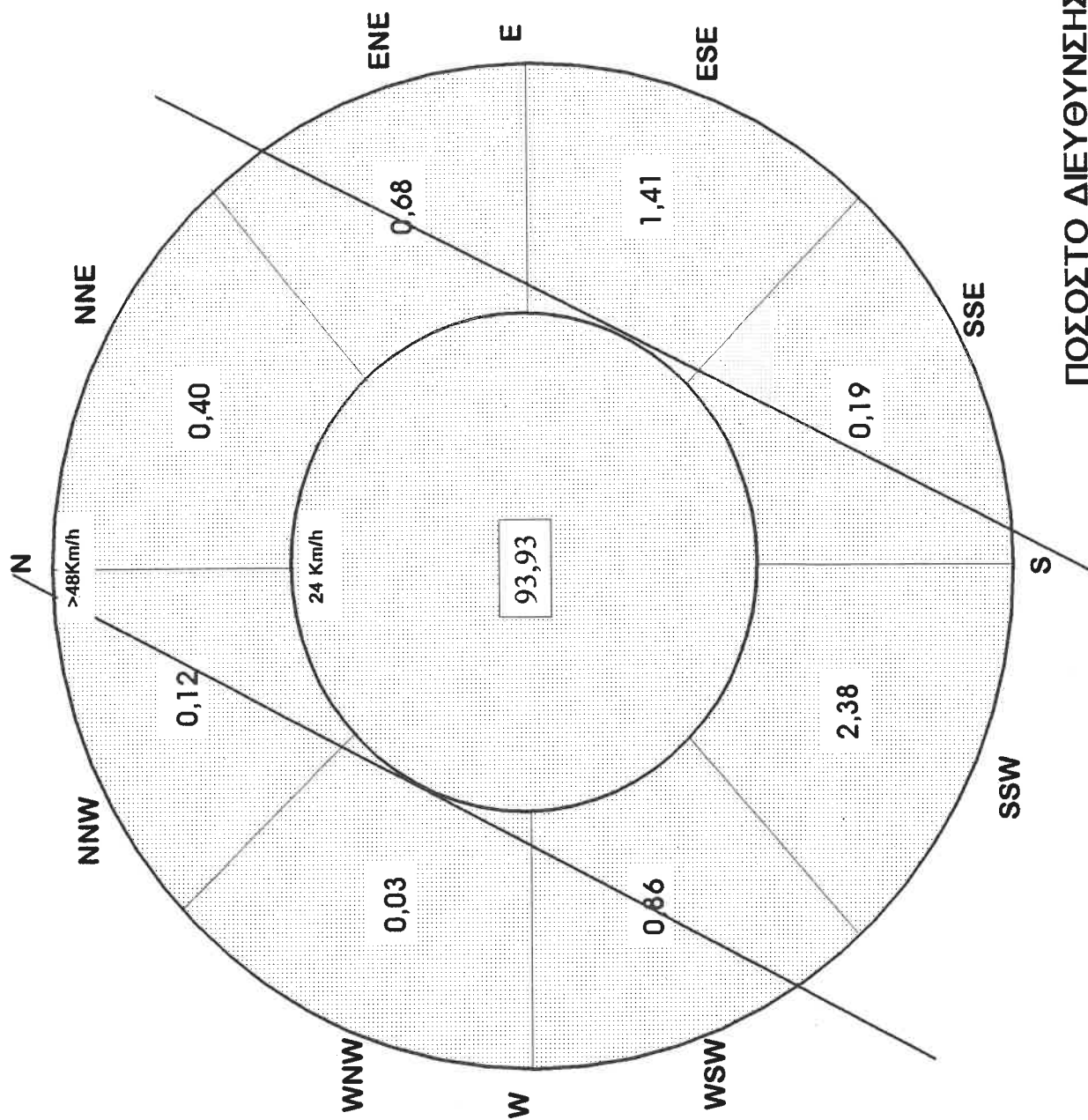
5.3 Επιρροή τοπογραφικών συνθηκών

5.3.1 Γενικά

Είναι γεγονός ότι η τοπογραφία της περιοχής, λόγω του υψομέτρου, της κλίσης του εδάφους, της τοποθεσίας και ποικιλίας των φυσικών χαρακτηριστικών, όπως φυσική βλάστηση, υδάτινες πηγές και η ύπαρξη ανθρώπινων κατασκευών, είναι καθοριστικός παράγοντας για τον όγκο των χωματουργικών εργασιών, των έργων αποχετεύσεως και αποστραγγίσεως για διαμορφώσεις κτλ.

Έδαφος το οποίο έχει μικρές κλίσεις κοντά στα επιθυμητά όρια και που αποχετεύεται και αποστραγγίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό, μπορεί να μειώσει πολύ αισθητά το κόστος της κατασκευής.

Στα αεροδρόμια που κατασκευάζονται σε τροπικές περιοχές, ή ζώνες με ενδημικές ασθένειες, θα πρέπει να προβλέπονται μέτρα που να



ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ: 97.3 %

Σχήμα 5.1 Ανεμολόγιο

περιορίζουν τις πιθανότητες μετάδοσης των ασθενειών στο ελάχιστο. Έτσι, για παράδειγμα, θα πρέπει να αποξηρανθούν τα έλη που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από ένα αεροδρόμιο.

Στο σχεδιασμό ενός αεροδρομίου ενδιαφέρει και η τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής γύρω από το αεροδρόμιο, ιδίως σε ζώνες μέχρι και 15 χλμ. από το τέλος του διαδρόμου εκατέρωθεν. Ο έλεγχος των αναγκαίων ελεύθερων επιφανειών επιβάλλει πολλές φορές δαπανηρές αφαιρέσεις εμποδίων. Το σχετικό κόστος σε αρκετές περιπτώσεις αποτελεί σοβαρό ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής.

5.3.2 Επιρροή υψομέτρου αεροδρομίου στο μήκος διαδρόμου

Όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το υψόμετρο που κατασκευάζεται το αεροδρόμιο, ένα καθοριστικό παράγοντα στο σχεδιασμό ενός αεροδρομίου, εξαιτίας βασικά των χωματουργικών εργασιών που εξαρτώνται σε ένα πολύ σημαντικό βαθμό από αυτό.

Όμως το υψόμετρο του αεροδρομίου (μέσο υψόμετρο) έχει και αυξητική επιρροή στο μήκος του διαδρόμου, λόγω της μείωσης της πυκνότητας του αέρα με την αύξηση του υψομέτρου. Η αύξηση αυτή επιβάλλεται επειδή το μήκος τροχοδρομήσεως, τόσο στην απογείωση όσο και στην προσγείωση είναι αυξημένο. Συγκεκριμένα και στις δύο φάσεις το α/φ για να στηριχθεί στον αέρα, χρειάζεται μεγαλύτερη ταχύτητα, δηλ. μεγαλύτερο μήκος τροχοδρομήσεως.

Διόρθωση μήκους διαδρόμου λόγω υψομέτρου

Οι κανονισμοί συνιστούν αύξηση του μήκους του διαδρόμου 7% για κάθε 300μ. μεταβολή υψομέτρου.

5.4 Επιρροή γεωμετρικών συνθηκών στο μήκος διαδρόμου

Η κατά μήκος κλίση του διαδρόμου μεταβάλλει τα υψόμετρα, με αποτέλεσμα να επηρεάζει έμμεσα, σύμφωνα με τα παραπάνω, και το μήκος του διαδρόμου. Φυσικά η κατά μήκος κλίση του διαδρόμου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές που αναφέρονται στην παράγραφο 6.2.2.

Διόρθωση μήκους διαδρόμου λόγω κατά μήκος κλίσης διαδρόμου

Η αύξηση των διαδρόμων A,B,C πρέπει να λαμβάνεται 10% για κάθε 1% μέγιστη κατά μήκος κλίση του διαδρόμου. Ισχύει γραμμική παρεμβολή.

5.5 Επιρροή οικολογικών παραμέτρων

Ένα αεροδρόμιο αν και προσφέρει υπηρεσίες και διευκολύνσεις στους κατοίκους μιας περιοχής, προκαλεί παράλληλα και σημαντικές ενοχλήσεις. Οι δύο αυτές επιρροές πρέπει να συμβιβαστούν στο καλύτερο δυνατό μέτρο για την επίτευξη ενός σωστού σχεδιασμού.

Έτσι λοιπόν ένα αεροδρόμιο δεν μπορεί να βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από μία αστική περιοχή ώστε να δημιουργεί προβλήματα μετακίνησης, ούτε όμως και σε τόσο μικρή απόσταση ώστε να προκαλεί θόρυβο, ανυπόφορο για τους κατοίκους της περιοχής αυτής.

Ένα αεροπλάνο προ της προσγείωσης και κατόπιν της απογείωσης είναι υποχρεωμένο να ακολουθήσει ορισμένους σαφείς εναέριους διαδρόμους για λόγους ασφαλείας. Οι διάδρομοι αυτοί πρέπει να μην βρίσκονται πάνω από κατοικημένες περιοχές για λόγους ασφαλείας και λόγω του ότι η προσγείωση και η απογείωση αποτελούν ιδιαίτερα επικίνδυνα στάδια της πτήσεως, αλλά και για λόγους θορύβου.

Οι κυριότερες παράμετροι φυσικού και γενικότερα οικολογικού περιβάλλοντος που επηρεάζονται δυσμενώς από ένα αεροδρόμιο είναι οι παρακάτω:

- ⇒ θόρυβος
- ⇒ κίνδυνος ατυχημάτων
- ⇒ μόλυνση/ρύπανση ατμόσφαιρας και υδάτων
- ⇒ κίνδυνος από τη φύση του αεροδρομίου να αποτελεί πολεμικό στόχο
- ⇒ αλλοιώσεις φυσικού περιβάλλοντος (αποψιλώσεις κτλ.)
- ⇒ αισθητικά προβλήματα από τον τραυματισμό του φυσικού τοπίου για την κατασκευή του αεροδρομίου και την αφαίρεση φυσικών εμποδίων που πρέπει να αφαιρεθούν για λόγους ασφαλείας των πτήσεων
- ⇒ αισθητικά προβλήματα από τις κατασκευές μέσα στο αεροδρόμιο

Οι περισσότερες από τις πιο πάνω παραμέτρους είναι ευκολονόητο πως θα πρέπει να εκτιμηθούν σοβαρά, επηρεάζοντας έτσι το σχεδιασμό των αεροδρομίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

6.1 Κατηγορίες αεροδρομίων - διαδρόμων

Η κατάταξη των αεροδρομίων, κατά ICAO, που φαίνεται στον πίνακα 6.1, γίνεται με βάση το βασικό μήκος του κύριου διαδρόμου και δε λαμβάνει υπόψη τον όγκο κυκλοφορίας που το αεροδρόμιο θα εξυπηρετήσει, το διεθνές ή μη χαρακτήρα του, κτλ. Ακριβώς αντίστοιχη είναι και η κατάταξη των διαδρόμων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ΤΑΞΗ)	Μήκος κύριου διαδρόμου L(m)
A	$L \geq 2100$
B	$2100 > L \geq 1500$
C	$1500 > L \geq 900$
D	$900 > L \geq 750$
E	$750 > L \geq 600$

Πίνακας 6.1 Κατάταξη αεροδρομίων - διαδρόμων

Με βάση την κατάταξη των διαδρόμων ορίζονται όλα τους τα στοιχεία, δηλ. τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διαδρόμου, της ζώνης ασφαλείας, των τροχοδρόμων, των ελεύθερων επιφανειών προσέγγισης-απογείωσης, της μεταβατικής επιφάνειας, κτλ.

6.2 Διάδρομοι - Ζώνη ασφαλείας

6.2.1 Στοιχεία οριζοντιογραφίας

Τα πλάτη του οδοστρώματος του διαδρόμου και της ζώνης ασφαλείας ανά κατηγορία διαδρόμου, κατά ICAO δίνονται στον πίνακα 6.2. Το πλάτος των ερεισμάτων, για κατηγορίες A,B,C, προβλέπεται συνήθως

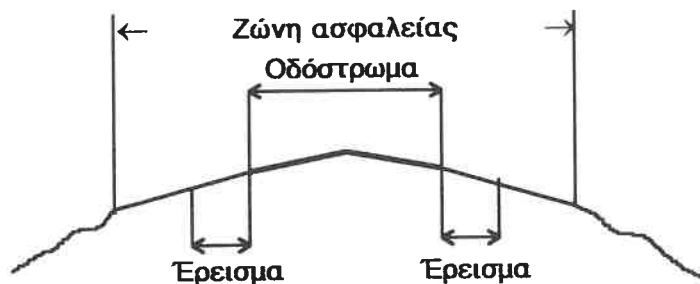
ΚΑΤΗΓ ΟΡΙΑ	Πλάτος οδού (m)	Ολικό πλάτος ζώνης ασφαλείας (m)	Ολικό πλάτος ζώνης ασφαλείας (m)	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ					ΖΩΝΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ		
				Μείωση κατά μήκος κλίση (%)	Μείωση κατά μήκος κλίση** (%)	Μείωση μεταβολή κατά μήκος κλίσεως (%)	Ελάχιστη ακτίνα κάτω από συνάρτη (m)	Μείωση εγκάρσια κλίση (επίκλιση) (%)	Μείωση κατά μήκος κλίση (%)	Μείωση εγκάρσια κλίση (%)	
A	45	300	150	1.25	1.00	1.50	30000	1.50	1.50	1.50	2.50
B	45	300	150	1.25	1.00	1.50	30000	1.50	1.50	1.75	2.50
C	30	300	150	1.50	1.00	1.50	15000	1.50	1.50	2.00	2.50
D	23	-	80	2.00	2.00	2.00	7500	2.00	2.00	2.00	3.00
E	18	-	60	2.00	2.00	2.00	7500	2.00	2.00	2.00	3.00

* για ενόργανη προσέγγιση

** η υψομετρική διαφορά του υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου του άξονα του διαδρόμου προς το αντίστοιχο μήκος διαδρόμου

Πίνακας 6.2 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά διαδρόμου και ζώνης ασφαλείας

7.5μ., ενώ για D και E μικρότερο. Στο σχήμα 6.1 φαίνεται μία ενδεικτική διατομή διαδρόμου με ονοματολογία των κυριότερων στοιχείων που την απαρτίζουν.



Σχήμα 6.1 Διατομή διαδρόμου

Σε περίπτωση κατασκευής *δύο παράλληλων διαδρόμων*, για τη δυνατότητα συλλειτουργίας τους, χωρίς κίνδυνο παρενόχλησης της τροχοδρομήσεως α/φ από κύματα αέρα γεννώμενα από την τροχοδρόμηση α/φ στον άλλο διάδρομο, η μικρότερη απόσταση των αξόνων τους θα πρέπει να είναι, για τους τύπους A,B 210μ., για τον τύπο C 150μ. και για τους τύπους D,E 120μ.

Οι αποστάσεις αυτές που αφορούν δύο παράλληλους διαδρόμους, δεν εξασφαλίζουν την ανεξάρτητη λειτουργία του ενός από τον άλλο. Υπάρχει όμως η δυνατότητα εξοικονόμησης του χρόνου απελευθέρωσης του ενός διαδρόμου. Έτσι π.χ., όταν προσγειωθεί επιτυχώς ένα α/φ στον ένα διάδρομο, μπορεί να δοθεί άδεια τροχοδρόμησης για απογείωση σε α/φ που περιμένει στον άλλο, προτού το πρώτο βγει από τον πρώτο διάδρομο.

Η ανεξάρτητη λειτουργία δύο παράλληλων διαδρόμων ισχύει σε πολύ μεγαλύτερες, από τις προαναφερθείσες, αποστάσεις. Έτσι για ανεξάρτητη χρήση με IFR και χρήση κάθε διαδρόμου μόνο για προσγειώσεις, του δε άλλου για απογειώσεις, πρέπει η απόσταση να είναι 1050-1500μ. Για τελείως ανεξάρτητη χρήση με IFR η μικρότερη απόσταση αξόνων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1500μ.

6.2.2 Στοιχεία μηκοτομής-επικλίσεων

Οι εγκάρσιες και κατά μήκος κλίσεις των διαδρόμων και της ζώνης ασφαλείας υπόκεινται στους περιορισμούς του πίνακα 6.2, όπως επίσης και στους παρακάτω περιορισμούς:

- ⇒ Στο πρώτο και τελευταίο τέταρτο (π.χ. αν μήκος διαδρόμου 3000μ., στα πρώτα και τελευταία 750μ.) κατά μήκος κλίση μικρότερη από 1%
- ⇒ Η μεταβολή της κλίσης μεταξύ δύο διαδοχικών αλλαγών κλίσεων να είναι μικρότερη από 1.5%. Έτσι για παράδειγμα, αν ένα τμήμα ανωφέρειας έχει κλίση 1%, το τμήμα κατωφέρειας που ακολουθεί δεν μπορεί να έχει κλίση μεγαλύτερη από 0.5%, ώστε η μεταβολή να είναι μικρότερη από 1.5%
- ⇒ Η ακτίνα καμπυλότητας της κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής να είναι μεγαλύτερη από 30000μ. για τύπους διαδρόμων A,B, 15000μ. για C και 5000μ. για D (Ο περιορισμός αυτός προκύπτει από τον προηγούμενο)
- ⇒ Η κλίση μεταξύ του χαμηλότερου και του υψηλότερου σημείου της μηκοτομής να είναι μικρότερη από 1%
- ⇒ Για την εξασφάλιση της επαρκούς ορατότητας του χειριστή του α/φ πρέπει πάνω από οποιοδήποτε σημείο 3μ. πάνω από την επιφάνεια του διαδρόμου, να είναι ορατά όλα τα σημεία 3μ. πάνω από το διάδρομο (για A,B,C, ενώ 2μ. για D,E), μπροστά και πίσω σε μήκος ίσο με το μισό μήκος του διαδρόμου.

6.3 Στοιχεία γεωμετρίας τροχοδρομικού συστήματος

Όλοι οι τροχόδρομοι αποτελούν ένα σύστημα, το επονομαζόμενο τροχοδρομικό σύστημα. Ρόλος του είναι η άνετη και ασφαλής έξοδος των α/φ από τον κύριο διάδρομο προσγείωσης και η σύνδεση του (των) διαδρόμου (ων) με όλα τα δάπεδα στάθμευσης.

Οι κανονισμοί για τους τροχοδρόμους είναι λιγότερο αυστηροί, λόγω του ότι οι ταχύτητες των α/φ σε αυτούς είναι σημαντικά μικρότερες απ' ότι στους διαδρόμους.

Τα στοιχεία για το πλάτος και τις κλίσεις του οδοστρώματος και της ζώνης ασφαλείας δίνονται στον πίνακα 6.3. Σε αεροδρόμια που έχουν περισσότερους από ένα διαδρόμους, διαφορετικής κατηγορίας, οι τροχοδρόμοι σχεδιάζονται με βάση τις απαιτήσεις του ανώτερου σε κατηγορία διαδρόμου, εκτός από τους τροχοδρόμους εκείνους, που εξυπηρετούν αποκλειστικά το μικρότερης κατηγορίας διάδρομο.

Κατηγορία αεροδρομίου (ή διαδρόμου)	Πλάτος οδοστρώμ. (m)	Μέγιστη κλίση (%)	Ελάχ. ακτίνα κατακ.συναρμογής (m)	Μέγ. εγκάρσια κλίση (%)
A	23	1.5	3000	1.5
B	23	1.5	3000	1.5
C	15	3.0	3000	1.5
D	10	3.0	2500	2.0
E	7.5	3.0	2500	2.0

Πίνακας 6.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά τροχοδρόμου

Με βάση το γεγονός ότι το άνοιγμα φτερών των α/φ είναι της τάξης των 30-60μ. και αντιπαραθέτοντας τα στοιχεία του πίνακα 6.3, διαπιστώνουμε ότι το οδόστρωμα των τροχοδρόμων είναι αρκετά στενότερο από το άνοιγμα των φτερών των α/φ. Φυσικά μέσα στο πλάτος του οδοστρώματος «χωρούν» όλοι οι τροχοί του α/φ και με περιθώρια ασφάλειας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, υπάρχει η ανάγκη πρόβλεψης ελάχιστων αποστάσεων μεταξύ οριογραμμής τροχοδρόμου και γειτονικού παράλληλου τροχοδρόμου, οριογραμμής τροχοδρόμου και διαδρόμου και οριογραμμής τροχοδρόμου από σταθερά εμπόδια. Οι αποστάσεις αυτές φαίνονται στον πίνακα 6.4.

Οι τροχοδρόμοι έχουν συνήθως ερείσματα, των οποίων το πλάτος δεν καθορίζεται αυστηρά από τους κανονισμούς. Πρέπει όμως να διασφαλίζεται η μη αναρρόφηση κόκκων από τις μηχανές των αεριωθούμενων. Για τροχοδρόμους που συνδέονται με διαδρόμους Α,Β,С, ένα πλάτος 5μ. θεωρείται ικανοποιητικό.

Κατηγορία αεροδρομίου (ή διαδρόμου)	Απόσταση οριογραμμών τροχοδρόμου - διαδρόμου		Απόσταση οριογρ. γειτονι- κού τροχοδρ.	Απόσταση οριογρ. τροχ. από σταθερά εμπόδια
	Για IFR	Για VFR		
A	150	75	62	38
B	150	73	52	30
C	150	73	43	26
D		36	27	18
E		29	23	16

Πίνακας 6.4 Ελάχιστες αποστάσεις οριογραμμής τροχοδρόμου από διαδρόμους, άλλους τροχοδρόμους και σταθερά εμπόδια

Οι τροχοδρόμοι πρέπει να έχουν τεταμένη κατά το δυνατόν χάραξη. Οι αλλαγές της διεύθυνσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερες και να γίνονται με μεγάλες ακτίνες. Στις στροφές των τροχοδρόμων ή στις συμβολές τους μία διαπλάτυνση είναι πάντοτε αναγκαία, λαμβάνοντας υπ' όψη την ικανότητα των α/φ για ελιγμούς.

Στη μελέτη της μηκοτομής πρέπει να εφαρμόζονται οι περιορισμοί των μέγιστων κλίσεων που δίνονται στον πίνακα 6.3. Παράλληλα για την εξασφάλιση της επαρκούς ορατότητας, ισχύει ο περιορισμός που αναφέρθηκε στους διαδρόμους (παράγραφος 6.2.2), αλλά για μία απόσταση 300μ. μπροστά και πίσω.

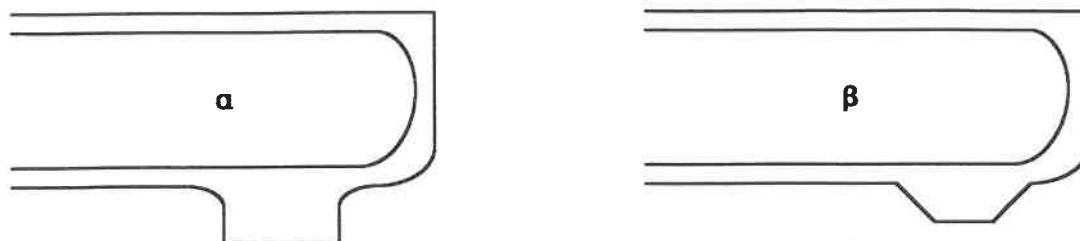
6.4 Δάπεδα αναμονής για απογείωση

Για τη μείωση των καθυστερήσεων στις συμβολές των τροχοδρόμων στα άκρα των διαδρόμων, είναι σκόπιμο να διαμορφώνονται ειδικά δάπεδα, όπου τα α/φ αναμένουν την προσγείωση κάποιου α/φ και αμέσως μόλις αυτό μπει στο τροχοδρομικό σύστημα, εκκινούν και τροχοδρομούν για απογείωση.

Τα α/φ που αναμένουν την άδεια απογείωσης από τον Πύργο Ελέγχου, που σε μερικές περιπτώσεις έντονων αιχμών μπορεί να φτάνουν και τα 4, δεν σταματούν μόλις πάρουν την ευθυγραμμία του διαδρόμου, αλλά απλώς εγγράφονται σε αυτή με την ταχύτητα που έχουν αποκτήσει,

εξοικονομώντας χρόνο και μειώνοντας κατά συνέπεια ακόμα περισσότερο τις καθυστερήσεις.

Οι εφαρμοζόμενες μορφές της διάταξης των δαπέδων αναμονής ποικίλουν. Μερικές απ' αυτές φαίνονται στο σχήμα 6.2:



Σχήμα 6.2 Μορφές διάταξης δαπέδων αναμονής
α. Δάπεδο ορθογωνικής μορφής
β. Δάπεδο τραπεζοειδούς μορφής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΧΩΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΚΙΝΗΣΗ ΓΑΙΩΝ

7.1 Γενικά

Για να υπολογισθούν οι όγκοι των χωματισμών, δηλ. των επιχωμάτων και των ορυγμάτων που δημιουργεί η νέα χάραξη, χρησιμοποιούνται οι διατομές, οι οποίες είναι κάθετες προς τον άξονα του διαδρόμου και της επέκτασής του, σε χαρακτηριστικές θέσεις αυτής.

Είναι φανερό ότι όσο πυκνότερα γίνονται οι διατομές, τόσο τα αποτελέσματα είναι ακριβέστερα, αλλά και τόσο πιο ογκωδέστερη και δαπανηρότερη γίνεται η μελέτη. Εξ' άλλου, μεγάλη πύκνωση των διατομών δεν έχει νόημα, διότι δεν χρειάζεται ακρίβεια χωματισμών πέρα από ένα ορισμένο όριο. Φυσικά σπουδαίο ρόλο για το πλήθος των απαιτούμενων διατομών και συνεπώς της απόστασης μεταξύ τους, παίζει ο απαιτούμενος βαθμός ακρίβειας της μελέτης, δηλ. αν πρόκειται για προμελέτη ή για οριστική μελέτη, καθώς και το είδος του εδάφους, δηλ. αν είναι πεδινό, λοφώδες, ορεινό.

Η σειρά των υπολογισμών των χωματισμών περιλαμβάνει αρχικά τον καθορισμό των επιφανειών με τις μεθόδους εμβαδομέτρησης και στην συνέχεια των όγκων των επιχωμάτων και των ορυγμάτων, που είναι και ο τελικός στόχος των υπολογισμών αυτών.

7.2 Μέθοδοι εμβαδομέτρησης

Ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών βασίζεται στον καθορισμό των επιφανειών των διατομών, που σχεδιάζονται από στοιχεία της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής. Οι κυριότερες μέθοδοι εμβαδομέτρησης αναλύονται παρακάτω.

7.2.1 Γραφικές μέθοδοι

Ο υπολογισμός των επιφανειών, μπορεί να γίνει με γραφικές μεθόδους, οι πιο συνηθισμένες των οποίων είναι:

- Η μέθοδος με εμβαδόμετρο

Το εμβαδόμετρο είναι ένα μηχανικό βοηθητικό μέσο προσδιορισμού του εμβαδού μιας επιφάνειας, η οποία είναι σχεδιασμένη πάνω σ' ένα φύλλο χαρτί.

Ο προσδιορισμός αυτός του εμβαδού, γίνεται με μία απλή μεταφορά μιας ακίδας Κ (βελόνας ή δείκτη μορφής κυκλίσκου με φακό), κατά τη θετική φορά (δεξιόστροφη) πάνω στο περίγραμμα της προς μέτρηση επιφάνειας.

Το εμβαδόν είναι ένα εξαγόμενο που υπολογίζεται ή προσδιορίζεται από άλλα στοιχεία, τα οποία λαμβάνονται με μετρήσεις ή γραφικά. Σύμφωνα με τη θεωρία των σφαλμάτων τα στοιχεία αυτά περιέχουν τυχαία σφάλματα, τα οποία κατά τους γνωστούς νόμους, μεταδίδονται και στο τελικό εξαγόμενο.

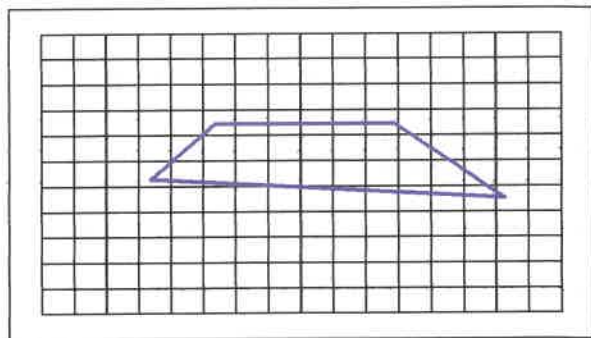
Όσον αφορά όμως σφάλματα που μπορούν να προέρχονται από τα εμβαδόμετρα, στα εργοστάσια δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατασκευή εμβαδομέτρων, ώστε να πληρούνται οι συνθήκες για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων, με την ανάλογη φυσικά προσοχή και επιμέλεια του χειριστή.

Σήμερα, όπως είναι φυσικό, τα εμβαδόμετρα είναι ηλεκτρονικά και οι αναγνώσεις παρέχονται με ψηφιακή ένδειξη. Τα όργανα αυτά παρέχουν όχι μόνο άριστα αποτελέσματα, αλλά έχουν και πολλές άλλες πρόσθετες δυνατότητες.

- Η μέθοδος των τετραγωνιδίων

Ένας πολύ απλός τρόπος υπολογισμού ενός εμβαδού γραφικά, με σχετική ακρίβεια, είναι η χρησιμοποίηση βοηθητικού διαγράμματος με τετραγωνίδια χαραγμένα πάνω σε πλαστική πλακέτα, όπως το διαφανές μιλιμετρέ χαρτί (σχήμα 7.1).

Για τον προσδιορισμό του εμβαδού μιας επιφάνειας τοποθετείται η πλακέτα πάνω στην επιφάνεια και προσδιορίζεται ο αριθμός των τετραγωνιδίων που καλύπτει η επιφάνεια, με εκτίμηση, φυσικά, του κλάσματος αυτών που «κόβονται» από την οριογραμμή της επιφάνειας. Αντί για πλακέτα οι διατομές μπορούν να σχεδιαστούν σε ειδικό χαρτί μιλιμετρέ και το εμβαδόν να υπολογιστεί με τα τετραγωνίδια του χαρτιού, όπως με τα τετραγωνίδια της πλακέτας.



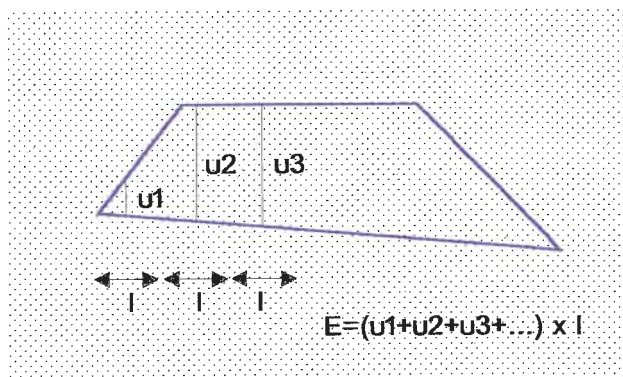
Σχήμα 7.1 Μέθοδος τετραγωνιδίων

• Η μέθοδος των λωρίδων

Επίσης σε μιλιμετρέ χαρτί σχεδιάζονται οι διατομές και η προς μέτρηση επιφάνεια διαιρείται σε λωρίδες πλάτους l . Η ολική επιφάνεια E ισούται με το άθροισμα των μέσων υψών u_i κάθε λωρίδος (σχήμα 7.2), δηλ.

$$E = l \times (\sum u_i)$$

Επειδή συνήθως λαμβάνεται $l=1\text{εκ.}$ και οι διατομές είναι σχεδιασμένες σε κλίμακα 1:100, το εμβαδόν της προ μέτρηση επιφάνειας ισούται με το άθροισμα των μέσων υψών των λωρίδων πλάτους 1 εκ.



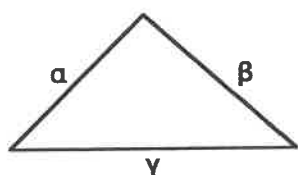
Σχήμα 7.2 Μέθοδος των λωρίδων

Γενικά και οι τρεις παραπάνω γραφικές μέθοδοι δίνουν ικανοποιητική ακρίβεια τόσο στην προμελέτη όσο και στην οριστική μελέτη.

7.2.2 Αναλυτικές μέθοδοι

Με τη μέθοδο αυτή, το εμβαδόν μιας επιφάνειας υπολογίζεται με στοιχεία που έχουν μετρηθεί στο ύπαιθρο, με τη βοήθεια γνωστών γεωμετρικών, ή τριγωνομετρικών σχέσεων.

Όταν λοιπόν μία επιφάνεια έχει γνωστό γεωμετρικό σχήμα, ή μπορεί να χωριστεί σε γνωστά γωνιομετρικά σχήματα και υπάρχουν όλα τα απαιτούμενα στοιχεία, μετρημένα στο ύπαιθρο, τότε για τον υπολογισμό του εμβαδού της επιφάνειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατά περίπτωση, οι κατάλληλες γεωμετρικές ή τριγωνομετρικές σχέσεις. Όπως για παράδειγμα η σχέση του σχήματος 7.3.



$$E = [\tau(\tau - \alpha)(\tau - \beta)(\tau - \gamma)]^{0.5}$$
$$\tau = \frac{(\alpha + \beta + \gamma)}{2}$$

Σχήμα 7.3 Παράδειγμα αναλυτικής μεθόδου

Οι αναλυτικές μέθοδοι παρέχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά εφαρμόζονται σε εργασίες ακριβείας, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν τα απαιτούμενα αναλυτικά στοιχεία. Επομένως οι μέθοδοι αυτές σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορούν να εφαρμοσθούν, είτε γιατί λείπουν τα στοιχεία, είτε γιατί η ακρίβεια τους είναι πολύ μεγαλύτερη απ' όση χρειάζεται και η εφαρμογή τους σε τέτοιες περιπτώσεις θα ήταν αντισυμβατική.

7.2.3 Μέθοδος με H/Y

Με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, η εμβαδομέτρηση των διατομών γίνεται βάσει ειδικού προγράμματος, κατά το οποίο γίνεται συνδυασμός των δεδομένων:

- i) του φυσικού εδάφους και
- ii) των επιφανειών του αεροδρομίου

Τα δεδομένα εισάγονται στον υπολογιστή σε μορφή συντεταγμένων, κλίσεων, κτλ. και με τις κατάλληλες εντολές του προγράμματος υπολογίζεται το εμβαδόν μεταξύ των γραμμών i) και ii).

Το αποτέλεσμα είτε εκτυπώνεται, είτε εναποθηκεύεται στη μνήμη για το επόμενο στάδιο υπολογισμού.

Η μέθοδος αυτή, που χρησιμοποιείται και στο πρόγραμμα της διπλωματικής αυτής, είναι συνήθως η πιο γρήγορη (φυσικά ανάλογα και με τις δυνατότητες του υπολογιστή) ενώ και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική, γι' αυτό τείνει πλέον να γενικευθεί και να επικρατήσει.

7.3 Μέθοδοι ογκομέτρησης

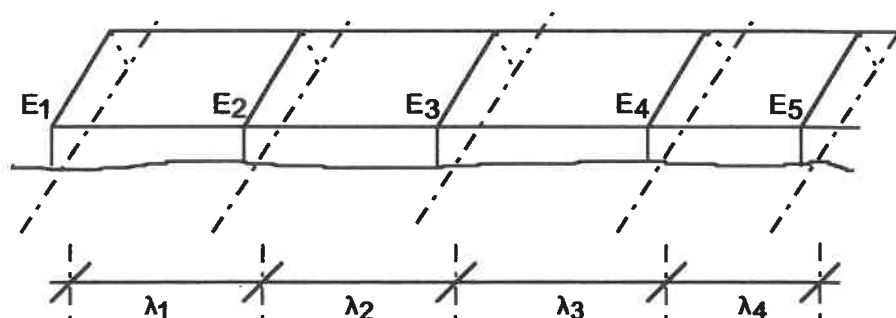
Στο τελικό στάδιο των υπολογισμών, δύο είναι οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, των εφαρμοστέων μηκών και των μέσων επιφανειών, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

7.3.1 Μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών

Εάν $E_1, E_2, E_3, \dots$ οι επιφάνειες των διατομών των επιχωμάτων, ο υπολογισμός του όγκου V προκύπτει από τον προσεγγιστικό τύπο:

$$V = E_1 \times (\lambda_1/2) + E_2 \times (\lambda_1 + \lambda_2)/2 + E_3 \times (\lambda_2 + \lambda_3)/2 + \dots$$

όπου $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ οι αποστάσεις μεταξύ των διατομών (σχήμα 7.4).

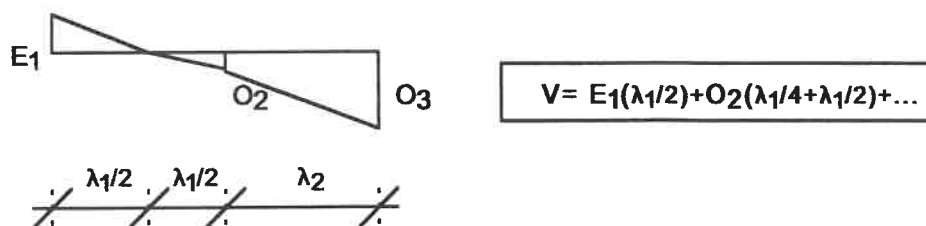


Σχήμα 7.4 Επιφάνειες διατομών επιχωμάτων

Ανάλογα ισχύουν και για τις επιφάνειες O_i των ορυγμάτων.

Τα μήκη $\lambda_1/2$, $(\lambda_1+\lambda_2)/2$, $(\lambda_2+\lambda_3)/2$,... καλούνται εφαρμοστέα μήκη, διότι εφαρμοζόμενα στις αντίστοιχες επιφάνειες $E_1, E_2, E_3, \dots$ (ή $O_1, O_2, O_3, \dots$) δίνουν επί μέρους όγκους $V_1, V_2, V_3, \dots$ το άθροισμα των οποίων παρέχει τον τελικό όγκο.

Σε περίπτωση που η διατομή από επίχωμα μεταπίπτει σε όρυγμα, ή αντίστροφα, θεωρούμε, για την απλούστευση των υπολογισμών, ότι περίπου στην μέση μεταξύ των δύο διατομών μηδενίζονται οι χωματισμοί. Αυτό φαίνεται και στο επόμενο σχηματικό διάγραμμα (σχήμα 7.5) που μας δείχνει πως προκύπτουν τα εφαρμοστέα μήκη στην περίπτωση αυτή.



Σχήμα 7.5 Επίχωμα → Όρυγμα → Όρυγμα : Εφαρμοστέα μήκη

7.3.2 Μέθοδος των μέσων επιφανειών

Το ίδιο αποτέλεσμα για τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών με τη μέθοδο των εφαρμοστέων μηκών, θα προκύψει εάν θεωρήσουμε τις μέσες επιφάνειες $(E_1 + E_2)/2$, $(E_2 + E_3)/2$, πολλαπλασιασμένες με την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ των διατομών, όπως φαίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$V = (E_1 + E_2)/2 \times \lambda_1 + (E_2 + E_3)/2 \times \lambda_2 + (E_3 + E_4)/2 \times \lambda_3 + \dots$$

Κατά τα λοιπά ισχύουν τα ίδια όσα και στη μέθοδο των εφαρμοστέων μηκών. Στη συνέχεια συντάσσονται πίνακες της μορφής του πίνακα 7.1.

7.3.3 Μέθοδος με H/Y

Με εφαρμογή κατάλληλων προγραμμάτων λογισμικού, που στηρίζονται σε μία από τις προηγούμενες μεθόδους, είναι πλέον δυνατός ο

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΞΩΝΑ				ΟΡΥΓΜΑΤΑ				ΕΠΙΧΟΜΑΤΑ				ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΤΑΛΗΛΩΝ					
ΔΙΑΤΟΜΕΣ	Χ.Θ.	ΑΠΟΣΤ. ΜΕΤΑΞΥ	ΕΠΙΧΟΜΕΣ	ΜΕΣΣ ΕΠΙΧΟΜΕΣ	ΚΥΒΟΙ	ΑΚΑΤΑΛ	ΓΛΙΣΣ & ΗΜΗΡ.	ΒΡΑΧΟΙ	ΕΠΙΧΟΜΕΣ	ΜΕΣΣ ΕΠΙΧΟΜΕΣ	ΚΥΒΟΙ	ΣΥΝΤΕΛ. ΕΠΙΧΟΜ.	ΟΡΥΓΜΑ ΜΕ ΕΠΙΧΟΜ.	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΔΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗ	ΟΡΥΓΜ.	ΕΠΙΧΟΜ.	ΑΦΟΡΙΣΜΑ
		M	M2	M2	M3	M3	M3	M3	M2	M2	M3	(13)	M3	M3	M3	M3	M3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
1	0		-						29625								
2	0+350	350		1500	525000	-	525000	-		15593.5	545773	1.1	577500	545773	31727	-	31727
			6000						1562								
3	0+550	200	-	1500	300000	-	300000	-		17656	3531200	1.1	330000	330000	-	3201200	-3169473
									33750								
4	0+750	200	-	-	-	-	-	-	14625	24187.5	4837500	1.1	-	-	-	4837500	-8006973
5	0+900	150	850	212.5	31875	-	31875	-		7546.5	1131975	1.1	35063	35063	-	1096912	-9103885
									468								
6	1+100	200	21000	10925	2185000	-	2185000	-		117	23400	1.1	2403500	23400	2380100	-	-6723785
7	1+400	300	35750	28375	8512500	-	8512500	-		281.5	84735	1.1	9363750	84375	9279375	-	2555590
									1125								
8	1+600	200	42500	39125	7825000	-	7825000	-		281.5	56250	1.1	8607500	56250	8551250	-	11106840
9	1+750	150	35375	39117.5	5867625	-	5867625	-		-	-	1.1	6454388	-	6454387.5	-	17561227.5
10	1+950	200	1030	18202.5	3640500	-	3640500	-	1600	400	80000	1.1	4004550	80000	3924550	-	21485777.5
11	2+100	150	-	257.5	38625	-	38625	-	17125	9363	1404375	1.1	42488	42488	-	1361887	20123890.5
12	2+400	300	-	-	-	-	-	-	26250	21688	6506250	1.1	-	-	-	6506250	13617640.5
13	2+600	200	-	-	-	-	-	-	29625	27938	5587500	1.1	-	-	-	5587500	8030140.5
14	2+800	200	-	-	-	-	-	-	34000	31813	6362500	1.1	-	-	-	6362500	1667640.5
					28926125		28926125				30151098		31818739	1197349	30621389.5	28953749	

ΕΛΕΓΧΟΣ: (16)-(17)= (17)-(14) =1667641,

(12)=(16)+(17),

(14)=(16)+(16)

Πίνακας 7.1 Μέθοδος μέσων επιφανειών

υπολογισμός των τελικών όγκων των χωματισμών σε ταχύτατο χρονικό διάστημα.

Με την κατάστρωση προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή για όλες τις φάσεις της μελέτης ενός αεροδρομίου (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διατομές, χωματισμοί) δίνεται η δυνατότητα στο μηχανικό να ερευνήσει πολλές εναλλακτικές λύσεις, για να επιτύχει την βέλτιστη δυνατή. Η επανάληψη της μελέτης για το σκοπό αυτό, με τις κλασσικές μεθόδους είναι εργασίες αρκετά ογκώδεις και χρονοβόρες, γι' αυτό και λίγες φορές πραγματοποιείται στην πράξη.

Είναι δηλαδή σήμερα εφικτό, με εύκολο και ταχύ τρόπο, να δίνουμε μετακινήσεις στον άξονα της οριζοντιογραφίας και να λαμβάνουμε σύντομα τις νέες διατομές με τον υπολογισμό των χωματοургικών τους. Έτσι, ύστερα από μερικές δοκιμές επιτυγχάνεται η καλύτερη χάραξη.

7.4 Συντελεστής επιπλήσματος

Ένας όγκος εδαφικού υλικού ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκεται, διακρίνεται σε:

- ♦ όγκο πριν από την εκσκαφή (αδιατάραχτη κατάσταση)
- ♦ όγκο πάνω στο μέσο μεταφοράς (χαλαρή κατάσταση)
- ♦ όγκο μετά τη συμπύκνωση στο επίχωμα (συμπυκνωμένη κατάσταση)

1 μ³ υλικού μετρούμενο σε όρυγμα, όταν μετακινηθεί από τη φυσική του κατάσταση και φορτωθεί σε ένα φορτηγό, θα έχει μεγαλύτερο όγκο λόγω των κενών που θα δημιουργηθούν. Συχνά στα επιχώματα για λόγους ευστάθειας συμπυκνώνουμε το υλικό, ώστε να αποκτήσει μικρότερο όγκο στη φυσική του κατάσταση. Συνεπώς προκύπτουν οι εξής συντελεστές μετατροπής:

Συντελεστής φόρτωσης (Σ.Φ.) = όγκος αδιατάραχτου υλικού / όγκος χαλαρού υλικού

Συντελεστής συμπύκνωσης (Σ.Σ.) = όγκος συμπυκνωμένου υλικού / όγκος χαλαρού υλικού

Για να αναφερόμαστε σε μονάδες όγκου που βρίσκονται στην ίδια κατάσταση πρέπει, πριν αρχίσει η μελέτη των χωματοургικών, να

μετατρέψουμε τους όγκους των ορυγμάτων σε όγκους επιχωμάτων. Αυτό πραγματοποιείται με τη βοήθεια του συντελεστή επιπλήσματος.

Ως συντελεστής επιπλήσματος β ορίζεται ο λόγος του συντελεστή συμπύκνωσης προς το συντελεστή φόρτωσης :

$$\beta = \Sigma. \Sigma. / \Sigma. \Phi.$$

Εάν δεν υπάρχουν ακριβέστεροι συντελεστές, λαμβάνονται στον υπολογισμό των χωματισμών οι ακόλουθοι :

1. Γαιώδη εδάφη..... $\beta = 1.00$
2. Ημβραχώδη εδάφη..... $\beta = 1.10$
3. Βραχώδη εδάφη..... $\beta = 1.15$

δηλαδή, όγκος που κατελάμβανε π.χ. σε βραχώδες έδαφος $1 \mu^3$, στο επίχωμα θα καταλαμβάνει $1.15 \mu^3$.

7.5 Κίνηση γαιών

7.5.1 Γενικά

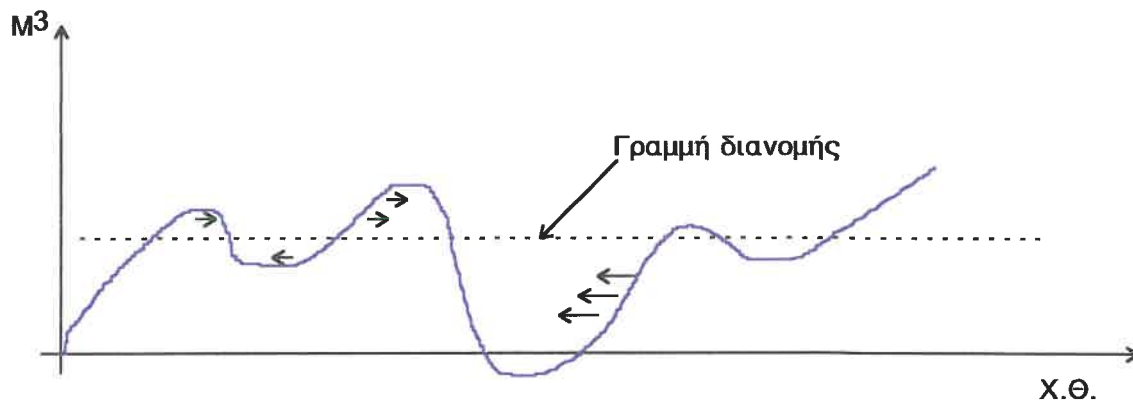
Για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής οικονομίας στην κατασκευή ενός αεροδρομίου από απόψεως χωματουργικών εργασιών, απαιτείται:

- ⇒ Η ελάττωση κατά το δυνατόν των ορυγμάτων και επιχωμάτων και
- ⇒ Η κατάλληλη μετακίνηση αυτών κατά μήκος του αεροδρομίου

Το πρώτο επιτυγχάνεται με την καλή χάραξη σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, το δεύτερο με την μελέτη κίνησης των γαιών (διάγραμμα BRUCKNER) και του αντίστοιχου πίνακα.

Η μέθοδος BRUCKNER βασίζεται στην αρχή της γραφικής παράστασης των κύβων των επιχωμάτων και ορυγμάτων και ακολούθως στη μελέτη της κίνησης αυτών κατά μήκος του αεροδρομίου.

Η διανομή και κίνηση των γαιών μελετάται σε ειδικό διάγραμμα που καλείται διάγραμμα BRUCKNER, η γενική μορφή του οποίου φαίνεται στο σχήμα 7.6.



Σχήμα 7.6 Γενική μορφή διαγράμματος BRUCKNER

7.5.2 Σχεδίαση του διαγράμματος BRUCKNER

Το διάγραμμα BRUCKNER συντάσσεται από την τελευταία στήλη του πίνακα χωματισμών, όπου υπολογίζεται σε κάθε χιλιομετρική θέση (Χ.Θ.) με τη μέθοδο των μέσων διατομών το αλγεβρικό άθροισμα των διαθέσιμων κύβων των ορυγμάτων ή επιχωμάτων που διατίθενται από την αρχική θέση (Χ.Θ= 0+000) μέχρι την εξεταζόμενη θέση.

Το αλγεβρικό αυτό άθροισμα μεταφέρεται σε άξονες συντεταγμένων, οπότε προκύπτει η γραμμή των κύβων, δηλαδή η γραμμή της οποίας κάθε σημείο έχει:

- Τετμημένη: την απόσταση από την αρχή
- Τεταγμένη: το αλγεβρικό άθροισμα των διαθέσιμων κύβων των ορυγμάτων ή επιχωμάτων από την αρχή μέχρι την υπόψη θέση.

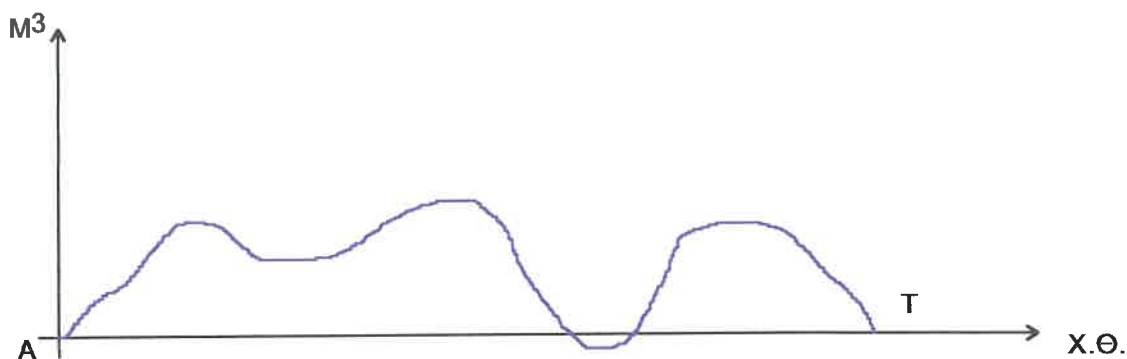
Στο διάγραμμα BRUCKNER, κατά παραδοχήν, τα ορύγματα έχουν θετικό σημείο (+) και τα επιχώματα αρνητικό (-). Συνεπώς:

- ανιών κλάδος του διαγράμματος είναι ο κλάδος των ορυγμάτων, ή αλλιώς γραμμή παροχής
- κατιών κλάδος, ο κλάδος των επιχωμάτων, ή αλλιώς γραμμή αναλώσεως

Με άλλα λόγια όταν από διατομή σε διατομή:

- ⇒ αυξάνονται τα ορύγματα, ο κλάδος των ορυγμάτων ανέρχεται
- ⇒ αυξάνονται τα επιχώματα, ο κλάδος των επιχωμάτων κατέρχεται

Εάν υπήρχε η δυνατότητα πλήρους εξίσωσης των χωματισμών, τότε η αρχή (A) και το τέλος (T) του διαγράμματος BRUCKNER θα ήταν στην ίδια ευθεία (σχήμα 7.7).



Σχήμα 7.7 Διάγραμμα BRUCKNER - πλήρης εξίσωση χωματισμών

Όταν το T βρίσκεται άνω του A , σημαίνει ότι υπάρχει περίσσειμα ορυγμάτων, άρα απαιτείται κάπου απόθεση του υλικού, σε θέσεις εναποθέσεως.

Όταν το T βρίσκεται κάτω του A , σημαίνει ότι υπάρχει περίσσειμα επιχωμάτων, άρα απαιτείται από κάπου λήψη δανείων, συνήθως από δανειοθάλαμους.

Παρατήρηση

Η γραφική παράσταση της γραμμής BRUCKNER έχει αντιστοιχία με τη γραφική παράσταση των επιφανειών των διατομών και της μηκοτομής του αεροδιαδρόμου και των υπολοίπων επιφανειών, αφού θεωρητικώς προκύπτει από την ολοκλήρωση της γραμμής των επιφανειών και συνεπώς:

- ◇ τα μέγιστα του διαγράμματος BRUCKNER αντιστοιχούν σε σημεία διαβάσεως της μηκοτομής από όρυγμα σε επίχωμα και
- ◇ τα ελάχιστα αντιστοιχούν σε σημεία διαβάσεως από επίχωμα σε όρυγμα

7.5.3 Γραμμές διανομής

Η μετακίνηση των χωματισμών μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά πολλούς (θεωρητικά άπειρους) τρόπους.

Το μέτρο της μετακίνησης δίδει η γραμμή διανομής. Κάθε παράλληλη ευθεία προς τον άξονα των τετμημένων που τέμνει τη γραμμή των κύβων μπορεί να θεωρηθεί γραμμή διανομής, διότι υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η διανομή και μετακίνηση των ορυγμάτων προς τα επιχώματα, αλλά και πόσες θα είναι οι αποθέσεις και που θα εναποτεθούν, ή πόσα θα είναι τα δάνεια και από ποια θέση θα ληφθούν.

Στην απλή περίπτωση μορφής του διαγράμματος BRUCKNER, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.8, η ευνοικότερη γραμμή διανομής κείται προφανώς μεταξύ των οριακών γραμμών T και A , ή συμπίπτει με αυτές, διότι διαφορετικά, μία άλλη γραμμή διανομής εκτός της χρήσιμης ζώνης (σχήμα 7.8), θα δημιουργούσε μεγαλύτερα δάνεια ή μεγαλύτερες αποθέσεις, κάτι που συνήθως πρέπει να αποφεύγεται. Μάλιστα, η ευνοικότερη γραμμή είναι εκείνη που τέμνει τη γραμμή των κύβων, έτσι ώστε το άθροισμα των τμημάτων της γραμμής διανομής που αντιστοιχεί στα κυρτώματα να είναι ίσο με το άθροισμα εκείνων που αντιστοιχεί στα κοιλώματα.

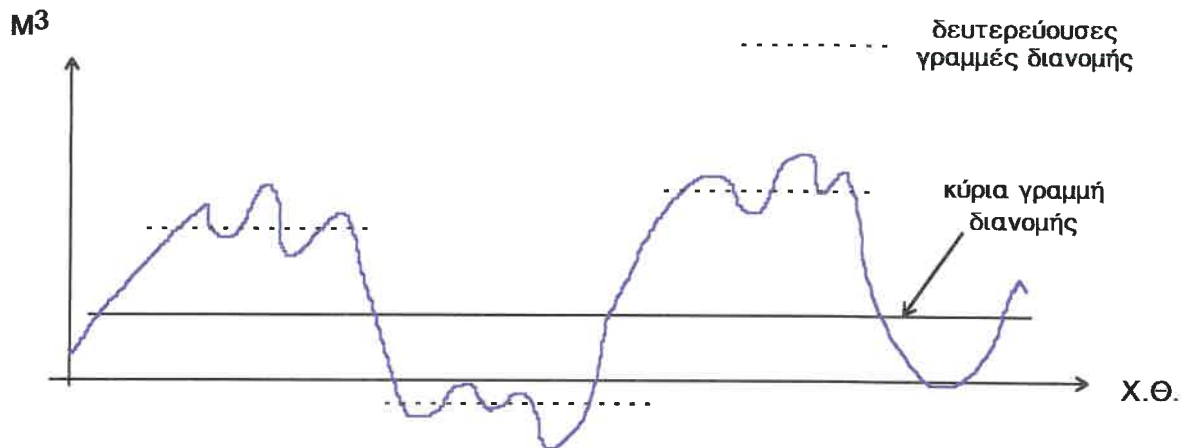


Σχήμα 7.8 Διάγραμμα BRUCKNER - Χρήσιμη ζώνη

Μερικές φορές η δημιουργία θέσεων αποθέσεων ή δανείων είναι επιθυμητή σε ενδιάμεσες θέσεις, οπότε συνίσταται η αντίστοιχη διάσπαση της γραμμής διανομής, ώστε να δημιουργηθούν οι θέσεις αυτές των αποθέσεων ή δανείων στις κατάλληλες περιοχές.

Τέλος, είναι πιθανόν να παραμένουν από το ένα μέρος ή το άλλο της γραμμής διανομής κοιλώματα ή κυρτώματα που να μην τέμνονται από αυτήν (σχήμα 7.9). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ο καθορισμός και

άλλων γραμμών διανομής που καλούνται δευτερεύουσες γραμμές διανομής, ενώ η βασική καλείται κύρια γραμμή διανομής.



Σχήμα 7.9 Κύριες και δευτερεύουσες γραμμές διανομής

7.5.4 Τρόποι μετακίνησης γαιών

Οι μεταφορές των χωματισμών πραγματοποιούνται με διάφορα ειδικά μεταφορικά μέσα, η εκλογή των οποίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι η απόσταση μεταφοράς, ο συνολικός όγκος των χωματισμών, το είδος των χωματισμών (γαίες, βράχοι), τα διαθέσιμα μηχανήματα, τα καύσιμα, κτλ.

Οι διάφοροι τρόποι κινήσεως γαιών είναι:

- α. Κίνηση με ΠΡΟΩΘΗΤΗ (BULLDOZER), που προωθεί απλώς τις γαίες μέχρι του σημείου αποθέσεως χωρίς φόρτωση σε αποστάσεις συνήθως από 0-80μ.
- β. Κίνηση με ΧΩΜΑΤΟΣΥΛΛΕΚΤΗ ή ΑΠΟΞΕΣΤΗ (SCRAPER), που αποξέει τις γαίες και μετά τις μεταφέρει σε αποστάσεις συνήθως από 80-1500μ.
- γ. Κίνηση με ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ με συνδυασμό ΦΟΡΤΩΤΗ (LOADER), για μεταφορές σε αποστάσεις άνω των 1500μ. με μέγιστη απόσταση 4-7 χλμ.
- δ. Αποθέσεις
- ε. Δάνεια

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη μέγιστη απόσταση μεταφοράς, που μπορεί οικονομικά να χρησιμοποιηθεί το αυτοκίνητο. Διότι εάν για παράδειγμα η εκσκαφή στοιχίζει 25 δρχ/μ³ και τα κυβοχιλιόμετρα 5 δρχ., προφανώς η μεγαλύτερη των 5 χλμ. απόσταση για μεταφορές με αυτοκίνητο αρχίζει να γίνεται αντισυμβατική. Συμφέρει δηλαδή η απόθεση των γαιών και η λήψη δανείων από δανειοθάλαμους της περιοχής όπου απαιτούνται επιχώματα (εφ' όσον βέβαια είναι δυνατόν να υπάρξουν τέτοιοι δανειοθάλαμοι). Αυτό θα επηρεάσει προφανώς τον καθορισμό των γραμμών διανομής.

Στο σχεδιασμό ενός αεροδρομίου συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη να χρησιμοποιηθούν σε αυτό «δανεισμένα» υλικά από περιοχές έξω από το εύρος κατάληψης του αεροδρομίου. Η ανάγκη αυτή προκύπτει από την υπέρβαση των επιχωμάτων σε σχέση με τα ορύγματα, που δημιουργείται είτε από την απαίτηση προσαρμογής του αεροδρομίου στα γεωμετρικά δεδομένα, είτε για κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. σε πεδινές περιοχές κρίνεται σκόπιμη η κατασκευή διαδρόμου σε συνεχές επίχωμα για την αποφυγή συσσώρευσης υδάτων από βροχές ή χιόνι).

Στα έργα οδοποιίας πολλές φορές τα υλικά επιχωμάτων προέρχονται από πλευρικά δάνεια μέσα στη ζώνη χάραξης. Η πρακτική αυτή όμως στην κατασκευή αεροδρομίων κρίνεται απαγορευτική.

Τα περισσότερα δάνεια προέρχονται από μεγάλους «λάγκκους δανείων», οι οποίοι βρίσκονται μακριά από το αεροδρόμιο, ή από μεγάλες διατομές γειτονικών ορυγμάτων.

Τα υλικά που απομένουν μερικές φορές, μετά τη συμπλήρωση όλων των επιχωμάτων, ορίζονται σαν εναποθέσεις. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται για να εξομαλύνουν κλίσεις επιχωμάτων.

7.5.5 Διάγραμμα LALANNE

Το διάγραμμα LALANNE δίνει τη γραφική παράσταση των διαθέσιμων όγκων, όταν χρησιμοποιείται στους χωματισμούς η μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών.

Η μέθοδος LALANNE υποθέτει ότι οι διαθέσιμοι όγκοι είναι συγκεντρωμένοι σε κάθε φάτνωμα, ενώ η μέθοδος BRUCKNER ότι μεταβάλλονται γραμμικά, πράγμα που ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα.

Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται σε συμβατούς σχεδιασμούς κίνησης γαιών, όμως τα αποτελέσματα της είναι φυσικό να είναι κοντά σε αυτά

των μεθόδων με ηλεκτρονικό υπολογιστή, που χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο απεικόνισης της μορφής του εδάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ Η/Υ

8.1 Ανάλυση προγράμματος AIR-96

Το πρόγραμμα AIR-96 είναι γραμμένο σε γλώσσα Fortran. Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν από την κατασκευή ενός νέου αεροδρομίου. Το *διάγραμμα ροής* του προγράμματος φαίνεται αναλυτικά στο σχήμα 8.1 της επόμενης σελίδας και αναλυτικότερα περιλαμβάνει κατά σειρά:

- Δεδομένα στοιχεία του προγράμματος

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση του προγράμματος AIR-96 πρέπει να τονίσουμε ότι λαμβάνεται ως δεδομένη, πριν τη χρήση του προγράμματος, η ανεμολογική μελέτη της περιοχής και κατά συνέπεια η *βέλτιστη διεύθυνση του διαδρόμου*. Ως δεδομένα επίσης λαμβάνονται και ζητούνται κατά τη διάρκεια του προγράμματος τα παρακάτω στοιχεία :

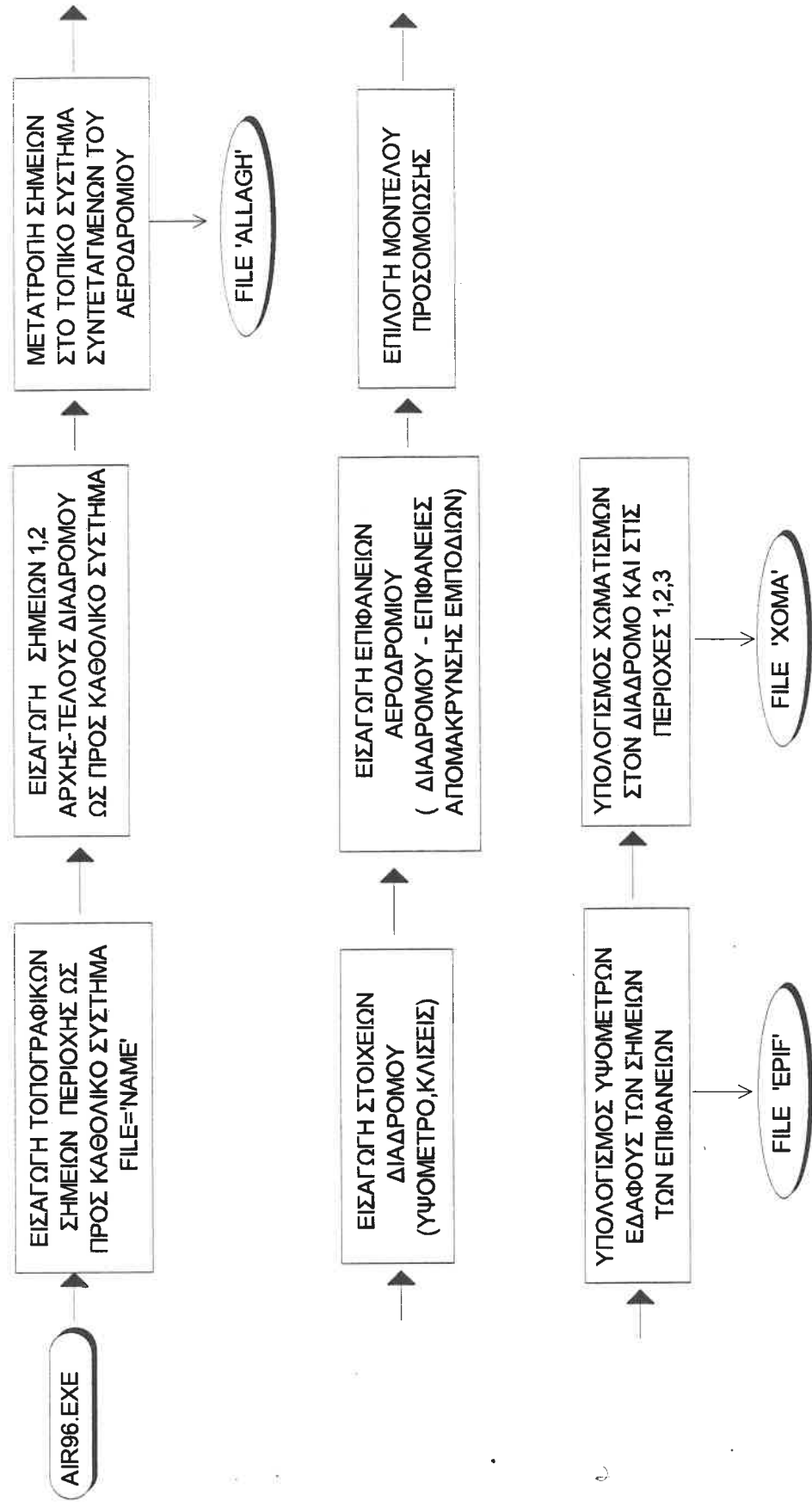
- ⇒ υψόμετρο του κέντρου του διαδρόμου
- ⇒ μήκος του διαδρόμου
- ⇒ κατά μήκος κλίση του διαδρόμου
- ⇒ εγκάρσια κλίση του διαδρόμου
- ⇒ εγκάρσια κλίση της ζώνης ασφαλείας

- Εισαγωγή δεδομένων τοπογραφικών σημείων της περιοχής στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί το καινούργιο αεροδρόμιο. Τα σημεία αυτά εισάγονται στο πρόγραμμα με την μορφή αρχείου που περιλαμβάνει τρεις στήλες για κάθε συντεταγμένη των σημείων.

Έτσι κάθε τοπογραφικό σημείο χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

- X: Τετμημένη τοπογραφικού σημείου
- Y: Τεταγμένη τοπογραφικού σημείου
- Z: Υψόμετρο εδάφους τοπογραφικού σημείου

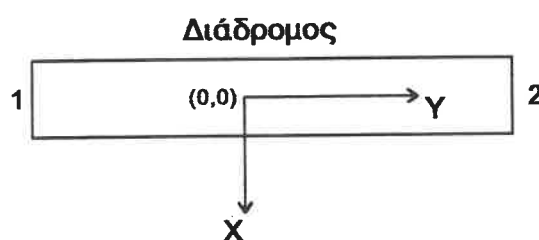
Οι παραπάνω συντεταγμένες αναφέρονται στο *καθολικό σύστημα συντεταγμένων* της περιοχής.



Σχήμα 8.1 Διάγραμμα ροής προγράμματος AIR96

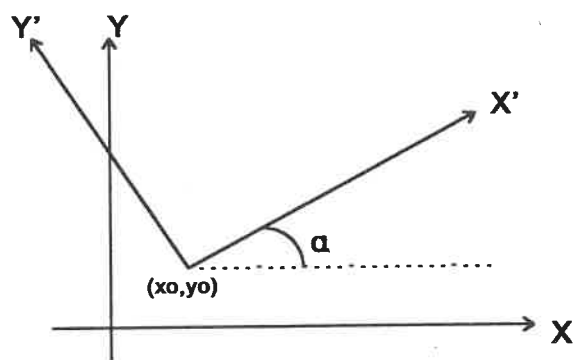
Το αρχείο των τοπογραφικών σημείων της περιοχής πρέπει να εισαχθεί στον κατάλογο (directory) του προγράμματος και όχι σε οποιοδήποτε άλλο κατάλογο του σκληρού δίσκου του υπολογιστή, ώστε να είναι εφικτή η ανάγνωση του στην αρχή του προγράμματος.

- Μετατροπή των συντεταγμένων των τοπογραφικών σημείων της περιοχής στο τοπικό σύστημα του αεροδρομίου: σαν $(0,0)$ λαμβάνεται το κέντρο του διαδρόμου, ο άξονας X δίνει την κατά πλάτος διεύθυνση, ο άξονας Y την κατά μήκος διεύθυνση και ο άξονας Z το υψόμετρο της επιφάνειας του αεροδρομίου (σχήμα 8.2).



Σχήμα 8.2 Τοπικό σύστημα αεροδρομίου

Η αλλαγή συντεταγμένων πραγματοποιείται αφού δοθούν στη φάση αυτή του προγράμματος οι συντεταγμένες των σημείων 1, 2 της αρχής και του τέλους του διαδρόμου αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 8.2. Φυσικά τα σημεία αυτά πρέπει να συμφωνούν με την ανεμολογική μελέτη της περιοχής, δηλαδή η διεύθυνση 1-2 να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της μελέτης αυτής. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα υπολογίζει τις νέες συντεταγμένες των τοπογραφικών σημείων ως προς τους καινούργιους άξονες (σχήμα 8.3) σύμφωνα με τις εξισώσεις που ακολουθούν :



Σχήμα 8.3 Αλλαγή συντεταγμένων

$$\begin{aligned}x' &= (x-x_0) \cos \alpha' + (y-y_0) \sin \alpha' \\ y' &= -(x-x_0) \sin \alpha' + (y-y_0) \cos \alpha'\end{aligned}$$

όπου, x', y' : συντεταγμένες ως προς τοπικό σύστημα
 x, y : συντεταγμένες ως προς καθολικό σύστημα
 x_0, y_0 : αρχή των αξόνων τοπικού συστήματος
 α' : γωνία εξαρτώμενη από την α

Οι νέες συντεταγμένες των τοπογραφικών σημείων αποθηκεύονται στο αρχείο 'ALLAGH', το οποίο μπορεί ανά πάσα στιγμή να διαβαστεί από τον χρήστη, είτε μέσα από τη γλώσσα προγραμματισμού, είτε μέσα από οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου, είτε τέλος μέσα από τον 'editor' του DOS.

- Επιλογή πρότυπου προσομοίωσης, για τον υπολογισμό του υψομέτρου του εδάφους οποιουδήποτε σημείου, του οποίου είναι γνωστές οι συντεταγμένες X, Y . Όπως έχουμε ήδη προαναφέρει στην διπλωματική αυτή δίνεται έμφαση στη φάση αυτή του προγράμματος. Τα πρότυπα είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των υψομέτρων του εδάφους των σημείων των επιφανειών του αεροδρομίου, που περιγράφονται με συντεταγμένες X, Y , στοιχείο απαραίτητο για τον έλεγχο απομάκρυνσης των εμποδίων στην ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου και τον υπολογισμό των αντίστοιχων χωματισμών. Η μέθοδος που μπορεί να επιλεγεί και που ζητείται στη φάση αυτή του προγράμματος είναι μία από τις ακόλουθες:

1. Κεντροβαρικού μέσου όρου
2. Περιγεγραμμένου κύκλου
3. Ελάχιστου εμβαδού
4. Ελάχιστου αθροίσματος πλευρών

Οι τέσσερις αυτές εναλλακτικές μέθοδοι αναπτύσσονται στην επόμενη παράγραφο (8.2).

- Εισαγωγή επιφανειών αεροδρομίου για κατηγορία αεροδρομίων A,B,C - instrument approach- μη ακριβής, σε μορφή συντεταγμένων X_A, Y_A, ZEP , στο τοπικό σύστημα συντεταγμένων του αεροδρομίου, όπου:

X_A : Τετμημένη επιφάνειας
 Y_A : Τεταγμένη επιφάνειας
 ZEP : Υψόμετρο επιφάνειας

Τα χαρακτηριστικά των επιφανειών αυτών φαίνονται στον πίνακα 4.1 του κεφαλαίου 4, καθώς και στο σχήμα 8.4 που ακολουθεί, ενώ περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4 («Περιορισμός και απομάκρυνση εμποδίων»).

Η επιφάνεια προσγείωσης-απογείωσης αποτελεί μία σύνθετη επιφάνεια που καλύπτει τόσο την οριζόντια απόκλιση των δύο επιφανειών (προσγείωσης, απογείωσης), όσο και την κατά μήκος κλίση τους. Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αυτής φαίνονται στον πίνακα του σχήματος 8.4.

Ο μοναδικός λόγος που επιλέχτηκε η κατηγορία A,B,C -instrument approach- μη ακριβής, και μόνο, είναι για να μειωθούν κάπως οι παράμετροι και κατά συνέπεια το εύρος του προγράμματος.

Οι μόνες πληροφορίες που πρέπει να δώσει ο χρήστης στο βήμα αυτό του προγράμματος είναι:

- ⇒ υψόμετρο του κέντρου του διαδρόμου
- ⇒ κατά μήκος κλίση του διαδρόμου
- ⇒ εγκάρσια κλίση του διαδρόμου
- ⇒ εγκάρσια κλίση της ζώνης ασφαλείας

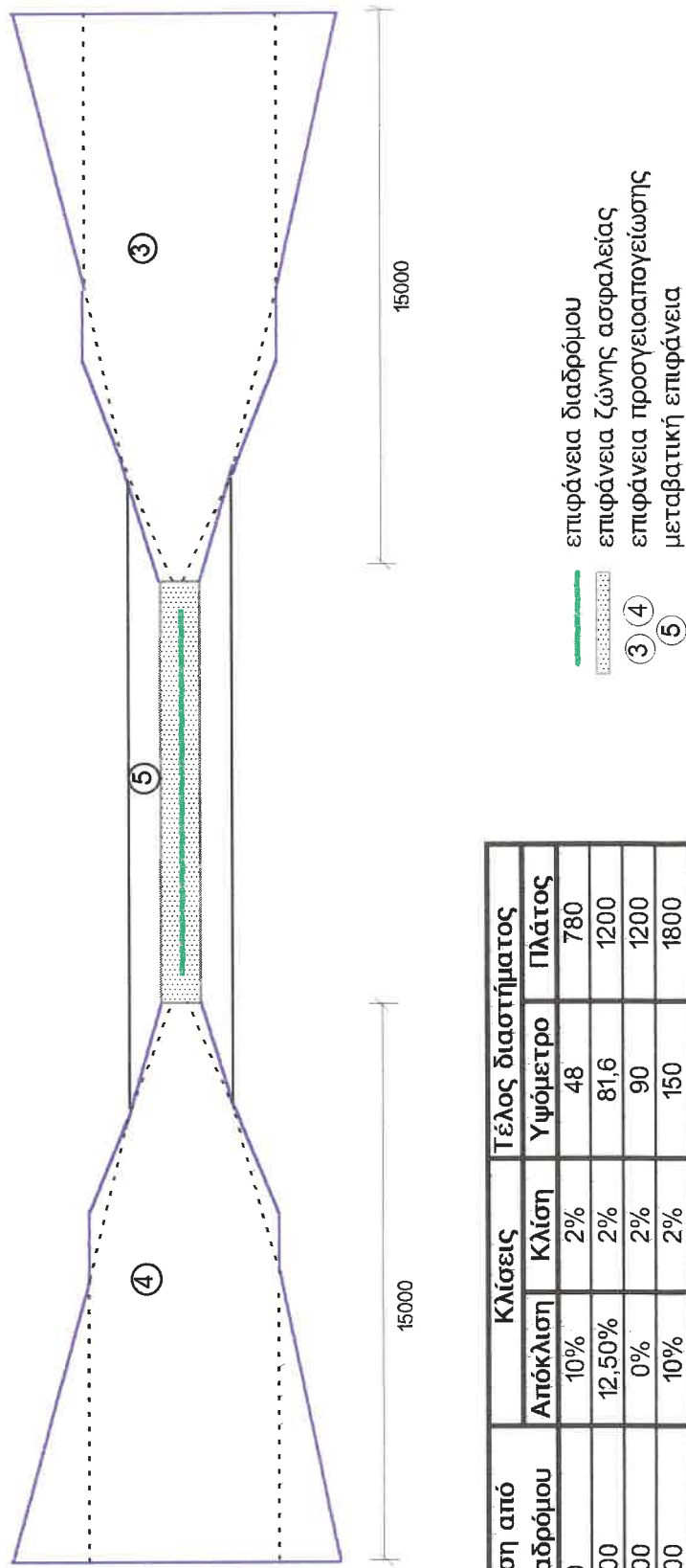
Οι τιμές των παραπάνω κλίσεων πρέπει να είναι μικρότερες από τις τιμές του πίνακα 4.1 (κεφάλαιο 4). Οι μέγιστες τιμές έχουν προβλεφτεί στο πρόγραμμα, το οποίο και προειδοποιεί τον χρήστη σε περίπτωση υπέρβασης των τιμών αυτών και είναι οι ακόλουθες για την κατηγορία A,B,C -instrument approach- μη ακριβής:

Κλίσεις	Μέγιστη τιμή
Κατά μήκος κλίση διαδρόμου	0.0125
Εγκάρσια κλίση διαδρόμου	0.015
Εγκάρσια κλίση ζώνης ασφαλείας	0.025

Για διευκόλυνση των υπολογισμών και σύμφωνα με τις συνήθειες συνθήκες σχεδιασμού των αεροδρομίων, ο διάδρομος χαρακτηρίζεται από μία μόνο κλίση.

Επίσης πρέπει να τονίσουμε ότι στο πρόγραμμα αυτό προβλέπονται προσγειώσεις και απογειώσεις και *κατά τις δύο διευθύνσεις*, για την κάλυψη όλων των πιθανών περιπτώσεων. Συνεπώς η σύνθετη επιφάνεια προσγείωσης-απογείωσης, τα χαρακτηριστικά της οποίας φαίνονται στο σχήμα 8.4, εισάγεται στο πρόγραμμα και από τις δύο πλευρές του διαδρόμου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:
instrument approach
Μη ακριβείς
A,B,C



Απόσταση από τέλος διαδρόμου	Κλίσεις		Τέλος διαστήματος	
	Απόκλιση	Κλίση	Υψόμετρο	Πλάτος
0-2400	10%	2%	48	780
2400-2800	12,50%	2%	81,6	1200
4080-4500	0%	2%	90	1200
4500-7500	10%	2%	150	1800
7500-15000	10%	0%	150	3300

Διαστάσεις επιφανειών προσγειοποίησης 3,4

Σχήμα 8.4 Επιφάνειες απομάκρυνσης εμποδίων

Στο πρόγραμμα εισάγεται επίσης η κολουροκωνική επιφάνεια που ξεκινάει από τον εσωτερικό οριζόντιο κύκλο ακτίνας 4000μ. σε υψόμετρο 45μ. μεγαλύτερο από το υψόμετρο του κέντρου του διαδρόμου, συνεχίζει με κλίση 5% προς τα πάνω και τελειώνει στον εξωτερικό οριζόντιο κύκλο ακτίνας 6000μ., 100μ ψηλότερα από τον εσωτερικό κύκλο. Η ικανοποίηση της απουσίας οποιουδήποτε εμποδίου σ' αυτόν τον κολουροκωνικό χώρο είναι δύσκολη και πολλές φορές ανέφικτη. Είναι τότε θέμα της αρμόδιας υπηρεσίας να αποδεχθεί τα εμπόδια και να τα επισημάνει. Στο πρόγραμμα AIR-96, κάθε φορά που κάποιο τοπογραφικό σημείο βρίσκεται στον χώρο αυτό, απλά επισημαίνεται με τις συντεταγμένες του ως προς το τοπικό σύστημα του αεροδρομίου, χωρίς να υπολογίζονται οι χωματισμοί που προκύπτουν από την ενδεχόμενη απομάκρυνση των εμποδίων από το χώρο αυτό.

Ο διάδρομος και οι επιφάνειες απομάκρυνσης εμποδίων περιγράφονται με κανάβους: 100x9 (μήκος x πλάτος) για το διάδρομο, 100x7.5 για τη ζώνη ασφαλείας και 100x50 (μήκος x πλάτος) για τις επιφάνειες προσγείωσης-απογείωσης και τη μεταβατική επιφάνεια.

Με τη χρήση των προτύπων προσομοίωσης, περιγράφοντας στο πρόγραμμα τις επιφάνειες του αεροδρομίου με τις συντεταγμένες ΧΑ, ΥΑ (κορυφές των παραπάνω κανάβων), υπολογίζονται τα αντίστοιχα υψόμετρα εδάφους ΖΑ. Οι συντεταγμένες ΧΑ,ΥΑ,ΖΕΡ των επιφανειών καθώς και το αντίστοιχο υψόμετρο ΖΑ του εδάφους αποθηκεύονται στο αρχείο 'EPIF'. Στο αρχείο λοιπόν αυτό εμφανίζονται πέντε (5) στήλες που περιέχουν αντίστοιχα:

- ⇒ 1η στήλη: No : Αύξοντας αριθμός σημείου
- ⇒ 2η στήλη: ΧΑ : Τετμημένη σημείου ως προς τοπικό σύστημα
- ⇒ 3η στήλη: ΥΑ : Τεταγμένη σημείου ως προς τοπικό σύστημα
- ⇒ 4η στήλη: ΖΑ : Υψόμετρο εδάφους
- ⇒ 5η στήλη: ΖΕΡ : Υψόμετρο επιφάνειας

Το αρχείο ' EPIF ' μπορεί να διαβαστεί από τον χρήστη μετά το τέλος του προγράμματος, είτε μέσα από τη γλώσσα προγραμματισμού, είτε μέσα από οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου, είτε τέλος μέσα από τον 'editor' του DOS.

- Υπολογισμός των αναγκαίων χωματισμών που προκύπτουν από την απομάκρυνση των εμποδίων, όσον αφορά όλες τις επιφάνειες του αεροδρομίου (εκτός από την κολουροκωνική), καθώς και από την πιθανή επιχωμάτωση του διαδρόμου. Για τον υπολογισμό των χωματοургικών

υπολογίζεται σε κάθε διατομή η διαφορά $DZ=ZA-ZEP$, όπου ZA =υψόμετρο εδάφους, ZEP =υψόμετρο επιφάνειας και επομένως οι θετικές τιμές ($ZA>ZEP$) σημαίνουν όρυγμα, ενώ οι αρνητικές ($ZA<ZEP$) επίχωμα. Οι όγκοι των χωματισμών προκύπτουν σε κάθε διατομή από το γινόμενο της διαφοράς DZ με το εμβαδό του κανάβου, που έχει επιλεγεί για την περιγραφή των επιφανειών.

Το πρόγραμμα υπολογίζει τον συνολικό όγκο των χωματισμών, ξεχωριστά για τον διάδρομο και για τις «περιοχές» (1), (2) και (3), όπως φαίνεται στο σχήμα 8.5.

Οι συντεταγμένες XA, YA των επιφανειών καθώς και ο όγκος των χωματισμών (επίχωμα-όρυγμα) αποθηκεύονται στο αρχείο 'XOMA'. Στο αρχείο λοιπόν αυτό εμφανίζονται πέντε (5) στήλες που περιέχουν αντίστοιχα:

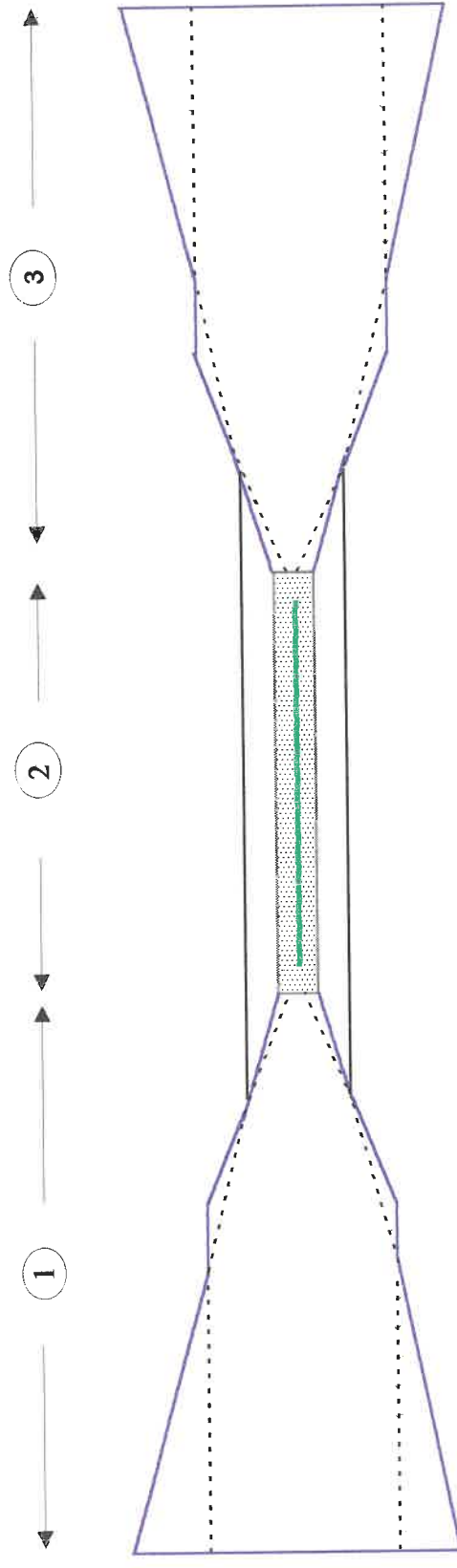
- ⇒ 1η στήλη : No : Αύξοντας αριθμός σημείου
- ⇒ 2η στήλη : XA : Τετμημένη σημείου ως προς τοπικό σύστημα
- ⇒ 3η στήλη : YA : Τεταγμένη σημείου ως προς τοπικό σύστημα
- ⇒ 4η στήλη : CUT : Όγκος ορύγματος διατομής
- ⇒ 5η στήλη : FILL : Όγκος επιχώματος διατομής (μόνο στο διάδρομο)

Το αρχείο 'XOMA' μπορεί να διαβαστεί από τον χρήστη μετά το τέλος του προγράμματος, είτε μέσα από τη γλώσσα προγραμματισμού, είτε μέσα από οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου, είτε τέλος μέσα από τον 'editor' του DOS.

8.2 Πρότυπα προσομοίωσης εδάφους

8.2.1 Γενικά

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στην διπλωματική αυτή δίνεται έμφαση στα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους. Τα πρότυπα είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των υψομέτρων του εδάφους των σημείων των επιφανειών του αεροδρομίου, των οποίων είναι γνωστές οι συντεταγμένες X, Y (μέσω του κανάβου που περιγράφει τις επιφάνειες), στοιχείο απαραίτητο για τον έλεγχο απομάκρυνσης των εμποδίων στην ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου και τον υπολογισμό των αντίστοιχων χωματισμών. Οι εναλλακτικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι:



- Περιοχή 1 : επιφάνεια προσγειοαπογειώσεως αριστερά
- Περιοχή 2 : επιφάνεια ζώνης ασφαλείας, μεταβατική επιφάνεια
- Περιοχή 3 : επιφάνεια προσγειοαπογειώσεως δεξιά

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΧΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	
	Επίχωμα	Όρυγμα
1	-	CUT1
2	-	CUT2
Διάδρομος	FILL/DIAD	CUT/DIAD
3	-	CUT3

Σχήμα 8.5 Περιοχές χωματισμών προγράμματος AIR96

1. Κεντροβαρικού μέσου όρου
2. Περιγεγραμμένου κύκλου
3. Ελάχιστου εμβαδού
4. Ελάχιστου αθροίσματος πλευρών

Οι τέσσερις αυτές εναλλακτικές μέθοδοι αναπτύσσονται στην συνέχεια, ενώ διαγραμματικά φαίνονται στο σχήμα 8.6.

Μέθοδος κεντροβαρικού μέσου όρου

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στην συνέχεια σύμφωνα με το πρότυπο βαρύτητας (επιρροή υψομέτρου τοπογραφικού σημείου αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης του από το ζητούμενο σημείο), υπολογίζεται το ζητούμενο υψόμετρο του σημείου (διαγραμματικά, σχήμα 8.6). Η μαθηματική σχέση που εκφράζει το πρότυπο βαρύτητας είναι η ακόλουθη :

$$Z_A = \frac{(Z_1/S_1) + (Z_2/S_2) + \dots + (Z_{10}/S_{10})}{(1/S_1) + (1/S_2) + \dots + (1/S_{10})}$$

όπου,

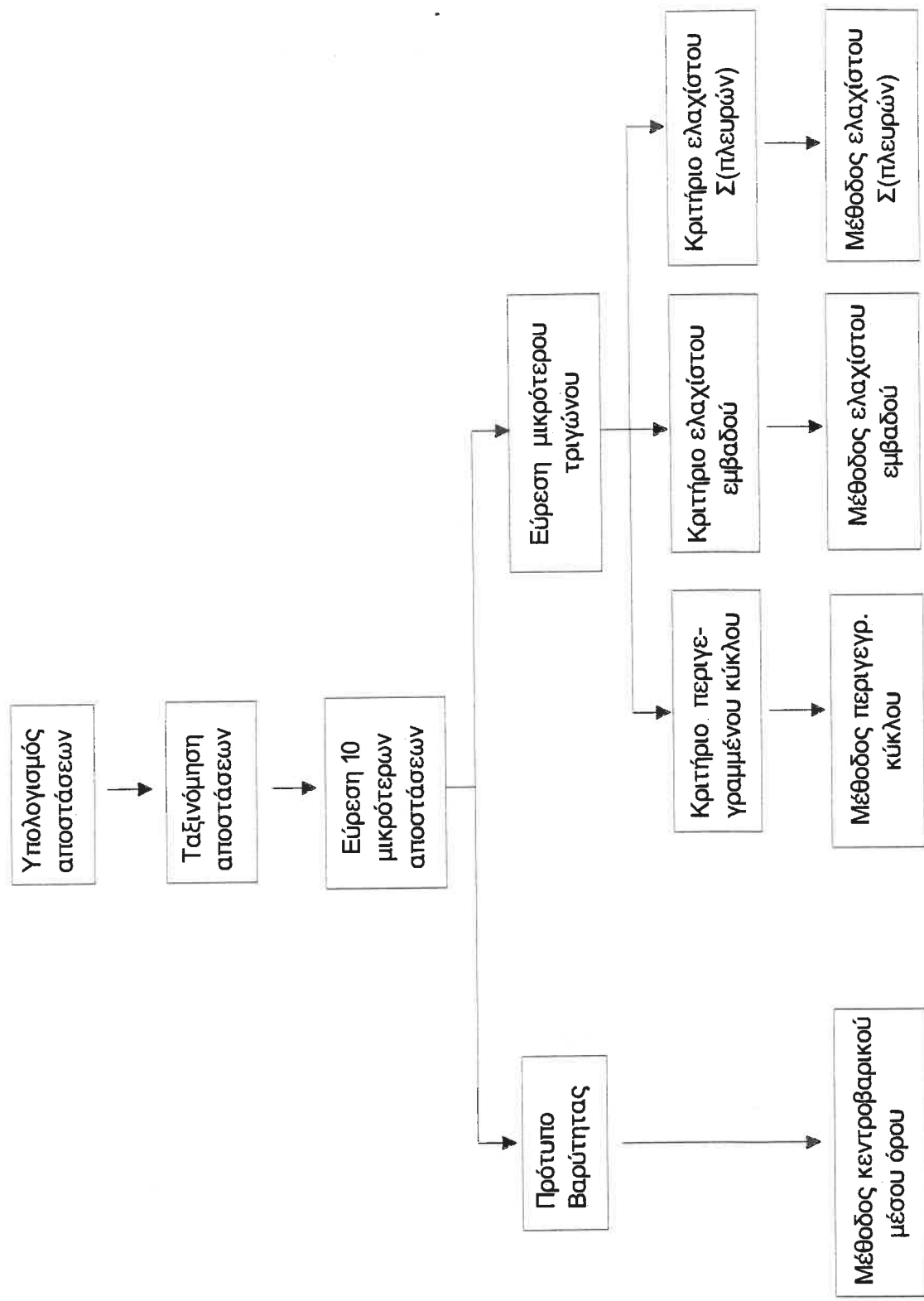
Z_A : ζητούμενο υψόμετρο του σημείου
 $Z_1, Z_2, \dots, Z_{10}$: υψόμετρα των δέκα (10) κοντινότερων σημείων
 $S_1, S_2, \dots, S_{10}$: αποστάσεις των δέκα (10) κοντινότερων σημείων από το ζητούμενο σημείο

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο **BARIKO**, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

Μέθοδος περιγεγραμμένου κύκλου

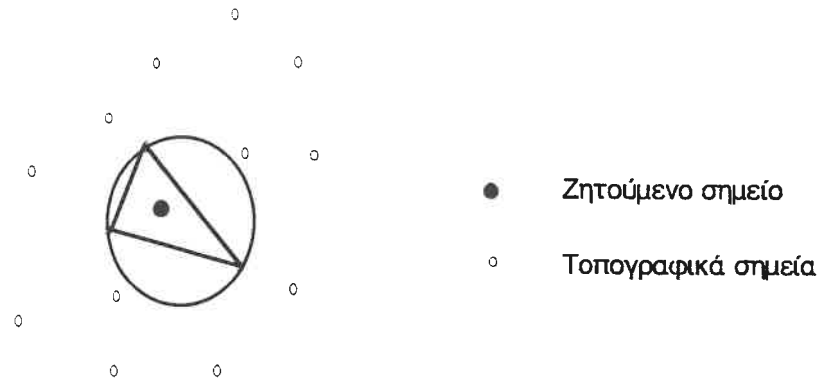
Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση ενός τριγώνου, το οποίο να περιέχει το σημείο του οποίου ψάχνουμε το υψόμετρο εδάφους και ο



Σχήμα 8.6 Ροή προτύπων προσομοίωσης εδάφους

περιγεγραμμένος κύκλος του τριγώνου αυτού να μην περικλείει κανένα άλλο σημείο εκτός απ' αυτό (σχήμα 8.7).



Σχήμα 8.7 Μέθοδος περιγεγραμμένου κύκλου

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου). Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 8.6.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο CYCLE, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

Μέθοδος ελαχίστου εμβαδού

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση εκείνου του τριγώνου που θα περιέχει το σημείο και παράλληλα θα έχει το ελάχιστο εμβαδό από όλα τα τρίγωνα εκείνα που επίσης θα περιέχουν το σημείο αυτό.

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου).

Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 8.6.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο EMBADO, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

Μέθοδος ελαχίστου αθροίσματος πλευρών

Γίνεται ταξινόμηση των τοπογραφικών σημείων με βάση την απόσταση τους από το σημείο του οποίου το υψόμετρο του εδάφους ψάχνουμε και επιλέγονται τα δέκα (10) κοντινότερα. Στη συνέχεια σχηματίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τριγώνων μεταξύ των παραπάνω σημείων.

Σκοπός του προγράμματος είναι η εύρεση εκείνου του τριγώνου που θα περιέχει το σημείο και παράλληλα το άθροισμα των πλευρών του θα είναι το ελάχιστο, από όλα τα αθροίσματα των πλευρών των τριγώνων που επίσης θα περιέχουν το σημείο αυτό.

Στη συνέχεια βρίσκεται η εξίσωση του επιπέδου που σχηματίζουν τα τρία επιλεγμένα τοπογραφικά σημεία (κορυφές του τριγώνου). Γνωρίζοντας την εξίσωση του επιπέδου, την τετμημένη X και την τεταγμένη Y του σημείου, βρίσκουμε το ζητούμενο υψόμετρο εδάφους.

Η μέθοδος αυτή φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 8.6.

Στη δισκέτα που παρέχεται μαζί με την διπλωματική η μέθοδος αυτή περιέχεται, εκτός φυσικά από το πρόγραμμα ολόκληρο, στο αρχείο PLEVRES, το περιεχόμενο του οποίου φαίνεται στο παράρτημα της διπλωματικής.

8.2.2 Σύγκριση πρότυπων

Συγκρίναμε τις τέσσερις παραπάνω μεθόδους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή 486 DX 133 (8 RAM), χρησιμοποιώντας ένα αρχείο 6100 τυχαίων τοπογραφικών σημείων μιας περιοχής (όνομα αρχείου : fm66.dat, δίνεται στη δισκέτα) και υπολογίζοντας χωριστά για κάθε μέθοδο τον χρόνο που απαιτείται.

Στο πρόγραμμα εισάγονται δέκα (10) τυχαία σημεία των οποίων είναι γνωστές οι συντεταγμένες X , Y και άγνωστο το υψόμετρο (συντεταγμένη Z), για το οποίο βρίσκουμε μέσω των τεσσάρων μεθόδων:

◇ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

* ΣΗΜΕΙΟ 1 : $X = -18000$ $Y = -5000$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	81.47	95
Περιγεγραμμένου κύκλου	79.52	97
Ελαχίστου εμβαδού	79.31	101
Ελαχίστου Σ (πλευρών)	79.31	100

* ΣΗΜΕΙΟ 2 : $X = -17500$ $Y = -5300$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	97.29	71
Περιγεγραμμένου κύκλου	97.60	73
Ελαχίστου εμβαδού	97.42	78
Ελαχίστου Σ (πλευρών)	97.60	77

* ΣΗΜΕΙΟ 3 : $X = -20500$ $Y = -4400$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	24.88	122
Περιγεγραμμένου κύκλου	24.26	124
Ελαχίστου εμβαδού	23.56	128
Ελαχίστου Σ (πλευρών)	23.56	128

* ΣΗΜΕΙΟ 4 : X= -19000 Y=-4800

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	53.10	104
Περιγεγραμμένου κύκλου	52.32	106
Ελαχίστου εμβαδού	52.21	109
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	52.32	109

* ΣΗΜΕΙΟ 5 : X= -17850 Y=-5580

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	102.94	72
Περιγεγραμμένου κύκλου	101.90	73
Ελαχίστου εμβαδού	101.90	76
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	101.90	76

* ΣΗΜΕΙΟ 6 : X= -17000 Y=-5100

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	110.08	74
Περιγεγραμμένου κύκλου	111.73	76
Ελαχίστου εμβαδού	111.65	80
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	111.65	79

* ΣΗΜΕΙΟ 7 : X= -18600 Y=-5000

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	66.81	98
Περιγεγραμμένου κύκλου	65.33	97
Ελαχίστου εμβαδού	66.29	102
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	65.33	102

* ΣΗΜΕΙΟ 8 : $X = -19600$ $Y = -4600$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	41.07	114
Περιγεγραμμένου κύκλου	41.03	116
Ελαχίστου εμβαδού	41.04	120
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	41.03	120

* ΣΗΜΕΙΟ 9 : $X = -18800$ $Y = -4850$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	56.31	102
Περιγεγραμμένου κύκλου	55.72	104
Ελαχίστου εμβαδού	60.06	109
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	55.74	108

* ΣΗΜΕΙΟ 10 : $X = -17700$ $Y = -5650$

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Υψόμετρο Z (μ.)	Χρόνος (sec)
Κεντροβαρικού μέσου όρου	109.39	67
Περιγεγραμμένου κύκλου	108.84	69
Ελαχίστου εμβαδού	108.97	73
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	108.84	72

◇ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω τέσσερα παραδείγματα παρατηρούμε ότι η *ταχύτερη* μέθοδος είναι η μέθοδος του κεντροβαρικού μέσου όρου. Ακολουθεί σε ταχύτητα η μέθοδος του περιγεγραμμένου κύκλου (σταθερά κατά 2 δευτερόλεπτα), ενώ οι πιο αργές μέθοδοι είναι οι άλλες δύο (μετά από 3-5 δευτερόλεπτα), οι οποίες και ολοκληρώνονται σχεδόν στο ίδιο χρονικό διάστημα (διαφορά 0-1 δευτερόλεπτα). Οι τέσσερις παραπάνω μέθοδοι παρουσιάζουν πολύ μικρή χρονική απόκλιση, όσον αφορά ένα σημείο. Όπως θα δούμε και από τα αποτελέσματα των εφαρμογών της παραγράφου 8.3, η συνολική χρονική απόκλιση των τεσσάρων μεθόδων

δεν είναι σημαντική, χρησιμοποιώντας φυσικά κανάβους 100x9, 100x7.5 και 100x50 για την περιγραφή των επιφανειών. Όσο μικρότερες φυσικά είναι οι διαστάσεις των κανάβων αυτών, τόσα περισσότερα σημεία επιφανειών προκύπτουν, με συνέπεια και την αύξηση του χρόνου «τρεξίματος» του προγράμματος και της χρονικής απόκλισης μεταξύ των τεσσάρων μεθόδων.

Η χρονική αυτή απόκλιση των παραπάνω μεθόδων συνίσταται στο γεγονός ότι, ενώ και οι τέσσερις μέθοδοι αρχικά ταξινομούν όλα τα σημεία σύμφωνα με την απόσταση τους από το ζητούμενο σημείο και επιλέγουν τα δέκα (10) κοντινότερα σημεία, στη μέθοδο του κεντροβαρικού μέσου όρου ο υπολογισμός του υψόμετρου στηρίζεται σε μία εξίσωση, του πρότυπου βαρύτητας, η οποία υπολογίζεται σύντομα (η σχέση αυτή φαίνεται παραπάνω). Οι υπόλοιπες μέθοδοι μετά την επιλογή των δέκα (10) κοντινότερων σημείων, ξεκινούν το «ψάξιμο» των τριγώνων που περιέχουν το σημείο, διαδικασία σαφώς πιο χρονοβόρα, και στη συνέχεια υπολογίζουν το υψόμετρο μέσω της εξίσωσης του επιπέδου που σχηματίζουν οι κορυφές του τριγώνου που ικανοποιεί τα κριτήρια της κάθε μεθόδου.

Από πλευράς αξιοπιστίας στα ζητούμενα υψόμετρα, πρέπει να τονίσουμε ότι οι τρεις μέθοδοι που χρησιμοποιούν τον τριγωνισμό, φαινομενικά τουλάχιστον παρουσιάζουν ακριβέστερα αποτελέσματα, βάση του γεγονότος ότι στηρίζονται στο μικρότερο τρίγωνο (ανάλογα με τη μέθοδο και το κριτήριο) που περιέχει το σημείο και συνεπώς επηρεάζονται τελικά από τρία κοντινά σημεία και όχι γενικά από την ευρύτερη περιοχή που περιλαμβάνει τα δέκα (10) κοντινότερα σημεία και η οποία μπορεί να περιλαμβάνει πολλές υψομετρικές διακυμάνσεις. Μάλιστα από τα παραπάνω παραδείγματα, αν εξαιρεθεί η περίπτωση του σημείου 9, η διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ των τριών μεθόδων που χρησιμοποιούν τον τριγωνισμό, είναι από μηδαμινή (η πιθανότητα το ζητούμενο τελικό τρίγωνο να είναι το ίδιο είναι πολύ μεγάλη) έως πολύ μικρή (μέγιστη 1 μέτρο).

Συμπερασματικά, η επιλογή της μεθόδου προσομοίωσης του εδάφους θα εξαρτηθεί από τη φάση του σχεδιασμού του αεροδρομίου στην οποία βρισκόμαστε και την απαιτούμενη ακρίβεια των υπολογισμών. Αν για παράδειγμα επιθυμείται ο υπολογισμός της τάξης μεγέθους των χωματισμών που απαιτούνται με όχι μεγάλη ακρίβεια, είναι εύλογη η επιλογή της μεθόδου του κεντροβαρικού μέσου όρου, αφού εξοικονομούμε χρόνο. Αν όμως η ακρίβεια που απαιτείται είναι ιδιαίτερα υψηλή, θα προτιμηθούν οι μέθοδοι που στηρίζονται στον τριγωνισμό.

8.3 Εφαρμογές προγράμματος AIR96

Εφαρμόζουμε το πρόγραμμα AIR96 με τα παρακάτω δεδομένα:

- ⇒ υψόμετρο κέντρου διαδρόμου = 245μ.
- ⇒ μήκος διαδρόμου = 1500μ.
- ⇒ κατά μήκος κλίση του διαδρόμου = 1%
- ⇒ εγκάρσια κλίση του διαδρόμου = 1%
- ⇒ εγκάρσια κλίση της ζώνης ασφαλείας = 2%

- Η εισαγωγή δεδομένων τοπογραφικών σημείων της περιοχής στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί το καινούργιο αεροδρόμιο (περιοχή Κολινδρού, Νομός Πιερίας), έγινε αρχικά μέσω του αρχείου «KOLINDR» που περιέχει 693 σημεία της περιοχής (απόσταση σημείων =1000μ.) και στη συνέχεια μέσω του αρχείου «KOLINDR2» που αναφέρεται στην ίδια περιοχή, αλλά περιλαμβάνει 1353 σημεία (αποστάσεις τοπογραφικών σημείων περιοχής=500μ.). Και τα δύο παραπάνω αρχεία περιέχονται στη δισκέτα που δίνεται μαζί με τη διπλωματική εργασία. Τα τοπογραφικά σημεία χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

X: Τετμημένη σημείου

Y: Τεταγμένη σημείου

Z: Υψόμετρο εδάφους σημείου

Οι παραπάνω συντεταγμένες αναφέρονται στο *καθολικό σύστημα* συντεταγμένων της περιοχής.

Το αρχείο των τοπογραφικών σημείων της περιοχής εισάγεται στον κατάλογο (directory) του προγράμματος και όχι σε οποιοδήποτε άλλο τμήμα του σκληρού δίσκου του υπολογιστή, ώστε να είναι εφικτή η ανάγνωση του στην αρχή του προγράμματος.

- Οι συντεταγμένες αρχής και τέλους διαδρόμου ως προς καθολικό σύστημα της περιοχής :

◇ Αρχή διαδρόμου : X=11570 Y=11580

◇ Τέλος διαδρόμου : X=12000 Y=13000

Φυσικά οι συντεταγμένες αυτές συμφωνούν με το μήκος του διαδρόμου που έχει προαναφερθεί (1500μ.) αφού $[(12000-11570)^2 + (13000-11580)^2]^{0.5} = 1490\mu.$ δηλαδή περίπου 1500μ.

- **Μετατροπή συντεταγμένων :** το πρόγραμμα μετατρέπει, με την βοήθεια των παραπάνω συντεταγμένων, τις συντεταγμένες των τοπογραφικών σημείων της περιοχής στο τοπικό σύστημα του αεροδρομίου (κέντρο διαδρόμου $= (0,0)$) και αποθηκεύει τις νέες συντεταγμένες των σημείων στο αρχείο «ALLAGH», που «γράφεται» αυτόματα στο κατάλογο (directory) του προγράμματος και όχι σε οποιοδήποτε κατάλογο του σκληρού δίσκου του υπολογιστή.
- Εφαρμόζουμε το πρόγραμμα τέσσερις (4) φορές και κάθε φορά επιλέγουμε και από ένα διαφορετικό πρότυπο προσομοίωσης για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα τους.

Αποτελέσματα εφαρμογών

Τα αποτελέσματα του προγράμματος «γράφονται» στα αρχεία 'EPIF' και 'XOMA' κάθε φορά που τρέχει το πρόγραμμα. Δείγμα των αρχείων αυτών παρουσιάζεται στο παράρτημα της διπλωματικής εργασίας.

• Εφαρμογή 1 (με αρχείο «KOLINDR»)

Οι χρόνοι που απαιτούνται για κάθε επιφάνεια χωριστά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (σε sec), όπου:

- ◇ TIME1 = χρόνος που απαιτείται για τον διάδρομο
- ◇ TIME2 = χρόνος που απαιτείται για την ζώνη ασφαλείας
- ◇ TIME3 = χρόνος που απαιτείται για την «περιοχή» (3)
- ◇ TIME4 = χρόνος που απαιτείται για την «περιοχή» (1)
- ◇ TIME5 = χρόνος που απαιτείται για την μεταβατική επιφάνεια

Οι παραπάνω «περιοχές» φαίνονται στο σχήμα 8.5

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Χρόνος (sec)					Σύνολο	
	TIME1	TIME2	TIME3	TIME4	TIME5	sec	min
Κεντροβαρ. μέσου όρου	23	134	1200	1203	158	2718	45.30
Περιγεγραμμένου κύκλου	26	149	1343	1344	175	3037	50.61
Ελαχίστου εμβαδού	26	153	1383	1383	180	3125	52.08
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	26	154	1391	1391	181	3143	52.38

Όπως έχουμε ήδη προαναφέρει το πρόγραμμα υπολογίζει τον συνολικό όγκο των χωματισμών, ξεχωριστά για τον διάδρομο και για τις «περιοχές» (1), (2) και (3), όπως φαίνεται στο σχήμα 8.5. Οι όγκοι των χωματισμών που απαιτούνται για κάθε «περιοχή» ξεχωριστά και για κάθε μία μέθοδο είναι:

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Όγκοι Χωματισμών (m ³)				
	CUTDIAD	FILLDIAD	CUT1	CUT2	CUT3
Κεντροβ. μέσου όρου	1,961,598	0	2,199,996	20,707,450	3,335,374
Περιγεγραμμένου κύκλου	2,615,281	0	3,050,779	35,799,270	15,556,250
Ελαχίστου εμβαδού	2,955,467	0	3,512,632	35,642,030	12,712,070
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	3,250,120	0	5,140,312	37,882,450	20,514,910

• Εφαρμογή 2 (με αρχείο «KOLINDR2»)

Οι χρόνοι που απαιτούνται για κάθε επιφάνεια χωριστά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (σε sec), όπου:

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Χρόνος (sec)					Σύνολο	
	TIME1	TIME2	TIME3	TIME4	TIME5	sec	min
Κεντροβ. μέσου όρου	68	384	3533	3549	442	7976	132.93
Περιγεγραμμένου κύκλου	70	398	3659	3671	456	8254	137.56
Ελαχίστου εμβαδού	71	403	3718	3730	461	8383	139.72
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	71	405	3735	3752	464	8427	140.45

Οι όγκοι των χωματισμών που απαιτούνται για κάθε «περιοχή» ξεχωριστά και για κάθε μία μέθοδο είναι:

Μέθοδος πρότυπου προσομοίωσης	Όγκοι Χωματισμών (m ³)				
	CUTDIAD	FILLDIAD	CUT1	CUT2	CUT3
Κεντροβ. μέσου όρου	1,962,435	0	5,134,310	21,539,040	366,687
Περιγεγραμμένου κύκλου	2,744,415	0	7,339,291	27,751,070	613,434
Ελαχίστου εμβαδού	1,317,975	0	3,876,912	19,905,210	868,703
Ελαχίστου Σ(πλευρών)	2,573,827	0	7,830,536	29,299,730	508,121

Όπως είχαμε προαναφέρει στα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα δέκα (10) μεμονωμένα παραδείγματα με τα τέσσερα πρότυπα προσομοίωσης, η *ταχύτερη* μέθοδος είναι αυτή του κεντροβαρικού μέσου όρου. Η *χρονική λοιπόν απόκλιση των τεσσάρων μεθόδων* δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική, χρησιμοποιώντας φυσικά κανάβους 100x9 (διάδρομος), 100x7.5 (ζώνη ασφαλείας) και 100x50 (επιφάνεια προσγείωσης-απογείωσης, μεταβατική επιφάνεια) για την περιγραφή των επιφανειών. Όσο μικρότερες φυσικά είναι οι διαστάσεις των κανάβων αυτών, τόσα περισσότερα σημεία επιφανειών προκύπτουν, με συνέπεια και την αύξηση του χρόνου «τρεξίματος» του προγράμματος και της χρονικής απόκλισης μεταξύ των τεσσάρων μεθόδων. Επίσης από τις δύο εφαρμογές παρατηρούμε ότι ο χρόνος «τρεξίματος» του προγράμματος αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση των τοπογραφικών σημείων από 693 σημεία (εφαρμογή 1) σε 1353 (εφαρμογή 2). Με την αύξηση των σημείων που περιγράφουν την ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου, απεικονίζεται καλύτερα το ανάγλυφο του εδάφους, αυξάνεται ο χρόνος «τρεξίματος» του προγράμματος και φυσικά η ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει *σημαντική απόκλιση* μεταξύ των τεσσάρων μεθόδων όσον αφορά τον απαιτούμενο όγκο των χωματισμών για την κατασκευή του νέου αεροδρομίου στην περιοχή του Κολινδρού. Βέβαια, οι σημαντικές αυτές αποκλίσεις προκύπτουν από το γεγονός ότι τα τοπογραφικά σημεία της περιοχής (αρχεία «KOLINDR», «KOLINDR2») έχουν ληφθεί ανά 1000μ. και 500μ. αντίστοιχα, που σημαίνει ότι οι υψομετρικές διαφορές από το ένα τοπογραφικό σημείο στο άλλο είναι αρκετά σημαντικές. Έτσι, όταν, για παράδειγμα, η μέθοδος του ελάχιστου εμβαδού και η μέθοδος του ελάχιστου αθροίσματος πλευρών, «βρίσκουν» διαφορετικές κορυφές τριγώνου που ικανοποιούν τα κριτήρια των δύο μεθόδων αντίστοιχα, τα υψόμετρα εδάφους των σημείων των επιφανειών που προκύπτουν από τις διαφορετικές εξισώσεις των επιπέδων των τριγώνων, αποκλίνουν σημαντικά. Κατά συνέπεια, επειδή τα υψόμετρα των επιφανειών είναι τα ίδια σε κάθε περίπτωση, οι χωματισμοί που προέρχονται από τις διαφορές των υψομέτρων εδάφους και των υψομέτρων των επιφανειών, αποκλίνουν σε κάθε διατομή, επομένως και αθροιστικά, σημαντικά, ανάλογα με την επιλογή της μεθόδου του πρότυπου προσομοίωσης. Στην πραγματικότητα, με την *προϋπόθεση* τα τοπογραφικά σημεία που περιγράφουν την ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου ότι έχουν ληφθεί σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους (π.χ. ανά 20μ.), ώστε να περιγράφεται

ικανοποιητικότερα το ανάγλυφο του εδάφους, *τα αποτελέσματα* που προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος για τις τέσσερις μεθόδους χωριστά δεν αποκλίνουν τόσο πολύ.

Γενικά τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή συμπίπτουν με αυτά που προέκυψαν από τα δέκα παραδείγματα που αναφέραμε παραπάνω.

- Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στο πρόγραμμα έχει εισαχθεί μία υπορουτίνα η οποία μετατρέπει τις συντεταγμένες των τοπογραφικών σημείων και των σημείων των επιφανειών του αεροδρομίου σε κατάλληλη μορφή και στην συνέχεια τα αποθηκεύει σε αρχείο μορφής dxf, ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση τους μέσα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AUTOCAD, με κατάλληλη φυσικά προεργασία μέσα στο πρόγραμμα αυτό. Με τον τρόπο αυτό γίνεται ο έλεγχος των επιφανειών που δημιουργούνται από το πρόγραμμα (σχήμα στο τέλος του κεφαλαίου). Η υπορουτίνα αυτή περιέχεται στη δισκέτα του προγράμματος με το όνομα SUBR.FOR.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Η χρήση σύγχρονης τεχνολογίας στη φάση του σχεδιασμού ενός αεροδρομίου έχει σκοπό να διευκολύνει το έργο του μηχανικού, σε συνδυασμό με τη βελτίωση της ποιότητας του αποτελέσματος (χωρίς αποκλεισμό της συμπληρωματικής χρήσης κλασσικών μεθόδων). Οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με τις υψηλές ταχύτητες και δυνατότητες μνήμης, καθώς και με τον υπόλοιπο εξοπλισμό (εκτυπωτές, Plotters, κτλ.), δίνουν πολύ γρήγορα αποτελέσματα, με υψηλή ανάλυση και ποιοτική εμφάνιση, παρέχοντας τη δυνατότητα λήψης αξιόπιστων και ρεαλιστικών συμπερασμάτων.
2. Το πρόγραμμα AIR96, που καταρτίστηκε και εφαρμόστηκε στη μελέτη αυτή, εκφράζει μια *ολοκληρωμένη πρόταση* η οποία σχετίζεται με τη φάση εκλογής θέσης του αεροδρομίου, με βάση τον όγκο των χωματισμών, που αποτελούν καθοριστικό παράγοντα του συνολικού κόστους του έργου.
3. Το πρόγραμμα AIR96 στηρίζεται σε μία διαδικασία που απαρτίζεται από σαφείς επιμέρους φάσεις, συντελώντας στην ευκολία χρήσης του, στην εξοικονόμηση χρόνου, στη δυνατότητα παρέμβασης σε πιθανά σφάλματα, κτλ. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του προγράμματος, απέδειξαν ότι πρόκειται για ένα *εύχρηστο εργαλείο*, που χρησιμοποιείται με απλή διαδικασία.
4. Σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους ογκομέτρησης, το πρόγραμμα AIR96 εξοικονομεί εξαιρετικά σημαντικό χρόνο, αφού τα αποτελέσματα λαμβάνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα, για οποιοδήποτε αριθμό δεδομένων τοπογραφικών σημείων της ευρύτερης περιοχής του αεροδρομίου. Προϋπόθεση της εφαρμογής του προγράμματος αποτελεί η εισαγωγή των τοπογραφικών σημείων της περιοχής σε μορφή X,Y,Z, ενώ οι κλασσικές μέθοδοι χρησιμοποιούν απ' ευθείας τους χάρτες. Με τη χρήση όμως των σύγχρονων αυτόματων ψηφιοποιητών (SCANNERS), μπορούμε να «μεταφράσουμε» ένα χάρτη σε συντεταγμένες X,Y,Z με μεγάλη ταχύτητα και ικανοποιητική ακρίβεια.

5. Το πρόγραμμα στηρίζεται στην κατάρτιση τεσσάρων *προτύπων προσομοίωσης εδάφους* για τον υπολογισμό των υψόμετρων εδάφους των σημείων των επιφανειών απομάκρυνσης εμποδίων του αεροδρομίου. Η έμφαση που δόθηκε στα πρότυπα αυτά, τα αναγάγει σε «πυρήνα» του προγράμματος και βαρόμετρο της αποτελεσματικότητας και αξιοπιστίας του.
6. Τα πρότυπα προσομοίωσης εδάφους που καταρτίστηκαν και δοκιμάστηκαν, είναι *αξιόπιστα*, αφού το υψόμετρο του ζητούμενου σημείου υπολογίζεται μέσω των υψόμετρων των γειτονικών σημείων, που γενικά ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις πραγματικές μορφολογικές συνθήκες του εδάφους. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα επιλογής ενός από τέσσερα πρότυπα προσομοίωσης, από τα οποία το ένα στηρίζεται στο πρότυπο βαρύτητας και τα υπόλοιπα στον τριγωνισμό. Τα τελευταία είναι πιο ακριβή, αφού στηρίζονται στο μικρότερο τρίγωνο (ανάλογα με τη μέθοδο και το κριτήριο) που περιέχει το σημείο και συνεπώς επηρεάζονται τελικά από τρία κοντινά σημεία και όχι γενικά από την ευρύτερη περιοχή που περιλαμβάνει τα δέκα (10) κοντινότερα σημεία, όπως στη μέθοδο του κεντροβαρικού μέσου όρου.
Τα αποτελέσματα του προγράμματος γίνονται ακόμα πιο ακριβή όσο πιο μικρές είναι οι αποστάσεις των τοπογραφικών σημείων, ώστε να απεικονίζεται πληρέστερα το ανάγλυφο του εδάφους. Βέβαια, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σημείων, τόσο πιο χρονοβόρα γίνεται η διαδικασία «τρεξίματος» του προγράμματος, αλλά παρ' όλα αυτά η καθαρή εξοικονόμηση χρόνου είναι πολύ σημαντική.
7. Τα τρία πρότυπα προσομοίωσης εδάφους που στηρίζονται στον τριγωνισμό, παρουσιάζουν, ως προς τα αποτελέσματα, μικρή *χρονική απόκλιση* μεταξύ τους. Τα πρότυπα όμως αυτά αποκλίνουν χρονικά σε σχέση με το πρότυπο του κεντροβαρικού μέσου όρου, παρ' όλο που όλα βασίζονται αρχικά στα δέκα (10) κοντινότερα σημεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ενώ τα τρία δημιουργούν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τριγώνων που σχηματίζονται από τα σημεία αυτά, το τέταρτο πρότυπο χρησιμοποιεί ένα απλό μαθηματικό τύπο που στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στις αποστάσεις των σημείων αυτών από το ζητούμενο σημείο. Η χρονική αυτή απόκλιση, μάλιστα,

αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των δεδομένων τοπογραφικών σημείων που εισάγονται στο πρόγραμμα.

Συνεπώς η επιλογή της μεθόδου προσομοίωσης εξαρτάται από την απαιτούμενη ακρίβεια των υπολογισμών. Οι απαιτήσεις ιδιαίτερα υψηλής ακρίβειας, οδηγεί στην επιλογή μεθόδων που στηρίζονται στον τριγωνισμό. Αν αντίθετα επιθυμείται μία πρώτη εκτίμηση του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν, θα προτιμηθεί η μέθοδος του κεντροβαρικού μέσου όρου αφού αυτή παρέχει αποτελέσματα σε συντομότερο χρονικό διάστημα.

8. Το πρόγραμμα AIR96, με τις δεδομένες παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο του, αφορά αεροδρόμια της κατηγορίας «Α,Β,С - ενόργανη προσέγγιση». Η κατηγορία αυτή επιλέχτηκε, διότι ανταποκρίνεται περισσότερο στις σύγχρονες συνθήκες και απαιτήσεις. Παρ' όλα αυτά όμως με οδηγό τη μορφή του αλγόριθμου του προγράμματος, είναι εφικτή περαιτέρω βελτίωση, με την προσθήκη και άλλων παραμέτρων, ώστε να εφαρμόζεται και για άλλες κατηγορίες αεροδρομίων.
9. Τα αποτελέσματα του εν λόγω προγράμματος, δηλαδή τα χαρακτηριστικά των διατομών των επιφανειών απομάκρυνσης εμποδίων, παρουσιάζονται μόνον αριθμητικά. Με τη προσθήκη όμως συγκεκριμένων υπορουτίνων, θα μπορούσε να γίνει εφικτή η μετατροπή των αποτελεσμάτων σε μορφή κατάλληλη για την απεικόνιση τους σε κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα (π.χ. AUTOCAD), ώστε να υπάρχει αμεσότερη παρακολούθηση από το χρήστη.
10. Το πρόγραμμα της διπλωματικής εργασίας έχει άμεση εφαρμογή σε αεροδρόμια με ένα διάδρομο. Με κατάλληλες προσθήκες στον αλγόριθμο του, είναι δυνατόν η εφαρμογή του να επεκταθεί και σε αεροδρόμια με παράλληλους ή με διασταυρούμενους διαδρόμους.
11. Το πρόγραμμα AIR96 υπολογίζει τον όγκο των χωματισμών που προκύπτουν από τις επιφάνειες απομάκρυνσης εμποδίων. Είναι όμως δυνατή η προσθήκη στο πρόγραμμα και άλλων παραμέτρων που αφορούν κατασκευές που δεν ανήκουν στο διάδρομο ή στη ζώνη ασφαλείας ή στις υπόλοιπες επιφάνειες που έχουν ληφθεί υπόψη στο πρόγραμμα. Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα είναι εφαρμόσιμο στην

ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου, υπολογίζοντας τον όγκο των χωματισμών και για τις υπόλοιπες κατασκευές, όπως για παράδειγμα, τα δάπεδα στάθμευσης (που δεν ανήκουν υποχρεωτικά εξ' ολοκλήρου στη ζώνη ασφαλείας), κτίρια επισκευών α/φ, κτλ.

12. Το πρόγραμμα AIR96 δεν ασχολείται με την μετακίνηση γαιών, λόγω του ότι το αεροδρόμιο αποτελεί ένα *πολύπλοκο έργο* με δισεπίλυτα προβλήματα, εξαιτίας της ιδιομορφίας των επιφανειών απομάκρυνσης εμποδίων και της ποικιλίας της θέσης των επιμέρους κατασκευών του αεροδρομίου (δάπεδα στάθμευσης, κτίριο επιβατών, εμπορευματικός σταθμός, τερματικός σταθμός, κτλ.), οι οποίες δεν έχουν κάποια επικρατούσα διάταξη.

Ο σχεδιασμός των αεροδρομίων καλύπτει περιοχή μήκους περίπου 30 χλμ. με πρόβλημα *ασυνέχειας μετακίνησης γαιών*, αντίθετα με ότι αφορά τα έργα οδοποιίας (όπου σε κάθε διατομή χρειάζεται επίχωμα ή όρυγμα ή και τα δύο). Έτσι, σε ένα αεροδρόμιο, η μετακίνηση χωματισμών που προκύπτουν από την απομάκρυνση εμποδίων σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις, είναι δυνατή είτε μέσω κάποιων οδών που υπάρχουν ήδη ή/και οδών που είναι απαραίτητο να κατασκευαστούν και συνδέεται με επιπλέον αστάθμητους παραγόντες, δυσχεραίνοντας σημαντικά την εκτίμηση του κόστους μετακίνησης γαιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αμπακούμκιν, Αεροδρόμια, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1990
2. Αμπακούμκιν, Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων (Μεταφορές Ι), Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1990
3. ANNEX 14, Aerodromes: International Standards and Recommended Practices, I.C.A.O, November 1982
4. Petrie - T.J.M. Kennie, Terrain Modelling in Syrveying and Civil Engineering, Whittles Publishing Services, London 1990
5. Χρ. Παπακλής - Κών. Παππάς, Χάραξη ισαριθμικών καμπύλων με H/Y, Αθήνα 1984
6. Χατζής, Αερολιμένες: Στοιχεία Μελέτης και Κατασκευής, Λάρισα 1978
7. Απ.Χρ. Γιώτης, Οδοποιία ΙΙ, Αθήνα 1992
8. Παρδάλης, Μαθήματα Γεωδαισίας, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1987
9. Richard Baxter, Computer and Statistical Techniques for Planners, Methuen & Co. Ltd., London 1976
10. R.J.Cope - F.Sawko - R.G.Tichell, Computer Methods for Civil Engineers, McGraw-Hill Co., London 1982
11. Αποστ. Κοσσίδης, Προγραμματισμός και Εφαρμογές H/Y (Fortran-Basic), Αθήνα 1982
12. Mitchell, Operational Research: Techniques and Examples, English University Press, London 1972
13. Ralston, Introduction to Programming and Computer Science, McGraw-Hill, New York 1971

14. **Rory Burke, Project Management, Planning & Control, Second Edition, John Wiley & Sons, England 1994**
15. **E.S.Mishan, Cost Benefit Analysis, George Alan and Unwin Ltd., Puskin House Museum Street, Second Edition, 1975**
16. **Βασίλης Μαλοβρούβας, Διπλωματική εργασία, Αθήνα 1990**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ


```

real*8 x1,y1,x2,y2
real*8 XK(2),YK(2)
real*8 X(6100),Y(6100),Z(6100),XC(6100),YC(6100),ZC(6100)
real*8 XAB(16100),YAB(16100),ZAB(16100),ZEP(16100)
real*8 CUT(16100),FILL(16100)
real*8 G(16100),Q(16100),W(16100)
CHARACTER NAME*10

```

```

PRINT *, '-----'
PRINT *, '
          *      * * * * *      * * * * *      * * * * *      * * * * *
PRINT *, '
          * *      *      *      *      *      *      *      *
PRINT *, '
          * * * * *      *      * * * * *      * * * * *      * * * * *
PRINT *, '
          *      *      *      *      *      *      *      *      *
PRINT *, '
          *      * * * * *      *      *      * * * * *      * * * * *

```

```

PRINT *, '-----'
PRINT 32

```

```

32 FORMAT ('
                                ONOMA ARXEIOY :',\ )
READ 35,NAME

```

```

35 format (a10)
PRINT 33

```

```

33 FORMAT ('
                                ARITHMOS TOP SHMEIWN :',\ )
read 36,num

```

```

36 format (i4)

```

```

OPEN (1,FILE=NAME,STATUS='OLD')

```

```

PRINT 7

```

```

7 FORMAT ('
          X          Y          Z')

```

```

DO 20 I=1,NUM
READ (1,*) X(I),Y(I),Z(I)
WRITE (*,'(3F10.2)')X(I),Y(I),Z(I)

```

```

20 continue
REWIND (1)
CLOSE (1,STATUS='KEEP')

```

```

OPEN (5,FILE='ALLAGH',STATUS='UNKNOWN')

```

```

print *, '*****'

```

```

print *, '
                                DIADROMOS'
PRINT *, '
                                PROSANATOLISMOS 1-->2'
print *, '
-----'
print *, '
1 |                               | 2'
print *, '
    |                               |
print *, '
    |                               |
print *, '
-----|-----
print *, '
    |                               |
print *, '
    X                               '

```

```

18  CONTINUE
    PRINT 19
19  FORMAT ('          SYNTETAGMENES ARXHS 1-TELOUS 2 DIADROMOU')
    PRINT 22
22  FORMAT ('          KATHOLIKO SYSTHMA')

    DO 40 I=1,2
    PRINT 23
23  FORMAT ('          XK=',\ )
    READ (*,*) XK(I)
    PRINT 24
24  FORMAT ('          YK=',\ )
    READ (*,*) YK(I)
40  CONTINUE

    DX=XK(2)-XK(1)
    DY=YK(2)-YK(1)
    PRINT *,DX,DY
    DDX=ABS(DX)
    DDY=ABS(DY)

    IF (DX.NE.0) THEN
    DDD=DDY/DDX
    DGON=DATAN(DDD)
    XO=(XK(1)+XK(2))/2
    YO=(YK(1)+YK(2))/2

    END IF
    IF (DX.GT.0.AND.DY.GT.0) THEN
    GONIA=DGON-(3.14159/2)
    END IF
    IF (DX.GT.0.AND.DY.LT.0) THEN
    GONIA=-(3.14159/2)-DGON
    END IF
    IF (DX.LT.0.AND.DY.LT.0) THEN
    GONIA=(3.14159/2)+DGON
    END IF
    IF (DX.LT.0.AND.DY.GT.0) THEN
    GONIA=(3.14159/2)-DGON
    END IF
    IF (DX.EQ.0.AND.DY.GT.0) THEN
    GONIA=0
    END IF
    IF (DX.EQ.0.AND.DY.LT.0) THEN
    GONIA=3.14159
    END IF
    IF (DX.EQ.0.AND.DY.EQ.0) THEN
    PRINT *, '          YPARXEI LATHOS...DEN MPOREI DXK=DYK=0!!!'
    PRINT *, '          DIORTHWSH TWN XK,YK'
    GO TO 18
    END IF

```

```

IF (GONIA.LT.0) THEN
GONIA=GONIA+6.283189
END IF
IF (GONIA.GT.6.28318) THEN
GONIA=GONIA-6.28318
END IF

C    KATHOLIKO----->TOPIKO

C    METATROPH X(I),Y(I),Z(I)--->TOPIKO SYSTHMA
call start

DO 30 I=1,NUM
XC(I)=(X(I)-XO)*COS(GONIA)+(Y(I)-YO)*SIN(GONIA)
YC(I)=-(X(I)-XO)*SIN(GONIA)+(Y(I)-YO)*COS(GONIA)
ZC(I)=Z(I)
WRITE (*,'(3F10.2)') XC(I),YC(I),ZC(I)
WRITE (5,'(3F10.2)') XC(I),YC(I),ZC(I)
call point3(xc(i),yc(i),zc(i),1,0,0)
30  CONTINUE
CLOSE (5)

PRINT*, ' -----'
PRINT *, ' |          EPILOGH MONTELLOY PROSOMOIWSHS EDAFOUS          |'
PRINT*, ' -----'

PRINT *, '                      METHODOI:'
PRINT *, '          1.KENTROBARIKOU MESOU OROY'
PRINT *, '          2.PERIGEGRAMMENOU KYKLOU'
PRINT *, '          3.ELAXISTOU EMBADOY'
PRINT *, '          4.ELAXISTOY ATHROISMATOS PLEVRWN'
PRINT 47
47  FORMAT ('          EPILEXTE MIA APO TIS 1,2,3,4 :',\))
READ *,SUB
print *, '*****'

OPEN (3,FILE='EPIF',STATUS='unknown')
OPEN (4,FILE='XOMA',STATUS='unknown')

print *, ' -----'
print *, '          STOIXEIA DIADROMOU/ZONIS ASFALEIAS          '
print *, ' -----'
print 11
11  format (' MHKOS  DIADROMOU XWRIS ZONI ASFALEIAS= ',\))
read *,MHKO
PLATOS=300
MHKOS=MHKO+120
print 12
12  format ('  PLATOS  DIADROMOU  ME ZONI ASFALEIAS= ',\))

```

```

WRITE (*,42) PLATOS
42 format (F10.2)
print 13
   format (' MHKOS DIADROMOU ME ZONI ASFALEIAS= ',\ )
WRITE (*,*) MHKOS
print *,'----- '
print 14
format ('          YPSOMETRO DIADROMOU = ',\ )
14 READ *,YPOS
print *,'----- '

print 15
15 format (' APO ARXH PROS TELOS DIADROMOY: ANWFEREIA=(+)' )
67 print 16
16 format ('          KATA MHKOS KLISH DIADROMOY (%) = ',\ )
READ *,DDKLISH
DKLISH=(DDKLISH)/100
IF (DDKLISH.GT.1.25) THEN
PRINT *,'    PROSOXH!!!....H KLISH PREPEI <=1.25...try again...'
GO TO 67
END IF

64 print 44
44 format ('          EGKARSIA KLISH DIADROMOY (%) = ',\ )
READ *,EEPIKL
EPIKL=(EEPIKL)/100
IF (EEPIKL.GT.1.5) THEN
PRINT *,'    PROSOXH!!!....H KLISH PREPEI <=1.5...try again...'
GO TO 64
END IF

66 print 46
46 format ('          EGKARSIA KLISH ZONIS ASFALEIAS (%) = ',\ )
READ *,EEPIKL2
EPIKL2=(EEPIKL2)/100
IF (EEPIKL2.GT.2.5) THEN
PRINT *,'    PROSOXH!!!....H KLISH PREPEI <=2.5...try again...'
GO TO 66
END IF


print *,'# # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # #'
print *,'           < EPIFANEIES APOMAKRYNSHS EMPODIWN >'
print *,'# # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # # #'
      ,
PAUSE

PRINT *,'----- KWLOYROKWNIKH EPIFANEIA -----'
print *,'----- kentro diadromou = (0,0)-----'
PAUSE

OPEN (5,FILE='ALLAGH',STATUS='UNKNOWN')

```

```

READ (5, '(3F10.2)') XC(I),YC(I),ZC(I)

DO 187 I=1,NUM
R=(XC(I)**2+YC(I)**2)**0.5
DO 186 M=0,100,20
ZW=YPSOS+45+M
R1=4000+(M/0.05)
IF (ZC(I).GT.ZW.AND.R.LT.R1) THEN
N=N+1
WRITE (*,189) XC(I),YC(I),ZC(I)
189 format (3X,'X=',F10.2,3X,'Y=',F10.2,3X,'Z=',F10.2)
GO TO 187
END IF

186 CONTINUE
187 CONTINUE
print *,' ----- '

print 188
188 format ('          SYNOLO EPISHMANSEWN=',\ )
write (*,'(I4)') N
print *,' ----- '

CLOSE (5)

PAUSE

PRINT *,'-----EPIFANEIA DIADROMOU-----'
print *,'----- kentro diadromou = (0,0)-----'

PAUSE
C EP=ypsometro epifaneias
C A= ypsometro edafous

CALL GETTIM (ihr0,imin0,isec0,i100th0)
arxi=ihr0*3600+imin0*60+isec0+i100th0/100

DO 55 YA=(-MHKOS/2),(MHKOS/2),100
DO 45 XA=-22.5,22.5,9
NO=NO+1
IF (XA.GE.0) THEN
ZEP=YPSOS+YA*DKLISH-EPIKL*XA
ELSE
ZEP=YPSOS+YA*DKLISH+EPIKL*XA
END IF

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,3,0,5)

```

```

call line (x1,y2,x2,y1,3,0,5)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,43) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,43) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
43  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)= DZ*100*9
CUTDIAD=CUTDIAD+CUT(NO)

PRINT 9
9  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE

FILL(NO)=DZ*100*9
FILLDIAD=FILLDIAD+FILL(NO)
PRINT 119
119 format ('          FILL=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') FILL(NO)

END IF
WRITE (4,143) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO),FILL(NO)
143 format (i5,2f10.2,2f15.2)

45  CONTINUE
55  CONTINUE

PRINT 99
99  format ('          CUTDIAD=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUTDIAD

```

```

PRINT 122
122  format ('          FILLDIAD=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') FILLDIAD

CALL GETTIM (ihrl,imin1,isecl,i100th1)
telosl=ihrl*3600+imin1*60+isecl+(i100th1)/100

TIME1=telosl-arxi
PRINT 39
39  format ('          TIME1=',\ )
write (*,*) TIME1

C+++++
PRINT *, '----- EPIFANEIA ZONIS ASFALEIAS-----'
print *, '----- kentro diadromou = (0,0) -----'
PAUSE
C  XA<0

CALL GETTIM (ihr0,imin0,isecl,i100th0)
arxi2=ihr0*3600+imin0*60+isecl+(i100th0)/100

DO 56 YA=(-MHKOS/2), (MHKOS/2), 100
DO 54 XA=(-PLATOS/2), -22.5, 7.5
NO=NO+1
ZEP=YPSOS+YA*DKLISH-EPIKL*22.5-EPIKL2*(-XA-22.5)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,1)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,1)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)

```

```

PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,51) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)

WRITE (*,51) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
51  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)= DZ*100*7.5
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 8
8  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,144) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
144 format (i5,2f10.2,f15.2)

54  CONTINUE
56  CONTINUE

C  XA>0

DO 68 YA=(-MHKOS/2),(MHKOS/2),100
DO 58 XA=22.5,(PLATOS/2),7.5
NO=NO+1
ZEP=YPSOS+YA*DKLISH-EPIKL*22.5-EPIKL2*(XA-22.5)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,1)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,1)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

```



```

XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,59) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,59) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
59  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)= DZ*100*7.5
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 101
101  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,145) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
145  format (i5,2f10.2,f15.2)

58  CONTINUE
68  CONTINUE

CALL GETTIM (ihr1,imin1,isecl,i100th1)
telos2=ihr1*3600+imin1*60+isecl+(i100th1)/100

TIME2=telos2-arxi2
PRINT 38
38  format ('          TIME2=',\ )
write (*,*) TIME2

c    epifaneia Prosgeio-Apogeiosis

C    TMHMA DEXIA.....

print *, '-----EPIFANEIA PROSGEIOSIS-APOGEIOSIS 3-----'
print *, '----- kentro diadromou = (0,0)-----'
PAUSE

CALL GETTIM (ihr0,imin0,isecl,i100th0)
arxi3=ihr0*3600+imin0*60+isecl+(i100th0)/100

DO 70 YA=MHKOS/2,MHKOS/2+2400,100
DO 60 XA=-(PLATOS/2)-0.10*(YA-(MHKOS/2)),(PLATOS/2)+0.10*
* (YA-(MHKOS/2)),50
ZEP=YPSOS+(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*(YA-(MHKOS/2))

```

```

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

```

```

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

```

```

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,71) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,71) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
71  format (i5,2f10.2,2f12.4)

```

```

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT3=CUT3+CUT(NO)

```

```

102  PRINT 102
      format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

```

```

ELSE
END IF

```

```

146  WRITE (4,146) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
      format (i5,2f10.2,f15.2)

```

```

60   CONTINUE
70   CONTINUE

```

```

DO 90 YA=(MHKOS/2)+2400,(MHKOS/2)+4080,100
DO 80 XA=-(PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*(YA-(MHKOS/2)-2400),
* (PLATOS/2)+0.10*2400+0.125*(YA-(MHKOS/2)-2400),50

```

ZEP=YPSOS+(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*2400+0.02*(YA-(MHKOS/2)-2400)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO XA YA ZA ZEP'
WRITE (3,72) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,72) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
72 format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT3=CUT3+CUT(NO)

103 PRINT 103
format (' CUT=',\)
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

147 WRITE (4,147) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
format (i5,2f10.2,f15.2)

80 CONTINUE
90 CONTINUE

```

DO 110 YA=(MHKOS/2)+4080, (MHKOS/2)+4500,100
DO 105 XA=-(PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*1680, (PLATOS/2)+0.10*2400+
* 0.125*1680,50
ZEP=YPSOS+(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*4080+0.02*(YA-(MHKOS/2)-4080)

```

```

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

```

```

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

```

```

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,73) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,73) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
73  format (i5,2f10.2,2f12.4)

```

```

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT3=CUT3+CUT(NO)

```

```

104 PRINT 104
format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

```

```

ELSE
END IF

```

```

148 WRITE (4,148) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
format (i5,2f10.2,f15.2)

```

74

```
ELSE
END IF
```

```

149  WRITE (4,149) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
      format (i5,2f10.2,f15.2)

120  CONTINUE
130  CONTINUE

      DO 150 YA=(MHKOS/2)+7500,(MHKOS/2)+15000,100
      DO 140 XA=- (PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*1680-0.10*3000-0.10*(YA-
* (MHKOS/2)-7500),(PLATOS/2)+0.10*2400+0.125*1680+0.10*3000+0.10*
* (YA-(MHKOS/2)-7500),50
      ZEP=YPSOS+(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*7500

      x1=xa-0.1
      y1=ya-0.1
      x2=xa+0.1
      y2=ya+0.1
      call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
      call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

      IF (SUB.EQ.1) THEN
      call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
      END IF
      IF (SUB.EQ.2) THEN
      call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
      END IF
      IF (SUB.EQ.3) THEN
      call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
      END IF
      IF (SUB.EQ.4) THEN
      call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
      END IF

      NO=NO+1
      XAB(NO)=XA
      YAB(NO)=YA
      ZAB(NO)=ZA
      ZEP=ZEP(NO)
      PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
      WRITE (3,75) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
      WRITE (*,75) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
75  format (i5,2f10.2,2f12.4)

      DZ=ZA-ZEP(NO)
      IF (DZ.GT.0) THEN
      CUT(NO)=DZ*100*50
      CUT3=CUT3+CUT(NO)

      PRINT 107
107  format ('          CUT=',\)
```

```

WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,151) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
151  format (i5,2f10.2,f15.2)

140  CONTINUE
150  CONTINUE

CALL GETTIM (ihrl,imin1,isecl,i100th1)
telos3=ihrl*3600+imin1*60+isecl+(i100th1)/100

TIME3=telos3-arxi3
PRINT 34
34  format ('          TIME3=',\ )
write (*,*) TIME3

C  EPIFANEIA ARISTERA.....

print *,'-----EPIFANEIA PROSGEIOSIS-APOGEIOSIS 1-----'
print *,'----- kentro diadromou = (0,0) -----'
PAUSE

CALL GETTIM (ihr0,imin0,isecl,i100th0)
arxi4=ihr0*3600+imin0*60+isecl+(i100th0)/100

DO 170 YA=-MHKOS/2,-(MHKOS/2)-2400,-100
DO 160 XA=-(PLATOS/2)-0.10*(-YA-(MHKOS/2)),(PLATOS/2)+0.10*
* (-YA-(MHKOS/2)),50
ZEP=YPSOS-(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*(-YA-(MHKOS/2))

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN

```

```

call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,76) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,76) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
76  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT1=CUT1+CUT(NO)

PRINT 108
108  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,152) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
152  format (i5,2f10.2,f15.2)

160  CONTINUE
170  CONTINUE

DO 185 YA=-(MHKOS/2)-2400,-(MHKOS/2)-4080,-100
DO 184 XA=-(PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*(-YA-(MHKOS/2)-2400),
* (PLATOS/2)+0.10*2400+0.125*(-YA-(MHKOS/2)-2400),50
ZEP=YPSOS-(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*2400+0.02*(-YA-(MHKOS/2)-2400)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN

```



```

call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)

PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,37) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,37) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
37  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT1=CUT1+CUT(NO)

PRINT 109
109  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,153) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
153  format (i5,2f10.2,f15.2)

184  CONTINUE
185  CONTINUE

DO 210 YA=-(MHKOS/2)-4080,-(MHKOS/2)-4500,-100
DO 205 XA=-(PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*1680,(PLATOS/2)+0.10*2400+
* 0.125*1680,50
ZEP=YPSOS-(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*4080+0.02*(-YA-(MHKOS/2)-4080)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF

```

```

IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO      XA      YA      ZA      ZEP '
WRITE (3,78) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,78) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
78  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT1=CUT1+CUT(NO)

PRINT 111
111  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,154) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
154  format (i5,2f10.2,f15.2)

205  CONTINUE
210  CONTINUE

DO 230 YA=-(MHKOS/2)-4500,-(MHKOS/2)-7500,-100
DO 220 XA=-(PLATOS/2)- 0.10*2400- 0.125*1680- 0.10*(-YA-
* (MHKOS/2)-4500),(PLATOS/2)+0.10*2400+0.125*1680+0.10*(-YA-
* (MHKOS/2)-4500),50
ZEP=YPSOS-(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*4500+0.02*(-YA-(MHKOS/2)-4500)

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

```

```

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,79) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,79) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
79  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT1=CUT1+CUT(NO)

PRINT 112
112  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,155) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
155  format (i5,2f10.2,f15.2)

220  CONTINUE
230  CONTINUE

DO 250 YA=-(MHKOS/2)-7500,-(MHKOS/2)-15000,-100
DO 240 XA=-(PLATOS/2)-0.10*2400-0.125*1680-0.10*3000-0.10*(-YA-
*(MHKOS/2)-7500),(PLATOS/2)+0.10*2400+0.125*1680+0.10*3000+0.10*
*(-YA-(MHKOS/2)-7500),50
ZEP=YPSOS-(MHKOS/2)*DKLISH+0.02*7500

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1

```

```

y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,3)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,3)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,81) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,81) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
81  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT1=CUT1+CUT(NO)

PRINT 113
113  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,156) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
156  format (i5,2f10.2,f15.2)

240  CONTINUE
250  CONTINUE

CALL GETTIM (ihr1,imin1,isecl,i100th1)
telos4=ihr1*3600+imin1*60+isecl+(i100th1)/100

TIME4=telos4-arxi4
PRINT 29
29  format ('          TIME4=',\ )

```

```
write (*,*) TIME4
```

```
print *, '-----METABATIKH EPIFANEIA-----'  
print *, '----- kentro diadromou = (0,0)-----'  
PAUSE
```

```
C METABATIKH EPIFANEIA -panw plevra (XA<0)
```

```
c X1=METABLHTH KLISH TOY ARISTEROY TMHMATOS THS EPIFANEIAS  
CALL GETTIM (ihr0,imin0,ise0,i100th0)  
arxi5=ihr0*3600+imin0*60+ise0+(i100th0)/100  
  
DO 270 YA=-MHKOS/2,-(MHKOS/2)-2228,-100  
DO 260 XA=-(PLATOS/2)-0.10*(-YA-(MHKOS/2)),-(PLATOS/2)-315,-50  
X1=(45+DKLISH*MHKOS/2-0.02*(-YA-(MHKOS/2)))/(315-0.10*  
* (-YA-(MHKOS/2)))  
ZEP=YPSOS-DKLISH*MHKOS/2+0.02*(-YA-(MHKOS/2))+X1*(315+XA+  
* (PLATOS/2))
```

```
x1=xa-0.1  
y1=ya-0.1  
x2=xa+0.1  
y2=ya+0.1  
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)  
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)
```

```
IF (SUB.EQ.1) THEN  
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)  
END IF  
IF (SUB.EQ.2) THEN  
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)  
END IF  
IF (SUB.EQ.3) THEN  
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)  
END IF  
IF (SUB.EQ.4) THEN  
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)  
END IF
```

```
NO=NO+1  
XAB(NO)=XA  
YAB(NO)=YA  
ZAB(NO)=ZA  
ZEP=ZEP(NO)  
PRINT *, ' NO XA YA ZA ZEP'  
WRITE (3,82) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)  
WRITE (*,82) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)  
82 format (i5,2f10.2,2f12.4)
```

```
DZ=ZA-ZEP(NO)  
IF (DZ.GT.0) THEN
```

```

CUT(NO)=DZ*100*50
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 114
114  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,157) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
157  format (i5,2f10.2,f15.2)

260  CONTINUE
270  CONTINUE

C    ORTHOGWNIO TMHMA METABATIKHS EPIFANEIAS - PANW

DO 290 YA=-MHKOS/2,MHKOS/2,100
DO 280 XA=-PLATOS/2,-(PLATOS/2)-315,-50
ZEP=YPSOS+DKLISH*YA-EPIKL*22.5-EPIKL2*((PLATOS/2)-22.5)+0.143*
* (-XA-(PLATOS/2))

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,83) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)

```

```

83  WRITE (*,83) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
    format (i5,2f10.2,2f12.4)

    DZ=ZA-ZEP(NO)
    IF (DZ.GT.0) THEN
    CUT(NO)=DZ*100*50
    CUT2=CUT2+CUT(NO)

    PRINT 116
116  format ('          CUT=',\ )
    WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

    ELSE
    END IF

    WRITE (4,158) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
158  format (i5,2f10.2,f15.2)

280  CONTINUE
290  CONTINUE

C    X2=METABLHTH KLISH TOY DEXIOY TMHMATOS THS EPIFANEIAS

    DO 310 YA=MHKOS/2,(MHKOS/2+2228),100
    DO 300 XA=-(PLATOS/2)-0.10*(YA-(MHKOS/2)),-(PLATOS/2)-315,-50
    X2=(45-DKLISH*MHKOS/2-0.02*(YA-(MHKOS/2)))/(315-0.10*
* (YA-(MHKOS/2)))
    ZEP=YPSOS+DKLISH*MHKOS/2+0.02*(YA-(MHKOS/2))+X2*(315+XA+
* (PLATOS/2))

    x1=xa-0.1
    y1=ya-0.1
    x2=xa+0.1
    y2=ya+0.1
    call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)
    call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)

    IF (SUB.EQ.1) THEN
    call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
    END IF
    IF (SUB.EQ.2) THEN
    call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
    END IF
    IF (SUB.EQ.3) THEN
    call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
    END IF
    IF (SUB.EQ.4) THEN
    call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
    END IF

```

```

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,84) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,84) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
84  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 117
117  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,159) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
159  format (i5,2f10.2,f15.2)

300  CONTINUE
310  CONTINUE

C  -----METABATIKH EPIFANEIA - katw plevra (XA>0)

C  X1=METABLHTH KLISH TOY ARISTEROY TMHMATOS THS EPIFANEIAS

DO 330 YA=-MHKOS/2,-(MHKOS/2)-2228,-100
DO 320 XA=(PLATOS/2)+0.10*(-YA-(MHKOS/2)),(PLATOS/2)+315,50
X1=(45+DKLISH*MHKOS/2-0.02*(-YA-(MHKOS/2)))/(315-0.10*
* (-YA-(MHKOS/2)))
ZEP=YPSOS-DKLISH*MHKOS/2+0.02*(-YA-(MHKOS/2))+X1*(315-XA+
* (PLATOS/2))

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)

```



```

END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP'
WRITE (3,85) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,85) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
85  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 118
118  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,161) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
161  format (i5,2f10.2,f15.2)

320  CONTINUE
330  CONTINUE

C    ORTHOGWNIO TMHMA METABATIKHS EPIFANEIAS - KATW

DO 350 YA=-MHKOS/2,MHKOS/2,100
DO 340 XA=PLATOS/2,(PLATOS/2)+315,50
ZEP=YPSOS+DKLISH*YA-EPIKL*22.5-EPIKL2*((PLATOS/2)-22.5)+0.143*
* (XA-(PLATOS/2))

x1=xa-0.1
y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)

```

```

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

```

```

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,86) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,86) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
86  format (i5,2f10.2,2f12.4)

```

```

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT2=CUT2+CUT(NO)

```

```

96  PRINT 96
    format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

```

```

ELSE
END IF

```

```

162 WRITE (4,162) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
    format (i5,2f10.2,f15.2)

```

```

340 CONTINUE
350 CONTINUE

```

```

C  X2=METABLHTH KLISH TOY DEXIOY TMHMATOS THS EPIFANEIAS

```

```

DO 370 YA=MHKOS/2,(MHKOS/2)+2228,100
DO 360 XA=(PLATOS/2)+0.10*(YA-(MHKOS/2)),(PLATOS/2)+315,50
X2=(45-DKLISH*MHKOS/2-0.02*(YA-(MHKOS/2)))/(315-0.10*
* (YA-(MHKOS/2)))
ZEP=YPSOS+DKLISH*MHKOS/2+0.02*(YA-(MHKOS/2))+X2*(315-XA+
* (PLATOS/2))

x1=xa-0.1

```

```

y1=ya-0.1
x2=xa+0.1
y2=ya+0.1
call line (x1,y1,x2,y2,2,0,4)
call line (x1,y2,x2,y1,2,0,4)

IF (SUB.EQ.1) THEN
call bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)
END IF
IF (SUB.EQ.2) THEN
call cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.3) THEN
call embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF
IF (SUB.EQ.4) THEN
call plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)
END IF

NO=NO+1
XAB(NO)=XA
YAB(NO)=YA
ZAB(NO)=ZA
ZEP=ZEP(NO)
PRINT *, ' NO          XA          YA          ZA          ZEP '
WRITE (3,87) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
WRITE (*,87) NO,XAB(NO),YAB(NO),ZAB(NO),ZEP(NO)
87  format (i5,2f10.2,2f12.4)

DZ=ZA-ZEP(NO)
IF (DZ.GT.0) THEN
CUT(NO)=DZ*100*50
CUT2=CUT2+CUT(NO)

PRINT 97
97  format ('          CUT=',\ )
WRITE (*,'(F15.2)') CUT(NO)

ELSE
END IF

WRITE (4,163) NO,XAB(NO),YAB(NO),CUT(NO)
163 format (i5,2f10.2,f15.2)

360  CONTINUE
370  CONTINUE

CLOSE (3)
CLOSE (4)

```

```

CALL GETTIM (ihr1,imin1,isecl,i100th1)
telos5=ihr1*3600+imin1*60+isecl+(i100th1)/100

TIME5=telos5-arxi5
PRINT 31
31  format ('          TIME5=',\ )
    write (*,*) TIME5
    print *, '*****'

PRINT 121
121  format ('          ORYGMA DIADROMOY          : CUTDIAD=',\ )
    WRITE (*, '(f12.2)') CUTDIAD

PRINT 123
123  format ('          EPIXWMA DIADROMOY          : FILLDIAD=',\ )
    WRITE (*, '(f12.2)') FILLDIAD

PRINT 125
125  format ('          EPIXWMA PERIOXHS 1          : CUT1=',\ )
    WRITE (*, '(f12.2)') CUT1

PRINT 127
127  format ('          EPIXWMA PERIOXHS 2          : CUT2=',\ )
    WRITE (*, '(f12.2)') CUT2

PRINT 129
129  format ('          EPIXWMA PERIOXHS 3          : CUT3=',\ )
    WRITE (*, '(f12.2)') CUT3

call end (0)
END

```

```

SUBROUTINE bariko (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,q,w,za)

real*8 N(6100),XC(6100),YC(6100),ZC(6100),G(6100),Q(6100),W(6100)

DO 100 J=1,NUM
N(J)=J
G(J)=SQRT((XC(J)-XA)**2+(YC(J)-YA)**2)
100 CONTINUE

DO 200 I=1,(NUM-1)
DO 190 J=(I+1), (NUM)
IF (G(J).LT.G(I)) THEN
XMIN=XC(I)
XC(I)=XC(J)
XC(J)=XMIN
YMIN=YC(I)
YC(I)=YC(J)
YC(J)=YMIN
ZMIN=ZC(I)
ZC(I)=ZC(J)
ZC(J)=ZMIN
IMIN=N(I)
N(I)=N(J)
N(J)=IMIN
GMIN=G(I)
G(I)=G(J)
G(J)=GMIN
END IF
190 CONTINUE
200 CONTINUE

DO 199 I=1,10
IF (G(I).LT.1) THEN
ZA=ZC(I)
GO TO 198
END IF
199 CONTINUE

Q(1)=0
W(1)=0
DO 77 L=1,10
Q(L+1)=Q(L)+(1/G(L))*ZC(L)
W(L+1)=W(L)+(1/G(L))

77 CONTINUE

ZA=(Q(10))/(W(10))
198 CONTINUE
return
END

```

```

SUBROUTINE cycle (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)

REAL*4 L1,L2,L3,M1,M2,M3,COSGON1,COSGON2,COSGON3,BGON1,BGON2,
*BGON3,V,T,ZA
real*8 N(6100),XC(6100),YC(6100),ZC(6100),G(6100)

DO 100 J=1,NUM
N(J)=J
G(J)=SQRT((XC(J)-XA)**2+(YC(J)-YA)**2)
100 CONTINUE

DO 200 I=1,(NUM-1)
DO 190 J=(I+1), (NUM)
IF (G(J).LT.G(I)) THEN
XMIN=XC(I)
XC(I)=XC(J)
XC(J)=XMIN
YMIN=YC(I)
YC(I)=YC(J)
YC(J)=YMIN
ZMIN=ZC(I)
ZC(I)=ZC(J)
ZC(J)=ZMIN
IMIN=N(I)
N(I)=N(J)
N(J)=IMIN
GMIN=G(I)
G(I)=G(J)
G(J)=GMIN
END IF
190 CONTINUE
200 CONTINUE

DO 199 I=1,10
IF (G(I).LT.1) THEN
ZA=ZC(I)
GO TO 208
END IF
199 CONTINUE

DO 210 I=1,8
DO 220 J=(I+1), 9
DO 230 K=(J+1), 10
L1=SQRT((XA-XC(I))**2+(YA-YC(I))**2)
L2=SQRT((XA-XC(J))**2+(YA-YC(J))**2)
L3=SQRT((XA-XC(K))**2+(YA-YC(K))**2)
M1=SQRT((XC(J)-XC(K))**2+(YC(J)-YC(K))**2)
M2=SQRT((XC(I)-XC(K))**2+(YC(I)-YC(K))**2)
M3=SQRT((XC(J)-XC(I))**2+(YC(J)-YC(I))**2)
IF (L1.EQ.0) THEN

```

```

L1=0.01
END IF
IF (L2.EQ.0) THEN
L2=0.01
END IF
IF (L3.EQ.0) THEN
L3=0.01
END IF

```

```

COSGON1=(L2**2+L3**2-M1**2)/(2*L2*L3)
COSGON2=(L1**2+L3**2-M2**2)/(2*L1*L3)
COSGON3=(L2**2+L1**2-M3**2)/(2*L2*L1)

```

```

IF (COSGON1.LE.-1.0) THEN
COSGON1=-1.0
END IF
IF (COSGON2.LE.-1.0) THEN
COSGON2=-1.0
END IF
IF (COSGON3.LE.-1.0) THEN
COSGON3=-1.0
END IF
IF (COSGON1.GE.1.0) THEN
COSGON1=1.0
END IF
IF (COSGON2.GE.1.0) THEN
COSGON2=1.0
END IF
IF (COSGON3.GE.1.0) THEN
COSGON3=1.0
END IF

```

```

      BGON1=DACOS(COSGON1)
      BGON2=DACOS(COSGON2)
      BGON3=DACOS(COSGON3)
CGON1=BGON1+BGON2
CGON2=BGON1+BGON3
CGON3=BGON2+BGON3

```

```

IF ((CGON1.LT.6.285.AND.CGON1.GT.6.281).OR.(CGON2.
* LT.6.285.AND.CGON2.GT.6.281).OR.(CGON3.LT.6.285.AND.
* CGON3.GT.6.281)) THEN
GO TO 240
END IF

```

```

V=BGON1+BGON2+BGON3

```

```

IF ((V.GT.6.284).OR.(V.LT.6.282)) THEN
GO TO 240
ELSE

```

```

H1=-(XC(I)**2+YC(I)**2)

```

```

H2=-(XC(J)**2+YC(J)**2)
H3=-(XC(K)**2+YC(K)**2)

Q1=XC(I)*(YC(J)-YC(K))-XC(J)*(YC(I)-YC(K))+XC(K)*(YC(I)-YC(J))

IF (Q1.EQ.0) THEN
Q1=1
END IF

X1=(H1*(YC(J)-YC(K))-H2*(YC(I)-YC(K))+H3*(YC(I)-YC(J)))/Q1

X2=(-H1*(XC(J)-XC(K))+H2*(XC(I)-XC(K))-H3*(XC(I)-XC(J)))/Q1

X3=((H1*(XC(J)*YC(K)-XC(K)*YC(J)))-(H2*(XC(I)*YC(K)-XC(K)*YC(I)))+
*(H3*(XC(I)*YC(J)-XC(J)*YC(I))))/Q1

OX=-(X1/2)
OY=-(X2/2)
OR=DSQRT(-X3+OX**2+OY**2)

DO 88 L=1,10
IF (L.EQ.I.OR.L.EQ.J.OR.L.EQ.K) THEN
GO TO 88
END IF
T=SQRT((XC(L)-OX)**2+(YC(L)-OY)**2)
IF ((T+0.05).LT.OR) THEN
GO TO 240
END IF
88 continue

Q2=(XC(J)-XC(I))*(YC(K)-YC(I))-(YC(J)-YC(I))*(XC(K)-XC(I))

IF (Q2.EQ.0) THEN
Q2=1
END IF

ZA=((((YA-YC(I))*(XC(J)-XC(I))*(ZC(K)-ZC(I))-(ZC(J)-ZC(I))*(XC(K)
* -XC(I))))-(XA-XC(I))*((YC(J)-YC(I))*(ZC(K)-ZC(I))-(ZC(J)-ZC(I))*
*(YC(K)-YC(I)))))/(Q2))+ZC(I)

GO TO 210
END IF
240 CONTINUE
230 CONTINUE
220 CONTINUE
210 CONTINUE
208 CONTINUE
RETURN
END

```



```

SUBROUTINE embado (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)

REAL*4 L1,L2,L3,M1,M2,M3,COSGON1,COSGON2,COSGON3,BGON1,BGON2,
*BGON3,V
real*8 N(6100),XC(6100),YC(6100),ZC(6100),G(6100)

DO 100 J=1,NUM
N(J)=J
G(J)=SQRT((XC(J)-XA)**2+(YC(J)-YA)**2)
100 CONTINUE

DO 200 I=1,(NUM-1)
DO 190 J=(I+1),(NUM)
IF (G(J).LT.G(I)) THEN
XMIN=XC(I)
XC(I)=XC(J)
XC(J)=XMIN
YMIN=YC(I)
YC(I)=YC(J)
YC(J)=YMIN
ZMIN=ZC(I)
ZC(I)=ZC(J)
ZC(J)=ZMIN
IMIN=N(I)
N(I)=N(J)
N(J)=IMIN
GMIN=G(I)
G(I)=G(J)
G(J)=GMIN
END IF
190 CONTINUE
200 CONTINUE

DO 199 I=1,10
IF (G(I).LT.1) THEN
ZA=ZC(I)
GO TO 208
END IF
199 CONTINUE

EMIN=999999999
DO 210 I=1,8
DO 220 J=(I+1),9
DO 230 K=(J+1),10
L1=SQRT((XA-XC(I))**2+(YA-YC(I))**2)
L2=SQRT((XA-XC(J))**2+(YA-YC(J))**2)
L3=SQRT((XA-XC(K))**2+(YA-YC(K))**2)
M1=SQRT((XC(J)-XC(K))**2+(YC(J)-YC(K))**2)
M2=SQRT((XC(I)-XC(K))**2+(YC(I)-YC(K))**2)
M3=SQRT((XC(J)-XC(I))**2+(YC(J)-YC(I))**2)

```

```
IF (L1.EQ.0) THEN
L1=0.01
END IF
IF (L2.EQ.0) THEN
L2=0.01
END IF
IF (L3.EQ.0) THEN
L3=0.01
END IF
```

```
COSGON1=(L2**2+L3**2-M1**2)/(2*L2*L3)
COSGON2=(L1**2+L3**2-M2**2)/(2*L1*L3)
COSGON3=(L2**2+L1**2-M3**2)/(2*L2*L1)
```

```
IF (COSGON1.LE.-1.0) THEN
COSGON1=-1.0
END IF
IF (COSGON2.LE.-1.0) THEN
COSGON2=-1.0
END IF
IF (COSGON3.LE.-1.0) THEN
COSGON3=-1.0
END IF
IF (COSGON1.GE.1.0) THEN
COSGON1=1.0
END IF
IF (COSGON2.GE.1.0) THEN
COSGON2=1.0
END IF
IF (COSGON3.GE.1.0) THEN
COSGON3=1.0
END IF
```

```
BGON1=DACOS(COSGON1)
BGON2=DACOS(COSGON2)
BGON3=DACOS(COSGON3)
```

```
CGON1=BGON1+BGON2
CGON2=BGON1+BGON3
CGON3=BGON2+BGON3
```

```
IF ((CGON1.LT.6.284.AND.CGON1.GT.6.282).OR.(CGON2.
* LT.6.284.AND.CGON2.GT.6.282).OR.(CGON3.LT.6.284.AND.
* CGON3.GT.6.282)) THEN
GO TO 240
END IF
```

```
V=BGON1+BGON2+BGON3
```

```
IF ((V.GT.6.284).OR.(V.LT.6.282)) THEN
```

GO TO 240
ELSE

$T = (M1 + M2 + M3) / 2$
 $E = (T * (T - M1) * (T - M2) * (T - M3))^{**0.5}$

IF (E.EQ.0) THEN
GO TO 240
END IF

IF (E.LT.EMIN) THEN

EMIN=E

IMIN=I

JMIN=J

KMIN=K

$Q1 = (XC(J) - XC(I)) * (YC(K) - YC(I)) - (YC(J) - YC(I)) * (XC(K) - XC(I))$

IF (Q1.EQ.0) THEN

Q1=1

END IF

$ZA = (((YA - YC(I)) * (XC(J) - XC(I)) * (ZC(K) - ZC(I)) - (ZC(J) - ZC(I)) * (XC(K) - XC(I))) - ((XA - XC(I)) * (YC(J) - YC(I)) * (ZC(K) - ZC(I)) - (ZC(J) - ZC(I)) * (YC(K) - YC(I)))) / (Q1)) + ZC(I)$

END IF

END IF

240 CONTINUE

230 CONTINUE

220 CONTINUE

210 CONTINUE

208 CONTINUE

return

END

```

SUBROUTINE plevres (num,xc,yc,zc,xa,ya,g,za)

REAL*4 L1,L2,L3,M1,M2,M3,COSGON1,COSGON2,COSGON3,BGON1,BGON2,
*BGON3,V
real*8 N(6100),XC(6100),YC(6100),ZC(6100),G(6100)

DO 100 J=1,NUM
N(J)=J
G(J)=SQRT((XC(J)-XA)**2+(YC(J)-YA)**2)
100 CONTINUE

DO 200 I=1,(NUM-1)
DO 190 J=(I+1),(NUM)
IF (G(J).LT.G(I)) THEN
XMIN=XC(I)
XC(I)=XC(J)
XC(J)=XMIN
YMIN=YC(I)
YC(I)=YC(J)
YC(J)=YMIN
ZMIN=ZC(I)
ZC(I)=ZC(J)
ZC(J)=ZMIN
IMIN=N(I)
N(I)=N(J)
N(J)=IMIN
GMIN=G(I)
G(I)=G(J)
G(J)=GMIN
END IF
190 CONTINUE
200 CONTINUE

DO 199 I=1,10
IF (G(I).LT.1) THEN
ZA=ZC(I)
GO TO 208
END IF
199 CONTINUE

DMIN=99999999
DO 210 I=1,8
DO 220 J=(I+1),9
DO 230 K=(J+1),10
L1=SQRT((XA-XC(I))**2+(YA-YC(I))**2)
L2=SQRT((XA-XC(J))**2+(YA-YC(J))**2)
L3=SQRT((XA-XC(K))**2+(YA-YC(K))**2)
M1=SQRT((XC(J)-XC(K))**2+(YC(J)-YC(K))**2)
M2=SQRT((XC(I)-XC(K))**2+(YC(I)-YC(K))**2)
M3=SQRT((XC(J)-XC(I))**2+(YC(J)-YC(I))**2)

```

```

IF (L1.EQ.0) THEN
L1=0.01
END IF
IF (L2.EQ.0) THEN
L2=0.01
END IF
IF (L3.EQ.0) THEN
L3=0.01
END IF

```

```

COSGON1=(L2**2+L3**2-M1**2)/(2*L2*L3)
COSGON2=(L1**2+L3**2-M2**2)/(2*L1*L3)
COSGON3=(L2**2+L1**2-M3**2)/(2*L2*L1)

```

```

IF (COSGON1.LE.-1.0) THEN
COSGON1=-1.0
END IF
IF (COSGON2.LE.-1.0) THEN
COSGON2=-1.0
END IF
IF (COSGON3.LE.-1.0) THEN
COSGON3=-1.0
END IF
IF (COSGON1.GE.1.0) THEN
COSGON1=1.0
END IF
IF (COSGON2.GE.1.0) THEN
COSGON2=1.0
END IF
IF (COSGON3.GE.1.0) THEN
COSGON3=1.0
END IF

```

```

      BGON1=DACOS(COSGON1)
      BGON2=DACOS(COSGON2)
      BGON3=DACOS(COSGON3)

```

```

CGON1=BGON1+BGON2
CGON2=BGON1+BGON3
CGON3=BGON2+BGON3

```

```

IF ((CGON1.LT.6.285.AND.CGON1.GT.6.281).OR.(CGON2.
* LT.6.285.AND.CGON2.GT.6.281).OR.(CGON3.LT.6.285.AND.
* CGON3.GT.6.281)) THEN
GO TO 240

```

```

END IF

```

```

V=BGON1+BGON2+BGON3

```

```
IF ((V.GT.6.284).OR.(V.LT.6.282)) THEN
GO TO 240
ELSE
```

```
A=SQRT((XC(I)-XC(J))**2+(YC(I)-YC(J))**2)
B=SQRT((XC(J)-XC(K))**2+(YC(J)-YC(K))**2)
C=SQRT((XC(I)-XC(K))**2+(YC(I)-YC(K))**2)
D=A+B+C
```

```
IF (D.LT.DMIN) THEN
```

```
DMIN=D
```

```
IMIN=I
```

```
JMIN=J
```

```
KMIN=K
```

```
Q1=(XC(J)-XC(I))*(YC(K)-YC(I))-(YC(J)-YC(I))*(XC(K)-XC(I))
```

```
IF (Q1.EQ.0) THEN
```

```
Q1=1
```

```
END IF
```

```
ZA=((((YA-YC(I))*(XC(J)-XC(I))*(ZC(K)-ZC(I))-(ZC(J)-ZC(I))*(XC(K)
* -XC(I))))-(XA-XC(I))*(YC(J)-YC(I))*(ZC(K)-ZC(I))-(ZC(J)-ZC(I))*
*(YC(K)-YC(I))))/(Q1))+ZC(I)
```

```
END IF
```

```
END IF
```

```
240 CONTINUE
```

```
230 CONTINUE
```

```
220 CONTINUE
```

```
210 CONTINUE
```

```
208 CONTINUE
```

```
return
```

```
END
```

ΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ «ΕΡΙΦ»

No	XA	YA	ZA	ZEP
1	-22.50	-810.00	270.0642	236.6750
2	-13.50	-810.00	269.8137	236.7650
3	- 4.50	-810.00	269.5632	236.8550
4	4.50	-810.00	269.3127	236.8550
5	13.50	-810.00	269.0621	236.7650
6	22.50	-810.00	268.8116	236.6750
7	-22.50	-710.00	272.3558	237.6750
8	-13.50	-710.00	272.1053	237.7650
9	-4.50	-710.00	271.8548	237.8550
10	4.50	-710.00	271.6043	237.8550
11	13.50	-710.00	271.3537	237.7650
12	22.50	-710.00	271.1032	237.6750
13	-22.50	-610.00	274.6475	238.6750
14	-13.50	-610.00	274.3969	238.7650
15	-4.50	-610.00	274.1464	238.8550
16	4.50	-610.00	273.8959	238.8550
17	13.50	-610.00	273.6454	238.7650
18	22.50	-610.00	273.3948	238.6750
19	-22.50	-510.00	276.9391	239.6750
20	-13.50	-510.00	276.6885	239.7650
21	-4.50	-510.00	276.4380	239.8550
22	4.50	-510.00	276.1875	239.8550
23	13.50	-510.00	275.9370	239.7650
24	22.50	-510.00	275.6864	239.6750
25	-22.50	-410.00	279.2307	240.6750
26	-13.50	-410.00	278.9802	240.7650
27	-4.50	-410.00	278.7296	240.8550
28	4.50	-410.00	278.4791	240.8550
29	13.50	-410.00	278.2286	240.7650
30	22.50	-410.00	277.9781	240.6750
31	-22.50	-310.00	281.5223	241.6750
32	-13.50	-310.00	281.2718	241.7650
33	-4.50	-310.00	281.0212	241.8550
34	4.50	-310.00	280.7707	241.8550
35	13.50	-310.00	280.5202	241.7650
36	22.50	-310.00	280.2697	241.6750
37	-22.50	-210.00	277.6042	242.6750
38	-13.50	-210.00	277.5233	242.7650
39	-4.50	-210.00	277.4423	242.8550
40	4.50	-210.00	277.3613	242.8550
41	13.50	-210.00	277.2803	242.7650
42	22.50	-210.00	277.1993	242.6750
43	-22.50	-110.00	273.6748	243.6750
44	-13.50	-110.00	273.5938	243.7650
45	-4.50	-110.00	273.5128	243.8550
46	4.50	-110.00	278.0173	243.8550
47	13.50	-110.00	277.8711	243.7650
48	22.50	-110.00	277.7249	243.6750
49	-22.50	-10.00	276.9192	244.6750
50	-13.50	-10.00	276.7729	244.7650
51	-4.50	-10.00	276.6268	244.8550
52	4.50	-10.00	276.4806	244.8550
53	13.50	-10.00	276.3344	244.7650
54	22.50	-10.00	276.1882	244.6750
55	-22.50	90.00	275.3824	245.6750
56	-13.50	90.00	275.2362	245.7650
57	-4.50	90.00	275.0901	245.8550
58	4.50	90.00	274.9438	245.8550
59	13.50	90.00	274.7977	245.7650
60	22.50	90.00	274.6515	245.6750

61	-22.50	190.00	273.8457	246.6750
62	-13.50	190.00	273.6995	246.7650
63	-4.50	190.00	273.5533	246.8550
64	4.50	190.00	273.4071	246.8550
65	13.50	190.00	273.2610	246.7650
66	22.50	190.00	273.1148	246.6750
67	-22.50	290.00	264.6846	247.6750
68	-13.50	290.00	264.9691	247.7650
69	-4.50	290.00	265.2536	247.8550
70	4.50	290.00	265.5381	247.8550
71	13.50	290.00	265.8226	247.7650
72	22.50	290.00	266.1071	247.6750
73	-22.50	390.00	264.5970	248.6750
74	-13.50	390.00	264.8815	248.7650
75	-4.50	390.00	265.1660	248.8550
76	4.50	390.00	265.4505	248.8550
77	13.50	390.00	265.7350	248.7650
78	22.50	390.00	266.0195	248.6750
79	-22.50	490.00	264.5093	249.6750
80	-13.50	490.00	264.7939	249.7650
81	-4.50	490.00	265.0783	249.8550
82	4.50	490.00	265.3628	249.8550
83	13.50	490.00	265.6473	249.7650
84	22.50	490.00	265.9318	249.6750
85	-22.50	590.00	264.4217	250.6750
86	-13.50	590.00	264.7062	250.7650
87	-4.50	590.00	264.9907	250.8550
88	4.50	590.00	265.2752	250.8550
89	13.50	590.00	265.5597	250.7650
90	22.50	590.00	265.8442	250.6750
91	-22.50	690.00	264.3341	251.6750
92	-13.50	690.00	264.6186	251.7650
93	-4.50	690.00	264.9031	251.8550
94	4.50	690.00	265.1876	251.8550
95	13.50	690.00	265.4720	251.7650
96	22.50	690.00	265.6264	251.6750
97	-22.50	790.00	263.4572	252.6750
98	-13.50	790.00	263.7601	252.7650
99	-4.50	790.00	263.9115	252.8550
100	4.50	790.00	264.0628	252.8550
101	13.50	790.00	264.2142	252.7650
102	22.50	790.00	264.3655	252.6750
103	-150.00	-810.00	268.9477	234.1250
104	-142.50	-810.00	269.0978	234.2750
105	-135.00	-810.00	269.2480	234.4250
106	-127.50	-810.00	269.3981	234.5750
107	-120.00	-810.00	269.5482	234.7250
108	-112.50	-810.00	269.6984	234.8750
109	-105.00	-810.00	269.8485	235.0250
110	-97.50	-810.00	269.9986	235.1750
111	-90.00	-810.00	270.1487	235.3250
112	-82.50	-810.00	270.2989	235.4750
113	-75.00	-810.00	270.4490	235.6250
114	-67.50	-810.00	270.5992	235.7750
115	-60.00	-810.00	270.7493	235.9250
116	-52.50	-810.00	270.8993	236.0750
117	-45.00	-810.00	270.6906	236.2250
118	-37.50	-810.00	270.4818	236.3750
119	-30.00	-810.00	270.2730	236.5250
120	-22.50	-810.00	270.0642	236.6750
121	-150.00	-710.00	272.6884	235.1250
122	-142.50	-710.00	272.8385	235.2750
123	-135.00	-710.00	272.9886	235.4250

ΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ «ΧΟΜΑ»

No	XA	YA	CUT	FILL
1	-22.50	-810.00	30050.29	.00
2	-13.50	-810.00	29743.82	.00
3	-4.50	-810.00	29437.35	.00
4	4.50	-810.00	29211.89	.00
5	13.50	-810.00	29067.42	.00
6	22.50	-810.00	28922.93	.00
7	-22.50	-710.00	31212.75	.00
8	-13.50	-710.00	30906.29	.00
9	-4.50	-710.00	30599.82	.00
10	4.50	-710.00	30374.35	.00
11	13.50	-710.00	30229.86	.00
12	22.50	-710.00	30085.39	.00
13	-22.50	-610.00	32375.22	.00
14	-13.50	-610.00	32068.75	.00
15	-4.50	-610.00	31762.25	.00
16	4.50	-610.00	31536.79	.00
17	13.50	-610.00	31392.32	.00
18	22.50	-610.00	31247.85	.00
19	-22.50	-510.00	33537.65	.00
20	-13.50	-510.00	33231.18	.00
21	-4.50	-510.00	32924.72	.00
22	4.50	-510.00	32699.25	.00
23	13.50	-510.00	32554.78	.00
24	22.50	-510.00	32410.29	.00
25	-22.50	-410.00	34700.11	.00
26	-13.50	-410.00	34393.65	.00
27	-4.50	-410.00	34087.18	.00
28	4.50	-410.00	33861.71	.00
29	13.50	-410.00	33717.22	.00
30	22.50	-410.00	33572.75	.00
31	-22.50	-310.00	35862.58	.00
32	-13.50	-310.00	35556.11	.00
33	-4.50	-310.00	35249.62	.00
34	4.50	-310.00	35024.15	.00
35	13.50	-310.00	34879.68	.00
36	22.50	-310.00	34735.22	.00
37	-22.50	-210.00	31436.32	.00
38	-13.50	-210.00	31282.43	.00
39	-4.50	-210.00	31128.54	.00
40	4.50	-210.00	31055.67	.00
41	13.50	-210.00	31063.77	.00
42	22.50	-210.00	31071.88	.00
43	-22.50	-110.00	26999.82	.00
44	-13.50	-110.00	26845.96	.00
45	-4.50	-110.00	26692.06	.00
46	4.50	-110.00	30746.07	.00
47	13.50	-110.00	30695.48	.00
48	22.50	-110.00	30644.92	.00
49	-22.50	-10.00	29019.74	.00
50	-13.50	-10.00	28807.15	.00
51	-4.50	-10.00	28594.59	.00
52	4.50	-10.00	28463.03	.00
53	13.50	-10.00	28412.44	.00
54	22.50	-10.00	28361.88	.00
55	-22.50	90.00	26736.70	.00
56	-13.50	90.00	26524.11	.00
57	-4.50	90.00	26311.55	.00
58	4.50	90.00	26179.96	.00
59	13.50	90.00	26129.40	.00
60	22.50	90.00	26078.84	.00

61	-22.50	190.00	24453.66	.00
62	-13.50	190.00	24241.07	.00
63	-4.50	190.00	24028.51	.00
64	4.50	190.00	23896.92	.00
65	13.50	190.00	23846.36	.00
66	22.50	190.00	23795.80	.00
67	-22.50	290.00	15308.67	.00
68	-13.50	290.00	15483.71	.00
69	-4.50	290.00	15658.74	.00
70	4.50	290.00	15914.81	.00
71	13.50	290.00	16251.84	.00
72	22.50	290.00	16588.88	.00
73	-22.50	390.00	14329.79	.00
74	-13.50	390.00	14504.82	.00
75	-4.50	390.00	14679.89	.00
76	4.50	390.00	14935.92	.00
77	13.50	390.00	15272.96	.00
78	22.50	390.00	15610.02	.00
79	-22.50	490.00	13350.90	.00
80	-13.50	490.00	13525.97	.00
81	-4.50	490.00	13701.01	.00
82	4.50	490.00	13957.04	.00
83	13.50	490.00	14294.10	.00
84	22.50	490.00	14631.14	.00
85	-22.50	590.00	12372.05	.00
86	-13.50	590.00	12547.09	.00
87	-4.50	590.00	12722.12	.00
88	4.50	590.00	12978.19	.00
89	13.50	590.00	13315.22	.00
90	22.50	590.00	13652.26	.00
91	-22.50	690.00	11393.17	.00
92	-13.50	690.00	11568.21	.00
93	-4.50	690.00	11743.27	.00
94	4.50	690.00	11999.31	.00
95	13.50	690.00	12336.34	.00
96	22.50	690.00	12556.26	.00
97	-22.50	790.00	9703.99	.00
98	-13.50	790.00	9895.62	.00
99	-4.50	790.00	9950.85	.00
100	4.50	790.00	10087.05	.00
101	13.50	790.00	10304.26	.00
102	22.50	790.00	10521.49	.00
103	-150.00	-810.00	26117.00	
104	-142.50	-810.00	26117.11	
105	-135.00	-810.00	26117.22	
106	-127.50	-810.00	26117.30	
107	-120.00	-810.00	26117.41	
108	-112.50	-810.00	26117.52	
109	-105.00	-810.00	26117.61	
110	-97.50	-810.00	26117.72	
111	-90.00	-810.00	26117.81	
112	-82.50	-810.00	26117.92	
113	-75.00	-810.00	26118.03	
114	-67.50	-810.00	26118.11	
115	-60.00	-810.00	26118.22	
116	-52.50	-810.00	26118.24	
117	-45.00	-810.00	25849.16	
118	-37.50	-810.00	25580.09	
119	-30.00	-810.00	25311.01	
120	-22.50	-810.00	25041.93	
121	-150.00	-710.00	28172.52	
122	-142.50	-710.00	28172.62	
123	-135.00	-710.00	28172.74	