

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Π.Μ.Σ. «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

Ο ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΟΣ
ΣΤΑΘΜΟΣ PHOTOMOD V. 4.4.
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

| ΜΑΡΙΑ Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	8
1.1. Γενικά στοιχεία.....	8
1.2. Είδη έργων.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο - ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	11
2.1. Εισαγωγή στοιχείων βαθμονόμησης φωτομηχανής.....	11
2.2. Σύστημα συντεταγμένων.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο - ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΡΓΩΝ	14
3.1. Εισαγωγή.....	14
3.2. Σύνθεση εικόνων – Block Forming	15
3.3. Αεροτριγωνισμός.....	15
3.3.1. Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού – Interior Orientation.....	16
3.3.2. Μετρήσεις φωτοσταθερών	20
3.3.3. Μετρήσεις σημείων σύνδεσης.....	22
3.3.4. Ακρίβεια σχετικού προσανατολισμού.....	27
3.4. Αυτόματος Αεροτριγωνισμός	28
3.4.1. Αναφορά σχετικού προσανατολισμού.....	31
3.5. Συνόρθωση του μοντέλου – Επίλυση εξωτερικού προσανατολισμού	32
3.5.1. Αρχείο αναφοράς αποτελεσμάτων συνόρθωσης.....	36
3.6. Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DTM)	37
3.6.1. Αλγόριθμοι δημιουργίας TIN.....	39
3.6.2. Δημιουργία ΨΜΕ από τρισδιάστατα σημεία.....	41
3.6.3. Επεξεργασία ΨΜΕ.....	42
3.6.4. Γραμμές ασυνέχειας στο TIN.....	44
3.6.5. Δημιουργία ισοϋψών καμπύλων.....	44
3.6.6. Επεξεργασία ισοϋψών καμπύλων.....	46
3.7. Δημιουργία ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM).....	47
3.7.1. Έλεγχος Ακρίβειας DEM.....	48
3.8. Δημιουργία ορθοφωτογραφίας και φωτομωσαϊκού.....	48
3.8.1. Καθορισμός παραμέτρων για τη δημιουργία μωσαϊκού.....	48
3.8.2. Περιοχές ενδιαφέροντος.....	53
3.8.3. Προεπισκόπηση φωτομωσαϊκού.....	53
3.8.4. Έλεγχος ακρίβειας μωσαϊκού.....	55
3.8.5. Επεξεργασία μωσαϊκού για τη απομάκρυνση θορύβου.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ	58
4.1. Επεξεργασία μεμονωμένων δορυφορικών εικόνων SPOT.....	58
4.2. Επεξεργασία ζευγών δορυφορικών εικόνων IKONOS.....	59
4.3. Ραδιομετρική βελτίωση δορυφορικών εικόνων.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο - ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	64
5.1. Χρήση ψηφιακού χάρτη.....	64
5.2. Επιτολικός μετασχηματισμός.....	65
5.3. Μετατροπή συντεταγμένων.....	65
5.4. Υποστήριξη δεδομένων GPS.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο - ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	68
6.1. Έναρξη του Montage Desktop.....	68
6.2. Δημιουργία νέου έργου.....	69
6.3. Στάδια επεξεργασίας έργου.....	71
6.4. Σχηματισμός του μπλοκ.....	71
6.5. Παράθυρο 2D.....	73
6.6. Στοιχεία βαθμονόμησης της μηχανής.....	74
6.7. Αεροτριγωνισμός.....	76
6.7.1. Αυτόματος αεροτριγωνισμός.....	88
6.8. Συνόρθωση μοντέλου.....	90
6.8.1. Εκτέλεση επιτολικού μετασχηματισμού – Eripolar transformation.....	95
6.9. Block processing.....	95
6.9.1. StereoDraw	96
6.9.2. DTM – Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.....	99
6.9.3. Δημιουργία φωτομωσαϊκού.....	104
6.10. Διαχείριση έργων.....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	108
Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α	115

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1. Διάγραμμα Ροής Εργασιών του Photomod 4.3.....	9
Εικόνα 2. Αρχείο κειμένου με τις παραμέτρους της μηχανής.....	11
Εικόνα 3. Φόρμα εισαγωγής στοιχείων βαθμονόμησης.....	12
Εικόνα 4. Στάδια επεξεργασίας εικόνων.....	14
Εικόνα 5. Παράθυρο του Photomod AT.....	16
Εικόνα 6. Παράθυρο διαλόγου για μέτρηση εικονοσημάτων.....	19
Εικόνα 7. Σημεία σύνδεσης μεταξύ εικόνων.....	23
Εικόνα 8. Σημεία σύνδεσης μεταξύ λωρίδων.....	23
Εικόνα 9.....	25
Εικόνα 10.....	26
Εικόνα 11. Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού με χρήση ενός ζεύγους εικόνων.....	27
Εικόνα 12. Σφάλματα μεταξύ γειτονικών ζευγών.....	28
Εικόνα 13. Αυτόματη διαδικασία αεροτριγωνισμού.....	29
Εικόνα 14. Παράμετροι απόρριψης σημείων στον αυτόματο αεροτριγωνισμό.....	30
Εικόνα 15. Αναφορά σχετικού προσανατολισμού για τη λωρίδα 1.....	31
Εικόνα 16. Παράμετροι αλγορίθμου ανεξάρτητων λωρίδων.....	33
Εικόνα 17. Παράμετροι αλγορίθμου ανεξάρτητων ζευγών.....	33
Εικόνα 18.....	34
Εικόνα 19. Διαμόρφωση αρχείου αναφοράς αποτελεσμάτων.....	34
Εικόνα 20. Κανονικό (regular) TIN.....	39
Εικόνα 21. Προσαρμοσμένο (adaptive) TIN, με σταθερά σημεία του κανάβου.....	39
Εικόνα 22. Προσαρμοσμένο (adaptive) TIN, με γειτονικά χαρακτηριστικά σημεία του κανάβου.....	39
Εικόνα 23. Ομαλοποιημένο (smooth) TIN.....	40
Εικόνα 24. Δημιουργία ισουψών από TIN.....	45
Εικόνα 25. Δημιουργία ισουψών από DEM.....	45
Εικόνα 26. Καμπύλες Bezier.....	46
Εικόνα 27. Έλεγχος θορύβου.....	47
Εικόνα 28. Έλεγχος εξάρσεων.....	47
Εικόνα 29. Επιλογή ΨΜΕ για τη δημιουργία μωσαϊκού.....	49
Εικόνα 30.....	49
Εικόνα 31. Παράδειγμα αρχείου με πληροφορίες κατάτμησης του μωσαϊκού σε φύλλα χάρτη.....	52
Εικόνα 32. Εισαγωγή CSV αρχείου για καθορισμό των φύλλων του μωσαϊκού.....	52
Εικόνα 34. Προεπισκόπηση φωτομωσαϊκού.....	54
Εικόνα 33.....	54
Εικόνα 35. Ακρίβεια δημιουργίας ορθομωσαϊκού.....	55
Εικόνα 36. Παράμετροι για τον έλεγχο ακρίβειας με χρήση των ορίων των ROIs.....	56
Εικόνα 37. Εικόνα με εξωτερικό "σκουπίδι".....	57
Εικόνα 38. Εικόνα μετά από διόρθωση με DustCorrect.....	57
Εικόνα 39. Παράμετροι συνόρθωσης με τον αλγόριθμο Rigorous.....	60
Εικόνα 40. Παράμετροι συνόρθωσης για τον αλγόριθμο RPC.....	61
Εικόνα 41. Εξισώσεις Άμεσου Γραμμικού Μετασχηματισμού (DLT).....	61
Εικόνα 42. Μοντέλο παράλληλης προβολής.....	61
Εικόνα 43. Επεξεργασία φωτεινότητας, αντίθεσης και Γάμμα εικόνας.....	62
Εικόνα 44. Επεξεργασία ισορροπίας χρωμάτων.....	62
Εικόνα 45. Εισαγωγή και χρήση ψηφιακού χάρτη.....	64
Εικόνα 46. Παράμετροι επιτολικού μετασχηματισμού.....	65
Εικόνα 47. Αναφορά εφαρμογής επιτολικού μετασχηματισμού.....	65
Εικόνα 48. Παράθυρο διαλόγου για μετατροπή συντεταγμένων.....	67
Εικόνα 49. Πληροφορίες θέσης από συνδεδεμένο δέκτη GPS.....	67
Εικόνα 50. Παράθυρο επιλογών κατά την έναρξη του Montage Desktop.....	68
Εικόνα 51. Δημιουργία νέου έργου.....	69

Εικόνα 52. Επιλογή Συστήματος Συντεταγμένων.	70
Εικόνα 53. Επεξεργασία στοιχείων συστήματος συντεταγμένων.	70
Εικόνα 54. Επιλογή θέσης αποθήκευσης έργου.	71
Εικόνα 55. Στάδια επεξεργασίας του έργου.	71
Εικόνα 56. Παράθυρο του Block Editor.	72
Εικόνα 57. Ιδιότητες λωρίδας.	72
Εικόνα 58. Επιλογή φωτογραφίας για εισαγωγή.	73
Εικόνα 59. Εισαγωγή εικόνων από το Montage Desktop.	73
Εικόνα 60. Παράθυρο Cameras Editor.	74
Εικόνα 61. Εισαγωγή νέας μηχανής.	74
Εικόνα 62. Παράθυρο Αεροτριγωνισμού.	76
Εικόνα 63. Επιλογή μετασχηματισμού για τον προσδιορισμό του εσωτερικού προσανατολισμού.	78
Εικόνα 64. Σφάλματα στον προσδιορισμό του εσωτερικού προσανατολισμού.	78
Εικόνα 65. Αυτόματος εσωτερικός προσανατολισμός.	79
Εικόνα 66. Παράμετροι αυτόματου εσωτερικού προσανατολισμού.	79
Εικόνα 67. Αναφορά ακρίβειας αυτόματου εσωτερικού προσανατολισμού.	79
Εικόνα 68. Κατάλογος συντεταγμένων φωτοσταθερών.	80
Εικόνα 69. Παράθυρο μέτρησης φωτοσταθερών.	82
Εικόνα 70. Παράθυρο μέτρησης σημείων σύνδεσης.	84
Εικόνα 71. Παράμετροι αυτόματης αναζήτησης σημείων σύνδεσης.	85
Εικόνα 72. Χαρακτηριστικό σφάλμα συσχέτισης, με τιμή 0,976.	85
Εικόνα 73. Αποτελέσματα εσωτερικού προσανατολισμού τρέχοντος στερεοζεύγους.	86
Εικόνα 74. Κριτήρια απόρριψης σημείων.	86
Εικόνα 75. Ιδιότητες σημείου.	87
Εικόνα 76. Γραφική απόδοση της κατανομής των σημείων σύνδεσης.	88
Εικόνα 77. Παράθυρο διαχείρισης έργων.	106

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Γεωπληροφορική» του Ε.Μ.Π.

Σκοπός της είναι η παρουσίαση και η διερεύνηση των δυνατοτήτων του εμπορικού λογισμικού πακέτου επεξεργασίας αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων «Photomod 4.4» της εταιρείας Racurs.

Για τις εφαρμογές του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Demo του προγράμματος, που είναι ελεύθερα διαθέσιμη. Επίσης, ως στοιχεία εισόδου χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες της περιοχής της πολυτεχνειούπολης, καθώς και γεωδαιτικά στοιχεία της ίδιας περιοχής.

Για την καλύτερη κατανόηση όσων παρατίθενται στη συνέχεια, κρίνεται σκόπιμο αρχικά να γίνει μια γενική παρουσίαση του λογισμικού. Στη συνέχεια περιγράφονται όλες οι διαθέσιμες εφαρμογές για την επεξεργασία των εικόνων, ώστε να παραχθούν όλα τα δυνατά τελικά φωτογραμμετρικά προϊόντα. Σε κάθε στάδιο παρουσιάζονται οι πιθανοί αλγόριθμοι και δίνονται πληροφορίες για τον έλεγχο και την αξιολόγηση της ακρίβειας κάθε εφαρμογής.

Για την συγγραφή του εγχειριδίου χρήσης του λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν ως βάση οι σημειώσεις της Σέβης Ταπινάκη, οι οποίες ολοκληρώθηκαν και εμπλουτίστηκαν με το σύνολο των απαιτούμενων ενεργειών για την πλήρη εφαρμογή ενός φωτογραμμετρικού έργου αεροφωτογραφιών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το λογισμικό Photomod v 4.4 αποτελεί έναν πλήρη ψηφιακό φωτογραμμετρικό σταθμό. Αποτελείται από ένα κεντρικό παράθυρο διαχείρισης των έργων και από άλλα εννέα περιφερειακά προγράμματα, κάθε ένα από τα οποία καλείται προκειμένου να εκτελεστούν όλες οι απαραίτητες διεργασίες για την ολοκλήρωση ενός φωτογραμμετρικού έργου.

Αρχικά καθορίζεται το όνομα, ο τύπος του έργου και το σύστημα συντεταγμένων. Οι διαθέσιμοι τύποι έργου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, αυτή της κεντρικής προβολής και αυτή των δορυφορικών εικόνων. Στη συνέχεια εισάγονται τα στοιχεία βαθμονόμησης της μηχανής λήψης και οι φωτογραφίες και εκτελείται ο εσωτερικός προσανατολισμός. Ακολούθως πραγματοποιούνται οι απαραίτητες μετρήσεις πάνω στις εικόνες για την εισαγωγή των φωτοσταθερών και των σημείων σύνδεσης. Επόμενο στάδιο είναι η εκτέλεση του εξωτερικού προσανατολισμού και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων του.

Ο σταθμός είναι κατάλληλα εξοπλισμένος ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί και να χρησιμοποιηθεί το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής κάλυψης του έργου. Επίσης παρέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για τη δημιουργία τρισδιάστατων διανυσμάτων και ψηφιακών χαρτών. Ένα ακόμη σημαντικό περιφερειακό πρόγραμμα του φωτογραμμετρικού σταθμού είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορθοφωτογραφιών και μωσαϊκών.

Μια εφαρμογή με πραγματικά δεδομένα από την περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ε.Μ.Π. δίνεται στο τέλος της παρούσας εργασίας ώστε να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα και οι διάφορες διαδικασίες που ακολουθούνται μέσα από το φωτογραμμετρικό σταθμό.

ABSTRACT

Photomod is a full digital photogrammetric station. It composed of a main cell, which is used to create and manage projects, and includes nine different modules, each one of them is called to perform all the necessary procedures for the completeness of a photogrammetric project.

First of all the name, the project type and the coordinate system have to be defined. There are two types of project – central projection and scanner survey. After that the camera passport data and the images are imported and the interior orientation is performed. Thereafter all the necessary measurements on the images are performed and the control and tie points are entered. The next stage is the execution of the external orientation and the control of the results.

The station is suitably equipped so that the DTM of the project area can be created and be used. Also it provides all essential tools for the creation of 3D vectors and digital maps. One more important module of photogrammetric station is that which is used for orthoimages and mosaic production.

An execution with real data from the area of Zografou Campus is given in the end of this work so that the results and the various processed that are followed through the photogrammetric station will be presented and controlled.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

1.1. Γενικά στοιχεία

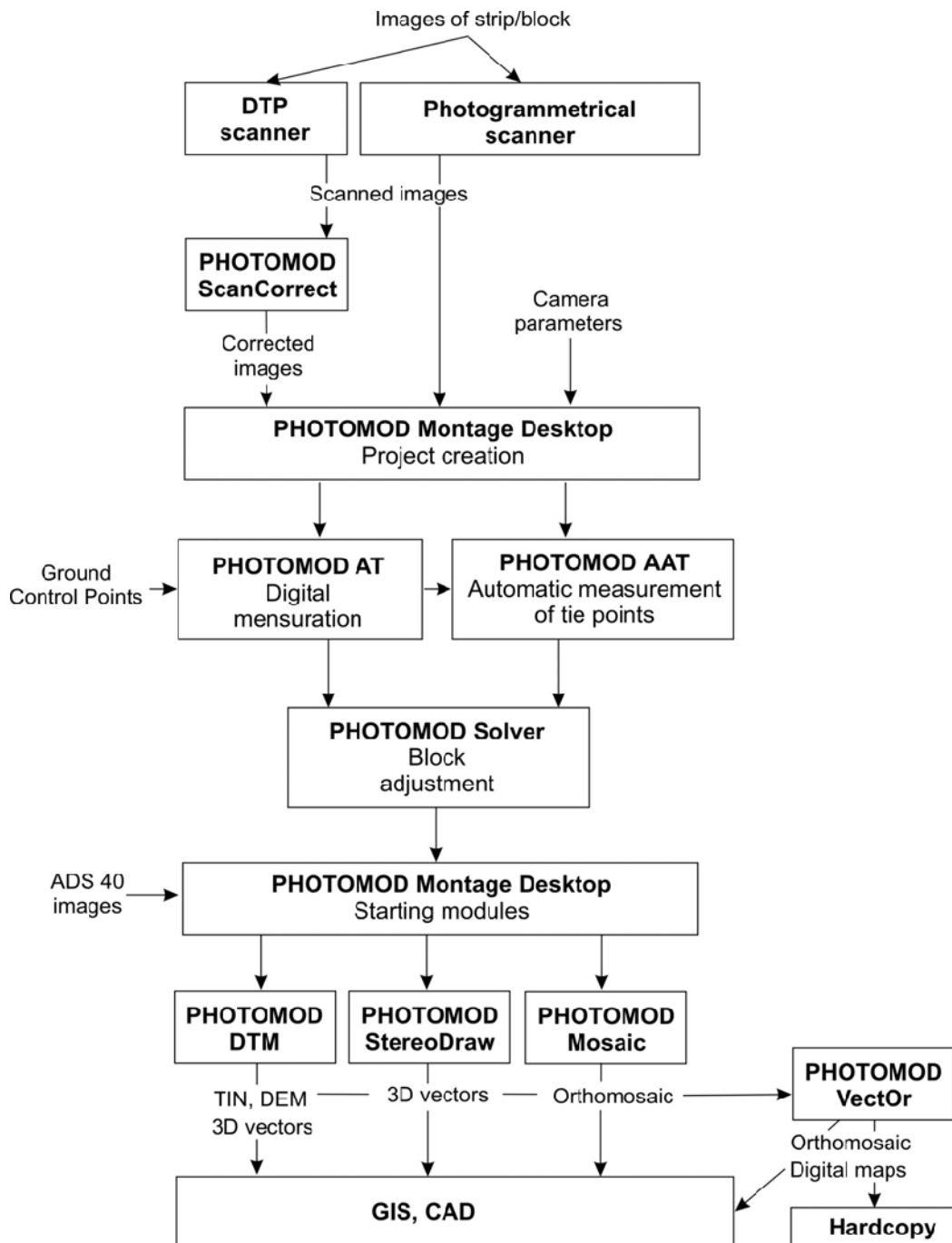
Το λογισμικό Photomod είναι ένα πλήρες εμπορικό πακέτο το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του τη δημιουργία και διαχείριση ολοκληρωμένων φωτογραμμετρικών εργασιών, καλύπτοντας όλα τα στάδια, από την εισαγωγή των πρωτογενών δεδομένων, που είναι οι εικόνες και οι γεωδαιτικές μετρήσεις, μέχρι την τελική δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους (Digital Terrain Models – DTM), ορθοφωτομωσαϊκών και ψηφιακών χαρτών.

Το βασικό «παράθυρο» από το οποίο ο χρήστης διαχειρίζεται το έργο και εκτελεί τα διάφορα στάδια των εργασιών είναι το *Photomod Montage Desktop*. Μέσα από αυτό πραγματοποιείται η δημιουργία των έργων και η γενική διαχείρισή τους. Εκτός αυτού, υπάρχουν άλλα εννέα αυτόνομα υποπρογράμματα, τα οποία καλούνται προκειμένου να εκτελεστεί το έργο στο σύνολό του. Πιο συγκεκριμένα, ένα από αυτά είναι το **Photomod AT (Aerial Triangulation)**, το οποίο χρησιμοποιείται στην συλλογή δεδομένων από τις εικόνες και στις ψηφιακές μετρήσεις σε αυτές. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης μέρους της διαδικασίας αυτής, και αυτό πραγματοποιείται από το **Photomod AAT (Automatic Aerial Triangulation)**. Το στάδιο της επίλυσης και συνόρθωσης (φωτο-τριγωνισμός) πραγματοποιείται μέσα από το **Photomod Solver**. Το **Photomod DTM** δημιουργεί και επεξεργάζεται TIN και ισοϋψείς γραμμές σε απλά στερεοζεύγη φωτογραφιών ενώ το **Photomod Mosaic** δημιουργεί ορθοφωτομωσαϊκό και το **Photomod VectOr** συνθέτει και εκτυπώνει ψηφιακούς χάρτες. Το **Photomod ScanCorrect** χρησιμοποιείται σε εικόνες που έχουν σαρωθεί προκειμένου να εισαχθούν στο λογισμικό και διορθώνεται σε αυτές τις παραμορφώσεις της σάρωσης, εφόσον είναι γνωστές οι παράμετροι βαθμονόμησης του σαρωτή. Τέλος υπάρχουν και τα **Photomod StereoDraw** και **StereoVectOr** με τα οποία παράγονται τρισδιάστατα διανύσματα σε στερεοζεύγη και επιτυγχάνεται ο συνδυασμός των διανυσμάτων αυτών με τους χάρτες του VectOr.

Ένα βασικό διάγραμμα ροής εργασιών, όπως δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρεία στα εγχειρίδια χρήσεις, παρατίθεται στην Εικόνα 1.

Το πρώτο βήμα στην όλη διαδικασία είναι η διόρθωση των εικόνων από τα σφάλματα σάρωσης πριν αυτές εισαχθούν στο λογισμικό, κάτι που μπορεί να παραλειφθεί εφόσον χρησιμοποιηθεί φωτογραμμετρικός σαρωτής. Ακολούθως δημιουργείται η βάση δεδομένων του έργου με τον καθορισμό του ονόματός του, των παραμέτρων της μηχανής λήψης των εικόνων και την εισαγωγή των εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο, με τον παράλληλο καθορισμό της διάταξής τους. Στη συνέχεια εκτελείται ο αεροτριγωνισμός, ο οποίος περιλαμβάνει την επιλογή της μηχανής, την υπολογισμό του εσωτερικού προσανατολισμού, τις μετρήσεις των σημείων ελέγχου (control points) και των σημείων σύνδεσης (tie points) και τέλος τον καθορισμό του σχετικού προσανατολισμού. Ακολούθως

πραγματοποιείται η επίλυση και η συνόρθωση των προηγούμενων και υπολογίζονται οι παράμετροι του εξωτερικού προσανατολισμού. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου, ο χρήστης πλέον μπορεί να δημιουργήσει Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM), τρισδιάστατα διανύσματα, μοντέλο υψομέτρων (DEM), ορθοφωτομωσαϊκό και ψηφιακούς χάρτες. Επιπρόσθετα, παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης με περιβάλλον CAD ή και GIS.



Εικόνα 1. Διάγραμμα Ροής Εργασιών του Photomod 4.3.

1.2. Είδη έργων

Όπως έχει είδη αναφερθεί, το Photomod είναι ένας πλήρης Ψηφιακός Φωτογραμμετρικός Σταθμός. Τα έργα που μπορεί αυτό να διαχειριστεί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

Η μια από αυτές είναι εκείνα τα έργα των οποίων οι εικόνες χαρακτηρίζονται από την κεντρική προβολή. Πρόκειται για αεροφωτογραφίες ή επίγειες λήψεις με φωτογραφική μηχανή. Ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί είτε σύνολο φωτογραφιών (block) είτε μεμονωμένες φωτογραφίες (single image).

Επίσης παρέχεται η δυνατότητα διάσπασης μεγάλων ομάδων εικόνων σε μικρότερα έργα και επανασύνδεσής τους στη συνέχεια (merging projects). Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή η παράλληλη επεξεργασία τμημάτων του έργου από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, στο στάδιο του Αεροτριγωνισμού.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα έργα δορυφορικών εικόνων. Σε περίπτωση που πρόκειται για μία μόνο εικόνα ή οι επικαλύψεις είναι πολύ μικρές τότε επιλέγεται ο τύπος Monoblock. Διαφορετικά χρησιμοποιείται η λειτουργία Stereoblock.

Το λογισμικό χρησιμοποιεί τρεις διαφορετικούς τρόπους για την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων. Ο ένας από αυτούς απαιτεί λιγότερα σημεία επίγειου ελέγχου (Ground Control Points – GCP) και παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό των παραμέτρων του εξωτερικού προσανατολισμού. Για να επιτευχθεί αυτό λαμβάνονται υπόψη οι παράμετροι του αισθητήρα λήψης της δορυφορικής εικόνας και εφαρμόζονται αυστηρά μαθηματικοί αλγόριθμοι κατά την επεξεργασία των εικόνων και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι εντός της ανάλυσης των εικόνων. Η μεθοδολογία αυτή πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού (4.4) μόνο για τους ακόλουθους τύπους εικόνων: SPOT (1A, SISA, CAP & DIMAP), ASTER (1A, HDF), EROS (RAW) & FORMOSAT-2.

Ο δεύτερος τρόπος επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων είναι πιο ευρύς στη χρήση του και ονομάζεται Generic (γενικός). Χρησιμοποιεί αλγορίθμους Άμεσου Γραμμικού Μετασχηματισμού DLT (Direct Linear Transformation) και Παράλληλης Προβολής (Parallel-perspective). Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους εικόνων με το μειονέκτημα ότι απαιτείται ικανοποιητικός αριθμός φωτοσταθερών (τουλάχιστον 10 ανά εικόνα).

Ο τρίτος τρόπος επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων περιλαμβάνει τη χρήση πρόσθετων παραμέτρων (RPC), οι οποίες είναι διαθέσιμες για τους δορυφόρους IKONOS, QuickBird και OrbView-3. Σε αυτή την περίπτωση επιτυγχάνονται ακριβή φωτογραμμετρικά αποτελέσματα με χρήση λίγων σταθερών σημείων.

Τέλος, μια ακόμη κατηγορία έργου αποτελούν οι αεροφωτογραφίες που προκύπτουν από τον ψηφιακό δέκτη ADS 40 της εταιρείας Leica Geosystems.

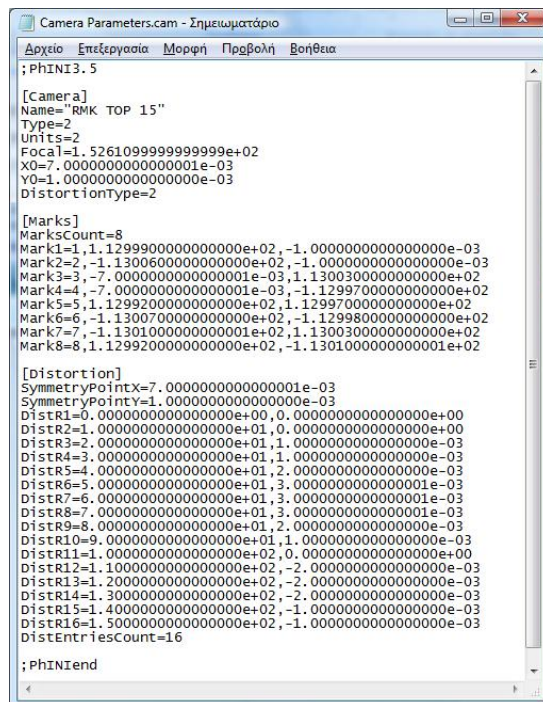
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

2.1. Εισαγωγή στοιχείων βαθμονόμησης φωτομηχανής

Το λογισμικό έχει ενσωματωμένη μια βάση δεδομένων, όπου ο χρήστης εισάγει και αποθηκεύει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις μηχανές λήψης φωτογραφιών που χρησιμοποιεί. Η βάση αυτή ενημερώνεται ανεξάρτητα από το τρέχον έργο και είναι κοινή για όλα τα επόμενα projects που θα εκτελεστούν. Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται προέρχονται από τη βαθμονόμηση της μηχανής και χρησιμοποιούνται στα στάδια της εκτέλεσης του έργου από το λογισμικό.

Σε κάθε νέο έργο ο χρήστης θα πρέπει είτε να επιλέξει από την υπάρχουσα λίστα την κατάλληλη μηχανή, είτε να εισαγάγει τα στοιχεία της νέας μηχανής που χρησιμοποιήθηκε στο εν λόγω έργο. Η εισαγωγή των στοιχείων γίνεται με δύο τρόπους, ανάλογα με τη διαθέσιμη μορφή των δεδομένων.

Ο ένας από αυτούς είναι η εισαγωγή ενός αρχείου κειμένου, μέσα στο οποίο βρίσκονται αποθηκευμένες όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται, με συγκεκριμένη μορφοποίηση. Πρόκειται για μία πολύ απλή λειτουργία με ελάχιστες απαιτήσεις τόσο σε χρόνο όσο και σε γνώσεις από τον χειριστή, και η οποία σχεδόν μηδενίζει τις πιθανότητες χονδροειδούς σφάλματος. Ένα παράδειγμα τέτοιου αρχείου δίνεται στην εικόνα που ακολουθεί [Εικόνα 2]. Το αρχείο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί χειροκίνητα από τον χρήστη, με πληκτρολόγηση των δεδομένων, ή να εξαχθεί από το λογισμικό, εφόσον τα στοιχεία της μηχανής υπάρχουν στη βάση δεδομένων του.



```
Camera Parameters.cam - Σημειωματάριο
;PHINI3. 5

[Camera]
Name="RMK TOP 15"
Type=2
Units=2
Focal=1.5261099999999999e+02
X0=7.0000000000000001e-03
Y0=1.0000000000000000e-03
DistortionType=2

[Marks]
MarksCount=8
Mark1=1,1.1299900000000000e+02,-1.0000000000000000e-03
Mark2=2,-1.1300600000000000e+02,-1.0000000000000000e-03
Mark3=3,-7.0000000000000001e-03,1.1300300000000000e+02
Mark4=4,-7.0000000000000001e-03,-1.1299700000000000e+02
Mark5=5,1.1299200000000000e+02,1.1299700000000000e+02
Mark6=6,-1.1300700000000000e+02,-1.1299800000000000e+02
Mark7=7,-1.1301000000000001e+02,1.1300300000000000e+02
Mark8=8,1.1299200000000000e+02,-1.1301000000000001e+02

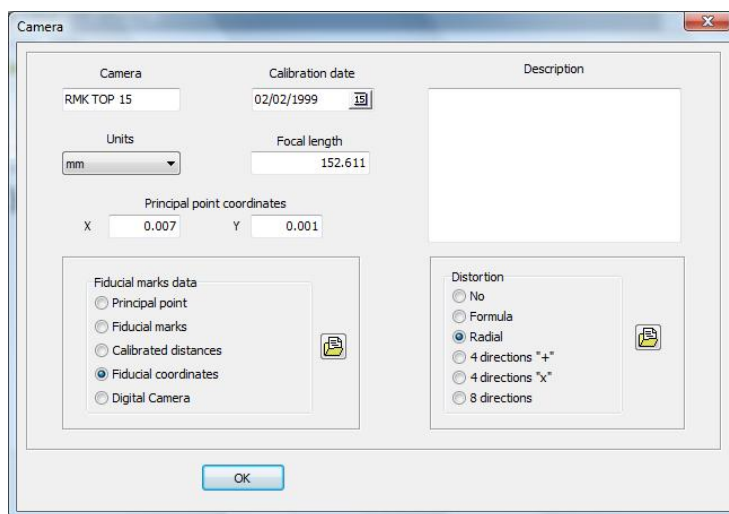
[Distortion]
SymmetryPointX=7.0000000000000001e-03
SymmetryPointY=1.0000000000000000e-03
DistR1=0.0000000000000000e+00,0.0000000000000000e+00
DistR2=1.0000000000000000e+01,0.0000000000000000e+00
DistR3=2.0000000000000000e+01,1.0000000000000000e-03
DistR4=3.0000000000000000e+01,1.0000000000000000e-03
DistR5=4.0000000000000000e+01,2.0000000000000000e-03
DistR6=5.0000000000000000e+01,3.0000000000000000e-03
DistR7=6.0000000000000000e+01,3.0000000000000000e-03
DistR8=7.0000000000000000e+01,3.0000000000000000e-03
DistR9=8.0000000000000000e+01,2.0000000000000000e-03
DistR10=9.0000000000000000e+01,1.0000000000000000e-03
DistR11=1.0000000000000000e+02,0.0000000000000000e+00
DistR12=1.1000000000000000e+02,-2.0000000000000000e-03
DistR13=1.2000000000000000e+02,-2.0000000000000000e-03
DistR14=1.3000000000000000e+02,-2.0000000000000000e-03
DistR15=1.4000000000000000e+02,-1.0000000000000000e-03
DistR16=1.5000000000000000e+02,-1.0000000000000000e-03
DistEntriesCount=16

;PHINIend
```

Εικόνα 2. Αρχείο κειμένου με τις παραμέτρους της μηχανής.

Όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο αρχείο αυτό μπορούν να εισαχθούν και μεμονωμένα στο πρόγραμμα με τη βοήθεια ενός οδηγού [Εικόνα 3], και αυτός είναι ο δεύτερος τρόπος εισαγωγής τους. Ο χρήστης δηλώνει το όνομα της μηχανής, την ημερομηνία βαθμονόμησης της, τις μονάδες μέτρησης των στοιχείων που θα δηλωθούν και την βαθμονομημένη σταθερά της μηχανής. Επίσης δηλώνονται και οι συντεταγμένες (αποκλίσεις) του Πρωτεύοντος σημείου στο σύστημα των εικονοσημάτων. Στη συνέχεια

παρέχονται διάφορες δυνατότητες για την εισαγωγή των στοιχείων που αφορούν τα εικονοσήματα καθώς και τη διαστρόφη.



Εικόνα 3. Φόρμα εισαγωγής στοιχείων βαθμονόμησης.

Ανάλογα με τα διαθέσιμα στοιχεία, οι πληροφορίες για τα εικονοσήματα μπορούν να δηλωθούν στο λογισμικό με μια από τις ακόλουθες επιλογές. Προσοχή απαιτείται ώστε όλα τα δεδομένα να αναφέρονται στις ίδιες μονάδες (units), οι οποίες μπορεί να είναι χιλιοστά (mm) ή εικονοστοιχεία (pixels)

- Principal point. Επιλέγεται και χρησιμοποιείται για τον εσωτερικό προσανατολισμό στις περιπτώσεις όπου δεν είναι διαθέσιμες οι πληροφορίες βαθμονόμησης της μηχανής.
- Fiducial marks. Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για τον εσωτερικό προσανατολισμό, στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες οι συντεταγμένες ή οι αποστάσεις των εικονοσημάτων.
- Calibrated distances. Με αυτή την επιλογή δηλώνονται και χρησιμοποιούνται οι αποστάσεις που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση μεταξύ των αντιδιαμετρικών εικονοσημάτων.
- Fiducial coordinates. Δηλώνονται οι x,y συντεταγμένες των εικονοσημάτων, σύμφωνα με το φύλλο βαθμονόμησης.
- Digital camera. Εισάγονται οι παράμετροι της ψηφιακής κάμερας σε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί τέτοια για τη λήψη των εικόνων.

Αντίστοιχες είναι και οι επιλογές που παρέχονται στους χρήστες για την εισαγωγή των στοιχείων της βαθμονόμησης, που αφορούν στην διαστρόφη.

- No. Για τα έργα στα οποία δεν είναι γνωστή τέτοια πληροφορία.
- Formula. Όταν η διαστρόφη περιγράφεται με κάποια μαθηματική συνάρτηση με γνωστές παραμέτρους. Συνήθως αυτή η συνάρτηση είναι ένα πολυώνυμο.
- Radial. Όταν η διαστρόφη δηλώνεται με ένα σύνολο από τιμές που εξαρτώνται από την απόστασή τους από το πρωτεύον σημείο.

- 4 directions “+”. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των τιμών της διαστροφής κατά μήκος των αξόνων της εικόνας.
- 4 directions “x”. Αντίστοιχα με το προηγούμενο, επιλέγεται όταν οι τιμές της διατροφής είναι γνωστές κατά μήκος των διαγωνίων.
- 8 directions. Στην περίπτωση που τα στοιχεία και των δύο προηγούμενων επιλογών είναι γνωστά, δηλαδή όταν διατίθενται τιμές της διαστροφής τόσο κατά μήκος των αξόνων όσο και στις διαγώνιους, τότε χρησιμοποιείται αυτή η επιλογή για την εισαγωγή τους στο λογισμικό.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθούν κάποιες παρατηρήσεις. Είναι σημαντικό για τη σωστή λειτουργία του λογισμικού να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις μονάδες που χρησιμοποιούνται. Ανεξαρτήτως του τρόπου εισαγωγής των δεδομένων της διαστροφής (μαθηματικός τύπος ή πίνακας στοιχείων) οι μονάδες θα πρέπει να είναι ίδιες με αυτές που επιλέχθηκαν στην αρχική φόρμα. Ένα δεύτερο σημείο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι τα πρόσημα των τιμών της διαστροφής. Καθώς δεν υπάρχει κάποιος κανόνας που να μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση, είναι πολύ σημαντικό να δηλωθούν από τον χρήστη τα σωστά πρόσημα. Από την κατασκευάστρια εταιρεία προτείνεται ο έλεγχος και πιθανώς η διόρθωσή τους σε περίπτωση μη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων μετά την συνόρθωση του block.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής των δεδομένων των φωτομηχανών σε αρχείο κειμένου. Μια καλή τακτική για μεγάλα έργα είναι η αρχική εισαγωγή των δεδομένων και στη συνέχεια η εξαγωγή τους σε αρχείο κειμένου, με αυτόν τον τρόπο, κάθε σταθμός εργασίας να μπορεί να εισάγει τα δεδομένα χωρίς κινδύνους λάθους και σε σημαντικά μειωμένο χρόνο.

2.2. Σύστημα συντεταγμένων

Ο καθορισμός του κατάλληλου συστήματος συντεταγμένων είναι μια σημαντική διαδικασία, καθώς επηρεάζει άμεσα τα αποτελέσματα. Φυσικά πρόκειται για μια εύκολη διαδικασία, αντιληπτή και κατανοητή από κάθε χρήστη με βασικές γνώσεις στο αντικείμενο. Εξάλλου, το λογισμικό είναι εξοπλισμένο από την εταιρεία ανάπτυξής του με μια αρκετά ενημερωμένη Βάση Δεδομένων η οποία περιλαμβάνει τα περισσότερα γνωστά χρησιμοποιούμενα συστήματα. Για έργα που αφορούν την χώρα μας το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα ΕΓΣΑ 87 περιλαμβάνεται στη λίστα (GGRS87/Greek Grid).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΡΓΩΝ

3.1. Εισαγωγή

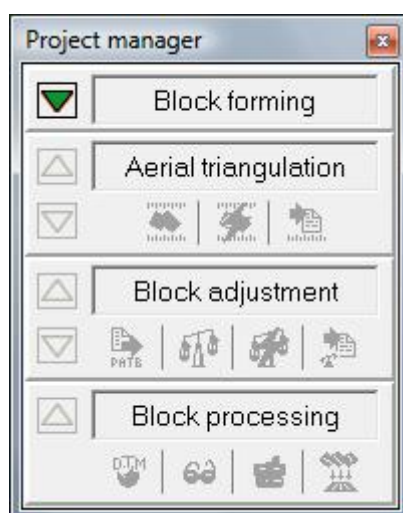
Στο λογισμικό διακρίνονται τέσσερα στάδια εργασιών μέσα από τα οποία επιτυγχάνεται η επεξεργασία των εικόνων και η ολοκλήρωση του έργου [Εικόνα 4]. Αυτά είναι:

α. η σύνθεση των μπλοκ (*block forming*), που περιλαμβάνει την εισαγωγή και σωστή τοποθέτηση, όσον αφορά την αλληλουχία των εικόνων και τον πρώτο «χονδρικό» προσανατολισμό τους (ως προς τις τέσσερις διευθύνσεις)

β. ο αεροτριγωνισμός (*aerial triangulation*), ο οποίος περιλαμβάνει την επίλυση του εσωτερικού προσανατολισμού, τις μετρήσεις των επίγειων σημείων ελέγχου (GCP) και τις μετρήσεις των σημείων σύνδεσης τόσο μεταξύ των εικόνων σε μια λωρίδα, όσο και των λωρίδων του έργου μεταξύ τους

γ. η επίλυση και η συνόρθωση του συνόλου των εικόνων του έργου (*block adjustment*) που δεν είναι άλλο από τον προσανατολισμό των εικόνων σχετικά με το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, με άλλα λόγια ο εξωτερικός προσανατολισμός. Μετά και την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στην

δ. επεξεργασία του συνόλου των εικόνων (*block processing*). Σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται η στερεοαπόδοση (*Stereo Draw*), η δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (*DTM*), η δημιουργία ορθοφωτοχάρτη (*Mosaic*) και η δημιουργία και εκτύπωση ψηφιακών χαρτών



Εικόνα 4. Στάδια επεξεργασίας εικόνων

3.2. Σύνθεση εικόνων – Block Forming

Όπως προαναφέρθηκε, στο πρώτο αυτό στάδιο της εισαγωγής των εικόνων το λογισμικό απαιτεί από τον χρήστη την απλή τοποθέτηση κάθε εικόνας στη λογική της θέση. Με άλλα λόγια μετά την εισαγωγή κάθε αρχείου, ο χρήστης καλείται να εκτελέσει τις απαραίτητες περιστροφές και μεταθέσεις, ώστε να σχηματιστεί η σωστή αλληλουχία εικόνων και λωρίδων.

Οι τύποι των αρχείων που υποστηρίζει το λογισμικό φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

TIFF & GeoTiff	GIF
BMP	PNG
RSW	PCIDSK
IMG	JPEG2000
NITF	USGS DEM
JPEG	

Πίνακας 1. Υποστηριζόμενα format αεροφωτογραφιών.

Κατά την εισαγωγή, το λογισμικό δίνει την δυνατότητα να εκτελεστεί μια συμπίεση στις εικόνες που χρησιμοποιούνται, με εφαρμογή ενός εκ των δύο διαθέσιμων αλγορίθμων:

LZW : συμπίεση χωρίς ταυτόχρονη μείωση της ποιότητας της εικόνας

JPEG : συμπίεση σε επίπεδο που ο χρήστης επιθυμεί, με παράλληλη μείωση της ποιότητας της εικόνας.

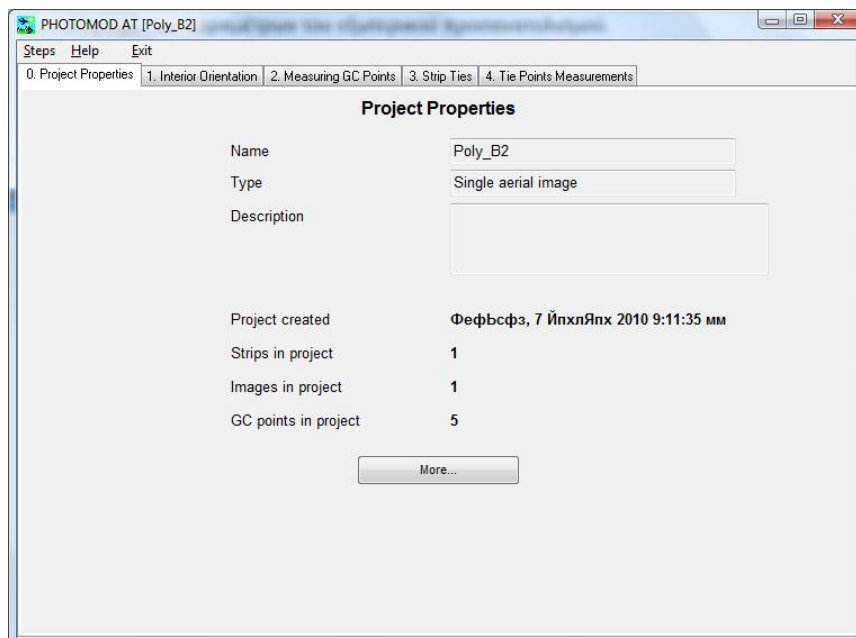
Η διαδικασία της συμπίεσης είναι αρκετά χρήσιμη σε περιπτώσεις έργων με πολλά αρχεία εικόνων, αφού μετά την εκτέλεσή της μειώνεται σημαντικά το μέγεθος των αρχείων που επεξεργάζεται το λογισμικό. Να σημειωθεί εδώ ότι, σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος, μια συμπίεση σε επίπεδο 80% μειώνει τον όγκο των δεδομένων 5 έως 7 φορές και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των αποτελεσμάτων της συνόρθωσης.

3.3. Αεροτριγωνισμός

Η διαδικασία του αεροτριγωνισμού στο Photomod πραγματοποιείται μέσα από το υποπρόγραμμα Photomod Aerial Triangulation (AT), το οποίο καθοδηγεί τον χρήστη στην συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για την εκτέλεση του τριγωνισμού. Η διαδικασία συλλογής δεδομένων διακρίνεται σε τέσσερα στάδια. Πρώτο από αυτά είναι ο εσωτερικός προσανατολισμός. Στη συνέχεια εισάγονται οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών (Ground Control Points) και εκτελούνται οι απαραίτητες μετρήσεις των σημείων αυτών πάνω στις εικόνες. Τέλος μετρώνται και τα σημεία σύνδεσης στις επικαλυπτόμενες περιοχές. Όταν ολοκληρωθούν όλες οι ενέργειες του τριγωνισμού, ακολουθεί η επίλυση μέσα από το

υποπρόγραμμα Photomod Solver, το οποίο με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό των παραμέτρων του εξωτερικού προσανατολισμού.

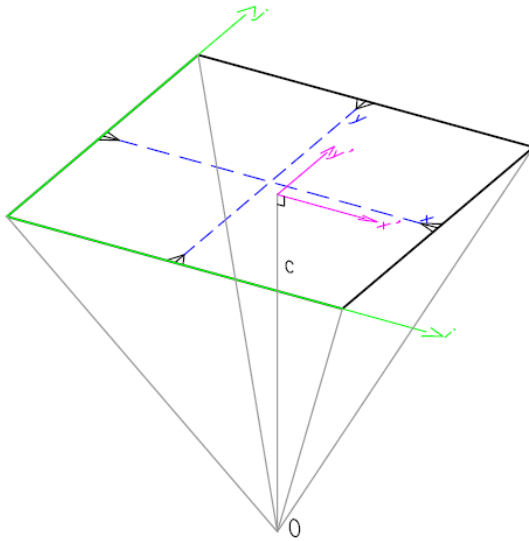
Το παράθυρο διεπαφής του AT αποτελείται από 5 συνολικά καρτέλες. Η πρώτη περιλαμβάνει τα γενικά στοιχεία του έργου ενώ κάθε μία από τις υπόλοιπες περιλαμβάνει και τα στοιχεία ενός εκ των σταδίων της διαδικασίας. [Εικόνα 5].



Εικόνα 5. Παράθυρο του Photomod AT.

3.3.1. Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού – Interior Orientation

Εσωτερικός προσανατολισμός είναι η περιγραφή της εσωτερικής γεωμετρίας της μηχανής και η αποκατάστασή του αφορά τη διαδικασία αποκατάστασης της φωτεινής δέσμης, όπως αυτή σχηματίστηκε κατά τη στιγμή λήψης της φωτογραφίας. Όλα τα απαραίτητα στοιχεία δίνονται από τη διαδικασία βαθμονόμησης της μηχανής. Αυτά είναι η εστιακή απόσταση ή η βαθμονομημένη σταθερά c της μηχανής, οι συντεταγμένες x_0, y_0 του πρωτεύοντος σημείου, οι τιμές της ακτινικής και ενδεχομένως και εφαπτομενικής διαστρόφης και οι συντεταγμένες των εικονοσημάτων. Αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι ο προσδιορισμός των απαραίτητων παραμέτρων για το μετασχηματισμό των συντεταγμένων από το σύστημα που χρησιμοποιεί ο χρήστης για τη μέτρηση των εικονοσυντεταγμένων (i, j) στο σύστημα συντεταγμένων της ιδανικής κεντρικής προβολής (x', y') , η οποία απαιτείται για να ισχύσει η συνθήκη συγγραμμικότητας. Στην εικόνα που ακολουθεί δίνονται τα συστήματα αυτά και στη συνέχεια περιγράφονται οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό για το μετασχηματισμό των συντεταγμένων



(i,j) : σύστημα μέτρησης
εικονοσυντεταγμένων

(x,y) : σύστημα συντεταγμένων
που ορίζεται από τα
εικονοσήματα της φωτογραφίας

(x', y') : σύστημα συντεταγμένων
της ιδανικής κεντρικής προβολής

Εικόνα 6. Συστήματα Συντεταγμένων σε μία φωτογραφία.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει μια εκτενής αναφορά στους διάφορους τύπους μετασχηματισμού που χρησιμοποιεί το λογισμικό για τη μετατροπή των συντεταγμένων. Είναι στο σύνολό τους πέντε, και επιλέγεται ο καταλληλότερος ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Εφόσον εισαχθούν κατά τη διάρκεια του εσωτερικού προσανατολισμού μόνο οι συντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου, οι εξισώσεις που περιγράφουν τον μετασχηματισμό είναι οι ακόλουθες:

$$x = x_c - x_c^o \quad y = y_c - y_c^o$$

όπου x,y : οι συντεταγμένες ενός σημείου στο σύστημα συντεταγμένων της ιδανικής κεντρικής προβολής

x_c, y_c : οι συντεταγμένες του σημείου στο σύστημα που ορίζεται από τα εικονοσήματα

x_c^o, y_c^o : οι συντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου στο σύστημα των εικονοσημάτων

Σε αυτή την περίπτωση ο μετασχηματισμός δεν περιλαμβάνει στροφή και επομένως οι άξονες των δύο συστημάτων είναι παράλληλοι. Για την εφαρμογή του θα πρέπει στο παράθυρο διαλόγου “Cameras Editor” και στην ομάδα “fiducial marks data” να επιλεγθεί το “Principal point” .

Ο δεύτερος διαθέσιμος μετασχηματισμός εφαρμόζεται μέσα από την επιλογή “Calibrated distances” και περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$x = x_c^* + k_x (\cos \varphi x_c - \sin \varphi y_c)$$

$$y = y_c^* + k_y (\cos \varphi x_c + \sin \varphi y_c)$$

όπου

x_c^*, y_c^* : οι συντεταγμένες της αρχής του συστήματος της αεροφωτογραφίας, εκφρασμένες στο σύστημα συντεταγμένων της ψηφιακής εικόνας

ϕ : η γωνία στροφής του συστήματος του φιλμ, αναφορικά με το σύστημα συντεταγμένων της ψηφιακής εικόνας

k_x, k_y : οι συντελεστές παραμόρφωσης του φιλμ κατά μήκος των x και y αξόνων

Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες οι αποστάσεις μεταξύ των εικονοσημάτων θα πρέπει να γίνει επιλογή του μετασχηματισμού “Fiducial marks” που εκφράζεται από τις εξισώσεις

$$x = x_c^* + \cos\phi x_c - \sin\phi y_c$$

$$y = y_c^* + \sin\phi x_c + \cos\phi y_c$$

Στην επιλογή “Fiducial coordinates” είναι διαθέσιμοι από το λογισμικό τόσο ο αφινικός όσο και ο προβολικός μετασχηματισμός, οι οποίοι εφαρμόζονται για την μετατροπή των συντεταγμένων και την διόρθωση των συστηματικών σφαλμάτων. Να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με το εγχειρίδιο του λογισμικού, ο αφινικός μετασχηματισμός είναι καταλληλότερος για την επεξεργασία των αεροφωτογραφιών ενώ ο προβολικός ενδείκνυται για επίγειες φωτογραφίες.

Στον αφινικό μετασχηματισμό χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις

$$x = a_0 + a_1x_c + a_2y_c \quad y = b_0 + b_1x_c + b_2y_c$$

ενώ στον προβολικό

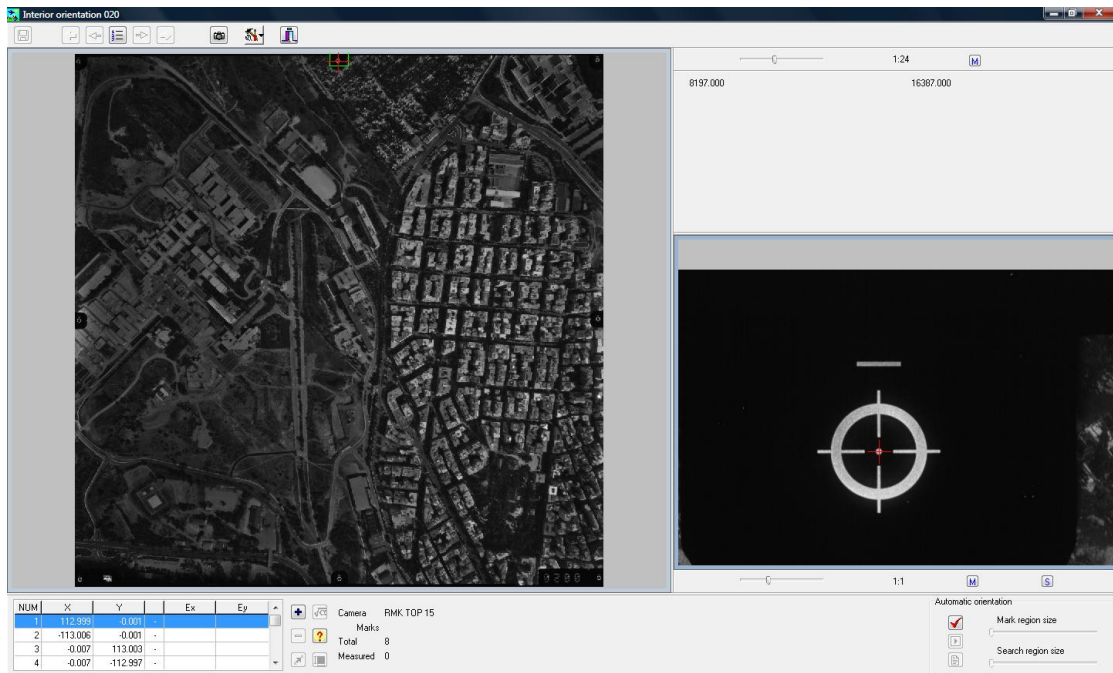
$$x = (A_1x_c + A_2y_c + A_3) / (C_1x_c + C_2y_c + 1)$$

$$y = (B_1x_c + B_2y_c + B_3) / (C_1x_c + C_2y_c + 1)$$

όπου τα στοιχεία A_i, B_i, C_i είναι οι παράμετροι του μετασχηματισμού.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την εκτέλεση του αφινικού μετασχηματισμού απαιτούνται να μετρηθούν τουλάχιστον 3 εικονοσήματα ενώ για τον προσδιορισμό των παραμέτρων του προβολικού μετασχηματισμού είναι απαραίτητες οι μετρήσεις προς 4 τουλάχιστον εικονοσήματα.

Για την επίτευξη του εσωτερικού προσανατολισμού το λογισμικό ζητάει από τον χρήστη να «σκοπεύσει» τα εικονοσήματα κάθε εικόνας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το ακόλουθο παράθυρο [Εικόνα 7]



Εικόνα 7. Παράθυρο διαλόγου για μέτρηση εικονοσημάτων κατά τη διαδικασία του εσωτερικού προσανατολισμού.

Το παράθυρο αυτό διακρίνεται από 3 λειτουργικές ενότητες. Η μία από αυτές είναι η απεικόνιση ολόκληρης της φωτογραφίας, ώστε ο χρήστης να έχει πλήρη αίσθηση της περιοχής που απεικονίζεται. Δεξιά από αυτή υπάρχει ένα παράθυρο που λειτουργεί σαν μεγεθυντικός φακός και εστιάζει σε μια μικρή περιοχή της όλης φωτογραφίας. Αυτό συμβάλλει ουσιαστικά την ακριβή στόχευση του εικονοσήματος και κατ' επέκταση την επίτευξη αποτελεσμάτων με καλύτερη ακρίβεια. Το τρίτος μέρος του παραθύρου περιλαμβάνει, εκτός από τα εικονίδια που εκτελούν τις απαραίτητες εντολές, και τον πίνακα όπου εμφανίζονται τα εικονοσήματα με τις συντεταγμένες τους και τα υπολειπόμενα σφάλματα (E_x , E_y), όπως προκύπτουν από τον μετασχηματισμό. Φυσικά τα E_x και E_y υπολογίζονται μόνο στις περιπτώσεις που είναι γνωστές από την βαθμονόμηση οι συντεταγμένες των εικονοσημάτων.

Μια πολύ χρήσιμη λειτουργία του λογισμικού στο στάδιο αυτό είναι η ικανότητα πρόβλεψης του επόμενου εικονοσήματος. Από τη στιγμή που στοχευθούν τα πρώτα 2 σημεία, τότε για τα επόμενα εικονοσήματα το λογισμικό εστιάζει από μόνο του στην γειτονική περιοχή του επόμενου. Το μόνο που απομένει στον χρήστη είναι η ακριβής στόχευση του σημείου και έτσι η διαδικασία ολοκληρώνεται ταχύτατα και με ελαχιστοποίηση των χονδροειδών σφαλμάτων.

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας επιλέγεται από τον χρήστη απλώς ο επιθυμητός τύπος μετασχηματισμού, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα. Ως άμεσο αποτέλεσμα δίνονται στην οθόνη τα σφάλματα (\max και Rms) κατά X και Y άξονα. Οι μονάδες τους είναι αυτές που αρχικά επιλέχθηκαν για την εισαγωγή των στοιχείων βαθμονόμησης (συνήθως mm).

Άλλη μία πολύ σημαντική από άποψη ευκολίας λειτουργία που περιέχει το λογισμικό είναι η αυτοματοποίηση της παραπάνω περιγραφόμενης διαδικασίας. Σε περίπτωση που το έργο αποτελείται από σύνολο φωτογραφιών, αρκεί ο χειροκίνητος προσδιορισμός του εσωτερικού προσανατολισμού μόνο για την πρώτη από αυτές. Στη συνέχεια εκτελείται η αυτόματη διαδικασία, όπως περιγράφεται ακολούθως.

Ύστερα από τις μετρήσεις στην πρώτη εικόνα, στην περίπτωση που το έργο αποτελείται από ένα σύνολο εικόνων, είναι δυνατή η επιλογή της αυτόματης διαδικασίας προσανατολισμού των εικόνων. Ο χρήστης καλείται να ορίζει δύο βασικές παραμέτρους, που δεν είναι άλλες από το «πρότυπο» του εικονοσήματος και το μέγεθος της γειτονικής του περιοχής, για την αναζήτηση στο σύνολο της εικόνας. Στη συνέχεια ανοίγει το παράθυρο στο οποίο δηλώνονται ο επιθυμητός τύπος μετασχηματισμού, το μέγιστο αποδεκτό σφάλμα και ο συντελεστής συσχέτισης (με προκαθορισμένη τιμή 0,9). Ο συντελεστής αυτός συγκρίνει το υποψήφιο εικονόσημα με το πρότυπο και καθορίζει αν θα γίνει αποδεκτό ή όχι.

3.3.2. Μετρήσεις φωτοσταθερών

Το επόμενο στάδιο κατά τη διαδικασία του αεροτριγωνισμού είναι η εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν τα φωτοσταθερά. Αρχικά εισάγεται η λίστα με τις συντεταγμένες των σημείων και στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να τα αναγνωρίσει και να τα «σκοπεύσει» στην εικόνα.

Τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό για κάθε σημείο είναι το όνομα και οι συντεταγμένες του (X, Y, Z). Εάν κάποιο σημείο χρησιμοποιείται μόνο ως οριζοντιογραφικό ή μόνο ως υψομετρικό, τότε τα αντίστοιχα πεδία των άγνωστων τιμών, Z ή X, Y αντίστοιχα παραμένουν κενά. Προαιρετικά δίνεται η δυνατότητα να εισαχθεί και να ληφθεί υπόψη και μία ακόμα τιμή για κάθε συντεταγμένη, η οποία επέχει θέση βάρους. Στη λίστα με τις συντεταγμένες των φωτοσταθερών είναι δυνατό να περιλαμβάνονται και σημεία ελέγχου, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ακρίβειας της συνόρθωσης. Όλα τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό είτε με πληκτρολόγηση από τον χρήστη είτε από έτοιμο αρχείο κειμένου.

Στη δεύτερη περίπτωση, το αρχείο θα πρέπει να ακολουθεί αυστηρά καθορισμένη δομή, έτσι ώστε το λογισμικό να αναγνωρίζει το είδος κάθε τιμής που περιέχεται σε αυτό. Ένα παράδειγμα τέτοιου αρχείου δίνεται στη συνέχεια.

```
SyntetagmenesCP.txt
100000,481464.574,4202489.386,301.001,1.00,1.00,1.00
100001,481491.089,4202608.954,*
100002,*,*,282.274
100003,480587.363,4203603.884,211.340
... ..
```


Όπως είναι φανερό, κάθε γραμμή αφορά και ένα σημείο, του οποίου οι πληροφορίες δίνονται με την ακόλουθη σειρά:

Όνομα, X, Y, Z, Βάρος X, Βάρος Y, Βάρος Z, Σχόλιο.

Εάν κάποιο από τα στοιχεία αυτά είναι άγνωστο, τότε στην αντίστοιχη θέση μπαίνει ο χαρακτήρας *. Επίσης, αντί για κόμμα (,) τα δεδομένα μπορούν να διαχωρίζονται είτε με κενό, είτε με «tab» είτε και με «:» .

Κατά την εισαγωγή των σημείων με χρήση αρχείου, είναι δυνατόν είτε να εισαχθούν όλα τα σημεία είτε ορισμένα από αυτά, εφόσον επιλεγθούν. Τα σημεία από κάθε αρχείο προστίθενται στο τέλος της λίστας και εφόσον προκύψουν διπλοεγγραφές, τότε το νέο σημείο μετονομάζεται προσθέτοντας στο τέλος του ονόματος τον χαρακτήρα 0. Εάν κάποιο από τα σημεία έχει μετρηθεί μόνο σε μία φωτογραφία, τότε σε πιθανή διαγραφή του από τη λίστα των φωτοσταθερών διαγράφεται ολοκληρωτικά. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν δηλαδή έχει στοχευθεί σε περισσότερες φωτογραφίες, τότε η διαγραφή του από τη λίστα το υποβιβάζει σε σημείο σύνδεσης μεταξύ φωτογραφιών.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι αντίστοιχη αντιμετώπιση έχουν και οι συντεταγμένες των κέντρων λήψης των φωτογραφιών. Στην περίπτωση που αυτή η πληροφορία είναι διαθέσιμη σε κάποιο έργο, τότε εισάγεται στο λογισμικό με αντίστοιχο τρόπο με αυτόν που περιγράφηκε προηγουμένως. Η μόνη διαφοροποίηση είναι το όνομα του σημείου, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να είναι ίδιο με το όνομα της αντίστοιχης εικόνας.

Ένας άλλος τρόπος για την εισαγωγή των συντεταγμένων των σταθερών είναι με χρήση γεωαναφερμένου χάρτη. Μπορεί να εισαχθεί στο λογισμικό ένα σαρωμένο ψηφιακό υπόβαθρο το οποίο περιλαμβάνει την ίδια εδαφική έκταση με τις εικόνες και ύστερα να πραγματοποιηθεί η απαραίτητη γεωαναφορά, ώστε όλα τα σημεία του να αποκτήσουν τις σωστές συντεταγμένες. Αν και η γεωαναφορά μπορεί να πραγματοποιηθεί από το λογισμικό με ένα μόνο σημείο (και σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ότι η μονάδα μέτρησης είναι το ένα pixel και οι άξονες συμπίπτουν), προτείνεται η χρήση τουλάχιστον τεσσάρων για τον προσδιορισμό με ικανοποιητική ακρίβεια όλων των απαιτούμενων παραμέτρων του αφινικού μετασχηματισμού. Ακολούθως, μπορεί να στοχευθεί κάθε πρόσθετο σημείο και οι γεωδαιτικές του συντεταγμένες θα προστεθούν στη λίστα του αρχείου γεωαναφοράς του χάρτη. Για κάθε νέο σημείο το λογισμικό προτρέπει τον χρήστη να επεξεργαστεί το όνομά του, τον τύπο του (σταθερό ή σημείο ελέγχου) και ενδεχομένως να προσθέσει κάποιο σχόλιο. Επίσης μπορεί να εισαγάγει ή να επεξεργαστεί το υψόμετρο του σημείου καθώς και τα βάρη των τριών συντεταγμένων. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση που είναι διαθέσιμο κάποιο διανυσματικό ψηφιακό αρχείο, με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση δεν απαιτείται γεωαναφορά.

Ύστερα από την ολοκλήρωση της λίστας των συντεταγμένων σειρά έχει η αναγνώρισή τους από τον χρήστη και η στόχευσή τους στην εικόνα μέσα από το λογισμικό (measurement point). Κάθε ένα από τα φωτοσταθερά θα πρέπει να μετρηθεί αρχικά μόνο σε μία εικόνα. Έτσι, τα σημεία εκείνα που εμφανίζονται σε περισσότερες χρησιμοποιούνται στο στάδιο αυτό μόνο σε μία ως σταθερά και σε επόμενο στάδιο ως σημεία σύνδεσης μεταξύ

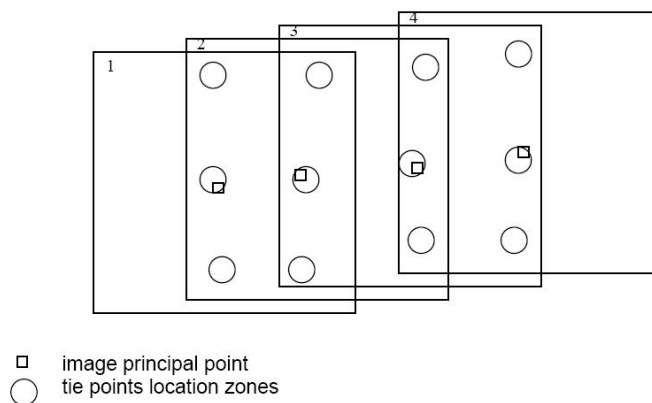
εικόνων ή και λωρίδων. Η διαδικασία μέτρησης είναι πολύ απλή. Αφού επιλεγθεί το επιθυμητό σημείο από τη λίστα, στοχεύεται πάνω στην εικόνα και στη συνέχεια αποθηκεύεται η μέτρηση. Σε περίπτωση λάθους είναι δυνατόν ο χρήστης να επανέλθει στο σημείο και να αλλάξει την αρχική στόχευση ή και να διαγράψει το σημείο.

Μία σημαντική βοήθεια που παρέχει το λογισμικό είναι η δυνατότητά του να προβλέπει τη θέση των σημείων. Έτσι, μετά τα δύο πρώτα σημεία, για κάθε επόμενο που επιλέγεται, ο στόχος μεταφέρεται αυτόματα στην κοντινή περιοχή του ώστε να αναγνωρισθεί ευκολότερα και ταχύτερα από τον χρήστη. Μία επίσης σημαντική διευκόλυνση, η οποία όμως λειτουργεί υπό προϋποθέσεις, είναι η δυνατότητα του λογισμικού να μεταφέρει τον χρήστη αυτόματα σε εκείνη την εικόνα στην οποία απεικονίζεται το σημείο που έχει επιλέξει. Για να γίνει αυτό απαραίτητο είναι η εργασία να έχει ορισθεί ως μπλοκ και να έχει ήδη πραγματοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ των εικόνων και να έχει αποθηκευτεί (π.χ. μέσω του Photomod AAT).

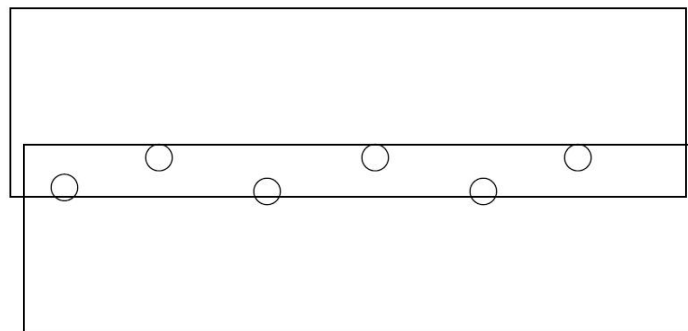
3.3.3. Μετρήσεις σημείων σύνδεσης

Το επόμενο βήμα είναι η μέτρηση των σημείων σύνδεσης, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση του μοντέλου των εικόνων. Δύο είναι οι τρόποι με τους οποίους μπορούν να μετρηθούν τα σημεία αυτά. Ο ένας είναι ο αυτόματος και πραγματοποιείται με την εκτέλεση ενός αλγορίθμου συσχέτισης ενώ ο δεύτερος πραγματοποιείται στερεοσκοπικά από τον χρήστη. Η μέτρηση με αυτόν τον τρόπο μπορεί να πραγματοποιηθεί με χειροκίνητη στόχευση του σημείου σε κάθε μία από τις δύο εικόνες ή και στις δύο ταυτόχρονα στο στερεοσκοπικό μοντέλο. Επίσης, μια ακόμη εκδοχή της πρώτης περίπτωσης είναι η χειροκίνητη σκόπευση στη μία από τις δύο εικόνες και η αυτόματη μεταφορά του σημείου στη δεύτερη, με συσχέτιση. Η διαδικασία αυτή έχει το μεγάλο πλεονέκτημα έναντι της πλήρως αυτόματης ότι ο χρήστης επιλέγει τα σημεία και η διάρκειά της είναι η μισή σε σχέση με την πρώτη.

Ένα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στην όλη διαδικασία είναι η επιλογή των σημείων σε θέσεις κατάλληλες, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι εικόνες που ακολουθούν δείχνουν την ιδανική κατανομή των σημείων τόσο μεταξύ των ζευγών [Εικόνα 8] όσο και μεταξύ των λωρίδων [Εικόνα 9]. Τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των εικόνων τοποθετούνται στις περιοχές εκείνες όπου υπάρχει επικάλυψη συνεχόμενων φωτογραφιών και δεν είναι λιγότερα από 2-3 σημεία σε κάθε τέτοια περιοχή. Τα δε σημεία σύνδεσης μεταξύ των λωρίδων θα πρέπει να χωροθετούνται συμμετρικά ως προς τη μέση της επικαλυπτόμενης επιφάνειας.



Εικόνα 8. Σημεία σύνδεσης μεταξύ εικόνων .



Εικόνα 9. Σημεία σύνδεσης μεταξύ λωρίδων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των λωρίδων θα πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό πριν τη διαδικασία του προσανατολισμού των ζευγών στις λωρίδες. Σε αντίθετη περίπτωση το λογισμικό «χαλάει» τον σχετικό προσανατολισμό των εικόνων που περιέχουν κάθε πρόσθετο τέτοιο σημείο. Επίσης τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των λωρίδων θα πρέπει να περιλαμβάνονται και σε τουλάχιστον μια γειτονική εικόνα εντός της λωρίδας, διαφορετικά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διαδικασία της συνόρθωσης των εικόνων με τη μέθοδο των ανεξάρτητων μοντέλων. Μία επιλογή στις καρτέλες μέτρησης των σημείων σύνδεσης του Photomod AT, Strip Ties και Tie Points Measurements, εμφανίζει στο χρήστη τη γενική εικόνα των φωτογραφιών και τη διασπορά των σημείων σύνδεσης που έχουν, ως εκείνη τη στιγμή, σκοπευθεί.

Η διαδικασία σκόπευσης και αποθήκευσης των σημείων είναι γενικά όμοια με αυτήν των φωτοσταθερών. Μια μικρή διαφοροποίηση συναντάται στην αυτόματη διαδικασία προσθήκης και μεταφοράς σημείων. Συνολικά παρέχονται τέσσερις τρόποι εισαγωγής σημείων. Ο ένας από αυτούς χρησιμοποιεί τη συσχέτιση. Αφού σκοπευθεί χειροκίνητα το σημείο στις δύο εικόνες, το λογισμικό υπολογίζει τη συσχέτιση και την εμφανίζει στο χρήστη ώστε είτε να την αποδεχθεί και να αποθηκευτεί το σημείο είτε να την απορρίψει και τα σκοπεύσει ξανά, με καλύτερη ακρίβεια. Ο δεύτερος τρόπος είναι η

αποδοχή του σημείου χωρίς τον έλεγχο της συσχέτισης μεταξύ των δύο εικόνων. Ο τρίτος αφορά την αυτόματη μέτρηση των σημείων σύνδεσης από το λογισμικό. Τα στοιχεία που θα πρέπει να ορίσει ο χρήστης είναι το πλήθος των σημείων που θα μετρηθούν και το κατώφλι συσχέτισης μεταξύ των εικόνων. Τέλος, δηλώνεται αν τα σημεία θα είναι σε ζώνες ή όχι. Ένα πλήθος από πρόσθετες παραμέτρους που αφορούν τη συσχέτιση είναι διαθέσιμο στο χρήστη ώστε να τις προσαρμόσει στις ανάγκες του κάθε έργου, ανάλογα πάντα με το επίπεδο εμπειρίας του. Η αναλυτική παρουσίασή τους θα γίνει σε μια από τις επόμενες ενότητες. (3.4.)

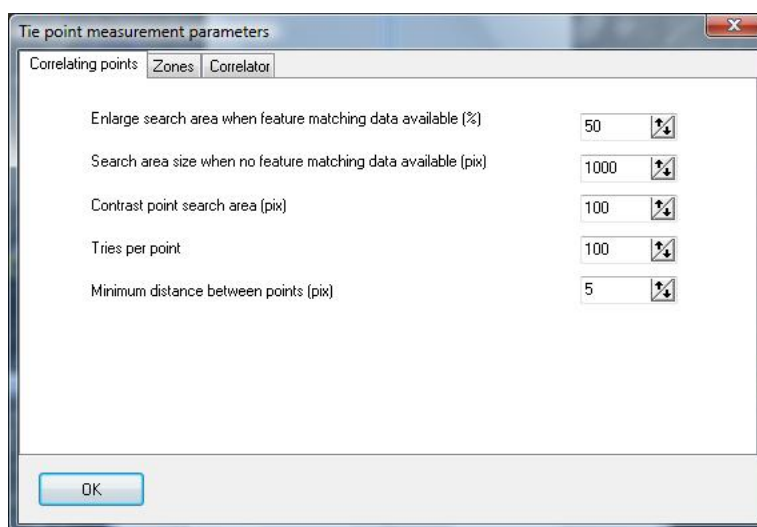
Τα σημεία που εισάγονται στο λογισμικό με σκόπευση, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, από τις οποίες ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει εκείνη που καλύπτει καλύτερα τις απαιτήσεις της εργασίας του. Η πρώτη επιλογή είναι ο χαρακτηρισμός των σημείων ως σταθερά (*fixed*). Έτσι, κατά τη μέτρηση του σημείου στο πρώτο ζεύγος εικόνων είναι δυνατή η μετακίνησή του και στις δύο εικόνες. Αλλά κατά τη μέτρηση σε επόμενο ζεύγος εικόνων το σημείο δεν μπορεί να αλλάξει θέση σε εκείνη την εικόνα που συμμετείχε στο προηγούμενο ζεύγος και στην οποία έχει ήδη μετρηθεί το εν λόγω σημείο. Στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα σημεία να είναι «ημι-σταθερά» (*semi-fixed*). Σε αυτή την περίπτωση επιτρέπεται η μετακίνηση του σημείου στην εικόνα που έχει ήδη μετρηθεί σε κάποιο προηγούμενο ζεύγος, με ταυτόχρονη μετακίνηση του σημείου αυτού σε όλες τις εικόνες που έχει ήδη σκοπευθεί. Το διάνυσμα της μετατόπιση (κατεύθυνση και απόσταση) είναι το ίδιο σε όλες τις εικόνες. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτή την περίπτωση καθώς η μετατόπιση γίνεται και στις εικόνες οι οποίες δεν εμφανίζονται εκείνη τη στιγμή στην οθόνη του χρήστη και επομένως δεν ελέγχεται η ορθότητα και η ακρίβειά της. Τέλος, υπάρχει και ο τύπος των ανεξάρτητων σημείων (*none*) όπου το κάθε σημείο μπορεί να μετακινηθεί χωρίς αυτό να επηρεάζει κάποια από τις μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε προηγούμενο ζεύγος εικόνων για το εν λόγω σημείο.

Είναι πιθανό, ορισμένα από τα σημεία σύνδεσης μεταξύ των ζευγών να έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενα στάδια και να έχουν ήδη μετρηθεί σε κάποια εικόνα. Για τα σημεία αυτά υπάρχει στο λογισμικό ξεχωριστή λειτουργία, με την οποία δεν εισάγονται ως νέα αλλά «μεταφέρονται» σε κάθε επόμενη εικόνα. Έτσι, επιλέγοντας ένα ήδη στοχευμένο σημείο και με χρήση αλγορίθμων συσχέτισης το λογισμικό προβλέπει την πιθανή θέση του στη νέα εικόνα. Ο χρήστης επιλέγει με τον δείκτη την ακριβή του θέση και στη συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης. Εφόσον η τιμή του ικανοποιεί τις απαιτήσεις του έργου, το κάνει αποδεκτό και συνεχίζει τη διαδικασία διαφορετικά απλά το απορρίπτει. Στην περίπτωση που σύμφωνα με τον αλγόριθμο η τιμή της συσχέτισης είναι πολύ μικρή – μικρότερη από 0,4 – ή το σημείο βρίσκεται σε «θαμπή» περιοχή χωρίς ιδιαίτερη υφή τότε το λογισμικό χαρακτηρίζει το σημείο ως «κακό» και δεν επιτρέπει την εισαγωγή του. Φυσικά, η μεταφορά των ήδη στοχευμένων σημείων σε επόμενες φωτογραφίες μπορεί να γίνει και χωρίς την χρήση της συσχέτισης. Τέλος, μετά την εισαγωγή και του πέμπτου σημείου ενεργοποιείται και η επιλογή αυτόματης μεταφοράς σημείων, που παρέχει σημαντική ευκολία και ταχύτητα.

Ενώ η προηγούμενη παράγραφος αφορά σημεία που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενα στάδια, εντούτοις η διαδικασία εισαγωγής νέων σημείων δεν διαφέρει και

πολύ. Για τις νέες εγγραφές σημείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής συσχέτισης ή και να αγνοηθεί. Για εκείνα τα έργα ή τις περιοχές όπου δεν απαιτείται τα σημεία σύνδεσης να είναι χαρακτηριστικά ή διακριτά παρέχεται η αυτόματη εισαγωγή σημείων. Ο χρήστης ορίζει για την έναρξη το πλήθος των σημείων που θα εισαχθούν καθώς και την ελάχιστη ανεκτή τιμή συσχέτισης. Για πιο έμπειρους και απαιτητικούς χρήστες παρέχεται η δυνατότητα καθορισμού πληθώρας παραμέτρων, οι οποίες ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες.

Η πρώτη αφορά γενικά στοιχεία για την αναζήτηση των σημείων. [Εικόνα 10] Είναι δυνατόν να καθοριστεί ένα ποσοστό μεγέθυνσης της περιοχής έρευνας, κάτι που συνεπάγεται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Η επόμενη τιμή που μπορεί να καθοριστεί είναι το μέγεθος, σε εικονοστοιχεία, της περιοχής έρευνας που χρησιμοποιείται για την ταύτιση κάθε σημείου στις δύο εικόνες. Προτείνεται η αύξηση αυτού του μεγέθους μέχρι και στο 20 ή 30% του μεγέθους της εικόνας σε περιπτώσεις που η αυτόματη διαδικασία δυσκολεύεται να δώσει αποτέλεσμα. Ακολούθως ορίζεται μια τιμή για την αντίθεση της περιοχής έρευνας για κάθε σημείο. Η προκαθορισμένη τιμή είναι 100 και αφορά περιπτώσεις όπου τα αντικείμενα είναι διακριτά. Σε αντίθετη περίπτωση, σε περιοχές δηλαδή με χαμηλή αντίθεση, όπως πχ δάση, η τιμή θα πρέπει να μειώνεται. Μια άλλη ποσότητα που είναι δυνατό να ορισθεί από το χρήστη είναι το πλήθος των δοκιμών που θα πραγματοποιηθούν για την συσχέτιση κάθε σημείου σε κάθε ζεύγος εικόνων. Τέλος μπορεί να δηλωθεί και η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο διαφορετικών σημείων, με μονάδα μέτρησης τα εικονοστοιχεία.

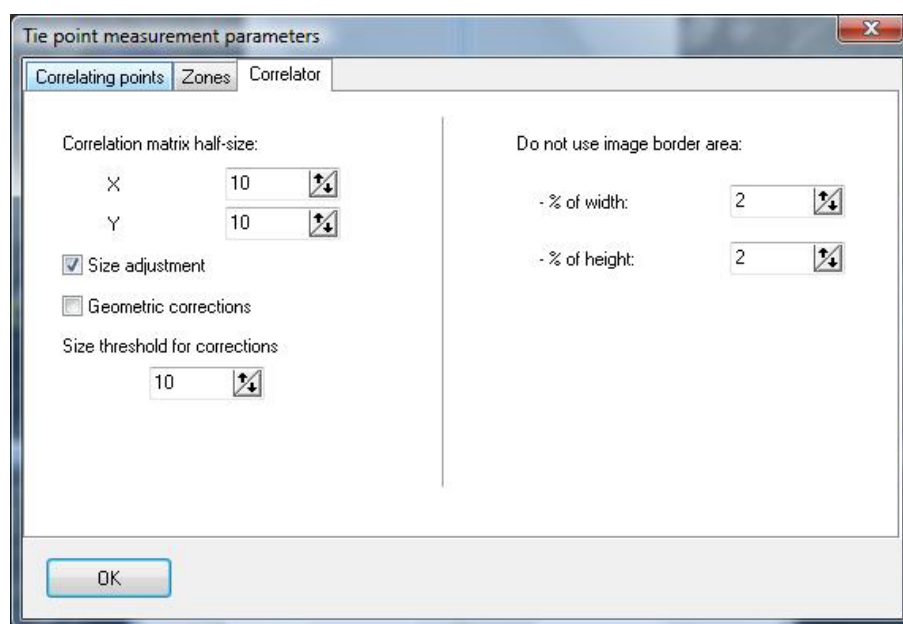


Εικόνα 10.

Η δεύτερη ομάδα αφορά τις ζώνες μέσα στις οποίες θα αναζητηθούν αυτόματα τα σημεία σύνδεσης. Ο χρήστης διαλέγει αν τα σημεία θα επιλεγούν σε τυχαίες θέσεις μέσα στην εικόνα ή στις έξι προκαθορισμένες περιοχές. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος των περιοχών αυτών καθώς και ποιές από αυτές θα είναι ενεργές στο συγκεκριμένο έργο.

Τέλος, συγκεντρώνονται όλες οι παράμετροι που αφορούν τον αλγόριθμο συσχέτισης [Εικόνα 11]. Μπορεί να ορισθεί νέα ημι-διάσταση για τον πίνακα συσχέτισης με

τιμή τόσο για X όσο και για Y, σε εικονοστοιχεία. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση του πίνακα συνεπάγεται και την καθυστέρηση της ολοκλήρωσης της διαδικασίας. Σε περιπτώσεις χαμηλής αντίθεσης του υποβάθρου, υπάρχει επιλογή που προσαρμόζει το μέγεθος του προηγούμενου πίνακα, ενώ για περιπτώσεις που οι δύο εικόνες έχουν διαφορετική γεωμετρία μεταξύ τους προτείνεται η ενεργοποίηση της γεωμετρικής διόρθωσης. Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται στην δεξιά εικόνα ένας αφινικός μετασχηματισμός ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση. Εφόσον ενεργοποιηθεί η αυτόματη διόρθωση του μεγέθους του πίνακα και η νέα διάσταση υπερβαίνει το όριο που έχει ο χρήστης ορίσει τότε καλό θα είναι να χρησιμοποιείται και η γεωμετρική διόρθωση. Τέλος δηλώνεται από τον χρήστη το ποσοστό της εικόνας που καταλαμβάνεται από το περίγραμμα της και δεν περιέχει πληροφορίες για την περιοχή, έτσι ώστε να μην λαμβάνεται υπόψη στην αυτόματη διαδικασία εντοπισμού σημείων.



Εικόνα 11.

Η λειτουργία της αυτόματης σκόπευσης και καταγραφής σημείων σύνδεσης ενεργοποιείται για το έκτο σημείο και ύστερα.

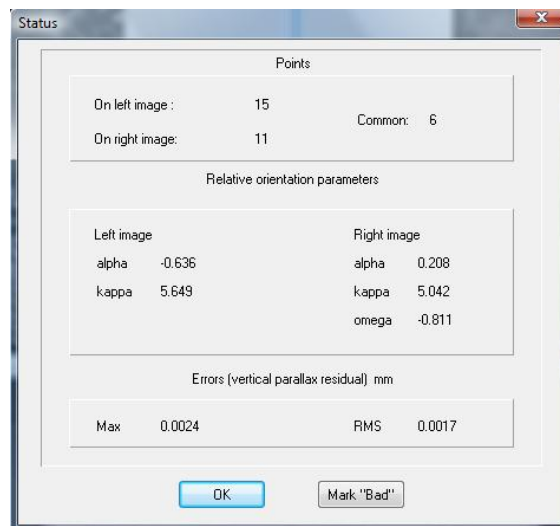
Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πρόσφορο να γίνει η σκόπευση σε στερεοσκοπική απεικόνιση. Αυτό παρέχεται ως δυνατότητα από το λογισμικό, αλλά απαιτείται να έχει προηγηθεί ο σχετικός προσανατολισμός.

Τα προηγούμενα (Εικόνες 10 & 11) εφαρμόζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο κάθε φορά που ο χρήστης ζητάει από το λογισμικό αυτόματη αναζήτηση σημείων, όπως για παράδειγμα στο στάδιο της δημιουργίας DTM.

3.3.4. Ακρίβεια σχετικού προσανατολισμού.

Η ακρίβεια με την οποία επιτεύχθηκε ο σχετικός προσανατολισμός παρουσιάζεται στο χρήστη με δύο διαφορετικές μεθόδους.

Η πρώτη είναι μεταξύ των εικόνων ενός στερεοζεύγους και γίνεται χρησιμοποιώντας την παράλλαξη που απομένει μετά τον προσανατολισμό των εικόνων. Το παράθυρο που παρουσιάζει τα στοιχεία του προσανατολισμού [Εικόνα 12] περιλαμβάνει το πλήθος των σημείων που περιέχονται σε κάθε φωτογραφία καθώς και το πλήθος των κοινών για τις δύο εικόνες σημείων. Επίσης παρουσιάζονται οι γωνίες στροφής του προσανατολισμού καθώς και το RMS (μέσο τετραγωνικό σφάλμα) και το μέγιστο σφάλμα των υπολοίπων της εναπομένουσας παράλλαξης, σε χιλιοστά. Στο παράθυρο αυτό μπορεί ο χρήστης να δηλώσει τα κριτήρια για τον χαρακτηρισμό ως «απαράδεκτων» των σημείων εκείνων που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις ακρίβειας. Μία καλή επιλογή είναι η απόρριψη εκείνων των σημείων στα οποία η παράλλαξη υπερβαίνει το μέγεθος των εικονοστοιχείων της εικόνας.



Εικόνα 12. Στοιχεία εσωτερικού προσανατολισμού με χρήση ενός ζεύγους εικόνων.

Η δεύτερη μέθοδος γίνεται με σύγκριση μεταξύ γειτονικών ζευγών (τριπλέτα εικόνων) και μέτρηση της ασυμφωνίας των συντεταγμένων των σημείων σύνδεσης. Με τον έλεγχο αυτό εντοπίζεται πιθανή ασυμφωνία των μοντέλων από το στάδιο των μετρήσεων και πριν ολοκληρωθεί η συνόρθωση του μοντέλου. Στο παράθυρο που ανοίγει [Εικόνα 13] περιέχεται μια λίστα με τα ονόματα των σημείων σύνδεσης και τις διαφορές E_x , E_y και E_z στις συντεταγμένες τους, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τα δύο συνεχόμενα μοντέλα. Οι τιμές αυτές δίνονται είτε στις μονάδες της εικόνας (χιλιοστά) είτε σε στις μονάδες του γεωδαιτικού συστήματος (μέτρα), εφόσον έχει ορισθεί η κλίμακα στα γενικά στοιχεία του έργου.

Errors In image scale (mm)				
+/-	Name	Ex	Ey	Ez
+	*3	-0.002	0.008	-0.014
+	*5	0.002	-0.002	0.028
+	*7	0.000	-0.003	-0.009

Max	0.00206	0.00845	0.02844
RMS	0.00162	0.00529	0.01905
Total/Excluded	3/0		

Errors scale
 Image Real

OK Delete

Εικόνα 13. Σφάλματα μεταξύ γειτονικών ζευγών.

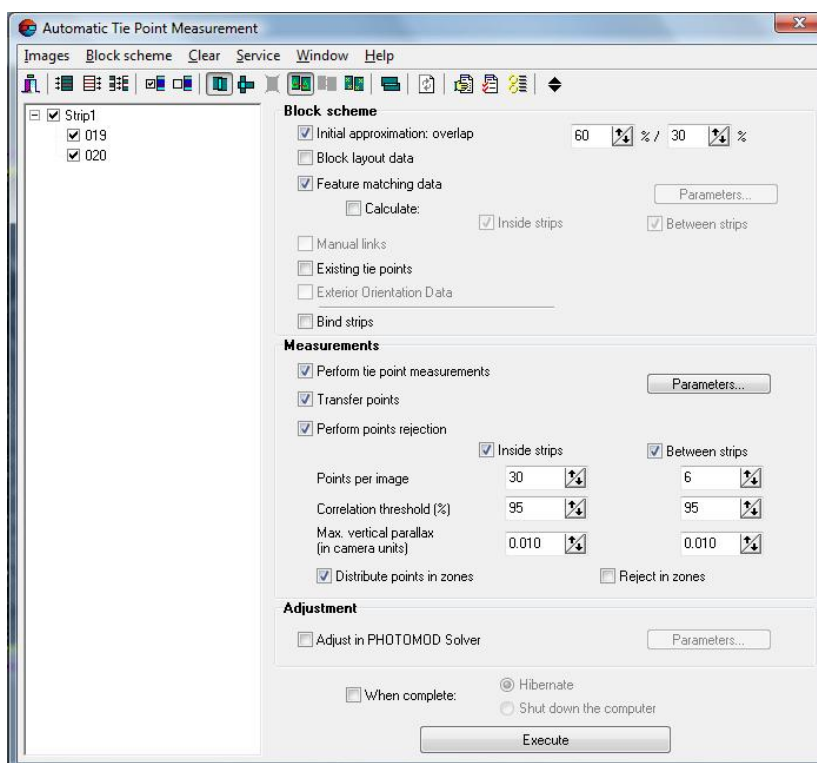
3.4. Αυτόματος Αεροτριγωνισμός

Εκτός από την διαδικασία που προαναφέρθηκε, το Photomod παρέχει την δυνατότητα επιλογής και αυτόματου τρόπου δημιουργίας του μοντέλου καθώς και αυτόματου εντοπισμού και μέτρησης των σημείων σύνδεσης. Προϋπόθεση για τη λειτουργία αυτή είναι, φυσικά, να έχει πραγματοποιηθεί ο εσωτερικός προσανατολισμός. Μετά το τέλος της διαδικασίας ακολουθεί η συνόρθωση του μοντέλου.

Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τρία και περιλαμβάνουν τη σωστή τοποθέτηση των φωτογραφιών σε σχέση με τις γειτονικές, τις μετρήσεις των σημείων σύνδεσης και, τέλος, την δημιουργία της αναφοράς των αποτελεσμάτων και την μετεπεξεργασία των μετρήσεων, εφόσον απαιτείται από την αξιολόγηση των πρώτων αποτελεσμάτων.

Η σωστή τοποθέτηση των εικόνων στην αυτόματη διαδικασία αεροτριγωνισμού μπορεί να πραγματοποιηθεί με έξι διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. [Εικόνα 14] Πρόκειται για τη διαδικασία στην οποία οι εικόνες μετακινούνται και περιστρέφονται κατάλληλα ώστε να προσεγγίσουν την τελική τους θέση, αυτή δηλαδή που θα προκύψει μετά το πέρας του τριγωνισμού. Η απαιτούμενη ακρίβεια στο στάδιο αυτό είναι σχετικά μικρή, καθώς στη συνέχεια θα διορθωθεί με τη χρήση των σημείων σύνδεσης. Ο πρώτος από τους τρόπους είναι με χρήση του εκτιμώμενου ποσοστού επικάλυψης, τόσο μεταξύ των γειτονικών εικόνων όσο και μεταξύ των λωρίδων. Οι δύο αυτές τιμές είναι από το λογισμικό προκαθορισμένες στο 60 και το 20% αντίστοιχα, αλλά ο χρήστης μπορεί να επέμβει και να καθορίσει τις τιμές που αντιστοιχούν στο κάθε έργο. Ένας άλλος τρόπος είναι η εκτέλεση τη εργασίας αυτής μέσα από Montage Desktop και το παράθυρο Block layout όπου ο χρήστης εφαρμόζει χειροκίνητα την μετατόπιση και την στροφή για κάθε εικόνα χωριστά, με βάση τις γειτονικές. Στο στάδιο αυτό είναι ικανοποιητική μια ακρίβεια ταύτισης της τάξης του 10 με 20 %. Ένας τρίτος τρόπος είναι με χρήση αλγορίθμου αναγνώρισης και σύνδεσης αντίστοιχων χαρακτηριστικών, που βρίσκονται στην επιφάνεια

του εδάφους, γειτονικών εικόνων. Όσο μεγαλύτερη αντίθεση παρουσιάζουν τα αντικείμενα και όσο περισσότερο ευδιάκριτα είναι, τόσο καλύτερο είναι και το αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή η περιοχή φαίνεται ομοιογενής καλό είναι να προτιμάται κάποιος από τους υπόλοιπους τρόπους. Ενώ η αναγνώριση των αντικειμένων είναι μια διαδικασία πλήρως αυτοματοποιημένη και δεν απαιτεί καμία επέμβαση του χρήστη, η ταύτιση των ομόλογων σημείων μεταξύ των εικόνων εξαρτάται από τέσσερις παραμέτρους του αλγορίθμου που ο χρήστης μπορεί να ορίσει και που περιγράφονται στη συνέχεια. Εάν κάποιες εικόνες δεν είναι δυνατόν να ταυτιστούν αυτόματα, τότε μπορεί ο χρήστης να το κάνει χειροκίνητα, «σκοπεύοντας», χωρίς μεγάλη ακρίβεια, τα ομόλογα σημεία στις εικόνες. Τέλος μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπάρχοντα σημεία σύνδεσης ή ακόμα να εισαχθούν στο λογισμικό τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού, εφόσον είναι διαθέσιμα. Φυσικά, παρέχεται και η δυνατότητα συνδυασμού όλων των προηγούμενων μεθόδων ή ορισμένων από αυτές, επιλέγοντας να εφαρμοστούν μόνο οι επιθυμητές.



Εικόνα 14. Αυτόματη διαδικασία αεροτριγωνισμού.

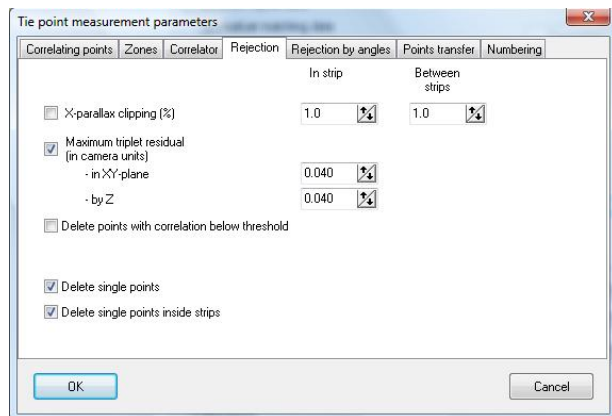
Το επόμενο βήμα της διαδικασίας περιλαμβάνει τις μετρήσεις των σημείων σύνδεσης. Αρχικά ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται η διαδικασία μέτρησης των σημείων σύνδεσης, του εντοπισμού των σημείων αυτών στα γειτονικά ζεύγη (μεταφορά) και της απόρριψης σημείων. Ο χρήστης καθορίζει το πλήθος των σημείων που θα μετρηθούν σε κάθε ζεύγος αλλά και μεταξύ των λωρίδων, με ελάχιστο αριθμό σημείων για τον έλεγχο της γ -παράλλαξης τα 6. Ακόμη, δηλώνει το ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο συσχέτισης, το οποίο προτείνεται να είναι μεταξύ 0,92 και 0,97, καθώς και την μέγιστη τιμή της γ -παράλλαξης (σε μονάδες του χώρου της εικόνας και προτεινόμενη τιμή το μισό pixel). Τέλος μπορεί να επιλέξει αν το λογισμικό θα αναζητά σημεία για προσθήκη ή απόρριψη σε προκαθορισμένες ζώνες της εικόνας ή σε όλη την έκτασή της. Στο αντίστοιχο παράθυρο (Tie

point measurement parameters) συγκεντρώνεται το σύνολο από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη διαδικασία μέτρησης των σημείων και περιγράφονται στη συνέχεια.

Το παράθυρο αποτελείται από επτά καρτέλες, από τις οποίες οι τρεις πρώτες (*Εντοπισμός ομόλογων σημείων*, *Ζώνες* και *Αλγόριθμος συσχέτισης*) έχουν ήδη περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα (§ 3.3.3. Εικόνες 10 και 11).

Απόρριψη σημείων

Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την απόρριψη των σημείων εκείνων τα οποία δεν ικανοποιούν τα όρια των κριτηρίων που περιλαμβάνονται εδώ. Η πρώτη τιμή καθορίζει το ποσοστό των σημείων από το σύνολο, με την μικρότερη και τη μέγιστη x -παράλλαξη, τα οποία θα διαγραφούν. Επίσης καθορίζεται η μέγιστη αποδεκτή διαφορά στις μετρήσεις των σημείων μεταξύ των γειτονικών ζευγών (έλεγχος σε τρεις συνεχόμενες φωτογραφίες) [Εικόνα 15].



Εικόνα 15. Παράμετροι απόρριψης σημείων στον αυτόματο αεροτριγωνισμό .

Απόρριψη σημείων βάσει γωνιών

Είναι πιθανό ορισμένες φορές από κακή επιλογή και σκόπευση σημείων σύνδεσης να προκληθεί στροφή στις φωτογραφίες του μοντέλου. Οι τιμές που ορίζονται εδώ (σε μοίρες) απορρίπτουν τα σημεία που οδηγούν σε μεγαλύτερη στροφή από αυτές.

Αντιστοίχιση (μεταφορά) σημείων

Ενεργοποιεί τον αυτόματο εντοπισμό των αντίστοιχων σημείων για εκείνα που έχουν ήδη σκοπευθεί μία φορά.

Αρίθμηση

Εδώ καθορίζεται η αρχική τιμή για την αρίθμηση των νέων σημείων που εισάγονται αυτόματα.

Το τελευταίο στάδιο της αυτόματης διαδικασίας αφορά τη συνόρθωση του μοντέλου. Με την κατάλληλη επιλογή το λογισμικό ξεκινά αυτόματα την διαδικασία της συνόρθωσης αμέσως μετά τη μέτρηση των σημείων σύνδεσης. Οι παράμετροι που μπορούν να καθοριστούν στο σημείο αυτό περιγράφονται λεπτομερώς στην ακόλουθη ενότητα (§3.5.).

3.4.1. Αναφορά σχετικού προσανατολισμού.

Πρόκειται για ένα κείμενο XML στο οποίο βρίσκονται οι πληροφορίες που αφορούν τον σχετικό προσανατολισμό του συνόλου των εικόνων του έργου για δεδομένη χρονική στιγμή και στάδιο επεξεργασίας. [Εικόνα 16] Διακρίνεται από τέσσερις ενότητες, από τις οποίες η πρώτη παρουσιάζει πληροφορίες για κάθε μια λωρίδα. Πιο συγκεκριμένα περιέχει μια λίστα με τα ζεύγη των εικόνων στη συγκεκριμένη λωρίδα, τα κοινά σημεία και τη μέγιστη γ-παράλλαξη για κάθε ζεύγος. Επίσης δίνεται και ο αντίστοιχος πίνακας για τα σημεία που εμφανίζονται σε τρεις συνεχόμενες εικόνες (τριπλέτες), με τα υπόλοιπά τους.

Strip: 1

- Number of images: 5
- Result of relative orientation:

stereopair	points	max(dY)
018-019	53	0.009
019-020	43	0.009
020-021	43	0.009
021-022	30	0.009
- Residuals for triplets:

triplet	points	max(ex)	max(ey)	max(ez)	rms(ex)	rms(ey)	rms(ez)
018-019-020	20	0.00342	0.02103	0.03179	0.00142	0.00823	0.01337
019-020-021	15	0.00269	0.01223	0.02292	0.00133	0.00548	0.01298
020-021-022	11	0.00390	0.01599	0.02945	0.00165	0.00668	0.01484
- Necessary conditions for adjustment:
 - Number of tie points on each stereopair not less than 6:
No unsatisfying stereopairs
 - Number of common points in each triplet not less than 3:
No unsatisfying triplets
 - Number of interstrip tie points for each strip not less than 3:
Number of interstrip points for this strip: 0

Εικόνα 16. Αναφορά σχετικού προσανατολισμού για τη λωρίδα 1.

Κάτω από τους πίνακες αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη συνόρθωση και δηλώνονται τα ζεύγη ή οι τριάδες που δεν τις ικανοποιούν.

Ακολούθως δίνονται και οι αντίστοιχες πληροφορίες για τα σημεία εκείνα που βρίσκονται στο επικαλυπτόμενο τμήμα των λωρίδων. Τέλος εμπεριέχονται και τα σημεία που μετρήθηκαν με αυτόματο τρόπο αλλά δεν βρίσκονται σε σωστές θέσεις, δηλαδή δεν υπάρχουν τουλάχιστον 2 σημεία σε κάθε μια από τις έξι ζώνες του επικαλυπτόμενου τμήματος.

Ένα επίσης χρήσιμο εργαλείο που συνοδεύει την αναφορά είναι και η λίστα των σημείων σύνδεσης. Πρόκειται για έναν πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει το όνομα και τον τύπο του κάθε σημείου. Επίσης δηλώνεται εάν το σημείο μετρήθηκε αυτόματα ή χειροκίνητα. Η επόμενη στήλη περιλαμβάνει το πλήθος των εικόνων στις οποίες

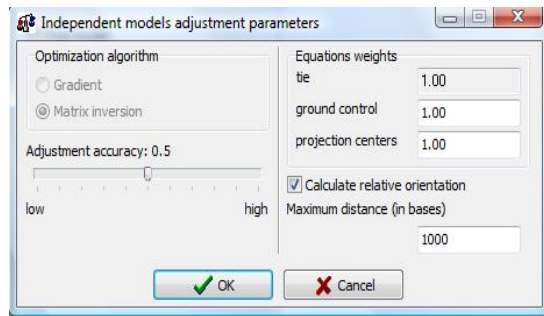
σκοπεύτηκε το σημείο και ακολουθεί το πλήθος των λωρίδων. Η έκτη στήλη αφορά εκείνα τα σημεία που έχουν σκοπευτεί μόνο σε μια από τις εικόνες κάθε στερεοζεύγους και φυσικά, όσο λιγότερα είναι αυτά τόσο καλύτερα τα αποτελέσματα. Στις επόμενες δύο στήλες του πίνακα αναγράφεται το πλήθος των ζευγών και των τριάδων εικόνων στις οποίες κάθε σημείο έχει μετρηθεί. Η προτελευταία στήλη αφορά τα σημεία που έχουν μετρηθεί μόνο σε μία λωρίδα χωρίς να εντοπιστούν στη γειτονική, ενώ στην τελευταία φαίνονται ποια σημεία έχουν μετρηθεί σε λωρίδες χωρίς επικάλυψη.

3.5. Συνόρθωση του μοντέλου - Επίλυση εξωτερικού προσανατολισμού

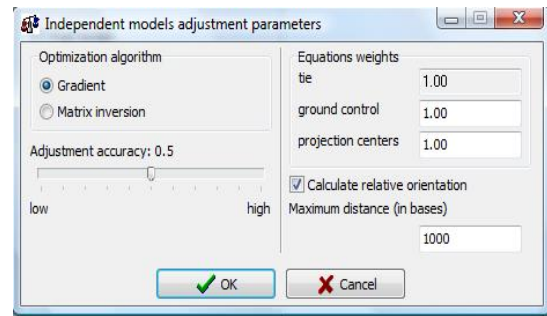
Για τη συνόρθωση του μοντέλου χρησιμοποιείται το υποπρόγραμμα Solver, το οποίο παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα εφαρμογής τριών διαφορετικών αλγορίθμων, προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, και να ελεγχθούν σταδιακά τα διάφορα σφάλματα. Οι αλγόριθμοι αυτοί δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος προτείνεται η σταδιακή χρήση και των τριών.

Ο πρώτος από αυτούς καλείται Αλγόριθμος ανεξάρτητων λωρίδων και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των χονδροειδών σφαλμάτων. Η χρησιμότητά του είναι μεγάλη σε έργα με πολλές φωτογραφίες, όπου και γίνεται η πρώτη ανίχνευση σφαλμάτων χωρίς να επιβαρύνεται το υπολογιστικό σύστημα. Τέτοια μπορεί να είναι λάθη κατά την πληκτρολόγηση των συντεταγμένων των σταθερών σημείων ή σφάλματα κατά τη σκόπευση των σημείων κλπ. Η ακρίβεια που δίνει είναι χειρότερη σε σχέση με τους υπολοίπους, ιδιαίτερα σε λωρίδες με περισσότερες από 10 εικόνες.

Κάποιες από τις παραμέτρους του αλγορίθμου είναι δυνατόν να ορισθούν από το χρήστη ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. [Εικόνα 17] Με τον καθορισμό τιμών βάρους στις συντεταγμένες των σημείων σύνδεσης, των σταθερών σημείων και των προβολικών κέντρων μειώνονται οι τιμές των υπολοίπων στα αποτελέσματα. Δυστυχώς, οι εξισώσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται τα βάρη δεν είναι γνωστές, ώστε να γίνει μια εκτίμηση για τις τιμές που θα πρέπει να εισαχθούν. Επίσης η τιμή της επιθυμητής σχετικής ακρίβειας της συνόρθωσης καθορίζει το πλήθος των επαναλήψεων που θα πραγματοποιηθούν. Όπως είναι φυσικό, μια μεγάλη τιμή συνεπάγεται σημαντική αύξηση στη χρονική διάρκεια της διαδικασίας και, δυστυχώς, λόγω της πολυπλοκότητας του αλγορίθμου, η σχέση χρόνος – ακρίβεια δεν είναι γραμμική. Παρόλα αυτά, μια τιμή μεταξύ 0,5 – 0,55 δίνει ικανοποιητικό λόγο ακρίβειας – χρόνου. Εφόσον ο χρήστης το επιθυμεί, μπορεί να επιλέξει τον επανυπολογισμό του σχετικού προσανατολισμού κατά τη διάρκεια της συνόρθωσης. Τέλος το λογισμικό αποκλείει από τη διαδικασία της συνόρθωσης τα σημεία τα οποία απέχουν από το προβολικό κέντρο απόσταση μεγαλύτερη από αυτήν που ο χρήστης ορίζει σε ειδικό κελί, και αυτό γίνεται για την αποφυγή σημείων με μεγάλη παραλλαγή.



Εικόνα 17. Παράμετροι αλγορίθμου ανεξάρτητων λωρίδων.



Εικόνα 18. Παράμετροι αλγορίθμου ανεξάρτητων ζευγών.

Ο δεύτερος είναι αυτός των Ανεξάρτητων Μοντέλων. Χρησιμοποιείται ως συνέχεια του προηγούμενου και βελτιώνει σημαντικά την ακρίβειά του. Οι παράμετροι που ορίζονται από τον χρήστη είναι σχεδόν ίδιες με αυτές του προηγούμενου με τη διαφορά ότι πλέον είναι διαθέσιμοι δύο αλγόριθμοι βελτιστοποίησης της συνόρθωσης. [Εικόνα 18]

Ο τελευταίος καλείται Bundle και χρησιμοποιείται για την τελική συνόρθωση του μπλοκ. Σε αυτόν εισάγονται ως δεδομένα τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα των μετρήσεων σε μονάδες μηχανής, όπως υπολογίστηκαν από την διαδικασία του τριγωνισμού, τα σφάλματα των συντεταγμένων των σταθερών σημείων και των προβολικών κέντρων στη μονάδα του συστήματος συντεταγμένων και οι γωνίες του εξωτερικού προσανατολισμού, ω , ϕ , κ , σε μοίρες. Παρέχει την καλύτερη δυνατή ακρίβεια στα αποτελέσματα της συνόρθωσης και είναι ο μόνος που θα πρέπει να εκτελείται υποχρεωτικά σε κάθε έργο.

Μία ακόμη επιλογή που παρέχεται από το λογισμικό είναι η συνόρθωση ως «ελεύθερο» μοντέλο, δηλαδή χωρίς να ληφθεί υπόψη κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Αυτό χρησιμοποιείται στα έργα εκείνα που δεν περιέχουν φωτοσταθερά.

Ένα άλλο επίσης χρήσιμο εργαλείο που παρέχεται από το λογισμικό είναι η επεξεργασία των παραμέτρων που αφορούν τον αυτόματο υπολογισμό και συνόρθωση ορισμένων συστηματικών σφαλμάτων της διαδικασίας. [Εικόνα 19] Πιο συγκεκριμένα, εφόσον οι συντεταγμένες των κέντρων λήψης μετρήθηκαν με δορυφορικές μεθόδους (πχ GPS) ο χρήστης επιλέγει αν οι διορθώσεις είναι κοινές για κάθε λωρίδα μόνο ή για το σύνολο των εικόνων του έργου, ή τέλος αν δεν επιθυμεί να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη διόρθωση. Οι διορθώσεις των συντεταγμένων υπολογίζονται χρησιμοποιώντας φωτοσταθερά και με βάση τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\Delta X = G_{0X} + G_{1X} * N$$

$$\Delta Y = G_{0Y} + G_{1Y} * N$$

$$\Delta Z = G_{0Z} + G_{1Z} * N$$

Όπου :

N το πλήθος των εικόνων στη λωρίδα ή στο έργο, ανάλογα με την επιλογή που έχει γίνει
G οι πολυωνυμικοί συντελεστές που υπολογίστηκαν στη συνόρθωση του μοντέλου.

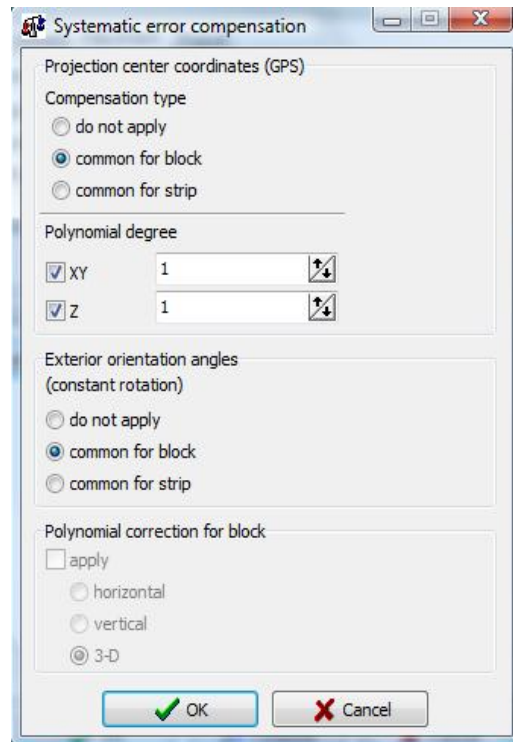
Ο βαθμός του πολωνύμου καθορίζεται από τον χρήστη με επιτρεπτές τιμές 0 ή 1. Στην πρώτη περίπτωση ο συντελεστής G1 μηδενίζεται ενώ για βαθμό 1 χρησιμοποιούνται και οι δύο συντελεστές G0 και G1. Όσον αφορά τις γωνίες του εξωτερικού προσανατολισμού, στο συγκεκριμένο παράθυρο διαλόγου καθορίζεται ο τύπος των διορθώσεων που θα εφαρμοστούν σε αυτές. Αυτή η επιλογή είναι διαθέσιμη μόνο για τον αλγόριθμο δέσμης. Εφόσον η επίλυση του μοντέλου πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο των ανεξάρτητων λωρίδων ή των ανεξάρτητων ζευγών, ο χρήστης επιλέγει αν οι πολωνυμικές διορθώσεις θα εφαρμοστούν μόνο οριζοντιογραφικά, υψομετρικά ή και στις τρεις διαστάσεις. Για τις διορθώσεις αυτές το λογισμικό χρησιμοποιεί τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\Delta X = A_x + B_x X + C_x Y + D_x X^2 + E_x XY + F_x Y^2$$

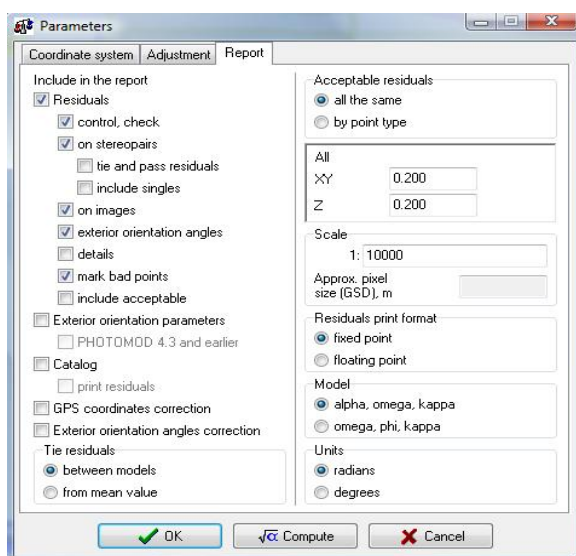
$$\Delta Y = A_y + B_y X + C_y Y + D_y X^2 + E_y XY + F_y Y^2$$

$$\Delta Z = A_z + B_z X + C_z Y + D_z X^2 + E_z XY + F_z Y^2$$

Όπου A,B,...,E,F οι συντελεστές που υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια της μεταεπεξεργασίας των αποτελεσμάτων της συνόρθωσης με χρήση φωτοσταθερών και κέντρων λήψης των εικόνων. Οι διορθώσεις εφαρμόζονται στις συνορθωμένες συντεταγμένες όλων των σημείων του έργου, ακόμα και στα κέντρα προβολής.



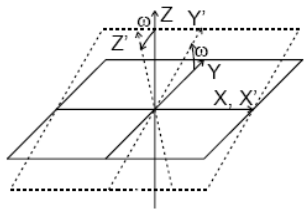
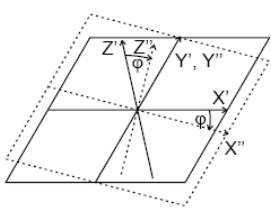
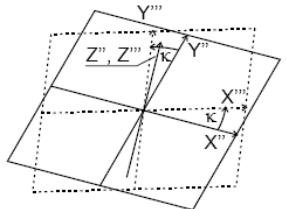
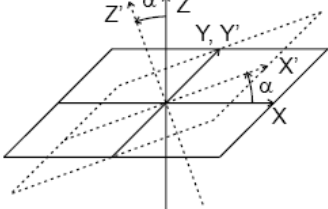
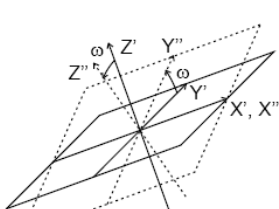
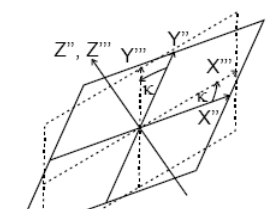
Εικόνα 19.



Εικόνα 20. Διαμόρφωση αρχείου αναφοράς αποτελεσμάτων.

Μετά τον καθορισμό των επιλογών του χρήστη για τους αλγόριθμους και τους υπολογισμούς της συνόρθωσης, σειρά έχει η διαμόρφωση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Ο χρήστης επιλέγει ποιες από τις διαθέσιμες πληροφορίες είναι επιθυμητό να συμπεριληφθούν στην αναφορά των αποτελεσμάτων και ποιες μπορούν να παραλειφθούν, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε έργου. Ένα πλήρες παράδειγμα αναφοράς αποτελεσμάτων θα παρουσιασθεί στην επόμενη ενότητα. (§3.5.1.)

Εκτός από τα περιεχόμενα της αναφοράς, το ίδιο παράθυρο ο χρήστης δηλώνει και τα ανεκτά όρια των υπολοίπων της συνόρθωσης. Οι τιμές αυτές δεν επηρεάζουν τη συνόρθωση αλλά χρησιμοποιούνται στην αναφορά και στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι κοινά για όλα τα σημεία είτε να διαφέρουν ανάλογα με τον κάθε τύπο σημείου. Τα όρια αυτά αναφέρονται στις μονάδες του συστήματος συντεταγμένων του έργου. Η τιμή της κλίμακας που μπορεί να εισαχθεί εδώ αντικατοπτρίζει τη γεωδαιτική κλίμακα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των υπολοίπων από την κλίμακα της εικόνας σε αυτήν του έργου και αντίστροφα. Αν και υπολογίζεται αυτόματα κατά τη διαδικασία της συνόρθωσης, ο χρήστης μπορεί να την εισαγάγει και χειροκίνητα στο κατάλληλο κελί του παραθύρου. Μία ακόμη επιλογή που παρέχεται στον χρήστη είναι ο τύπος των τιμών των υπολοίπων. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να επιλέξει τα υπόλοιπα να παρουσιάζονται είτε με τρία δεκαδικά ψηφία είτε με τρία σημαντικά ψηφία. Επίσης επιλέγονται το σύστημα των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού (α, ω, κ) ή (ω, ϕ, κ) και οι μονάδες μέτρησης των γωνιών.

Σύστημα γωνιών (ω, ϕ, κ)	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα X</p>	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα Y</p>	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα Z</p>
Σύστημα γωνιών (α, ω, κ)	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα Y (αριστερόστροφη γωνία)</p>	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα X</p>	 <p>Περιστροφή γύρω από τον άξονα Z</p>

Τέλος, εκτελούνται οι υπολογισμοί, σύμφωνα με τις προηγούμενες επιλογές του χρήστη. Στην περίπτωση που η σύγκλιση στα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητική τότε θα πρέπει να αναζητηθούν πιθανά σφάλματα στον σχετικό προσανατολισμό, σφάλματα στις συντεταγμένες των φωτοσταθερών ή και λάθος επιλογές στον καθορισμό των προηγούμενων παραμέτρων της συνόρθωσης. Είναι επίσης πιθανόν να έχει γίνει εσφαλμένη επιλογή γεωδαιτικού συστήματος συντεταγμένων.

Εφόσον ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία της συνόρθωσης, επόμενο στάδιο είναι η επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων και των διαδικασιών ώστε να παραχθούν τα τελικά προϊόντα που είναι το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, τρισδιάστατα διανύσματα, μοντέλο υψομέτρων, ορθοφωτομωσαϊκό και ψηφιακοί χάρτες.

3.5.1. Αρχείο αναφοράς αποτελεσμάτων συνόρθωσης.

Το αρχείο των αποτελεσμάτων ξεκινά με ένα σύνολο γενικών πληροφοριών που αφορούν το συγκεκριμένο έργο, και είναι το όνομα και ο τύπος του έργου, το πλήθος των λωρίδων και το σύνολο των ζευγών των εικόνων. Επίσης δηλώνει τις παραμέτρους που ορίστηκαν για τη συνόρθωση. Αναφέρεται ο λογάριθμος που χρησιμοποιήθηκε (πχ συνόρθωση σε δέσμες), το σύστημα συντεταγμένων, οι ακρίβειες μέτρησης των σημείων τόσο στην εικόνα όσο και στο έδαφος καθώς και η ακρίβεια των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού. Η γενική ακρίβεια της συνόρθωσης και η μονάδα μέτρησης ολοκληρώνουν αυτές τις γενικές πληροφορίες.

Στη συνέχεια, εφόσον έχει επιλεγθεί, περιλαμβάνονται οι λίστες με τις επίγειες συντεταγμένες των φωτοσταθερών, των σημείων ελέγχου, των σημείων σύνδεσης και των άγνωστων σημείων, των οποίων η θέση αναζητείται. Ακολουθούν οι διορθώσεις των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού.

Τα υπόλοιπα που προέκυψαν από τη συνόρθωση δίνονται στη συνέχεια. Αρχικά αναγράφεται το σ_0 . Η τιμή του δείχνει κατά πόσο τα υπόλοιπα της συνόρθωσης αντιστοιχούν στα a priori σφάλματα των μετρήσεων των σημείων και των συντεταγμένων που έχουν εισαχθεί για τα σταθερά σημεία. Εάν τα όρια έχουν οριστεί σωστά, τότε η τιμή του σ_0 κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 1,3. Στην περίπτωση που η τιμή που έχει υπολογισθεί είναι μεγαλύτερη τότε θα πρέπει να αναζητηθούν σφάλματα στις μετρήσεις των σημείων, στα σταθερά σημεία ή στις τιμές που ορίστηκαν ως όρια. Τα όρια θα πρέπει να επανεξεταστούν εάν η τιμή είναι μικρότερη από 0,7. Το σ_0 υπολογίζεται μόνο για τη συνόρθωση δεσμών και με χρήση της εξίσωσης:

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{N_t + N_g} \left\{ \sum_{i=1}^{N_t} \left[\left(\frac{\Delta x_i^{im}}{s_{x,i}^{im}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta y_i^{im}}{s_{y,i}^{im}} \right)^2 \right] + \sum_{i=1}^{N_g} \left[\left(\frac{\Delta X_i^g}{s_{X,i}^g} \right)^2 + \left(\frac{\Delta Y_i^g}{s_{Y,i}^g} \right)^2 + \left(\frac{\Delta Z_i^g}{s_{Z,i}^g} \right)^2 \right] \right\}$$

Όπου $\Delta x_i^{im}, \Delta y_i^{im}$ τα υπόλοιπα στις εικονοσυντεταγμένες,

$\Delta X_i^g, \Delta Y_i^g, \Delta Z_i^g$ τα υπόλοιπα στις επίγειες συντεταγμένες των φωτοσταθερών και των κέντρων λήψης της εικόνας

$s_{x,i}^{im}, s_{y,i}^{im}, s_{x,i}^{im}, s_{y,i}^{im}, s_{z,i}^{im}$ οι a priori ακρίβειες των μετρήσεων

N_t το πλήθος των μετρήσεων των σημείων σε όλες τις εικόνες

N_g το πλήθος των φωτοσταθερών και των προβολικών κέντρων

Στη συνέχεια δίνονται σε μορφή πίνακα οι τιμές

$$\Delta X=X_m-X_g, \Delta Y=Y_m-Y_g, \Delta Z=Z_m-Z_g \text{ και } E_{xy} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

για τα φωτοσταθερά, τα προβολικά κέντρα, τα σημεία ελέγχου και τα σημεία σύνδεσης. Όταν οι τιμές υπολογίζονται σε σχέση με την μέση τιμή, τότε χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις:

$$\Delta X_{ij}=X_{ij}-X_m, \Delta Y_{ij}=Y_{ij}-Y_m, \Delta Z_{ij}=Z_{ij}-Z_m \text{ και } E_{xy,ij} = \sqrt{\Delta X_{ij}^2 + \Delta Y_{ij}^2},$$

όπου i το κάθε σημείο, j το κάθε στερεοζεύγος.

Όταν οι τιμές υπολογίζονται από τα υπόλοιπα μεταξύ των μοντέλων τότε οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι :

$$\Delta X_{ijk}=X_{ij}-X_{ik}, \Delta Y_{ijk}=Y_{ij}-Y_{ik}, \Delta Z_{ijk}=Z_{ij}-Z_{ik} \text{ και } E_{xy,ijk} = \sqrt{\Delta X_{ijk}^2 + \Delta Y_{ijk}^2}$$

Ακολουθεί ο πίνακας που περιλαμβάνει τα υπόλοιπα από τον μέσο όρο που προκύπτει για τα σημεία σύνδεσης. Ο επόμενος δίνει τα υπόλοιπα που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη σύνδεση των διανυσμάτων και του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου που δημιουργούνται σε δύο γειτονικά ζεύγη.

Στην περίπτωση που ο υπολογισμός των υπολοίπων επιλεγεί να βασίζεται στη μέση τιμή, τότε η αναφορά περιλαμβάνει έναν πίνακα με σημεία που έχουν μετρηθεί σε ένα μόνο ζεύγος και ταυτόχρονα δεν είναι φωτοσταθερά. Φυσικά, μια τέτοια επιλογή δεν επηρεάζει τα αντίστοιχα υπόλοιπα που υπολογίζονται μεταξύ ζευγών ή λωρίδων. Όταν για την επίλυση έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των ανεξάρτητων ζευγών ή λωρίδων, τότε τα υπόλοιπα αυτά είναι μηδενικά. Στην περίπτωση όμως της μεθόδου των δεσμών οι τιμές διαφέρουν ελάχιστα από το μηδέν. Η μικρή αυτή διαφορά καθορίζεται από το υπόλοιπο της γ-παράλλαξης του σχετικού προσανατολισμού των εικόνων, και συνήθως δεν ξεπερνάνε το 0,1 του αντιστοίχου μεγέθους στο έδαφος του υπολοίπου της γ-παράλλαξης στο έδαφος. Οι τιμές θα διαφέρουν από μηδέν και στην περίπτωση που γίνει εισαγωγή εξωτερικών αποτελεσμάτων συνόρθωσης, και προτείνεται η επισκόπησή τους για έναν ενδιάμεσο έλεγχο της συνέπειας των εισαχθέντων στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού και των συντεταγμένων των σημείων. Ακολουθούν στη συνέχεια και άλλοι πίνακες που περιλαμβάνουν τις διορθώσεις των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού και τις παραμέτρους του, καθώς και άλλα στοιχεία.

3.6. Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DTM)

Το Photomod DTM χρησιμοποιείται για την δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους και των αντίστοιχων ισοϋψών καμπυλών. Για την απεικόνισή του κυρίως χρησιμοποιείται ένα δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (TIN). Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα μετατροπής του δικτύου αυτού σε Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM). Εκτός από TIN, η

απεικόνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί και με ένα σύνολο τρισδιάστατων σημείων (pickets) και γραμμών ασυνέχειας. Τα σημεία αυτά είναι αντίστοιχα των κορυφών των τριγώνων του TIN, μόνο που εδώ δεν δημιουργούνται τρίγωνα.

Το TIN μπορεί να απεικονιστεί σε τρισδιάστατη μορφή είτε ως ένα δίκτυο γραμμών είτε με την αρχική ψηφιακή εικόνα «δεμένη» στο μοντέλο, είτε, τέλος, ως χρωματικό μοντέλο, ανάλογα με το υψόμετρο κάθε σημείου.

Συνολικά, το λογισμικό υποστηρίζει τρεις μεθόδους στερεοσκοπικής όρασης. Η πρώτη από αυτές είναι με χρήση φίλτρων μπλε και κόκκινου χρώματος (μέθοδος του αναγλύφου). Σε κάθε μία από τις εικόνες εφαρμόζεται ένα από τα δύο χρώματα και με χρήση των αντίστοιχων γυαλιών επιτυγχάνεται η στερεοσκοπική όραση. Ένας δεύτερος τρόπος είναι με χρήση γυαλιών υγρών κρυστάλλων, τα οποία συγχρονίζονται με την κατακόρυφη συχνότητα ανανέωσης της οθόνης. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν δύο διαθέσιμες λειτουργίες. Στη μία το λογισμικό διαιρεί τη οθόνη σε δύο μέρη και σε κάθε ένα απεικονίζεται μια από τις φωτογραφίες του στερεοζεύγους. Το ένα μέρος περιλαμβάνει τις μονές σειρές και το δεύτερο τις ζυγές. Ένα από τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής προκύπτει από τη διαίρεση της εικόνας που συνεπάγεται και μείωση της ανάλυσης κατά τη δειγματοληψία, ενώ ένα δεύτερο αφορά την τοπική εφαρμογή της μεθόδου αποκλειστικά στο απεικονιζόμενο κάθε φορά τμήμα της εικόνας στην οθόνη. Στη δεύτερη λειτουργία με τη χρήση των γυαλιών αυτών η αριστερή και δεξιά εικόνα απεικονίζονται ακέραιες μία προς μία με ρυθμό τέτοιο που να επιτυγχάνεται η τρισδιάστατη όραση. Σαφώς και παρέχεται καλύτερη ποιότητα με τη μέθοδο αυτή μιας και η εικόνα δεν διαχωρίζεται.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο στερεοαπόδοσης σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αρκετά χρήσιμη η διόρθωση των εικόνων τοπικά, ώστε να εξαλείφεται η x-παράλλαξη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα τρισδιάστατης όρασης, και πρόκειται για μια λειτουργία που το λογισμικό υποστηρίζει.

Το πρώτο στάδιο στη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους είναι η οριοθέτηση της περιοχής στην οποία αυτό θα εκτείνεται. Εντός αυτής δημιουργείται ένας ορθογωνικός κανάβος οι τομές του οποίου θα καθορίσουν τα υψομετρικά σημεία. Το βήμα του κανάβου για κάθε διάσταση (X,Y), η γωνία στροφής του και οι συντεταγμένες της κάτω αριστερά γωνίας του είναι στοιχεία τα οποία μπορεί να καθορίσει ο χρήστης. Το λογισμικό παρέχει επτά διαφορετικούς τρόπους δημιουργίας του μοντέλου, οι οποίοι θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Ανεξάρτητα από τον τύπο που θα επιλεγεί, προτείνεται η χρήση γραμμών ασυνέχειας ώστε να επιτευχθεί καλύτερη ακρίβεια.

Αυτές οι γραμμές ασυνέχειας είναι διανυσματικά αντικείμενα (3D σημεία, γραμμές και πολύγωνα), τα οποία δημιουργούνται σε σημεία αλλαγής κλίσης ή οριοθετούν στοιχεία του ανάγλυφου, όπως δρόμους ή ποτάμια, και συνδέονται με το TIN. Βέβαια, για τη σωστή χρήση των διανυσμάτων απαιτείται ο τοπολογικός τους έλεγχος, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί μέσα από το λογισμικό.

3.6.1. Αλγόριθμοι δημιουργίας TIN.

Κανονικό (Regular) TIN

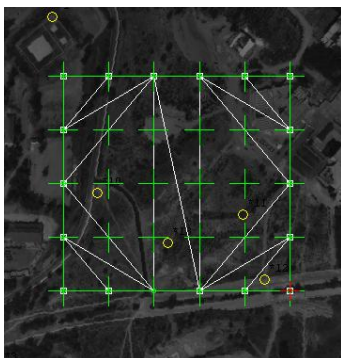
Για κάθε σημείο του κανάβου υπολογίζεται η τιμή του υψομέτρου με χρήση αλγορίθμου συνταύτισης. Σε περίπτωση αποτυχίας, το λογισμικό εκτελεί παρεμβολή στα γειτονικά σημεία. Τα σφάλματα που προκύπτουν από τον αυτόματο υπολογισμό του Z μπορούν να διορθωθούν με χειροκίνητη επεξεργασία του μοντέλου από τον χρήστη. Το τελικό TIN χρησιμοποιεί τα σημεία αυτά καθώς και τον αλγόριθμο Delaunay. Η χρήση αυτής της επιλογής προτείνεται για εικόνες με μεγάλη ανομοιογένεια και υψηλό βαθμό πληροφοριών.



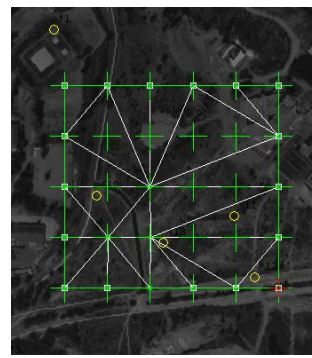
Εικόνα 21. Κανονικό (regular) TIN

Προσαρμοσμένο (Adaptive) TIN

Είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος για εικόνες με ομαλές σχετικά περιοχές, χωρίς υψηλή περιεκτικότητα πληροφοριών. Η εφαρμογή του υπολογίζει τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων του κανάβου ή των πιο χαρακτηριστικών σημείων της γειτονικής περιοχής κάθε τομής του. Η γειτονική περιοχή ορίζεται στο 1/3 του βήματος. Όσον αφορά στα όρια του κανάβου, εκεί οι συντεταγμένες υπολογίζονται ακριβώς στα σημεία. Σε περίπτωση αδυναμίας υπολογισμού του υψομέτρου, τότε το εν λόγω σημείο παραλείπεται, εκτός φυσικά από τα σημεία του ορίου, τα οποία υποχρεωτικά συμμετέχουν στο TIN. Και σε αυτή την επιλογή χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Delaunay.



Εικόνα 22. Προσαρμοσμένο (adaptive) TIN, με σταθερά σημεία του κανάβου.



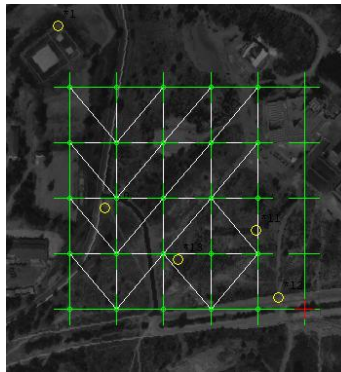
Εικόνα 23. Προσαρμοσμένο (adaptive) TIN, με γειτονικά χαρακτηριστικά σημεία του κανάβου.

Ομαλό (Smooth) TIN

Η επιλογή αυτή είναι κατάλληλη για περιοχές γενικά ομαλές, με μικρό αριθμό χαρακτηριστικών σημείων. Η πολυωνυμική συνάρτηση παρεμβολής που περιγράφει την επιφάνεια υπολογίζεται με βάση τα τρισδιάστατα διανυσματικά σημεία (pickets). Ο

χρήστης επιλέγει από μια λίστα όλων των διαθέσιμων διανυσματικών αντικειμένων εκείνα τα οποία θα συμβάλουν στην δημιουργία του TIN, καθώς και τον μέγιστο αριθμό των σημείων. Ο τρόπος αυτός δεν απαιτεί τα εφαρμοστούν χειροκίνητες διορθώσεις σε σφάλματα που προέρχονται από τη διαδικασία ταύτισης των σημείων. Άλλη μία εφαρμογή του είναι σε αστικές περιοχές, όπου με χρήση σημείων κατά μήκος των δρόμων, το λογισμικό παραλείπει κτίρια, δέντρα και λοιπά σημεία που εισάγουν θόρυβο.

Να σημειωθεί ότι η συνάρτηση παρεμβολής μπορεί να συνεπάγεται την ύπαρξη διαφορών μεταξύ πραγματικών και υπολογισμένων επιφανειών εξαιτίας της ομαλοποίησης.



Εικόνα 24. Ομαλοποιημένο (smooth) TIN.

TIN από διανυσματικά αντικείμενα

Το TIN στην εφαρμογή αυτή δημιουργείται με δημιουργία τριγώνων από την απόδοση των υφιστάμενων διανυσμάτων. Τα σημεία τους χρησιμοποιούνται ως κορυφές των τριγώνων ενώ οι διανυσματικές γραμμές και τα πολύγωνα μετατρέπονται σε γραμμές ασυνέχειας. Είναι μια πολύ χρήσιμη λειτουργία στις περιπτώσεις που είναι διαθέσιμο ένα πλήθος τρισδιάστατων διανυσμάτων, τα οποία περιγράφουν ικανοποιητικά την επιφάνεια. Επίσης, δεν απαιτείται περεταίρω επεξεργασία για διόρθωση σφαλμάτων συσχέτισης και δεν εισέρχεται θόρυβος, αφού δεν λαμβάνονται υπόψη κτίρια δέντρα κλπ. μιας και αυτά δεν ψηφιοποιούνται.

Δεδομένου ότι δεν χρησιμοποιείται παρεμβολή, αποτελεί μια πιο ακριβή μέθοδο συγκριτικά με το ομαλοποιημένο δίκτυο τριγώνων.

TIN από περιοχές (regions)

Σε αυτή την εφαρμογή η απεικονιζόμενη περιοχή χωρίζεται σε τοπικές ενότητες και σε κάθε μία από αυτές εφαρμόζεται ο κατάλληλος τύπος δημιουργίας TIN από τους προηγούμενους. Οι ενότητες αυτές (regions), καθώς και τα χαρακτηριστικά τους, θα πρέπει να έχουν ορισθεί χειροκίνητα πριν την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Για να λειτουργήσει η

μέθοδος θα πρέπει οι διάφορες ενότητες να έχουν κοινά όρια και για αυτό χρησιμοποιείται ο έλεγχος τοπολογίας, ο οποίος εντοπίζει κενά ή επικαλύψεις. Για να είναι δυνατή η έναρξη της εκτέλεσης της λειτουργίας αυτής θα πρέπει να υφίσταται τουλάχιστον μία ενότητα με προκαθορισμένες ιδιότητες.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι μία σύνθεση από τρίγωνα που δημιουργήθηκαν σε κάθε μία από τις περιοχές. Επίσης, είναι δυνατόν μια ενότητα να εξαιρεθεί από τη διαδικασία και σε αυτήν την περίπτωση στη θέση της δημιουργείται ένα κενό, δηλ. μία τρύπα, στα τρίγωνα όπου οι ισοϋψείς δεν ορίζονται και οι τιμές στο ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου (DEM) είναι μηδενικές.

TIN από σημεία

Είναι γενικά η ίδια διαδικασία με αυτή των διανυσματικών αντικειμένων με τη διαφορά ότι εδώ το TIN δημιουργείται από σημεία με πληροφορία υψομέτρου. Σε περιπτώσεις όπου τα σημεία αυτά δεν καλύπτουν ορισμένα τμήματα του μοντέλου, τότε προτείνεται η επιλογή της δημιουργίας TIN από σημεία, αλλά με τεθλασμένα όρια (convex TIN).

Έλεγχος ακρίβειας TIN

Για τον έλεγχο της ακρίβειας του TIN που δημιουργήθηκε, χρησιμοποιείται η διαφορά μεταξύ της τιμής του υψομέτρου Z κάθε σημείου που μετείχε στη συνόρθωση του μοντέλου, στην διαδικασία του αεροτριγωνισμού, με την αντίστοιχη τιμή που προκύπτει για τα σημεία αυτά μέσα από το TIN.

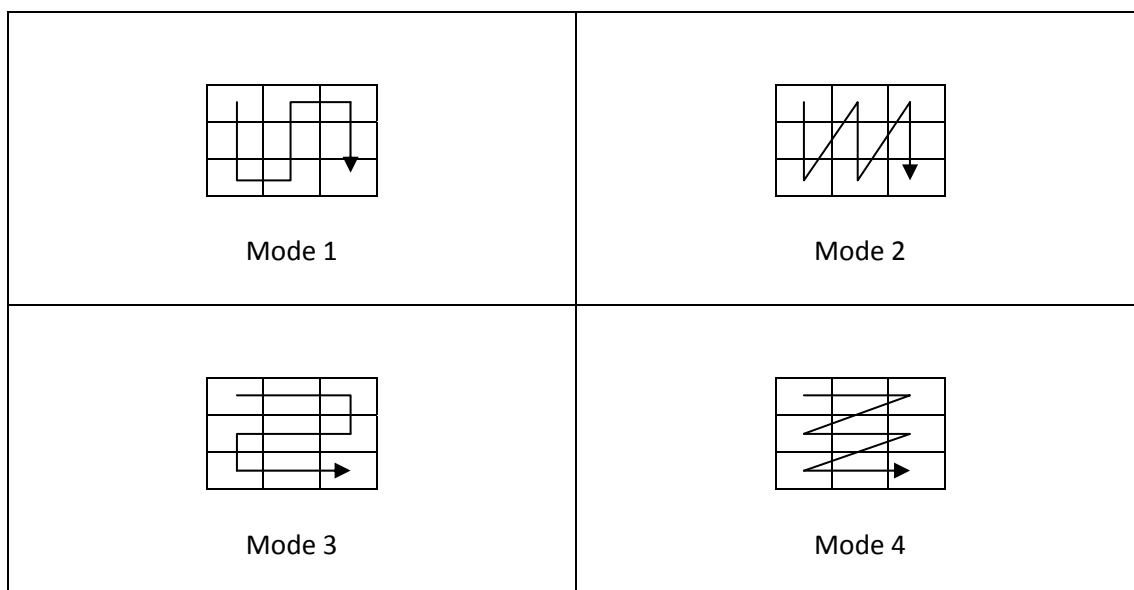
Άλλος ένας έλεγχος που θα πρέπει να γίνεται μετά τη δημιουργία του TIN και υποστηρίζεται από λογισμικό αφορά πιθανές τομές μεταξύ των τριγώνων.

3.6.2. Δημιουργία ΨΜΕ από τρισδιάστατα σημεία.

Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους είναι με σημεία. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται είναι ίδιοι με αυτούς των τριγώνων, με τη διαφορά ότι δεν χρησιμοποιείται δίκτυο τριγώνων αλλά σειρές και στήλες με τις X, Y και Z συντεταγμένες των σημείων. Η δημιουργία των σημείων αυτών μπορεί να γίνει είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα. Στην αυτόματη διαδικασία υπάρχουν διαθέσιμοι οι ίδιοι αλγόριθμοι με αυτούς του TIN, κανονικός, προσαρμοσμένος, ομαλός και με χρήση τοπικών χωρικών ενοτήτων. Η χειροκίνητη διαδικασία απαιτεί από τον χρήστη την τοποθέτηση του δείκτη απλά πάνω στην επιθυμητή θέση για το νέο σημείο. Ένας τρίτος τρόπος είναι ο ημιαυτόματος ο οποίος περιγράφεται ακολούθως.

Στην ημι-αυτόματη δημιουργία των 3D σημείων το λογισμικό ακολουθεί προκαθορισμένες διαδρομές πάνω στις τομές του κανάβου, ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. Σε αυτή τη λειτουργία η τιμή του υψομέτρου ορίζεται από τον χρήστη ή υπολογίζεται από το λογισμικό με συσχέτιση. Στη συνέχεια, για κάθε κορυφή του κανάβου

ο χρήστης προσθέτει υψομετρικό σημείο ή απλώς μεταβαίνει στην επόμενη. Οι προκαθορισμένες διαδρομές είναι τέσσερις και φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.



Επίσης, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν 3D σημεία από ένα υπάρχον δίκτυο τριγώνων (TIN). Τέλος, εφόσον υπάρχει διαθέσιμο κάποιο αρχείο που να περιέχει τέτοια σημεία, αυτά μπορούν να εισαχθούν με ευκολία στο λογισμικό.

Προσωπικό σφάλμα χειριστή.

Επειδή έχει διαπιστωθεί ότι ο κάθε χειριστής παρουσιάζει ένα μόνιμο σταθερό σφάλμα στα υψόμετρα, το λογισμικό έχει ένα σύνολο λειτουργιών μέσα από τις οποίες υπολογίζει το σφάλμα αυτό και το εφαρμόζει ως διορθώσεις. Η όλη διαδικασία χωρίζεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο δημιουργείται ένα σύνολο από σημεία των οποίων το υψόμετρο προσδιορίζεται με την μέγιστη ακρίβεια. Τα σημεία αυτά καλούνται «Κύρια Σημεία». Στη συνέχεια από αυτά προσδιορίζεται το σφάλμα που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο χρήστη και αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων του λογισμικού. Τέλος, εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό, εφαρμόζεται η διόρθωση στα υπόλοιπα σημεία.

3.6.3. Επεξεργασία ΨΜΕ.

Ύστερα από την δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, απαιτείται να πραγματοποιηθούν κάποιες διορθώσεις και μετατροπές ώστε να εξαλειφθούν ορισμένα εμφανή σφάλματα.

Στις περιπτώσεις όπου η επεξεργασία αφορά σημεία μόνο, σύνολο ή μεμονωμένα, ο χρήστης μπορεί να κάνει τα ακόλουθα:

- Μετακίνηση σημείου
- Καθορισμός νέας τιμής υψομέτρου
- Μετακίνηση του σημείου σε νέα θέση, εκεί όπου βρίσκεται ο δείκτης
- Διαγραφή του σημείου
- Προβολή του σημείου στην επιφάνεια μέσω συσχέτισης και
- Μετακίνηση του δείκτη στο επιλεγμένο σημείο

Επίσης είναι δυνατόν να προστεθούν νέα σημεία σε θέσεις όπου καθορίζει ο χρήστης με το δείκτη.

Όσον αφορά την επεξεργασία των τριγώνων εδώ οι επιλογές είναι λιγότερες. Έτσι, εφόσον απαιτείται, ο χρήστης μπορεί να κάνει εναλλαγή της κοινής πλευράς μεταξύ των γειτονικών τριγώνων. Ακόμη μπορεί να διαγράψει τα επιλεγμένα τρίγωνα ή και να αποκρύψει τα υπόλοιπα. Άλλη μια διαθέσιμη επιλογή είναι η διαίρεση των τριγώνων, είτε στο σύνολο του δικτύου είτε σε μία συγκεκριμένη περιοχή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία επιπρόσθετων τριγώνων. Τέλος μπορούν να αποκοπούν ορισμένα τρίγωνα με χρήση ορίων πολυγώνων.

Η επεξεργασία του δικτύου των τριγώνων γίνεται σημαντικά πιο εύκολη σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Με τον τρόπο αυτό γίνεται γρηγορότερος ο εντοπισμός των «προβληματικών» κορυφών. Οι διαθέσιμες λειτουργίες στο παράθυρο της 3D απεικόνισης είναι η επιλογή και η διαγραφή των επιλεγμένων στοιχείων.

Τα σημεία τα οποία εμφανίζουν τοπική απόκλιση από το υπόλοιπο μοντέλο και απαιτούν διόρθωση χαρακτηρίζονται ως «αβέβαιες» κορυφές, το σφάλμα των οποίων οφείλεται στη συσχέτιση κατά τον προσδιορισμό του υψομέτρου τους. Από το λογισμικό παρέχονται δύο τρόποι γρήγορου εντοπισμού των σημείων αυτών. Ο πρώτος αφορά τον εντοπισμό και την επιλογή των «εξάρσεων», των κορυφών δηλαδή εκείνων των οποίων η Z-συντεταγμένη διαφέρει σημαντικά από τα γειτονικά τους. Για την εφαρμογή του φίλτρου αυτού χρησιμοποιείται ένας δείκτης έξαρσης και καθορίζεται μια τιμή-κατώφλι για αυτόν. Η τιμή του δείκτη κυμαίνεται μεταξύ 0 και 100. Το 100 δίνεται σε εκείνο το σημείο το οποίο έχει την μικρότερη αξιοπιστία ενώ το 0 αντιστοιχεί σε σημεία με μηδενική απόκλιση από το πραγματικό τους υψόμετρο. Το λογισμικό παρέχει διάφορες μεθόδους για τον προσδιορισμό του δείκτη αυτού, σύμφωνα με την ελάχιστη, τη μέγιστη ή την μέση κλίση της καθέτου από το επίπεδο Z στο επίπεδο του τριγώνου, όπου Z σταθερό για όλα τα τρίγωνα γύρω από την εξεταζόμενη κορυφή. Εναλλακτικά ο δείκτης υπολογίζεται ως αντιστρόφως ανάλογος της απόλυτης τιμής ή της προβολής του αθροιστικού διανύσματος των κάθετων γραμμών από τα τρίγωνα στον άξονα Z.

Ένας άλλος τρόπος επιλογής των προβληματικών σημείων είναι σύμφωνα με την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή του υψομέτρου Z. Ο χρήστης καθορίζει αυτές τις τιμές και αποδέχεται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία τα σημεία με υψόμετρο εντός των ορίων που έχει εκείνος επιλέξει. Τέλος, υπάρχει και η λειτουργία της απλοποίησης του δικτύου των τριγώνων, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος έχει ως σύγκριση την απόκλιση από μία τιμή-κατώφλι, η οποία προσδιορίζεται από την απόσταση

μεταξύ ενός σημείου που περιβάλλεται από τρίγωνα και του μέσου επιπέδου το οποίο διέρχεται από τα τρίγωνα αυτά. Σημεία με απόκλιση που ξεπερνά το κατώφλι διαγράφονται από το TIN. Ο δεύτερος τρόπος χρησιμοποιεί το επιθυμητό πλήθος των σημείων από τα οποία θα αποτελείται το TIN, ενώ τα υπόλοιπα διαγράφονται. Επίσης ο χρήστης μπορεί να καθορίζει το πλήθος των σημείων που θα διαγραφούν ως ένα ποσοστό από το σύνολο.

Μετά την επεξεργασία των TIN προτείνεται η βελτιστοποίηση του δικτύου με την επαναδόμησή του, ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο Delaunay. Τέλος εφαρμόζεται ο τοπολογικός έλεγχος ο οποίος θα εντοπίσει πιθανές επικαλύψεις μεταξύ των τριγώνων.

Μιας και το Photomod DTM χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και την επεξεργασία μοντέλων εδάφους για το επικαλυπτόμενο τμήμα ενός μόνο στερεοζεύγους κάθε φορά, η σύνδεση των διαφορετικών μοντέλων που καλύπτουν όλη την επιφάνεια της περιοχής μελέτης γίνεται στο κεντρικό παράθυρο (Montage Desktop). Αν η ένωσή τους δεν πραγματοποιηθεί, τότε θα εμφανιστούν επικαλύψεις μεταξύ των μοντέλων.

Στην περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμα διανυσματικά σημεία και γραμμές για το σύνολο της περιοχής τότε παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας μοντέλου με άμεσο τριγωνισμό των σημείων αυτών. Ένας ακόμη τρόπος δημιουργίας TIN είναι με χρήση Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (DEM) και διανυσματικών κλειστών πολυγώνων με δεδομένα υψομέτρου, εφόσον αυτά είναι διαθέσιμα.

3.6.4. Γραμμές ασυνέχειας στο TIN.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το δίκτυο των τριγώνων μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη γραμμών ασυνέχειας. Πρόκειται για τρισδιάστατα γραμμικά αντικείμενα στα όρια χαρακτηριστικών περιοχών του εδάφους, όπως δρόμοι, ποτάμια, ή σε περιοχές με απότομη αλλαγή κλίσης (π.χ. χαράδρες) τα οποία συνδέονται με το TIN. Η βέλτιστη πορεία εργασιών για τη δημιουργία και την εισαγωγή των γραμμών αυτών περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

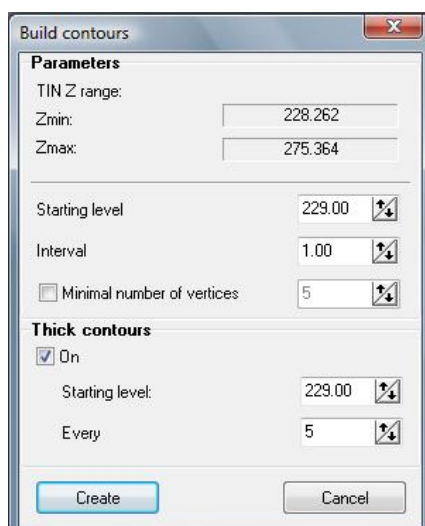
- Δημιουργία των γραμμών ασυνέχειας ως τρισδιάστατα αντικείμενα
- Δημιουργία και επεξεργασία TIN
- Σύνδεση των αντικειμένων με το TIN
- Τελική επεξεργασία TIN και γραμμών ασυνέχειας

Φυσικά, οποιαδήποτε επεξεργασία των γραμμών συνεπάγεται την αναμενόμενη διαφοροποίηση και στο δίκτυο των τριγώνων.

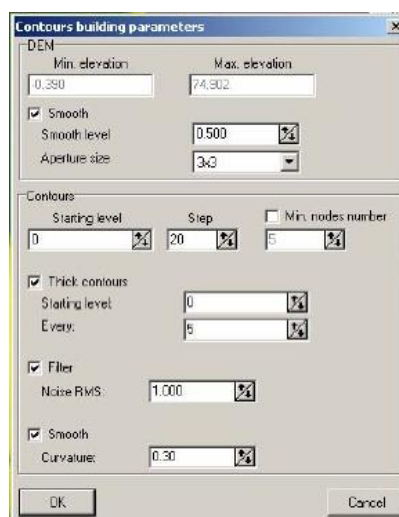
3.6.5. Δημιουργία ισοϋψών καμπύλων.

Στο λογισμικό οι ισοϋψείς καμπύλες μπορούν να δημιουργηθούν είτε από το δίκτυο των τριγώνων (TIN) είτε από μοντέλο υψομέτρου (DEM).

Στην πρώτη περίπτωση που βασίζεται το δίκτυο των τριγώνων χρησιμοποιείται το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί [Εικόνα 25] και στο οποίο ο χρήστης καλείται να δηλώσει το επίπεδο έναρξης των ισοϋψών, την ισοδιάσταση, το ελάχιστο πλήθος διανυσμάτων από το οποίο θα αποτελείται μια καμπύλη (διαφορετικά θα διαγράφεται) και τον διαχωρισμό και τη σήμανση των κύριων ισοϋψών από τις δευτερεύουσες.



Εικόνα 25. Δημιουργία ισοϋψών από TIN.



Εικόνα 26. Δημιουργία ισοϋψών από DEM.

Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται το παράθυρο της Εικόνας 26. Σε αυτό αρχικά καθορίζεται η εξομάλυνση που θα εφαρμοστεί στο DEM, εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί τις πληροφορίες των γειτονικών σημείων με «παράθυρο» του οποίου τις διαστάσεις καθορίζει ο χρήστης. Ο βαθμός εξομάλυνσης παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1, όπου 1 συνεπάγεται τη μέγιστη παραμόρφωση. Στη συνέχεια καθορίζονται παράμετροι όπως το επίπεδο έναρξης των καμπυλών και το βήμα τους, καθώς και ο ελάχιστος αριθμός των διανυσμάτων που θα περιέχουν, όπως και με τη χρήση των TIN.

Δύο ακόμη παράμετροι, που αφορούν τον έλεγχο θορύβου και την ομαλοποίηση των καμπυλών καθορίζονται στο παράθυρο αυτό. Ο έλεγχος θορύβου πραγματοποιείται με βάση το RMS και περιγράφεται ακολούθως, στην ενότητα που αφορά την επεξεργασία των καμπυλών. Στην ομαλοποίηση καθορίζεται ένα κατώφλι καμπυλότητας. Εφόσον αυτές οι δύο επιλογές χρησιμοποιηθούν ενδέχεται να προκληθούν σφάλματα στις γραμμές και να οδηγηθούν σε τομές τόσο μεταξύ διαφορετικών γραμμών όσο και κατά μήκος της ίδιας. Για το λόγο αυτό έχει προστεθεί στο λογισμικό ένα εργαλείο ελέγχου τομών, το οποίο δείχνει στο χρήστη μία λίστα με τις συντεταγμένες των σημείων τομής των ισοϋψών. Στη συνέχεια προτείνεται η επεξεργασία τους με τα κατάλληλα εργαλεία επεξεργασίας ισοϋψών.

Να σημειωθεί εδώ ότι οι ισοϋψείς που δημιουργούνται από το λογισμικό μπορούν εύκολα με μετατραπούν σε διανύσματα. Το ίδιο ισχύει και για το αντίστροφο, κάτι που αποτελεί έναν ακόμη τρόπο δημιουργίας ισοϋψών, από υφιστάμενα διανύσματα.

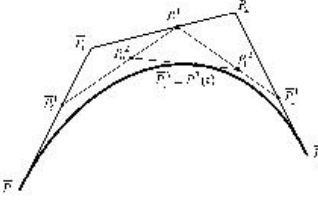
3.6.6. Επεξεργασία ισοϋψών καμπύλων.

Έκτος από τις δυνατότητες επεξεργασίας των απλών διανυσμάτων, οι ισοϋψείς υποστηρίζουν δύο ακόμη λειτουργίες. Η μία αφορά στην εξομάλυνση των γραμμών και η άλλη στην επιδιόρθωση των «σπασμένων» τμημάτων.

Η εξομάλυνση βρίσκει σημαντικά μεγάλο πλήθος εφαρμογών και είναι ιδιαίτερης σημασίας στις ισοϋψείς και για το λόγο αυτό το λογισμικό παρέχει διάφορες μεθόδους. Η μια από αυτές είναι με χρήση καμπύλων Bezier [Εικόνα 27]. Ο χρήστης καθορίζει τον βαθμό εξομάλυνσης και πού αυτή θα εφαρμοστεί – στα επιλεγμένα διανύσματα, στις επιλεγμένες ισοϋψείς ή σε όλα. Ένας δεύτερος τρόπος είναι με έλεγχο του θορύβου. Η εφαρμογή αυτή μετατρέπει μία γραμμή με πολλές διακυμάνσεις με μια ομαλότερη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 28. Ο έλεγχος των εξάρσεων είναι ένας ακόμη τρόπος εξομάλυνσης στον οποίο παραβλέπονται τοπικές εξάρσεις στην γραμμή [Εικόνα 29]. Για την εφαρμογή του απαιτείται ο καθορισμός δύο παραμέτρων. Η πρώτη αφορά το πλήθος των κορυφών από τα οποία θα αποτελείται η υπό εξέταση περιοχή για τον εντοπισμό της έξαρσης ενώ η δεύτερη είναι η σχετική απόσταση μεταξύ μιας κορυφής (μήκος α) και του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει την αρχή και το τέλος της υπό εξέταση περιοχής (μήκος β). Ένας τέταρτος τρόπος είναι με παρεμβολή η οποία πραγματοποιεί την εξομάλυνση της ισοϋψούς με την προσθήκη κορυφών κατά μήκος της υπολογισμένης καμπύλης Bezier. Σε αυτή τη μέθοδο ο χρήστης καθορίζει την απόσταση μεταξύ των κορυφών της νέας γραμμής η οποία προσεγγίζει την καμπύλη Bezier (βήμα) και την μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση της νέας γραμμής από την μαθηματική καμπύλη (ακρίβεια).

Καμπύλες Bézier Βαθμού n

- Τρία διαδοχικά επίπεδα γραμμικής παρεμβολής τεσσάρων σημείων ελέγχου μας δίνουν καμπύλη Bézier βαθμού 3 $P^3(t)$.



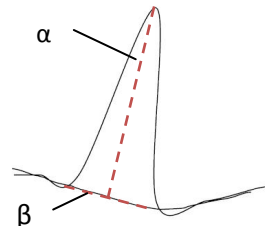
- Γενικά, με $(n+1)$ σημεία ελέγχου $\bar{P}_0, \bar{P}_1, \dots, \bar{P}_n$ μπορούμε να κατασκευάσουμε καμπύλη Bézier βαθμού n , $P^n(t)$.

$$P^n(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} \bar{P}_i, \quad \text{με } t \in [0, 1]$$

Εικόνα 27. Καμπύλες Bezier.



Εικόνα 28. Έλεγχος θορύβου.



Εικόνα 29. Έλεγχος εξάρσεων.

3.7. Δημιουργία ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM).

Το DEM στο Photomod μπορεί να παραχθεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα.

Η δημιουργία του DEM μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση του δικτύου τριγώνων TIN. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει το μέγεθος των φατνίων τα οποία θα δημιουργηθούν καθώς επίσης μπορεί να αλλάξει τα όρια της περιοχής στην οποία θα εκτίνεται το μοντέλο. Ως προεπιλεγμένα όρια είναι αυτά που ορίστηκαν για την δημιουργία των τριγώνων. Τα φατνία δεν θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερα από το μέγεθος του μικρότερου τριγώνου καθώς κάτι τέτοιο αυξάνει τον όγκο των παραγόμενων δεδομένων χωρίς να βελτιώνει την ακρίβεια της διαδικασίας και του αποτελέσματος. Μετά τη δημιουργία του μοντέλου, προτείνεται ο έλεγχος της ακρίβειάς του με το αντίστοιχο εργαλείο που παρέχει το λογισμικό.

Ένας δεύτερος τρόπος δημιουργίας DEM είναι με χρήση τρισδιάστατων σημείων (rickets). Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση υπολογίζει το υψόμετρο που αντιστοιχεί σε κάθε φατνίο με δεδομένα εισόδου τα υψόμετρα των γειτονικών σημείων τα οποία βρίσκονται μέσα σε ένα «παραθύρο» με κέντρο το φατνίο. Φυσικά, στην όλη διαδικασία συμμετέχουν και βάρη ανάλογα με την απόσταση κάθε γειτονικού σημείου. Και εδώ ο χρήστης καθορίζει το μέγεθος του φατνίου καθώς και τα όρια της περιοχής του μοντέλου. Επίσης, θα πρέπει να καθοριστεί η ακτίνα του παραθύρου (σε μέτρα στο έδαφος), η οποία περικλείει τα «γειτονικά» σημεία. Η διαφορά από τα TIN είναι ότι σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει το μέγεθος του φατνίου να είναι μικρότερο από τη διάμετρο του «παραθύρου». Τέλος, η παράμετρος που καθορίζει το βάρος κάθε σημείου σχετίζεται με τη δύναμη στην οποία θα υψωθεί η απόσταση του σημείου από το κέντρο του φατνίου.

Ο τρίτος τρόπος αφορά την δημιουργία του DEM από τις ισοϋψείς, και δεν διαφέρει από αυτόν που χρησιμοποιεί τα τρίγωνα.

Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας DEM από ένα σύνολο τρισδιάστατων σημείων τα οποία βρίσκονται στις τομές του κανάβου. Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται η μέθοδος του «παραθύρου» και τα υψόμετρα των κοντινών σημείων. Ο

χρήστης επιβεβαιώνει ή διορθώνει το μέγεθος του φατνίου (σε μονάδες εδάφους), τα όρια της περιοχής εφαρμογής και την ακτίνα του «παραθύρου» αναζήτησης δεδομένων.

3.7.1. Έλεγχος Ακρίβειας DEM.

Ο έλεγχος ακρίβειας του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου συγκρίνει το παραγόμενο προϊόν, το DEM, με την αρχική πηγή πληροφοριών, που είναι το δίκτυο των τριγώνων (TIN). Το λογισμικό υπολογίζει την διαφορά στο υψόμετρο (Z) μεταξύ κάθε κορυφής του TIN και του αντίστοιχου φατνίου στο DEM και παρουσιάζει μία λίστα με τα σημεία που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές. Εφόσον τα δεδομένα του TIN είναι διαθέσιμα, ο χρήστης μπορεί να το επεξεργαστεί, διαφορετικά μπορεί μόνο να δει τα αποτελέσματα του ελέγχου χωρίς περαιτέρω δυνατότητες επεξεργασίας.

Γενικά ο έλεγχος αυτός μπορεί να θεωρηθεί και να χρησιμοποιηθεί ως μια ακόμη λειτουργία ανίχνευσης σφαλμάτων στο δίκτυο των τριγώνων.

3.8. Δημιουργία ορθοφωτογραφίας και φωτομωσαϊκού.

Το φωτομωσαϊκό στο Photomod δημιουργείται μέσα από το υποπρόγραμμα Mosaic. Με την ολοκλήρωση των απαραίτητων διορθώσεων εξαλείφονται όλες οι διαστροφές που οφείλονται στη γεωμετρία, στο βάθος, στις κλίσεις του εδάφους και στο ανάγλυφο, έτσι ώστε όλα τα αντικείμενα στην τελική εικόνα να βρίσκονται στην πραγματική γεωδαιτική τους θέση οριζοντιογραφικά.

Προτού ξεκινήσει η δημιουργία του μωσαϊκού θα πρέπει να δομηθεί το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο. Προτείνεται ο λόγος μεταξύ των μεγεθών των φατνίων του DEM και του μωσαϊκού να κυμαίνεται στα 20-40. Για παράδειγμα όταν η τελική εικόνα απαιτείται να έχει μέγεθος pixel 0,5 μ. τότε ο λόγος ορίζεται σε 20 και τα φατνία του DEM θα πρέπει να έχουν μέγεθος 10 μ. ($=0,5 \cdot 20$). Τα όρια του DEM θα πρέπει να ταιριάζουν με τα όρια του συνόλου των εικόνων.

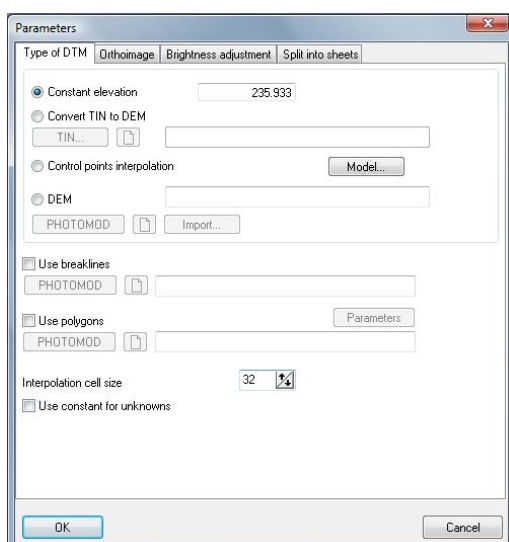
Ύστερα καθορίζονται οι απαραίτητες παράμετροι στο Photomod Mosaic.

3.8.1. Καθορισμός παραμέτρων για τη δημιουργία μωσαϊκού.

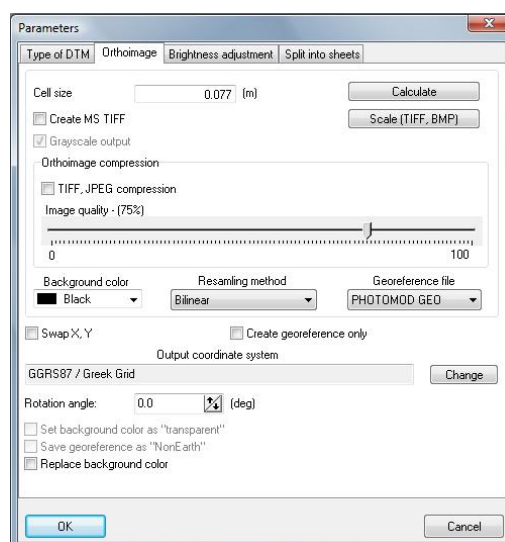
Υπάρχουν τέσσερις ομάδες επιλογών κάθε μια από τις οποίες αναλύεται στη συνέχεια.

Η πρώτη αφορά τον τύπο του Υψομετρικού μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί. [Εικόνα 30] Εφόσον κάτι τέτοιο είναι ικανοποιητικό ο χρήστης μπορεί να αντικαταστήσει το

μοντέλο με ένα επίπεδο σε τιμή υψομέτρου που εκείνος ορίζει. Διαφορετικά μπορεί να επιλέξει ένα υπάρχον δίκτυο τριγώνων και να το μετατρέψει σε DEM. Για τις περιοχές του DEM στις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες το λογισμικό μπορεί να ορίσει μια σταθερή τιμή υψομέτρου. Μια άλλη επιλογή είναι η δημιουργία DTM σύμφωνα με μια πολυωνυμική επιφάνεια η οποία περιγράφει το ανάγλυφο. Η επιφάνεια αυτή ορίζεται από τα τρισδιάστατα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο του αεροτριγωνισμού και της συνόρθωσης, όπως είναι τα φωτοσταθερά, τα σημεία σύνδεσης κλπ. Το συγκεκριμένο DTM μπορεί να δημιουργηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους – απλό, ομαλοποιημένο ή βασισμένο σε τρίγωνα. Η τελευταία επιλογή για τον καθορισμό του DEM που θα χρησιμοποιηθεί είναι η εισαγωγή έτοιμου υψομετρικού μοντέλου. Απαιτείται προσοχή στην περίπτωση που η επιφάνεια καλύπτεται από περισσότερα του ενός DEM και τότε θα πρέπει να αναζητηθούν όλα τα τμήματα και να ενωθούν. Εφόσον ο χρήστης το επιθυμεί μπορεί να εισάγει σε αυτό το σημείο γραμμές ασυνέχειας ή άλλα πολύγωνα που έχουν δημιουργηθεί σε προηγούμενα στάδια.



Εικόνα 30. Επιλογή ΨΜΕ για τη δημιουργία μωσαϊκού.



Εικόνα 31.

Η δεύτερη ομάδα επιλογών αφορά την ορθοφωτογραφία που παράγεται. [Εικόνα 31] Εδώ καθορίζεται το μέγεθος του φατινίου της εικόνας, σε μονάδες εδάφους. Στη συνέχεια δίνεται η δυνατότητα, εφόσον ο χρήστης το επιλέξει, στο αρχείο της τελικής παραγόμενης εικόνας να δημιουργηθεί πυραμίδα, ώστε να αυξηθεί η ταχύτητα διαχείρισης και επεξεργασίας της, με μικρό κόστος αποθηκευτικού χώρου. Επίσης, εάν κάποια από τις αρχικές εικόνες είναι έγχρωμη, παρέχεται η δυνατότητα παραγωγής του μωσαϊκού σε κλίμακα του γκρι. Μια κυλιόμενη μπάρα που βρίσκεται στην ομάδα αυτή καθορίζει την ακρίβεια την εικόνας σε περίπτωση που επιλεγεί η συμπίεσή της σε μορφή TIFF ή JPEG. Οι διαθέσιμες μέθοδοι επανασύστασης της εικόνας είναι η διγραμμική, η κυβική και αυτή του πλησιέστερου γείτονα, από τις οποίες ο χρήστης επιλέγει την επιθυμητή. Άλλη μια επιλογή είναι αυτή που αφορά τον τύπο του αρχείου γεωαναφοράς, το οποίο περιλαμβάνει βασικές

πληροφορίες για το σύστημα συντεταγμένων και την συσχέτιση του μωσαϊκού με αυτό. Προσοχή απαιτείται στην δυνατότητα να δημιουργηθεί μόνο το συγκεκριμένο αρχείο γεωαναφοράς, γιατί τότε δεν θα παραχθεί το μωσαϊκό.

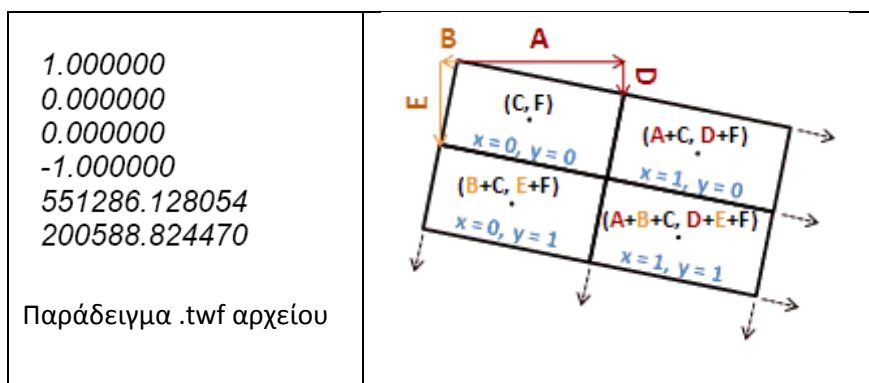
Εφόσον επιλεγεί ο τύπος Geo το αρχείο θα έχει κατάληξη .geo και περιλαμβάνει τις εικονο- και γεωδαιτικές συντεταγμένες τεσσάρων «ψηφίδων» του μωσαϊκού καθώς και το μέγεθος κάθε ψηφίδας κατά X και Y άξονα.

```
Orthomosaic created by PHOTOMOD 10.01.07
Units: (m)
Linscale: 8.600
Colscale: 8.600
(0.5, 0.5) (8271360.000 East, 1857514.200 North)
(0.5, 2446.5) (8271360.000 East, 1836470.000 North)
(2612.5, 0.5) (8293831.800 East, 1857514.200 North)
(2612.5, 2446.5) (8293831.800 East, 1836470.000 North)
Coordinate system: UTM, (North)
```

Για αρχεία γεωαναφοράς που θα χρησιμοποιηθούν από το λογισμικό Arc INFO και MapInfo δίνονται τα ακόλουθα παραδείγματα.

Οι τιμές που περιέχονται σε ένα TWF αρχείο γεωαναφοράς περιλαμβάνουν :

- Την ανάλυση στον άξονα X (x – resolution) [A]
- Την στροφή κατά X [D]
- Τη στροφή κατά Y [B]
- Την ανάλυση στον Y άξονα (y – resolution) [E]
- Τις X και Y γεωδαιτικές συντεταγμένες του πάνω – αριστερά (1,1) pixel της εικόνας [C και F]



Σε ένα TAB αρχείο περιλαμβάνονται πληροφορίες που αφορούν το όνομα και το είδος της εικόνας στην οποία αναφέρεται, εικονο- και γεωδαιτικές συντεταγμένες σκοπευμένων σημείων της εικόνας καθώς και το όνομα κάθε σημείου, και τέλος δίνονται πληροφορίες για το γεωδαιτικό σύστημα στο οποίο αναφέρονται οι συντεταγμένες.

```

!table
!version 300
!charset WindowsLatin1

Definition table
File "mosaic.tif"
Type "RASTER"
(143424.937,2635592.133) (0,0) Label "Point 1",
(224834.937,2635592.133) (1163,0) Label "Point 2",
(143424.937,2565592.133) (0,1000) Label "Point 3",
(224834.937,2565592.133) (1163,1000) Label "Point 4"
CoordSys Earth Projection 8, 104, "m", 33.000000, 0.000000, 0.999600, 500000.000000,
0.000000

```

Παράδειγμα .tab αρχείου

Η επόμενη ομάδα σχετίζεται με τις παραμέτρους εκείνες που χρησιμοποιούνται στη ραδιομετρική διόρθωση των εικόνων, ώστε να προκύψει η τελική εικόνα χωρίς εμφανείς «ραφές» στις ενώσεις. Οι διορθώσεις χωρίζονται σε καθολικές και τοπικές. Οι πρώτες εφαρμόζονται σε όλα τα pixels της οθόνης και περιλαμβάνουν δύο διαφορετικούς τύπους, τη διόρθωση σύμφωνα με μια επιλεγμένη εικόνα ή λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εικόνων του μωσαϊκού. Φυσικά υπάρχει και η επιλογή για μη εφαρμογή καθολικών διορθώσεων. Όσον αφορά τις τοπικές διορθώσεις εφαρμόζεται ένας μετασχηματισμός φωτεινότητας κατά μήκος των τομών των εικόνων, κατά τη διάρκεια του οποίου η φωτεινότητα και η αντίθεση μεταβάλλονται ταυτόχρονα. Οι παράμετροι για τις τοπικές διορθώσεις αφορούν:

- Το μέγεθος των τμημάτων της εικόνας τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του μοντέλου τοπικών διορθώσεων. Όσο μεγαλύτερα είναι τα τμήματα τόσο καλύτερο και το αποτέλεσμα, αλλά με ανάλογη αύξηση στη διάρκεια της επεξεργασίας.
- Το πλήθος των προαναφερόμενων τμημάτων
- Το πλήθος των εσωτερικών σημείων των εικόνων, τα οποία βρίσκονται πάνω στις ακμές του μωσαϊκού, και στα οποία θα πρέπει να διατηρηθεί η τιμή της φωτεινότητας. Πιθανή έλλειψη των σημείων αυτών συνεπάγεται ανωμαλίες στη φωτεινότητα.
- Το συντελεστή αντίθεσης, ο οποίος μπορεί να πάρει τιμή μέχρι το 7 και βελτιώνει τα λάθη που προκύπτουν από το τοπικό μοντέλο διορθώσεων αντίθεσης, σε περιπτώσεις που η αντίθεση των αρχικών εικόνων δεν προσδιορίστηκε σωστά
- Την προσθήκη φωτεινότητας στα εσωτερικά σημεία των εικόνων. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις σημαντικών αλλαγών φωτεινότητας μεταξύ των κέντρων των εικόνων και των άκρων τους, και οι οποίες δεν είναι δυνατόν να διορθωθούν με διαφορετικό τρόπο. Οι τιμές αυτές, που δύνονται χωριστά για κάθε κανάλι (RGB) δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 1-2.
- Την προσθήκη φωτεινότητας στις ακμές, όπου εφαρμόζει ομαλή μεταβολή της φωτεινότητας στις τέσσερις πλευρές του μωσαϊκού. Εφαρμόζεται το ίδιο για όλα τα κανάλια επειδή οι χρωματικές διαφοροποιήσεις είναι ανάξιες προσοχής.
- Την αποκοπή τμήματος περιμετρικά των εικόνων σε ποσοστό το οποίο δηλώνει ο χρήστης και με τον τρόπο αυτό εξαιρούνται από την επεξεργασία οι περιοχές που περιέχουν πληροφορίες για τις εικόνες.
- Τον συντελεστή πυκνότητας των σημείων σύνδεσης στις ακμές του μωσαϊκού. Εδώ απαιτείται προσοχή καθώς η έλλειψη τέτοιων σημείων συνεπάγεται ανωμαλίες στην

φωτεινότητα, αλλά και η ύπαρξη πολύ μεγάλου πλήθους από αυτά οδηγεί σε αδυναμία διόρθωσης της φωτεινότητας.

Να σημειωθεί εδώ ότι η διαδικασία της τοπικής διόρθωσης της φωτεινότητας λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε πρώτα να εφαρμόζεται σε γειτονικές εικόνες και μετά μεταξύ των λωρίδων. Επομένως είναι σημαντικό τα όρια των περιοχών που θα συμπεριληφθούν στο μωσαϊκό να είναι συνεχόμενα κατά μήκος κάθε λωρίδας. Επίσης θα πρέπει να δύνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ταξινόμηση των εικόνων καθώς στο μωσαϊκό θα συμμετέχει το τμήμα αυτής της εικόνας η οποία βρίσκεται πάνω από τις υπόλοιπες που περιλαμβάνουν την ίδια περιοχή και αυτού η φωτεινότητα θα ληφθεί υπόψη στη διαδικασία διόρθωσης της φωτεινότητας.

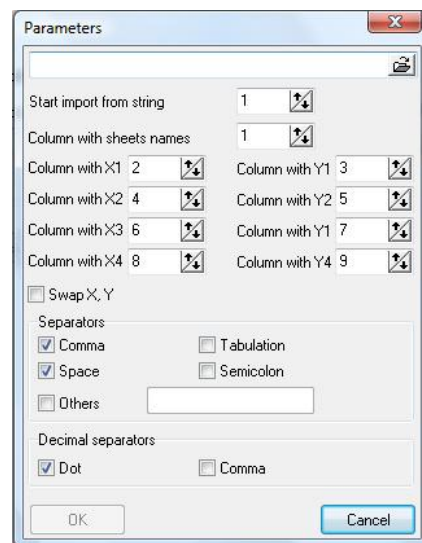
Η τέταρτη και τελευταία ομάδα παραμέτρων αφορά τον διαχωρισμό του τελικού μωσαϊκού σε φύλλα χάρτη. Παρέχονται τρεις διαφορετικοί τρόποι διαχωρισμού. Ο ένας από αυτούς είναι ο συμμετρικός. Ο χρήστης καθορίζει τις διαστάσεις των φύλλων χάρτη και τα όρια του μωσαϊκού ή το πλήθος των φύλλων. Επίσης ορίζει, εφόσον επιθυμεί κάτι τέτοιο, τα μέτρα της επικάλυψης στους άξονες X και Y και το όνομα των φύλλων. Ένας άλλος τρόπος διαχωρισμού είναι με εισαγωγή των ορίων από εξωτερικό αρχείο. Ένα παράδειγμα τέτοιου αρχείου δίνεται στην Εικόνα 32 που ακολουθεί. Φυσικά σε αυτήν την περίπτωση όλες οι απαραίτητες πληροφορίες βρίσκονται στο αρχείο αυτό επομένως ο χρήστης δεν χρειάζεται και δεν μπορεί να ορίσει τις παραμέτρους. Εξαιρεση αποτελεί η περίπτωση που τα αρχείο αυτό είναι αποθηκευμένο σε CSV μορφοποίηση (αρχείο κειμένου με τιμές οριοθετημένες με κόμματα, στο οποίο ο χαρακτήρας κόμμα τυπικά διαχωρίζει κάθε πεδίο κειμένου), οπότε θα πρέπει να δηλωθεί σε ποιά σειρά του αρχείου ξεκινάνε οι πληροφορίες, ποια στήλη περιέχει το όνομα κάθε φύλλου και ποιες τις συντεταγμένες των 4 κορυφών του. Επίσης επιλέγονται τα σύμβολα που διαχωρίζουν τις στήλες και τα δεκαδικά ψηφία. [Εικόνα 33]

```
[MainSection]
SheetCount=5

[Sheet0]
Name="Sheet_1.tif"
X0=535017.208
Y0=164805.265
X1=535517.248
Y1=164805.265
X2=535517.248
Y2=165305.305
X3=535017.208
Y3=165305.305

[Sheet1]
Name="Sheet_2.tif"
X0=535517.208
Y0=164805.265
```

Εικόνα 32. Παράδειγμα αρχείου με πληροφορίες κατάτμησης του μωσαϊκού σε φύλλα χάρτη.



Εικόνα 33. Εισαγωγή CSV αρχείου για καθορισμό των φύλλων του μωσαϊκού.

3.8.2. Περιοχές ενδιαφέροντος.

Οι περιοχές ενδιαφέροντος (Regions of Interest – ROIs) είναι εκείνα τα τμήματα κάθε αρχικής εικόνας τα οποία θα συμπεριληφθούν στο τελικό φωτομωσαϊκό.

Κάθε εικόνα έχει μια προκαθορισμένη από το λογισμικό περιοχή ενδιαφέροντος. Για τη δημιουργία της απλά αποκόπτεται το 10% περιμετρικά κάθε εικόνας, ώστε να μην συμπεριληφθούν τα εικονοσήματα και άλλες πληροφορίες. Το ποσοστό αποκοπής μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με τις ανάγκες του έργου και καθορίζεται από τον χρήστη για κάθε μία πλευρά ξεχωριστά. Για έργα τα οποία δεν απαιτούν πολύπλοκες ROIs, οι προκαθορισμένες περιοχές είναι ικανοποιητικές για την άμεση δημιουργία του μωσαϊκού. Ένας άλλος τρόπος καθορισμού των τμημάτων αυτών στην εικόνα είναι με εισαγωγή των περιοχών που χρησιμοποιήθηκαν για την τμηματική δημιουργία του συνολικού TIN (pre-regions). Φυσικά για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων προτείνεται η χειροκίνητη δημιουργία των ορίων των ROIs.

Για τον καθορισμό των περιοχών ενδιαφέροντος από τον χρήστη θα πρέπει να ακολουθηθεί μια σειρά από βήματα και κανόνες. Ο σχεδιασμός των περιοχών θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο πρωτεύον σημείο, γιατί με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η γεωμετρική ακρίβεια στην ένωση των επικαλυπτόμενων εικόνων. Επίσης τα όριά τους δεν θα πρέπει να τέμνουν αντικείμενα που εξέχουν σημαντικά από το ανάγλυφο, όπως γέφυρες, ψηλά κτήρια κλπ., διαφορετικά τα αντικείμενα θα παρουσιάζονται με μια εσωτερική μετάθεση ή θα χάνεται κάποιο τμήμα τους. [Εικόνα 33] Ακόμη θα πρέπει να αποφεύγεται η σχεδίαση των ορίων παράλληλα και δίπλα σε μακρόστενα αντικείμενα των οποίων η φωτεινότητα διαφέρει από το γενικό υπόβαθρο (π.χ. όριο δασικής περιοχής ή δρόμου), γιατί σε αυτήν την περίπτωση η διαδικασία εξάλειψης των γραμμών των ορίων από την τελική εικόνα θα επηρεάσει και τα όρια των αντικειμένων. Τέλος, τα όρια των ROIs διαφορετικών εικόνων θα πρέπει να παρουσιάζουν συνέχεια καθώς, όπως προαναφέρθηκε, το λογισμικό εφαρμόζει τις τοπικές διορθώσεις φωτεινότητας πρώτα στις εικόνες εντός των λωρίδων και μετά μεταξύ των διαφορετικών λωρίδων. Επίσης, για καλύτερα αποτελέσματα, προτείνεται η ύπαρξη μιας μικρής επικάλυψης μεταξύ των διπλανών λωρίδων.

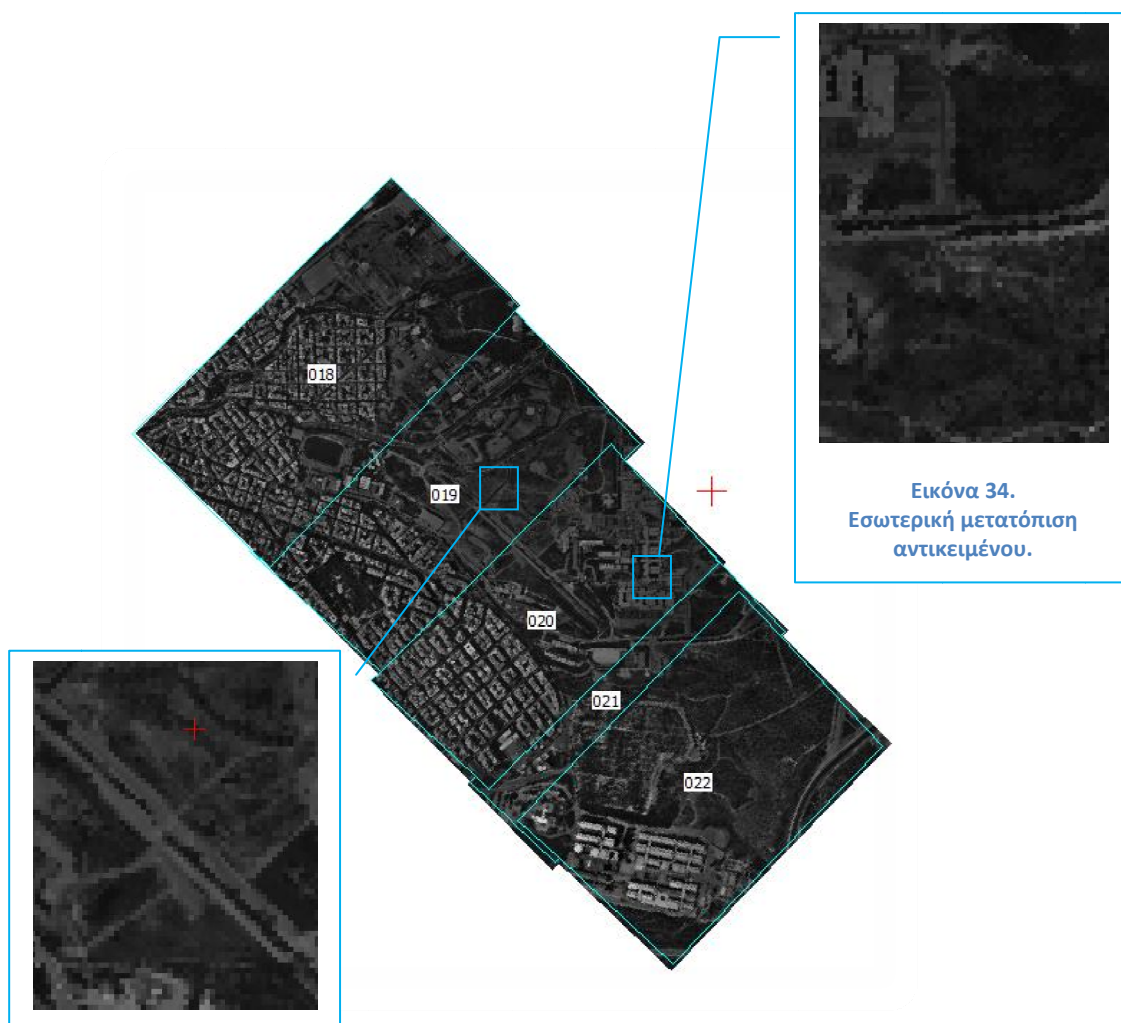
Φυσικά, είναι δυνατή και η εισαγωγή εξωτερικού αρχείου διανυσμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως όρια των τμημάτων των εικόνων που θα συμμετέχουν στο μωσαϊκό. Οι υποστηριζόμενοι τύποι τέτοιων αρχείων είναι Shapefiles και DXF.

3.8.3. Προεπισκόπηση φωτομωσαϊκού.

Από τη στιγμή που έχουν καθορισθεί όλες οι απαραίτητες παράμετροι, είναι πλέον δυνατή μια πρώτη προεπισκόπηση του φωτομωσαϊκού. [Εικόνα 35] Φυσικά σε αυτή τη λειτουργία το αποτέλεσμα είναι ένα προϊόν μικρής ακρίβειας, αφού δημιουργείται γρήγορα και σκοπό έχει τον έλεγχο και τον εντοπισμό χονδροειδών σφαλμάτων κατά τον ορισμό των

παραμέτρων. Δίνει για παράδειγμα μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή διορθώσεων στα χρώματα ή στη φωτεινότητα. Στο στάδιο αυτό είναι επίσης δυνατό να επιλεγεί μόνο ένα μέρος από το σύνολο των εικόνων ώστε να παραχθεί τοπικά το φωτομωσαϊκό. Στο ίδιο παράθυρο απεικονίζονται και τα όρια των φύλλων του τελικού ορθοφωτοχάρτη. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια από αυτά θα παραχθούν και ποια όχι.

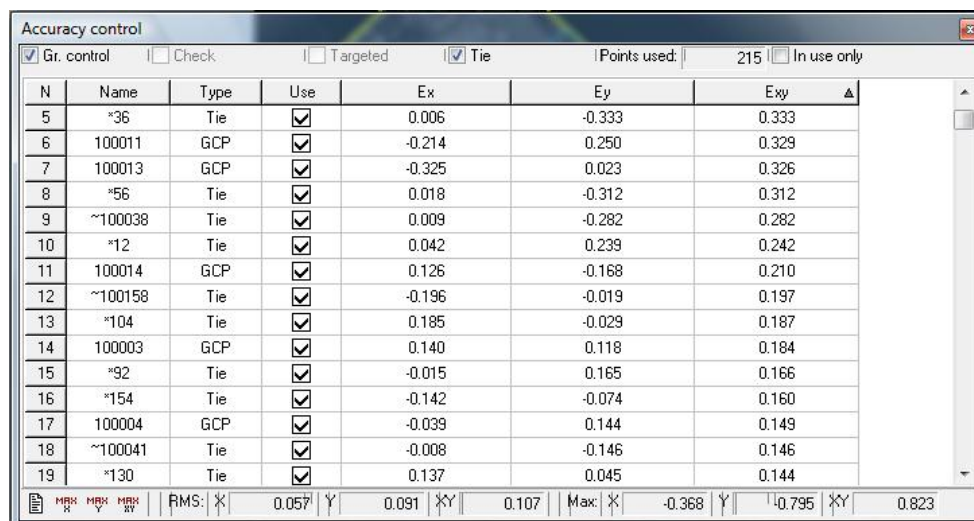
Τέλος, μπορεί να ενεργοποιηθεί η δημιουργία πλαισίων και γενικών πληροφοριών που θα συνοδεύουν κάθε ένα από τα φύλλα του μωσαϊκού, ανάλογα με την κλίμακα.



Εικόνα 35. Προεπισκόπηση φωτομωσαϊκού.

3.8.4. Έλεγχος ακρίβειας μωσαϊκού.

Το λογισμικό υπολογίζει την ακρίβεια της διαδικασίας της ορθοαναγωγής χρησιμοποιώντας τις διαφορές των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν στα προηγούμενα στάδια, όπως τα φωτοσταθερά, τα σημεία σύνδεσης των εικόνων και των λωρίδων και άλλα. Τα υπόλοιπα αυτά παρουσιάζονται σε έναν πίνακα όπως ο ακόλουθος [Εικόνα 36].



N	Name	Type	Use	E_x	E_y	E_z	Δ
5	*36	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	-0.333	0.333	
6	100011	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.214	0.250	0.329	
7	100013	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.325	0.023	0.326	
8	*56	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.018	-0.312	0.312	
9	~100038	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.009	-0.282	0.282	
10	*12	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.042	0.239	0.242	
11	100014	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	0.126	-0.168	0.210	
12	~100158	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.196	-0.019	0.197	
13	*104	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.185	-0.029	0.187	
14	100003	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	0.140	0.118	0.184	
15	*92	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.015	0.165	0.166	
16	*154	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.142	-0.074	0.160	
17	100004	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.039	0.144	0.149	
18	~100041	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.008	-0.146	0.146	
19	*130	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.137	0.045	0.144	

RMS: $\sqrt{0.057^2 + 0.091^2 + 0.107^2}$ Max: $\sqrt{(-0.368)^2 + (-0.795)^2 + 0.823^2}$

Εικόνα 36. Ακρίβεια δημιουργίας ορθοφωτομωσαϊκού.

Στην πρώτη και τη δεύτερη στήλη αναγράφονται το όνομα και ο τύπος του κάθε σημείου αντίστοιχα. Στις τρεις τελευταίες δίνονται οι διαφορές E_x , E_y και E_z . Στην τρίτη στήλη σημειώνονται ποιά από τα σημεία χρησιμοποιούνται και ποιά όχι. Σε αυτό μπορεί να επέμβει και ο χρήστης ώστε να εξαιρέσει εκείνα τα σημεία που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές και ενδεχομένως να επηρεάζουν σημαντικά την διαδικασία. Στο κάτω μέρος του πίνακα αναγράφονται το RMS και η μέγιστη διαφορά που εμφανίστηκε για κάθε συντεταγμένη. Στα σημεία με μεγάλο σφάλμα είναι δόκιμο να ελεγχθεί το TIN γιατί ενδεχομένως το σημείο να μην βρίσκεται στο έδαφος. Να σημειωθεί ότι για τέτοια σημεία που βρίσκονται πάνω σε κτίρια ή άλλες κατασκευές, και δεν ταυτίζονται με το έδαφος, το σφάλμα που προκύπτει οφείλεται στην ανύψωση του σημείου από την επιφάνεια του εδάφους.

Η λίστα αυτή ανοίγει και σε αρχείο κειμένου. Για κάθε φύλλο του μωσαϊκού δίνεται και η λίστα των σημείων που περιέχονται, με τον τύπο του κάθε σημείου, την εικόνα στην οποία περιέχεται και τα X, Y και XY υπόλοιπα. Στο τέλος κάθε τέτοιας λίστας δίνονται το RMS, καθώς και το μέσο, το μέγιστο και το ελάχιστο σφάλμα του συγκεκριμένου φύλλου.

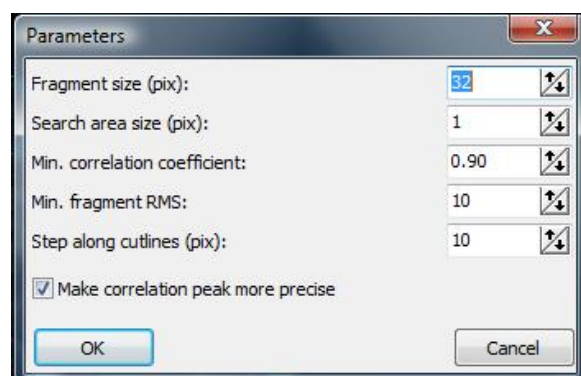
Για τα έργα εκείνα τα οποία χρησιμοποιούν για τη δημιουργία του μωσαϊκού DEM που έχει προέλθει από TIN, το αρχείο αναφοράς της ακρίβειας περιέχει και τις διαφορές

μεταξύ DEM και TIN στο υψόμετρο. Μετά από την δημιουργία του DEM από TIN δίνονται τα RMS, μέγιστα και μέσα σφάλματα. Μειώνοντας το μέγεθος του φατνίου παρεμβολής στις παραμέτρους που αφορούν το DTM μειώνονται και τα αντίστοιχα σφάλματα του DEM καθώς αυτό «περιγράφει» με καλύτερη ακρίβεια το αρχικό TIN.

Ένας άλλος τρόπος ελέγχου της ακρίβειας είναι με εκ των υστέρων εισαγωγή σημείων ελέγχου. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών μπορούν να περιέχονται σε κάποιο αρχείο DXF, ASCII ή TXT. Στη συνέχεια εισάγονται στο μωσαϊκό και μετράται απευθείας η μετατόπισή τους. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται από τα αντίστοιχα εργαλεία μέτρησης που παρέχει το λογισμικό για τα φωτομωσαϊκά.

Για τον έλεγχο ακρίβειας του ορθοφωτοχάρτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από μεμονωμένα σημεία, και τα όρια των περιοχών των εικόνων που συμμετέχουν στο μωσαϊκό (περιοχές ενδιαφέροντος – ROIs). Το λογισμικό δημιουργεί μικρά αποσπάσματα από τις ορθοφωτογραφίες γειτονικών εικόνων κατά μήκος των ορίων των ROIs. Στη συνέχεια τα συγκρίνει και υπολογίζει τις αναντιστοιχίες, τις οποίες και παρουσιάζει σε αρχείο αναφοράς.

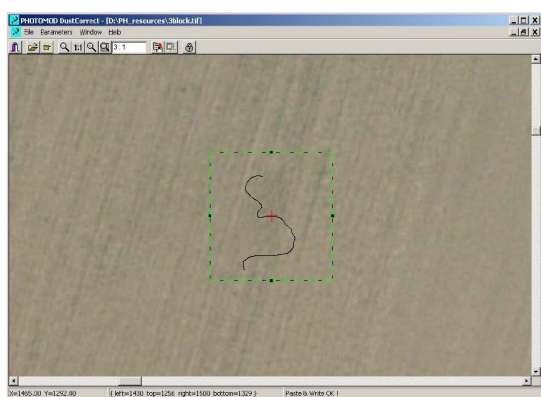
Οι παράμετροι που συμμετέχουν σε αυτή τη διαδικασία φαίνονται στο παράθυρο της Εικόνας 37. Η πρώτη τιμή αφορά το μέγεθος σε εικονοστοιχεία των μικρών αποσπασμάτων εικόνας που δημιουργούνται. Το επόμενο μέγεθος αφορά την μέγιστη, υποθετικά, τιμή της αναντιστοιχίας που θα χρησιμοποιηθεί κατά την αναζήτηση. Στη συνέχεια δίνεται η ελάχιστη τιμή της συσχέτισης ώστε δύο τμήματα γειτονικών εικόνων να θεωρηθούν ως ταυτόσημα. Ακολούθως ορίζεται το ελάχιστο RMS φωτεινότητας του αποσπάσματος της εικόνας ώστε δύο τέτοια τμήματα να θεωρηθεί ότι έχουν ραδιομετρικά ομοιογενές υπόβαθρο. Η ελάχιστη απόσταση που ορίζεται ύστερα αφορά την θεώρηση ότι δύο τμήματα ανήκουν σε διαφορετικές, γειτονικές εικόνες. Τέλος δηλώνεται και το βήμα που χρησιμοποιείται για την δημιουργία τέτοιων τμημάτων κατά μήκος των γραμμών των ορίων. Όσο μικρότερο το βήμα, τόσο περισσότερα και τα αποσπάσματα που θα ελεγχθούν, αλλά και μεγαλύτερο το χρονικό διάστημα της αναζήτησης και τη σύγκρισης.



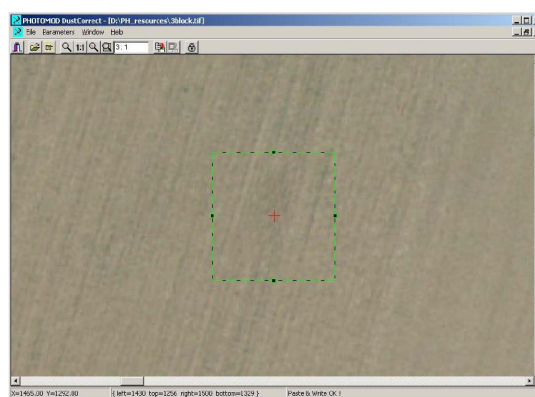
Εικόνα 37. Παράμετροι για τον έλεγχο ακρίβειας με χρήση των ορίων των ROIs.

3.8.5. Επεξεργασία μωσαϊκού για τη απομάκρυνση θορύβου.

Μετά από τη δημιουργία του μωσαϊκού είναι δυνατή η διόρθωση των εικόνων στις περιοχές που παρουσιάζουν «σκουπίδια», όπως σκόνες και κενά. Για το σκοπό αυτό παρέχεται μια λειτουργία καθαρισμού των εικόνων που καλείται DustCorrect. Ο χρήστης εισάγει την εικόνα και αναζητά τέτοιες προβληματικές περιοχές. Στη συνέχεια επιλέγει το ορθογώνιο παράθυρο της περιοχής το οποίο περιέχει το θόρυβο αλλά και κομμάτι της εικόνας από τη γύρω περιοχή. Η επεξεργασία στο τμήμα αυτό γίνεται είτε μέσα από το Photomod είτε σε εξωτερικό λογισμικό.



Εικόνα 38. Εικόνα με εξωτερικό "σκουπίδι".



Εικόνα 39. Εικόνα μετά από διόρθωση με DustCorrect.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Το λογισμικό Photomod εκτός από την επεξεργασία των αεροφωτογραφιών είναι σε θέση να υποστηρίξει πλήρως και έργα που αφορούν δορυφορικές εικόνες, είτε αυτές είναι μεμονωμένες είτε αποτελούν στερεοσκοπικά ζεύγη.

4.1. Επεξεργασία μεμονωμένων δορυφορικών εικόνων SPOT.

Η διαδικασία εκτέλεσης έργων που χρησιμοποιούν μεμονωμένες δορυφορικές εικόνες SPOT δεν διαφέρει κατά πολύ από τη χρήση αεροφωτογραφιών. Τα στάδια που ακολουθούνται είναι τέσσερα και περιλαμβάνουν τη σύνθεση του έργου, τις μετρήσεις στις εικόνες, τη συνόρθωση και τη δημιουργία ορθοφωτομωσαϊκού.

Το πρώτο στάδιο αφορά τον ορισμό του συστήματος συντεταγμένων και την εισαγωγή των εικόνων στο λογισμικό. Μια σχεδόν πλήρης βάση με τα πιο γνωστά και συχνά χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων είναι στη διάθεση του χρήστη ώστε να διαλέξει το κατάλληλο για κάθε έργο. Η διαφορά με τα έργα αεροφωτογραφιών είναι πως για δορυφορικές εικόνες η παρούσα έκδοση (Photomod 4.4) δεν υποστηρίζει τη χρήση γεωδαιτικών συστημάτων μήκους και πλάτους (φ, λ). Έτσι, εάν είναι αναγκαίο, προτείνεται η μετατροπή των δεδομένων σε κάποιο προβολικό σύστημα για την εφαρμογή όλης της επεξεργασίας και στο τέλος η δημιουργία του μωσαϊκού σε γεωδαιτικό σύστημα. Επίσης αυθαίρετα τοπικά συστήματα καρτεσιανών συντεταγμένων δεν είναι δυνατόν να επιλεγούν καθώς δεν είναι γνωστή η συσχέτισή τους με τα παγκόσμια πλαίσια αναφοράς.

Και η εισαγωγή των δορυφορικών εικόνων δεν διαφέρει πολύ από τη διαδικασία που ακολουθείται για τις αεροφωτογραφίες. Η κάθε εικόνα που εισάγεται στο λογισμικό θα πρέπει να τοποθετηθεί και να ανήκει σε κάποια λωρίδα. Βέβαια, στην συγκεκριμένη περίπτωση για δορυφορικές εικόνες η έννοια της λωρίδας δεν υφίσταται, αλλά χρησιμοποιείται από το λογισμικό ώστε να ορισθεί η οριζόντια και η κάθετη διεύθυνση. Εικόνες με πλάγια επικάλυψη τοποθετούνται στην ίδια λωρίδα ενώ εικόνες με επικάλυψη στο πάνω ή το κάτω μέρος τοποθετούνται σε γειτονικές λωρίδες.

Είναι πολύ σημαντικό όλα τα αρχεία που συνοδεύουν μια εικόνα να μην μετονομάζονται. Η διαδικασία εισαγωγής εικόνων χρησιμοποιεί αυτόματη αναγνώριση. Με την επιλογή από τον χρήστη της επιθυμητής εικόνας για εισαγωγή, το λογισμικό αναζητά αυτόματα τα μεταδεδομένα της εικόνας και τα διαβάζει.

Κατά την επιλογή των εικόνων και πριν την εισαγωγή τους στο λογισμικό είναι δυνατή η εφαρμογή μιας ραδιομετρικής προ-επεξεργασίας, η διαδικασία της οποίας περιγράφεται σε επόμενη ενότητα (4.3.).

Το επόμενο στάδιο αφορά τον τριγωνισμό, αν και δεν είναι δόκιμος ο όρος για δορυφορικές εικόνες. Περιλαμβάνει την εισαγωγή των συντεταγμένων των φωτοσταθερών

και των σημείων ελέγχου, καθώς επίσης και τη μέτρησή τους πάνω στις εικόνες. Εκτός από τα σταθερά, μετριοούνται και τα σημεία σύνδεσης. Η διαδικασία αυτή δεν διαφέρει σε τίποτα από την αντίστοιχη που περιγράφηκε για τις αεροφωτογραφίες.

Το τρίτο στάδιο αφορά την συνόρθωση, που επίσης είναι όμοια σχεδόν με τα έργα που χρησιμοποιούν φωτογραφίες κεντρικής προβολής.

Τέλος, δημιουργείται το μωσαϊκό, σύμφωνα με τον τρόπο που έχει ήδη περιγραφεί.

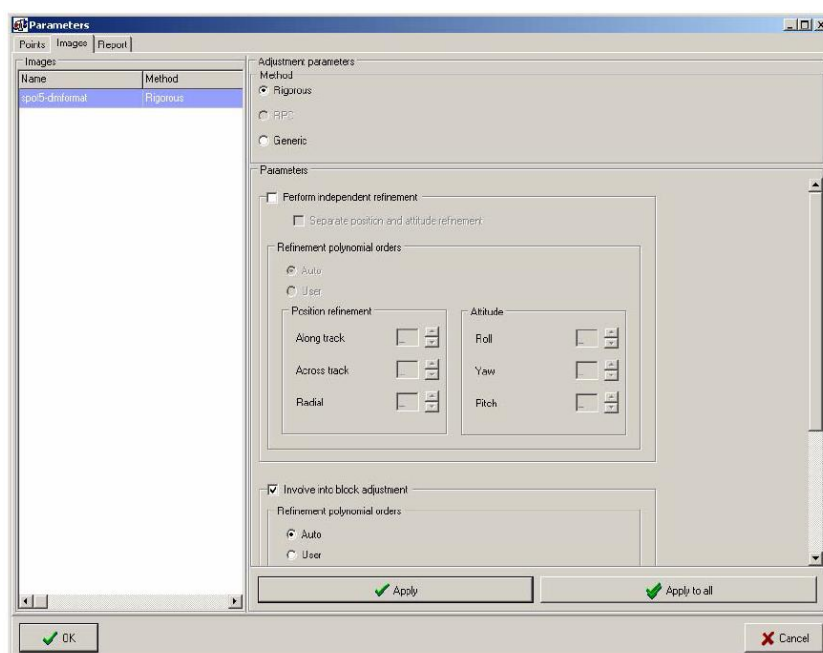
4.2. Επεξεργασία ζευγών δορυφορικών εικόνων IKONOS.

Σε έργα που χρησιμοποιούν δεδομένα IKONOS η διαδικασία της αναγνώρισης των αρχείων που συνοδεύουν την εικόνα έχει δύο φάσεις. Η πρώτη αφορά την αναζήτηση του αρχείου των μεταδεδομένων και των συνοδευτικών αρχείων που αναφέρονται μέσα σε αυτό. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την ανάγνωση του αρχείου των πολυωνυμικών διορθώσεων. Και σε αυτή την περίπτωση, αν οι εικόνες περιλαμβάνουν περισσότερα από 8 bits ανά κανάλι, απαιτείται η εφαρμογή ραδιομετρικών διορθώσεων.

Μια διαφοροποίηση που υπάρχει στη σύνθεση του έργου για τις εικόνες IKONOS έγκειται στο ότι η συλλογή τους ακολουθεί μια κάθετη πορεία με επικαλύψεις στο επάνω και το κάτω μέρος κάθε εικόνας. Για το λόγο αυτό το λογισμικό εφαρμόζει σε αυτές τις εικόνες μια αυτόματη στροφή 90 μοιρών ώστε συνεχόμενες εικόνες να εισάγονται στην ίδια λωρίδα. Φυσικά, εφόσον απαιτείται, ο χρήστης μπορεί να περιστρέψει μόνος του τις εικόνες, εφαρμόζοντας την κατάλληλη γωνία.

Στη συνέχεια εκτελείται ο φωτοτριγωνισμός. Η εισαγωγή των συντεταγμένων των φωτοσταθερών και η μέτρηση των απαραίτητων σημείων στις εικόνες δεν διαφέρουν από τα όσα μέχρι τώρα έχουν περιγραφεί. Μια επιπλέον δυνατότητα στα έργα με στερεοζεύγη είναι η στερεοσκοπική μέτρηση των σημείων, που υποστηρίζεται από το λογισμικό.

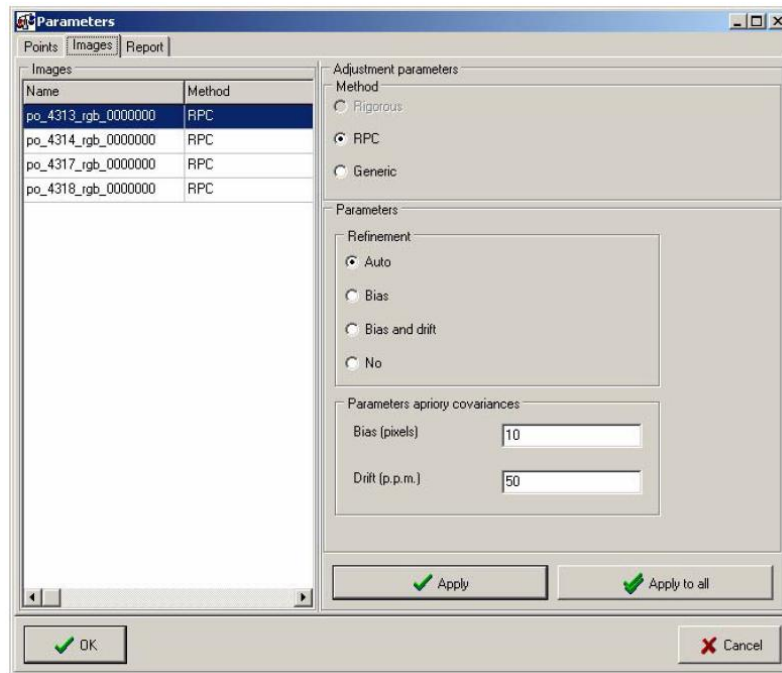
Για τη διαδικασία της επίλυσης δορυφορικών εικόνων χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι. Ο αυστηρά μαθηματικός αλγόριθμος [Εικόνα 40] χρησιμοποιεί τις παραμέτρους του δέκτη με τον οποίο λήφθηκαν οι εικόνες και με λιγότερα σταθερά σημεία επιτυγχάνεται ακριβέστερος υπολογισμός παραμέτρων εξωτερικού προσανατολισμού. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε προϊόντα SPOT 1-5, EROS a, ASTER, FORMOSAT-2. Η επιλογή του αλγόριθμου ανεξάρτητης γεωαναφοράς (independent refinement) εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που έχουν μετρηθεί φωτοσταθερά και χωρίς να χρησιμοποιούνται σημεία σύνδεσης μεταξύ εικόνων. Επιλέγεται η αυτόματη διαδικασία ή ρυθμίζει τις διάφορες παραμέτρους ο χρήστης, για την οριζοντιογραφία και το υψόμετρο χωριστά. Άλλος ένας λόγος εφαρμογής αυτής της επιλογής είναι για την απόκτηση μιας αρχικής εκτίμησης της συνόρθωσης. Επίσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ως η κύρια διαδικασία του προσανατολισμού της εικόνας, όταν έχει προηγηθεί η επίλυση. Η ακρίβεια εκφράζεται ως RMS στα φωτοσταθερά.



Εικόνα 40. Παράμετροι συνόρθωσης με τον αλγόριθμο Rigorous.

Σε εικόνες IKONOS, QuickBird και OrbView-3, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα τέτοια στοιχεία, επιλέγεται η δεύτερη μέθοδος επίλυσης RPC, ώστε να συμπεριληφθούν τα δεδομένα των πολυωνυμικών διορθώσεων (RPC) που συνοδεύουν τις εικόνες. Οι επιλογές για τον χρήστη σε αυτή την περίπτωση είναι:

- Auto – αυτόματη επιλογή του κατάλληλου τύπου βελτιστοποίησης, σύμφωνα με το πλήθος των φωτοσταθερών και των σημείων σύνδεσης
- Bias – εφόσον υπάρχει διαθέσιμος ένας ικανοποιητικός αριθμός σημείων η σταθερή διόρθωση μπορεί να εφαρμοστεί στα RPC
- Bias and drift – για μεγάλο αριθμό σημείων μπορεί να εφαρμοστεί αφινική βελτιστοποίηση στα RPC, διαφορετικά χρησιμοποιείται σταθερή τιμή της βελτιστοποίησης



Εικόνα 41. Παράμετροι για συνόρθωση με χρήση πολυωνυμικών συντελεστών RPC.

Ως τρίτη λύση επιλέγεται η γενική μέθοδος συνόρθωσης, για την οποία είναι διαθέσιμοι στο Photomod δύο τύποι μοντέλων. Ο ένας αφορά το μοντέλο της παράλληλης προβολής [Εικόνα 43] ενώ ο δεύτερος τη χρήση άμεσου γραμμικού μετασχηματισμού [Εικόνα 42]. Το μειονέκτημά της γενικής λύσης είναι ότι απαιτεί την ύπαρξη μεγάλου πλήθους σταθερών σημείων (περισσότερα από 10 σε κάθε εικόνα), αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε τύπο δορυφορικής εικόνας.

Άμεσος Γραμμικός Μετασχηματισμός DLT

$$x + \delta x - x_o = -c_x \frac{r_{11}(X - X_o) + r_{12}(Y - Y_o) + r_{13}(Z - Z_o)}{r_{31}(X - X_o) + r_{32}(Y - Y_o) + r_{33}(Z - Z_o)}$$

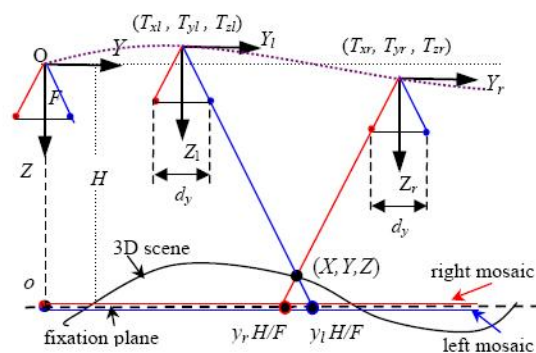
$$y + \delta y - y_o = -c_y \frac{r_{21}(X - X_o) + r_{22}(Y - Y_o) + r_{23}(Z - Z_o)}{r_{31}(X - X_o) + r_{32}(Y - Y_o) + r_{33}(Z - Z_o)}$$

$$c_x = c \cdot \lambda_x$$

$$c_y = c \cdot \lambda_y$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} x &= \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \\ y &= \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \end{aligned}$$

Εικόνα 42. Εξισώσεις Άμεσου Γραμμικού Μετασχηματισμού (DLT)



Εικόνα 43. Μοντέλο παράλληλης προβολής.

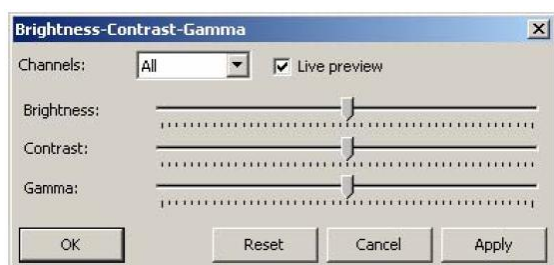
Το στάδιο της δημιουργίας φωτομωσαϊκού έχει ήδη περιγραφεί και δεν διαφέρει.

4.3. Ραδιομετρική βελτίωση δορυφορικών εικόνων.

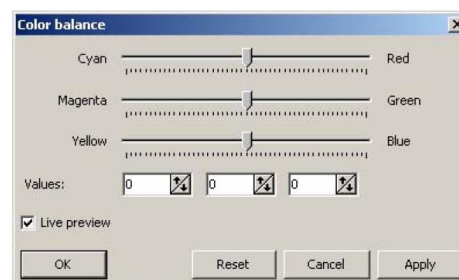
Για τις εικόνες εκείνες που έχουν περισσότερα από οκτώ bits ανά κανάλι προτείνεται η εκτέλεση δυναμικών βελτιώσεων πριν αυτές εισαχθούν στο λογισμικό. Αν και πρόκειται για μια αυτοματοποιημένη διαδικασία, κάποιος έμπειρος χρήστης μπορεί να επέμβει και να καθορίσει το αποτέλεσμα των διορθώσεων αυτών.

Με την έναρξη της διαδικασίας δημιουργείται η προσωρινή πυραμίδα και το ιστογράμμα της εικόνας, κάτι που είναι σχετικά χρονοβόρο για μεγάλες εικόνες. Στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το επιθυμητό έγχρωμο σύνθετο, αντιστοιχίζοντας σε κάθε ένα από τα χρώματα Red, Green, Blue κάποιο κανάλι. (πχ RGB-3,2,1).

Άλλη μία διαδικασία βελτίωσης της εικόνας περιλαμβάνει την επέκταση του ιστογράμματος της αρχικής εικόνας σε όλο το εύρος ανακλαστικότητας. Ο χρήστης επιλέγει σε ποιο κανάλι θα εφαρμοστεί και δηλώνει το ποσοστό που θα αποκοπεί σε κάθε άκρη του. Η συνάρτηση επεξεργασίας του ιστογράμματος παρουσιάζεται γραφικά σαν μια καμπύλη, στην οποία κάθε τετμημένη του σημείου αναπαριστά την τιμή της ανακλαστικότητας πριν το μετασχηματισμό και η τεταγμένη την αντίστοιχη τιμή μετά την εφαρμογή του. Τα σημεία αυτά ενώνονται μεταξύ τους με κάποια καμπύλη Bezier της οποίας η καμπυλότητα μπορεί να μεταβληθεί από το χρήστη. Επίσης είναι δυνατή η προσθήκη νέων σημείων και η διαγραφή ορισμένων από αυτά καθώς και η χειροκίνητη μετατόπιση της θέσης τους, ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 44. Επεξεργασία φωτεινότητας, αντίθεσης και Γάμμα.



Εικόνα 45. Επεξεργασία ισορροπίας χρωμάτων.

Ακόμη το λογισμικό παρέχει το χρήστη δυνατότητα επέμβασης στη φωτεινότητα, την αντίθεση και την καμπύλη Γάμμα κάθε εικόνας. [Εικόνα 44] Άλλο ένα παράθυρο διαλόγου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταβολή της χρωματικής ισορροπίας μεταξύ των ζευγών Κυανό-Κόκκινο, Ματζέντα-Πράσινο και Κίτρινο-Μπλε. [Εικόνα 45] Τέλος υπάρχει και μια ομάδα από φίλτρα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν στις εικόνες για την βελτίωση της ποιότητας απεικόνισής τους. Αυτά είναι:

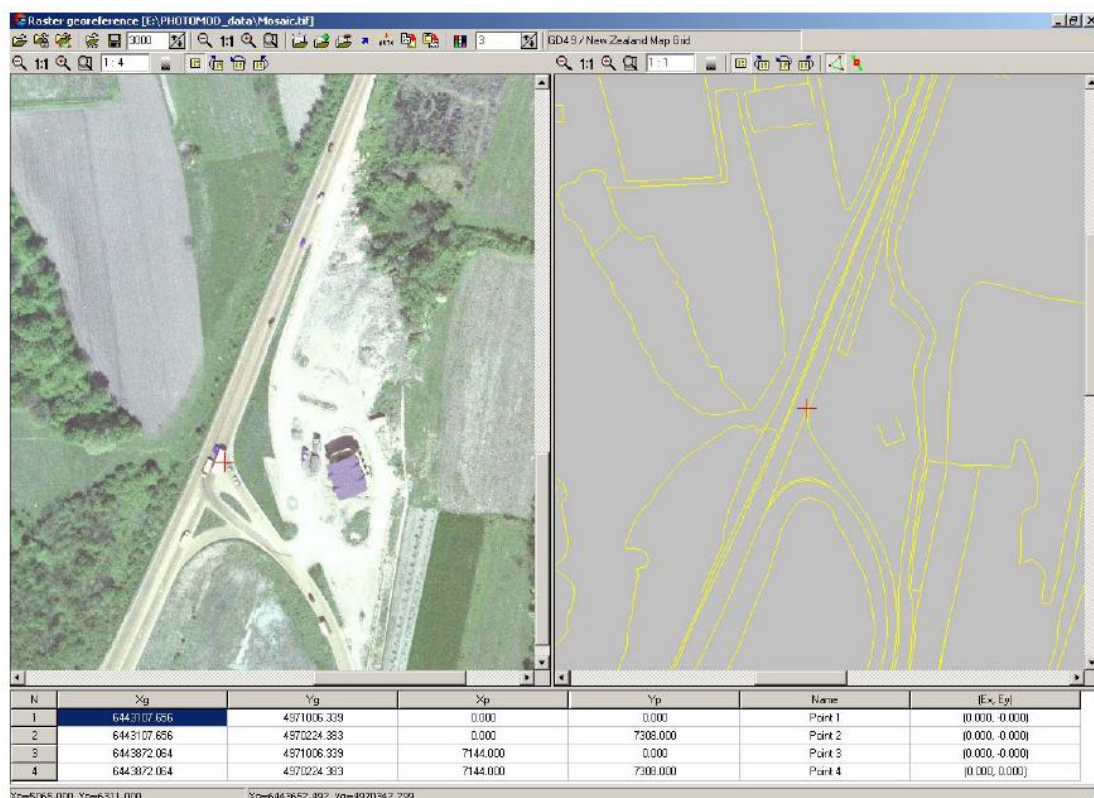
- **Blur**, το οποίο χρησιμοποιείται για ασάφεια στις λεπτομέρειες των αρχικών εικόνων

- Gaussian Blur. Πρόκειται για ένα φίλτρο ομαλοποίησης, το οποίο δεν χρησιμοποιεί γραμμική συνάρτηση, όπως το Blur αλλά καμπύλη Gauss
- Sharpen, που αυξάνει την ένταση στις λεπτομέρειες της εικόνας
- Sharpen edges, που είναι όμοιο με τον προηγούμενο, μόνο που εφαρμόζεται στις περιοχές που η διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή.
- Median, μη γραμμικό φίλτρο που διορθώνει μεμονωμένα σημεία (pixels) με μη αναμενόμενη τιμή ανακλαστικότητας.
- Sobel, μη γραμμικό φίλτρο για την απόκτηση του περιγράμματος της ψηφιακής εικόνας. Είναι η πρώτη παράγωγος της αρχικής εικόνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

5.1. Χρήση ψηφιακού χάρτη.

Σε πολλές περιπτώσεις η όλη διαδικασία διευκολύνεται σημαντικά με τη χρήση σαρωμένου τοπογραφικού χάρτη της περιοχής των εικόνων. [Εικόνα 46] Ένας τέτοιος χάρτης με γεωαναφορά μπορεί, όταν χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο, να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των διαφόρων ψηφιοποιημένων χαρακτηριστικών του εδάφους. Η γεωαναφορά του χάρτη επιτυγχάνεται με χρήση σταθερών σημείων γνωστών συντεταγμένων ή με εισαγωγή των πληροφοριών από το αρχείο της γεωαναφοράς, εφόσον υπάρχει.

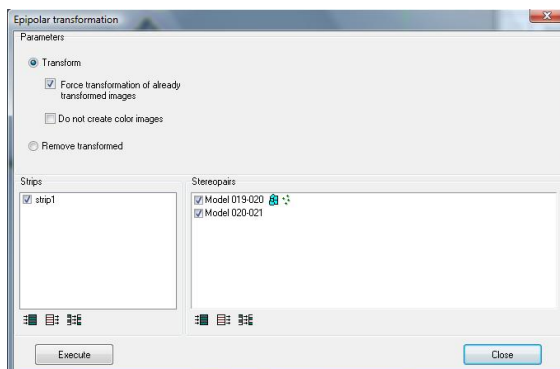


Εικόνα 46. Εισαγωγή και χρήση ψηφιακού χάρτη.

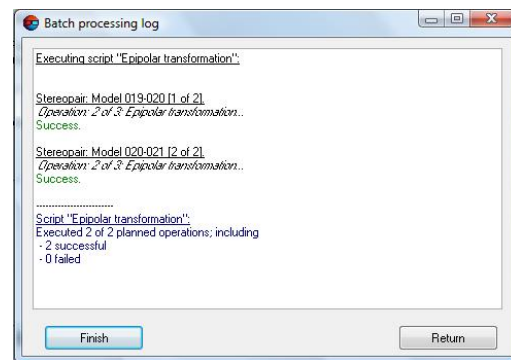
5.2. Επιπολικός μετασχηματισμός.

Επιπολικός μετασχηματισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία εξαλείφεται η x - παράλλαξη ώστε τα στερεοζεύγη να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα υποπρογράμματα DTM, StereoDraw και StereoVector του Photomod και να είναι δυνατή η αυτόματη τοποθέτηση της «ιπτάμενης μάρκας» πάνω στο έδαφος. Η διαδικασία ξεκινά με τον καθορισμό των παραμέτρων και την επιλογή να εφαρμοστεί σε όλα τα ζεύγη του έργου ή μόνο σε ορισμένα από αυτά. [Εικόνα 48] Ο μετασχηματισμός μπορεί να εφαρμοστεί αφού έχει ολοκληρωθεί η συνόρθωση του έργου (μπλοκ). Στην περίπτωση που δεν εφαρμοστεί τη διαδικασία αυτή ο χρήστης, το λογισμικό την ξεκινά αυτόματα πριν την έναρξη οποιουδήποτε από τα υποπρογράμματα που αναφέρθηκαν νωρίτερα.

Ανάλογα με τις γενικές επιλογές του κεντρικού λογισμικού (Preferences στο Montage Desktop), τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού μπορεί να αποθηκευτούν μόνιμα στον υπολογιστή ή να εφαρμοστούν προσωρινά στα ζεύγη. Η δεύτερη περίπτωση εξοικονομεί χώρο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μεγάλα έργα.



Εικόνα 47. Παράμετροι επιπολικού μετασχηματισμού.



Εικόνα 48. Αναφορά εφαρμογής επιπολικού μετασχηματισμού.

5.3. Μετατροπή συντεταγμένων.

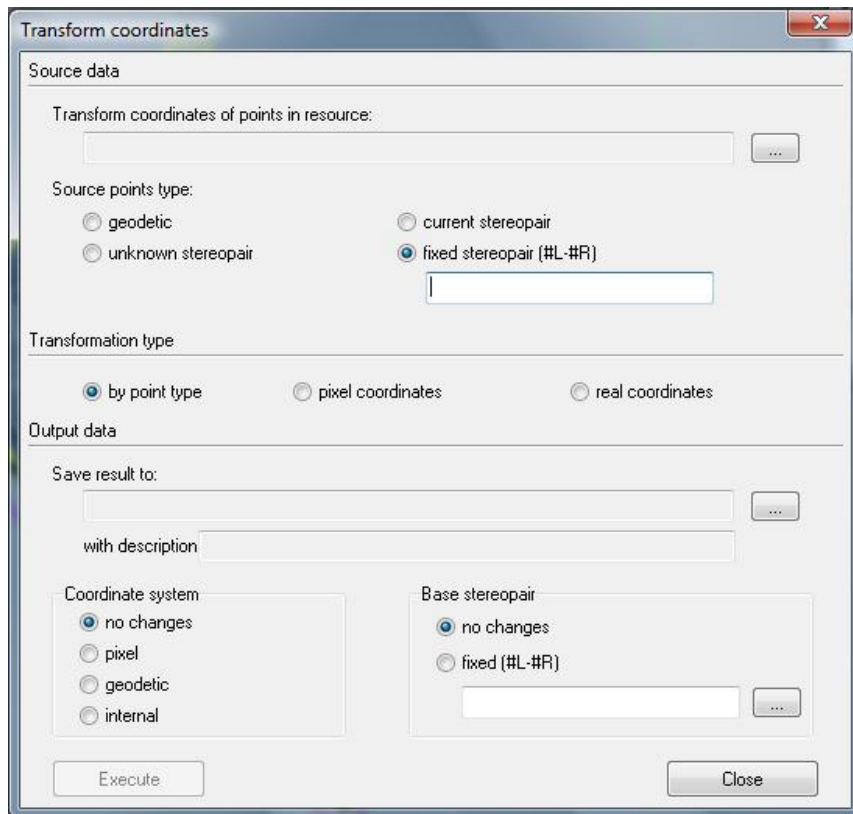
Η χρησιμότητα αυτού του εργαλείου εντοπίζεται κυρίως σε τρεις περιπτώσεις. Η μία αφορά εκείνα τα έργα τα οποία δημιουργήθηκαν χωρίς να έχουν συμπεριληφθεί φωτοσταθερά, επομένως χωρίς κάποιο καθορισμένο σύστημα συντεταγμένων. Τέτοια έργα ονομάζονται «ελεύθερα μοντέλα» και έχει γίνει μια αναφορά σε αυτά στο κεφάλαιο της συνόρθωσης. Το λογισμικό, εφόσον δεν εφοδιαστεί με πληροφορίες επίγειων συντεταγμένων, πραγματοποιεί τον αεροτριγωνισμό σύμφωνα με τον εσωτερικό προσανατολισμό και τα σημεία σύνδεσης, εκτελεί τη συνόρθωση από την οποία υπολογίζει τα σφάλματα των σημείων αυτών και ακολούθως επιτρέπει στο χρήστη τη δημιουργία DTM και τρισδιάστατων διανυσμάτων, χωρίς να έχουν χωρική αναφορά. Εφόσον εκ των υστέρων αποκτηθούν δεδομένα σύνδεσης με κάποιο σύστημα συντεταγμένων, ο χρήστης απλά

εισάγει τα φωτοσταθερά και πραγματοποιεί ξανά τη συνόρθωση. Ακολούθως, τα TINs και τα διανύσματα που έχουν ήδη παραχθεί ως «ελεύθερα» μπορούν να μετασχηματιστούν με τη συγκεκριμένη εφαρμογή στο επιθυμητό σύστημα και να χρησιμοποιηθούν χωρίς να απαιτείται επαναδημιουργία τους.

Μια δεύτερη περίπτωση είναι η μετατροπή συντεταγμένων διανυσματικών αντικειμένων που έχουν παραχθεί σε διαφορετικό σύστημα συντεταγμένων και χρειάζεται να εισαχθούν στο έργο. Επίσης, όταν απαιτείται να γίνει νέα συνόρθωση του συνόλου των εικόνων λόγω εισαγωγής πρόσθετων σταθερών σημείων, τότε για την επανασύνδεση των υπαρχόντων διανυσματικών αντικειμένων θα πρέπει να εφαρμοστεί μετατροπή στις συντεταγμένες τους.

Στο παράθυρο διαλόγου που χρησιμοποιείται [Εικόνα 48] ο χρήστης δηλώνει :

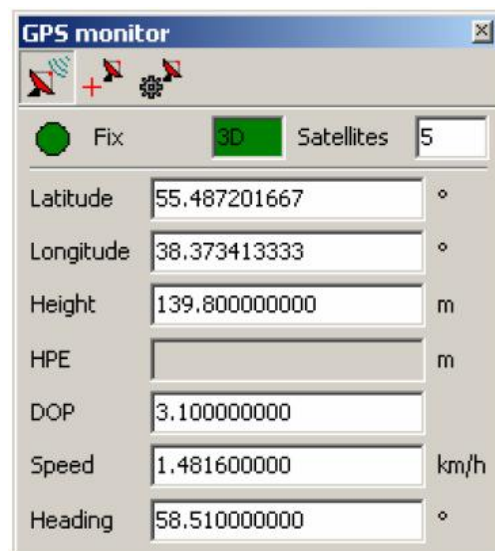
- I) τον τύπο των αρχικών σημείων, που μπορεί να είναι
 - γεωδαιτικές συντεταγμένες (X,Y,Z σε κάποιο γνωστό σύστημα)
 - άγνωστο στερεοζεύγος, όταν δεν είναι γνωστός ο αριθμός του ζεύγους στο οποίο ανήκουν τα σημεία ή όταν πρόκειται για σημεία από διαφορετικά ζεύγη. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται εκείνο το ζεύγος του οποίου το κέντρο είναι πιο κοντά στο σημείο και η μετατροπή γίνεται βάσει εικονοσυντεταγμένων.
 - ισχύον στερεοζεύγος, όταν η μέτρηση των σημείων έχει πραγματοποιηθεί στερεοσκοπικά και ο αριθμός του ζεύγους εμπεριέχεται στα δεδομένα
 - σταθερό ζεύγος εικόνων, όταν η μέτρηση των σημείων πραγματοποιήθηκε στερεοσκοπικά αλλά ο αριθμός του ζεύγους δεν εμπεριέχεται στα δεδομένα και θα πρέπει να εισαχθεί εκ των υστέρων από τον χρήστη.
- II) τον τύπο του μετασχηματισμού, ο οποίος μπορεί να είναι
 - σύμφωνα με τον τύπο του σημείου, δηλαδή μέσω γεωδαιτικών συντεταγμένων για τα σημεία που έχουν τέτοιες και βάσει εικονοσυντεταγμένων για τα υπόλοιπα.
 - βάσει εικονοσυντεταγμένων, έτσι ώστε οι αρχικές και παραγόμενες X,Y συντεταγμένες των σημείων του ζεύγους να συμπίπτουν
 - βάσει πραγματικών συντεταγμένων
- III) σύστημα συντεταγμένων παραγόμενων προϊόντων, όπου ο χρήστης επιλέγει τον τύπο του συστήματος συντεταγμένων μετά την μετατροπή
 - χωρίς αλλαγή, όπου διατηρείται το αρχικό σύστημα συντεταγμένων
 - εικονοστοιχεία, διατηρώντας τις μετρήσεις των x και y συντεταγμένων των σημείων στο σύστημα της εικόνας για το «βασικό» στερεοζεύγος, όπως αυτό δηλώνεται
 - γεωδαιτικές, που παρέχει τις τελικές παραγόμενες X, Y και Z συντεταγμένες σε γεωδαιτικό σύστημα και
 - εσωτερικό σύστημα, που αποδίδει τις συντεταγμένες στο καρτεσιανό σύστημα που καθορίζεται από το έργο
- IV) στερεοζεύγος, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του στερεοζεύγους που θα ορίσει το κοινό σύστημα εικονοσυντεταγμένων για το σύνολο των εικόνων
 - χωρίς αλλαγές, ώστε να θεωρηθεί το ίδιο ζεύγος με αυτό από το οποίο προήλθαν τα αρχικά σημεία ή
 - σταθερό, εφόσον ο χρήστης επιθυμεί να καθορίσει ο ίδιος τον αριθμό του ζεύγους για τις τελικές εικονοσυντεταγμένες.



Εικόνα 49. Παράθυρο διαλόγου για μετατροπή συντεταγμένων.

5.4. Υποστήριξη δεδομένων GPS.

Το λογισμικό είναι ικανό να συνδεθεί με κάποιους από τους δέκτες GPS της αγοράς, εφόσον αυτοί συνδέονται σε σειριακή θύρα (COM), πραγματική ή εικονική, και παράλληλα μεταφέρουν τα δεδομένα πλοήγησης με πρωτόκολλο NMEA. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα απεικονίζονται σε κάποιο παράθυρο του λογισμικού και η μάρκα συγχρονίζεται με το δέκτη. Προϋπόθεση για να δουλέψει αυτό είναι να έχει επιλεγεί τέτοιο σύστημα συντεταγμένων για το έργο, που να επιτρέπει την μετατροπή από και προς το παγκόσμιο WGS 84. Επίσης θα πρέπει η περιοχή του έργου να περιλαμβάνει και τη θέση του δέκτη. Από την στιγμή που επιτυγχάνεται η σύνδεση το λογισμικό παρέχει στο χρήστη ένα παράθυρο με όλες τις βασικές πληροφορίες που απαιτούνται. [Εικόνα 49]



Εικόνα 50. Πληροφορίες θέσης από συνδεδεμένο δέκτη GPS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό παρέχεται ένα συνοπτικό εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού.

6.1. Έναρξη του Montage Desktop.

Πριν την έναρξη του λογισμικού θα πρέπει να έχει ενεργοποιηθεί το **System Monitor**, μέσα από τη διαδρομή

Start > Programs > PHOTOMOD > Utility > PHOTOMOD System Monitor

Στη συνέχεια ενεργοποιείται το Montage Desktop, που είναι και το κύριο παράθυρο του λογισμικού, με μία από τις ακόλουθες επιλογές:

Start > Programs > PHOTOMOD > PHOTOMOD Montage Desktop ή

Με δεξί κλικ στο εικονίδιο του System Monitor (στην περιοχή ειδοποιήσεων) και κλικ στο Montage Desktop

Από την επιφάνεια εργασίας με διπλό κλικ στο εικονίδιο 

Με την έναρξή του εμφανίζονται στο χρήστη οι ακόλουθες επιλογές [Εικόνα 50]



Εικόνα 51. Παράθυρο επιλογών κατά την έναρξη του Montage Desktop.

Open recent – φορτώνει το τελευταίο έργο που ανοίχθηκε από το λογισμικό

Open/manage – ανοίγει ένα παράθυρο μέσα από το οποίο ο χρήστης επιλέγει το επιθυμητό έργο

Create – Δημιουργεί ένα νέο έργο

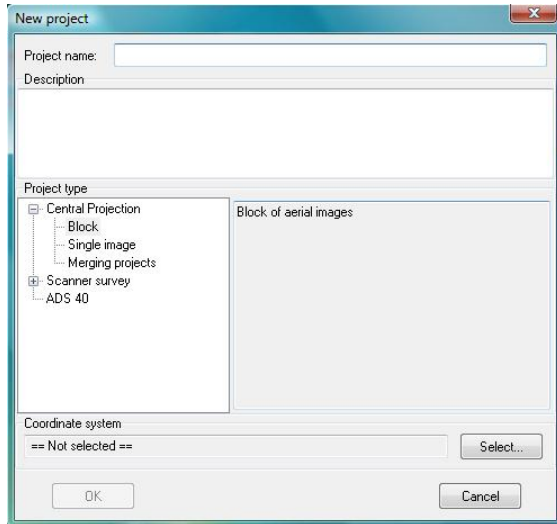
Import – ανοίγει ένα παράθυρο με τη λίστα των έργων που έχουν παραχθεί από προηγούμενες εκδόσεις του λογισμικού προκειμένου να εισαχθούν στην παρούσα

W/O project – ανοίγει το Montage Desktop χωρίς κάποιο έργο και επιτρέπει την δισδιάστατη απεικόνιση ορισμένων προϊόντων, όπως διανύσματα, TIN κλπ, καθώς και τη χρήση των εφαρμογών DTM, SteroDraw, StereoVector και Vector

Exit – κλείνει το λογισμικό

6.2. Δημιουργία νέου έργου.

Με την επιλογή **Create** ανοίγει το επόμενο παράθυρο, στο οποίο ο χρήστης δηλώνει τα απαραίτητα στοιχεία για την δημιουργία νέου έργου. [Εικόνα 51]



Εικόνα 52. Δημιουργία νέου έργου.

Project name – δηλώνεται το όνομα του έργου

Description – προαιρετική περιγραφή του έργου

Project type – το είδος του έργου, με τις διαθέσιμες επιλογές που περιγράφονται στη συνέχεια

Coordinate system – το σύστημα συντεταγμένων του έργου, που επιλέγεται μέσα από μια λίστα διαθέσιμων προκαθορισμένων πατώντας το κουμπί **Select**

OK – αποδοχή των επιλογών

Cancel – επιστροφή στο προηγούμενο βήμα (εικόνα 50).

Κατά τον ορισμό του είδους του έργου, ο χρήστης επιλέγει μεταξύ των ακόλουθων:

Central Projection – έργα με εικόνες κεντρικής προβολής

Block – όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο εικόνων με ικανοποιητική επικάλυψη

Single image – όταν το έργο περιλαμβάνει μία μόνο εικόνα

Merging projects – όταν σκοπός είναι η ένωση διαφορετικών έργων που αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή

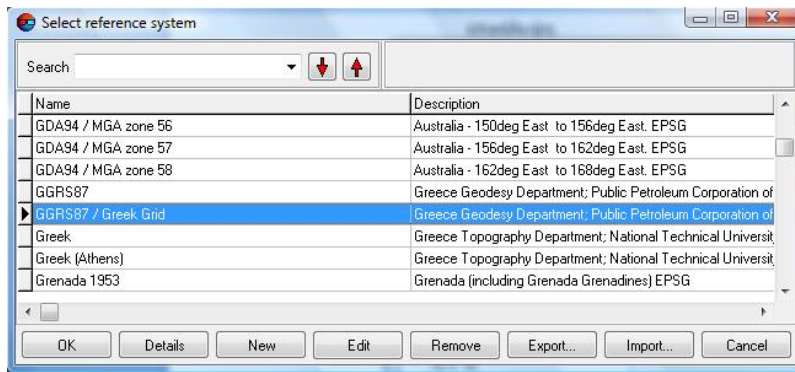
Scanner Survey – έργα δορυφορικών εικόνων

Monoblock – για μεμονωμένες εικόνες ή περισσότερες που όμως δεν έχουν ικανοποιητική επικάλυψη

Stereoblock – για σύνολο εικόνων με επικαλυπτόμενα τμήματα

ADS 40 – για εικόνες που παρήχθησαν από τον ομώνυμο ψηφιακό δέκτη

Για τον καθορισμό του συστήματος συντεταγμένων του έργου, και για τον ορισμό του ΕΓΣΑ 87, μετά την επιλογή **Select** ανοίγει το παράθυρο της εικόνας 52. Πληκτρολογώντας “greek” στην αναζήτηση και με το κόκκινο βέλος κάτω εμφανίζεται το ΕΓΣΑ87 (GGRS87/Greek Grid).



Εικόνα 53. Επιλογή Συστήματος Συντεταγμένων.

OK – ορισμός του επιλεγμένου συστήματος για το έργο

Details – πληροφορίες που αφορούν το επιλεγμένο σύστημα

New – δημιουργία νέου συστήματος, εφόσον το επιθυμητό δεν περιέχεται στη λίστα

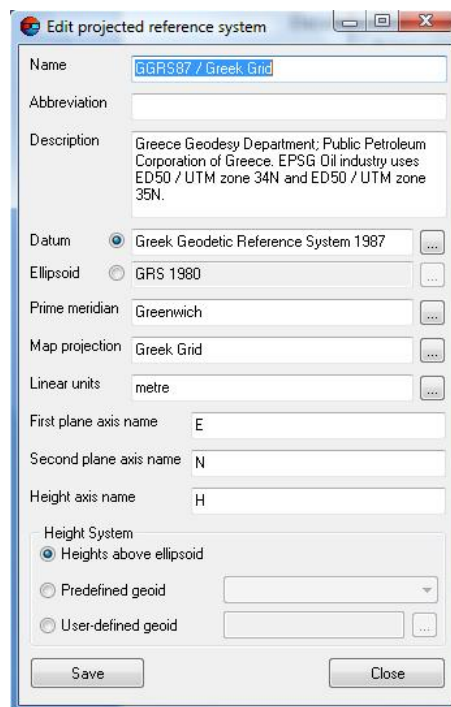
Edit – επεξεργασία του επιλεγμένου συστήματος [Εικόνα 53]

Remove – διαγραφή από τη λίστα

Export – εξάγει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες του συστήματος σε XML μορφή

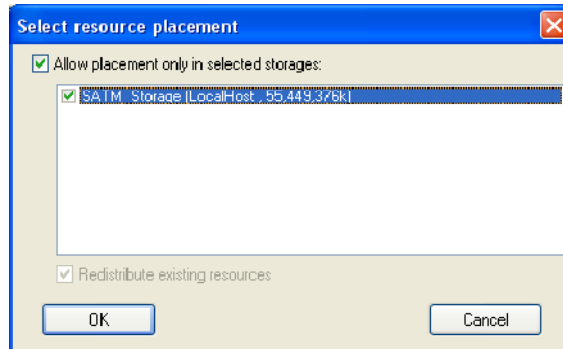
Import – εισάγει τα στοιχεία ενός συστήματος από XML αρχείο

Cancel – επιστροφή στο προηγούμενο στάδιο



Εικόνα 54. Επεξεργασία στοιχείων συστήματος συντεταγμένων.

Μετά τον ορισμό των παραμέτρων για τη δημιουργία νέου έργου επιλέγεται η θέση αποθήκευσής του. [Εικόνα 54]




Εικόνα 55. Επιλογή θέσης αποθήκευσης έργου.

Με το **OK** ανοίγει το νέο έργο στο Montage Desktop, για την περαιτέρω επεξεργασία του.

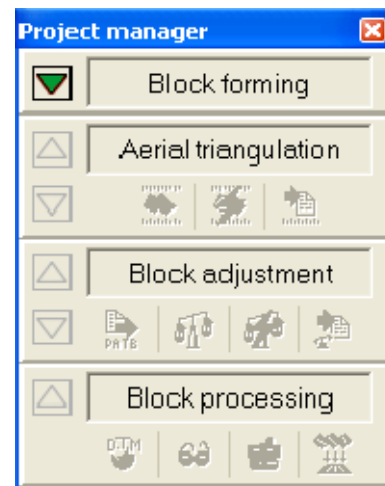
6.3. Στάδια επεξεργασίας έργου.

Η φωτογραμμετρική διαδικασία χωρίζεται σε τέσσερα στάδια. Αυτά, με τη σειρά που θα εκτελεστούν, φαίνονται στο παράθυρο **Project Manager**, το οποίο ανοίγει αυτόματα με το άνοιγμα του Montage Desktop. Εάν κατά λάθος κλείσει ή χαθεί η επαναφορά του γίνεται από την εντολή

Windows > Project Manager ή

από το 

Η εναλλαγή μεταξύ των σταδίων γίνεται με τα βέλη στο αριστερό τμήμα του παραθύρου

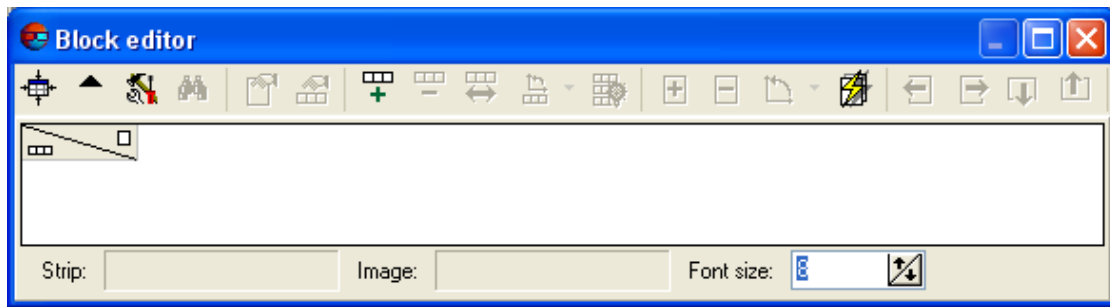


Εικόνα 56. Στάδια επεξεργασίας του έργου.

6.4. Σχηματισμός του μπλοκ.

Είναι το στάδιο στο οποίο εισάγονται οι εικόνες που θα συμμετέχουν στο έργο. Η εισαγωγή μπορεί να γίνει είτε απ' ευθείας στο 2D παράθυρο που ανοίγει μαζί με το **Montage Desktop** είτε μέσα από τον **Block editor**:

Windows > Block Editor



Εικόνα 57. Παράθυρο του Block Editor

Τα διάφορα διαθέσιμα εργαλεία στο παράθυρο αυτό, με τη σειρά που απεικονίζονται είναι:

Adjust window size – διορθώνει το μέγεθος του παραθύρου ανάλογα με το πλήθος των λωρίδων και των εικόνων που έχουν εισαχθεί

Collapse/expand – αποκρύπτει και επανεμφανίζει τις πληροφορίες για τις εικόνες αφήνοντας, στην πρώτη περίπτωση, μόνο τη γραμμή με τα εικονίδια των εντολών

Preferences – Ανοίγει το παράθυρο των γενικών προτιμήσεων του Montage Desktop εστιασμένο στις επιλογές που αφορούν τον Block Editor

Search by name (Ctrl-F) – χρησιμοποιείται για αναζήτηση εικόνας με το όνομά της

Image properties – παρουσιάζει στο χρήστη πληροφορίες που αφορούν την εικόνα, όπως είναι το μέγεθος, η ανάλυση, η συμπίεση, το όνομα και η θέση που είναι αποθηκευμένη

Strip properties – παρουσιάζει πληροφορίες που αφορούν τη λωρίδα, όπως το όνομά της και η κατεύθυνση



Εικόνα 58. Ιδιότητες λωρίδας.

Add strip (Shift-Ins) – εισαγωγή λωρίδας


Delete strip (Shift-del) – διαγραφή λωρίδας

Reverse strip order – αντιστρέφει τη διάταξη των εικόνων εντός της λωρίδας

Rotate all strip images – περιστρέφει τις εικόνες μιας λωρίδας

Block splitting into strips – ανοίγει ένα παράθυρο όπου καθορίζονται οι παράμετροι για τη διάσπαση του έργου σε μικρότερα

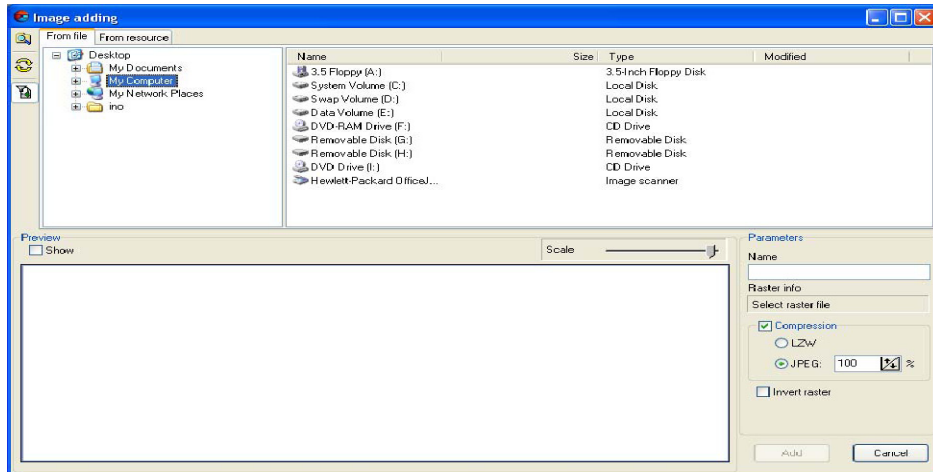
Add images (Ins) – εισάγει φωτογραφίες με τη βοήθεια του παραθύρου στην Εικόνα 58.

Αυτές δεν είναι άμεσα ορατές, καθώς απαιτείται και η εντολή **Perform raster adding** 

Delete selected images (Del) – διαγράφει τις επιλεγμένες φωτογραφίες

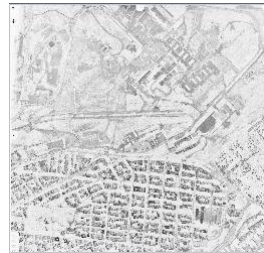
Perform raster adding – πραγματοποιεί την απεικόνιση της φωτογραφίας

Move selected images left, right, down, up – μετακινεί τις εικόνες αριστερά, δεξιά, κάτω και πάνω αντίστοιχα



Εικόνα 59. Επιλογή φωτογραφίας για εισαγωγή.

Για την εισαγωγή των φωτογραφιών χρησιμοποιείται το παράθυρο της Εικόνας 58, όπου γίνεται αναζήτηση του αρχείου στον φάκελο που είναι αποθηκευμένο. Η επιλογή **Show** χρησιμοποιείται για προεπισκόπηση της φωτογραφίας. Στην ενότητα **Parameters** εμφανίζονται το όνομα, το μέγεθος, ο τύπος της συμπίεσης που καθορίζεται από τον χρήστη και η επιλογή **Invert raster** που αντιστρέφει τους τόνους του γκρι.



Για έργα με λίγες εικόνες είναι πιο εύχρηστη παράκαμψη του **Block Editor** και η εισαγωγή των φωτογραφιών απευθείας στο **2D Window** του **Montage Desktop** με χρήση των αντίστοιχων εντολών. [Εικόνα 59]













Εικόνα 60. Εισαγωγή εικόνων από το Montage Desktop.

6.5. Παράθυρο 2D.

Στο παράθυρο αυτό απεικονίζονται οι εικόνες προσανατολισμένες κάθε φορά ανάλογα με το στάδιο του έργου.

Η γραμμή εργαλείων περιλαμβάνει τα ακόλουθα εικονίδια:

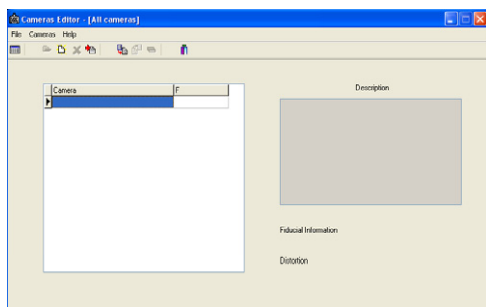
-  Φέρνει στο κέντρο της οθόνης το σταυρό του δείκτη, με αντίστοιχη μετακίνηση του μπλοκ ("I")
 -  Εφόσον είναι ενεργοποιημένο σταθεροποιείται ο σταυρός του δείκτη και η κίνηση του ποντικιού συνεπάγεται κίνηση του μπλοκ κάτω από το δείκτη (F6)
 -  Εμφανίζει ή αποκρύπτει την οριζόντια και κατακόρυφη μπάρα κύλισης κάτω ή δεξιά στο παράθυρο
 -  Εμφανίζει ή αποκρύπτει τον πίνακα ελέγχου της φωτεινότητας, της αντίθεσης και της καμπύλης Γάμμα της εικόνας, ο οποίος βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης
 -  Εμφανίζει ή αποκρύπτει τα βοηθητικά παράθυρα στο δεξί μέρος της οθόνης
 -  Εστιάζει κατά ένα βήμα στο σημείο που βρίσκεται ο δείκτης ("*")
 -  Απομακρύνεται κατά ένα βήμα στο σημείο του δείκτη ("/")
 -  Εστιάζει τόσο ώστε το μπλοκ να περιέχεται ολόκληρο στα όρια της οθόνης (Alt Enter)
 -  Εστίαση 1:1 όταν το κελί της εικόνας αντιστοιχεί σε pixel της οθόνης (Alt "1")
 -  Εστιάζει στον προκαθορισμένο βαθμό, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του Montage Desktop
- Pan** Εφαρμόζεται με πατημένο το πλήκτρο **Alt** και αριστερό κλικ στο ποντίκι. Η μετατόπιση ελέγχεται από την κίνηση του ποντικιού.

6.6. Στοιχεία βαθμονόμησης της μηχανής.

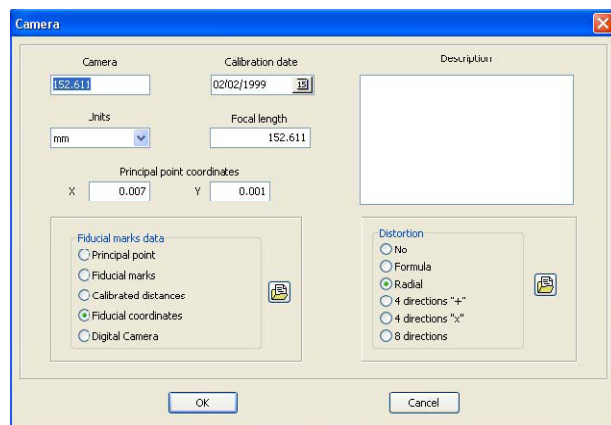
Η εισαγωγή των στοιχείων βαθμονόμησης γίνεται μέσα από το παράθυρο **Camera Editor**, το οποίο ανοίγει με την εντολή

Modules > Camera editor ή με το εικονίδιο 

Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων ανεξάρτητα από το τρέχων έργο. Έτσι είναι δυνατόν μια μηχανή να εισαχθεί μία φορά και να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερα έργα, αλλά και ένα έργο να περιέχει εικόνες από διαφορετικές μηχανές λήψης.



Εικόνα 61. Παράθυρο Cameras Editor.



Εικόνα 62. Εισαγωγή νέας μηχανής.

Οι διαθέσιμες λειτουργίες στη γραμμή εργαλείων του παραθύρου Cameras Editor είναι:

Cameras DB – ο χρήστης επιλέγει την βάση δεδομένων που περιέχει την επιθυμητή μηχανή

Edit Camera – επιτρέπει την επεξεργασία των στοιχείων της μηχανής

New Camera – εισάγει νέα μηχανή στη βάση δεδομένων

Delete Camera – διαγράφει την επιλεγμένη μηχανή από τη βάση

Import Camera – εισάγει κάποια μηχανή που έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλο έργο

Import/export from text file – εισάγει ή εξάγει τα στοιχεία της μηχανής από/σε αρχείο κειμένου

Copy camera – δημιουργεί αντίγραφο της μηχανής

Exit – τερματίζει τη λειτουργία

Για την εισαγωγή νέας μηχανής καθώς και για την επεξεργασία μιας υπάρχουσας χρησιμοποιείται το παράθυρο της Εικόνας 61, όπου εισάγονται τα ακόλουθα:

Camera – το όνομα της μηχανής, μέχρι 16 χαρακτήρες

Calibration date – ημερομηνία βαθμονόμησης της μηχανής

Description – προαιρετική περιγραφή μηχανής

Units – μονάδες μέτρησης για τα στοιχεία της βαθμονόμησης

Focal length – σταθερά της μηχανής

Principal point coordinates X,Y – συντεταγμένες πρωτεύοντος σημείου

Fiducial marks data – πληροφορίες που αφορούν τα εικονοσήματα

Principal point. Επιλέγεται και χρησιμοποιείται για τον εσωτερικό προσανατολισμό στις περιπτώσεις όπου δεν είναι διαθέσιμες οι πληροφορίες βαθμονόμησης της μηχανής. Να σημειωθεί ότι σε αυτή την περίπτωση οι συντεταγμένες θα πρέπει να δοθούν σε εικονοστοιχεία (pixels).

Fiducial marks. Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για τον εσωτερικό προσανατολισμό, στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες οι συντεταγμένες ή οι αποστάσεις των εικονοσημάτων.

Calibrated distances. Με αυτή την επιλογή δηλώνονται και χρησιμοποιούνται οι αποστάσεις που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση μεταξύ των αντιδιαμετρικών εικονοσημάτων.

Fiducial coordinates. Δηλώνονται οι X,Y συντεταγμένες των εικονοσημάτων, σύμφωνα με το φύλλο βαθμονόμησης.

Digital camera. Εισάγονται οι παράμετροι της ψηφιακής κάμερας σε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί τέτοια για τη λήψη των φωτογραφιών.

Distortion

No. Για τα έργα στα οποία δεν είναι γνωστή τέτοια πληροφορία.

Formula. Όταν η διαστρόφη περιγράφεται με κάποια μαθηματική συνάρτηση με γνωστές παραμέτρους.

Radial. Όταν η διαστρόφη δηλώνεται με ένα σύνολο από τιμές που εξαρτώνται από την απόσταση τους από το πρωτεύον σημείο.

4 directions “+”. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των τιμών της διαστρόφης κατά μήκος των αξόνων της εικόνας.

4 directions "x". Αντίστοιχα με το προηγούμενο, επιλέγεται όταν οι τιμές της διατροφής είναι γνωστές κατά μήκος των διαγωνίων.

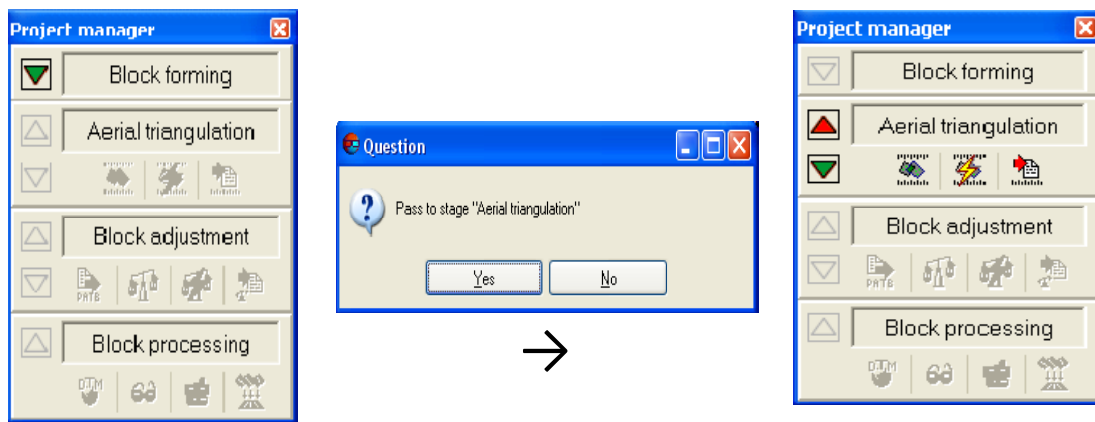
8 directions. Στην περίπτωση που τα στοιχεία και των δύο προηγούμενων επιλογών είναι γνωστά, δηλαδή όταν διατίθενται τιμές της διαστροφής τόσο κατά μήκος των αξόνων όσο και στις διαγώνιους, τότε χρησιμοποιείται αυτή η επιλογή για την εισαγωγή τους στο λογισμικό.

6.7. Αεροτριγωνισμός.

Για τη μετάβαση στο στάδιο του αεροτριγωνισμού χρησιμοποιείται το εικονίδιο

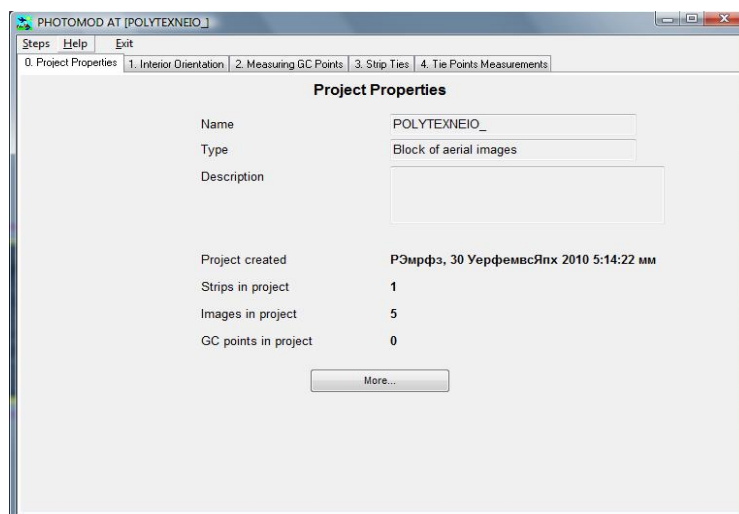


αριστερά από το στάδιο **Block forming** του **Project Manager**.



Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αποκατάσταση του εσωτερικού και του σχετικού προσανατολισμού, με τη σκόπευση εικονοσημάτων, φωτοσταθερών και σημείων σύνδεσης.

Start At ή



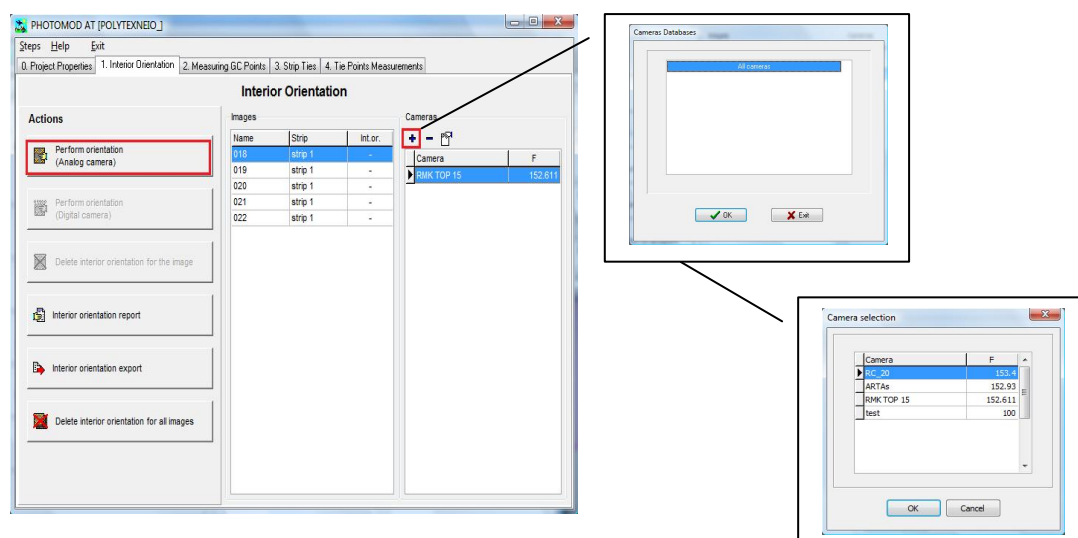
Εικόνα 63. Παράθυρο Αεροτριγωνισμού.

Το στάδιο αποτελείται από 4 βήματα.

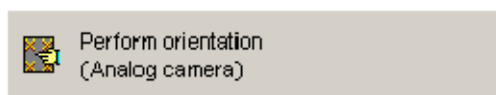
0. **Project Properties** – περιέχονται γενικές πληροφορίες για το έργο [Εικόνα 62]. Με το πλήκτρο **More** παρουσιάζονται το όνομα του έργου και η περιγραφή του αν υπάρχει, το σύστημα συντεταγμένων και η κλίμακα, πληροφορίες για τον επιτολικό μετασχηματισμό και πληροφορίες για τον τύπο του έργου, το στάδιο επεξεργασίας, το πλήθος των εικόνων και των λωρίδων και το πλήθος των μοντέλων, σε περίπτωση που πρόκειται να ενωθούν.

1. **Interior Orientation** – εσωτερικός προσανατολισμός

Πρώτο βήμα εδώ είναι ο ορισμός της μηχανής με επιλογή από την βάση δεδομένων.



Στη συνέχεια εκτελείται ο εσωτερικός προσανατολισμός με την εντολή

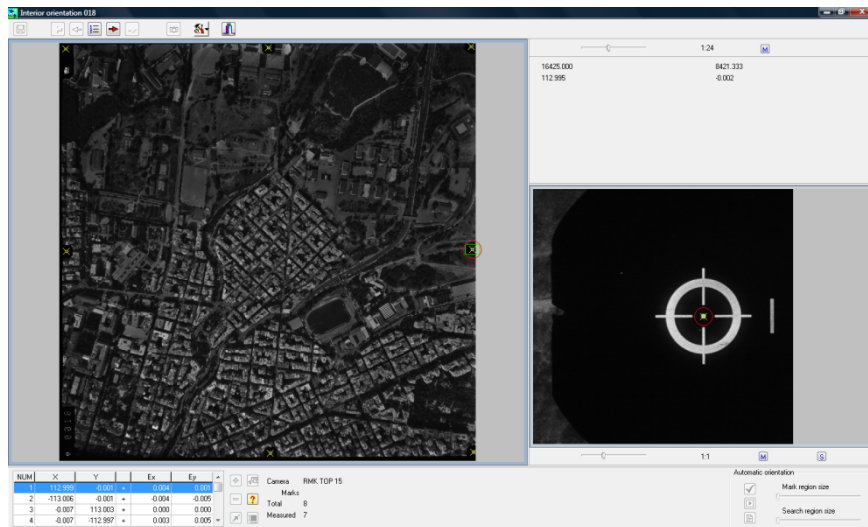


η οποία ανοίγει το παράθυρο σκόπευσης των εικονοσημάτων.

Για τη σκόπευση των εικονοσημάτων

- Επιλέγεται το επιθυμητό από τον πίνακα στο κάτω μέρος της οθόνης
- Επιλέγεται η θέση του κατά προσέγγιση στην αριστερή εικόνα και εμφανίζεται στη δεξιά σε μεγέθυνση η περιοχή γύρο από τον δείκτη
- Επιλέγεται στη δεξιά εικόνα η ακριβής θέση του εικονοσήματος
- Εντολή **Measure** για την καταγραφή της σκόπευσης
- Εντολή **Delete** για διαγραφή της μέτρησης
- Επανάληψη της διαδικασίας για όλα τα εικονοσήματα της εικόνας

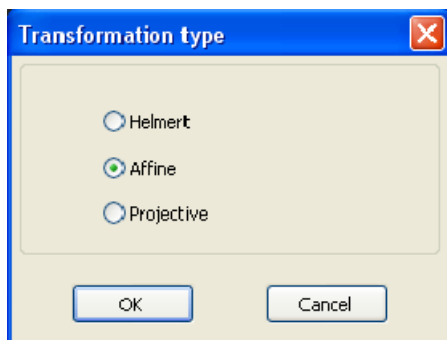
Στο τρίτο σημείο και μετά το λογισμικό προβλέπει την πιθανή θέση του επιλεγμένου εικονοσήματος και ο χρήστης απλά σκοπεύει την ακριβή θέση στην δεξιά εικόνα.



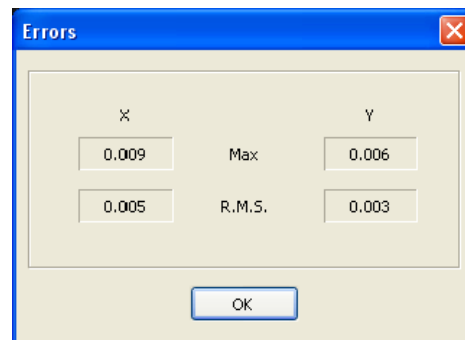
Στη συνέχεια, αφού σκοπευθούν όλα τα σημεία εκτελείται ο εσωτερικός προσανατολισμός

Perform interior orientation

για τον προσδιορισμό των παραμέτρων του μετασχηματισμού από το σύστημα της φωτογραφίας στο σύστημα της εικόνας. Οι διαθέσιμοι μετασχηματισμοί είναι 3 και μετά την εκτέλεση του επιλεγμένου δίνονται τα σφάλματα [Εικόνα 64]





Εικόνα 64. Επιλογή μετασχηματισμού για τον προσδιορισμό του εσωτερικού προσανατολισμού.





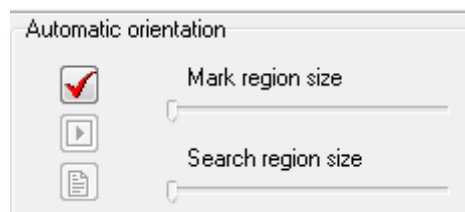
Εικόνα 65. Σφάλματα στον προσδιορισμό του εσωτερικού προσανατολισμού.

Μετά την εκτέλεση του υπολογισμού, στον πίνακα με τα εικονοσήματα δίνονται για κάθε ένα από αυτά το σφάλμα E_x και E_y . Από εκεί ο χρήστης βλέπει ποιο παρουσιάζει το μέγιστο σφάλμα και μπορεί να το διορθώσει ή να το εξαιρέσει από τη διαδικασία, διαγράφοντας τη μέτρηση. Σε αυτή την περίπτωση ξαναεκτελείται ο υπολογισμός.

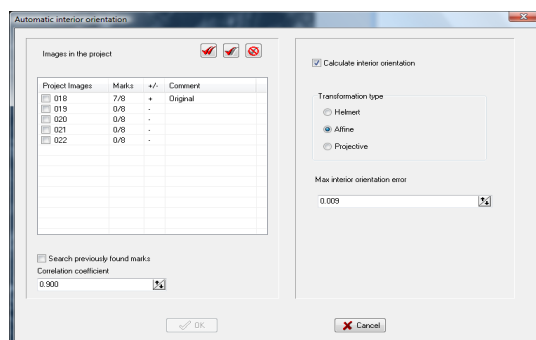
Με το κουμπί

Next image ή  το λογισμικό εμφανίζει την επόμενη στη σειρά εικόνα για επεξεργασία ή **Next unprocessed image** ή  εμφανίζεται η επόμενη εικόνα για την οποία δεν έχει υπολογιστεί ο εσωτερικός προσανατολισμός

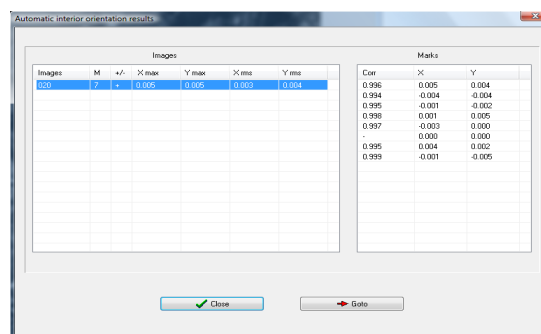
Με το κουμπί **Automatic on**  ενεργοποιείται ο αυτόματος εντοπισμός των εικονοσημάτων. [Εικόνα 65] Με την μπάρα κύλισης **Mark region size** καθορίζεται το μέγεθος του παραθύρου που περιέχει το εικονοσήμα ενώ με το **Search region size** ορίζεται η περιοχή μέσα στην οποία αναζητείται κάθε φορά το εικονοσήμα. Στη συνέχεια με το **Perform automatic orientation**  ανοίγει το παράθυρο **Automatic Interior Orientation** [Εικόνα 66].




Εικόνα 66. Αυτόματος εσωτερικός προσανατολισμός.





Εικόνα 67. Παράμετροι αυτόματου εσωτερικού προσανατολισμού.



Εικόνα 68. Αναφορά ακρίβειας αυτόματου εσωτερικού προσανατολισμού.

Select all  – επιλέγει όλες τις εικόνες (εκτός από την αρχική – original)

Select all unprocessed  – επιλέγει όλες όσες δεν έχουν προσδιορισμένο εσωτερικό προσανατολισμό

Unselect  – καταργεί όλες τις επιλογές εικόνων

Search previously found marks – αναζητά όλα τα εικονοσήματα, ακόμα και αυτά που έχουν ήδη βρεθεί, κάθε φορά που ξεκινά η διαδικασία


Correlation coefficient – συντελεστής συσχέτισης ώστε να θεωρηθεί επιτυχής η εύρεση κάθε νέου εικονοσήματος. Αφορά την ταύτισή του με το πρότυπο κατά την έναρξη της διαδικασίας.

Calculate interior orientation – ενεργοποιεί τον υπολογισμό των παραμέτρων του εσωτερικού προσανατολισμού αμέσως μετά την αυτόματη σκόπευση των εικονοσημάτων


Transformation type – επιλέγεται ο τύπος του μετασχηματισμού που θα χρησιμοποιηθεί μεταξύ των **Helmert**, **Affine**, (αφινικός) ή **Projective** (προβολικός)

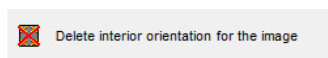
Max interior orientation error – μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα στον υπολογισμό του εσωτερικού προσανατολισμού

OK – εκτελεί τον αυτόματο εσωτερικό προσανατολισμό

Με το κουμπί **Results**  εμφανίζονται τα αποτελέσματα της αυτόματης διαδικασίας. [Εικόνα 67]

Μετά τον υπολογισμό του εσωτερικού προσανατολισμού

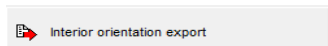
Done ή  – επιστροφή στο παράθυρο PHOTOMOD AT



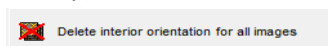
- διαγράφει τα αποτελέσματα του εσωτερικού προσανατολισμού για την επιλεγμένη εικόνα



- δημιουργεί αρχείο κειμένου με τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού κάθε εικόνας

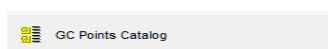
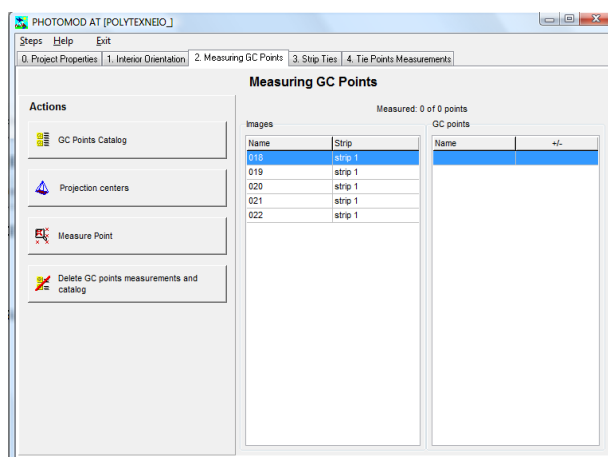


- εξάγει τα αποτελέσματα του εσωτερικού προσανατολισμού σε INO αρχείο

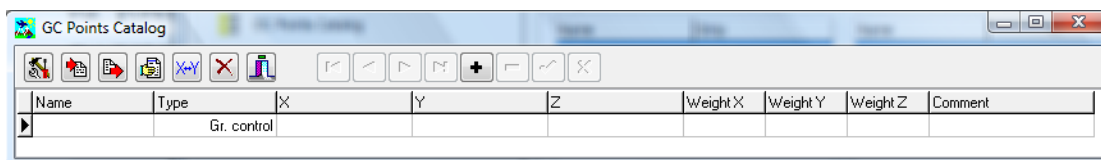


- διαγράφει τα αποτελέσματα του εσωτερικού προσανατολισμού για όλες τις εικόνες

2. Measuring GC Points – μετρήσεις φωτοσταθερών



- δημιουργία λίστας με συντεταγμένες φωτοσταθερών



Εικόνα 69. Κατάλογος συντεταγμένων φωτοσταθερών.



Parameters – καθορίζει ο χρήστης τις αρχικές τιμές αρίθμησης για τα φωτοσταθερά και τα σημεία σύνδεσης



Import/Export – εισάγει και εξάγει τη λίστα των σημείων με τις συντεταγμένες, σε αρχείο κειμένου



Create report – δημιουργεί αρχείο αναφοράς για τα σημεία



Swap XY – εναλλάσσει τις X και Y συντεταγμένες

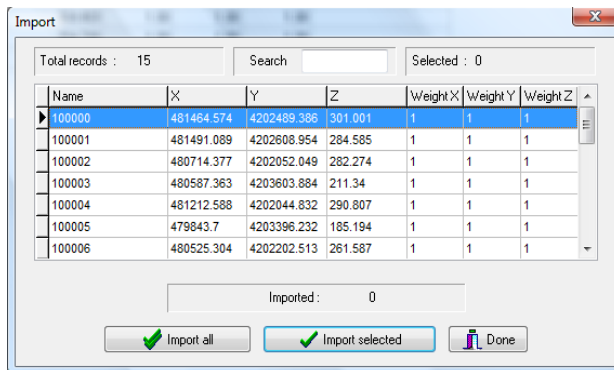


Delete all – διαγράφει τα σημεία της λίστας



Done – ολοκλήρωση της διαδικασίας εισαγωγής των συντεταγμένων των φωτοσταθερών

Για την εισαγωγή των συντεταγμένων από αρχείο κειμένου χρησιμοποιείται το παράθυρο Import με τις ακόλουθες εντολές:



Import all – εισάγει όλα τα σημεία του αρχείου

Import selected – εισάγει μόνο τα επιλεγμένα σημεία του αρχείου

Done – ολοκλήρωσης διαδικασίας

Η επιλογή σημείων γίνεται με αριστερό κλικ και Ctrl ή Shift, για μεμονωμένα ή συνεχόμενα σημεία αντίστοιχα.

Για εισαγωγή με πληκτρολόγηση ακολουθούνται τα επόμενα βήματα:

1. **Insert record** – εισαγωγή νέας εγγραφής
2. Επιλογή τύπου σημείου από αναδυόμενη λίστα στη δεύτερη στήλη – Φωτοσταθερό (**Ground control point**) ή Σημείο ελέγχου (**Check point**)
3. Πληκτρολόγηση συντεταγμένων και τιμών βάρους
4. **Post edit** για επιβεβαίωση της εγγραφής
5. Επανάληψη των βημάτων για κάθε σημείο

Επίσης υπάρχουν διαθέσιμες και οι ακόλουθες εντολές:



First / last record - μετάβαση στην πρώτη/τελευταία εγγραφή



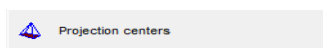
Previous / next record - μετάβαση στην προηγούμενη/επόμενη εγγραφή



Delete record - διαγραφή επιλεγμένης εγγραφής



Cancel edit - ακύρωση επεξεργασίας



- δημιουργία λίστας με συντεταγμένες προβολικών κέντρων


Με αντίστοιχο τρόπο εισάγονται προαιρετικά και οι συντεταγμένες των προβολικών κέντρων.




- σκόπευση φωτοσταθερών

Ανοίγει το παράθυρο Measuring GC points

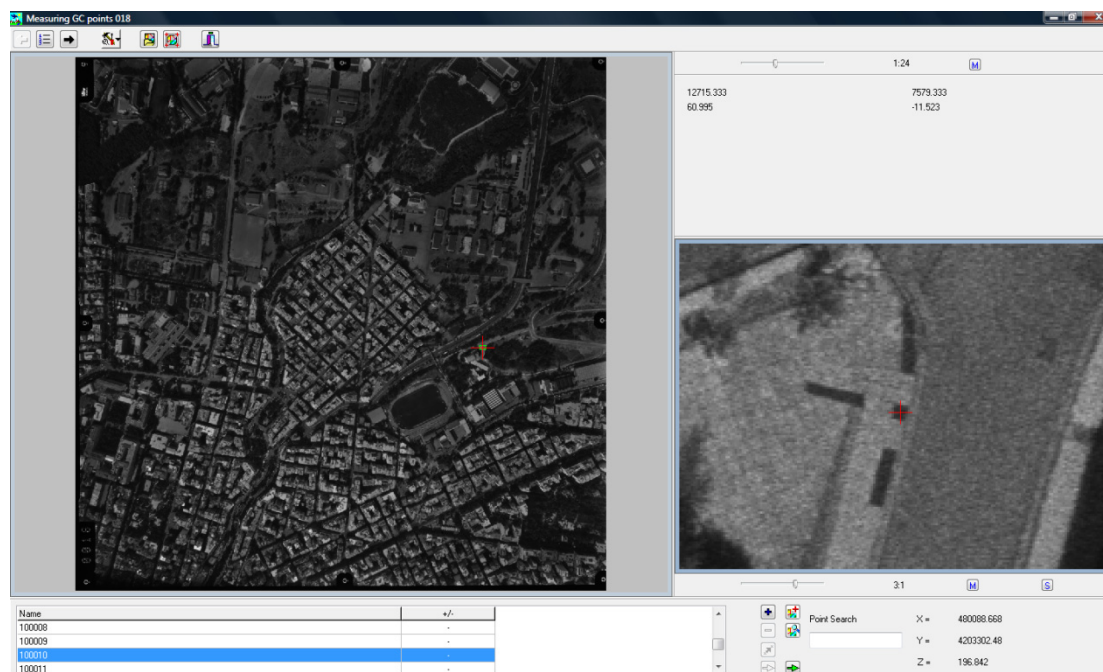
Η διαδικασία για τη σκόπευση είναι η ακόλουθη:

1. Επιλογή του σημείου από τον πίνακα
2. Επιλογή της θέσης του στην αριστερή εικόνα (παράθυρο προεπισκόπησης)
3. Ακριβής σκόπευση του σημείου στη δεξιά εικόνα (παράθυρο μεγέθυνσης)
4. **Measure**  για καταγραφή μέτρησης

Σε περίπτωση λάθους:

Επιλογή νέας θέσης του σημείου στο παράθυρο μεγέθυνσης και **Remeasure**  για την καταγραφή της νέας μέτρησης ή

Delete  για διαγραφή της μέτρησης.

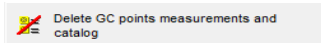


Εικόνα 70. Παράθυρο μέτρησης φωτοσταθερών.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Κάθε σημείο μπορεί να σκοπευθεί ως φωτοσταθερό μόνο σε μία εικόνα. Εάν αυτό εμφανίζεται και σε άλλες, τότε θα πρέπει να σκοπευθεί στις υπόλοιπες ως σημείο σύνδεσης (Tie point). Προτείνεται η σωστή κατανομή των φωτοσταθερών στις εικόνες - 3 σε κάθε μία. Τα σημεία που έχουν ήδη σκοπευθεί σε άλλες εικόνες εμφανίζονται στη λίστα με ροζ χρώμα.

Είναι δυνατή και η απόκτηση συντεταγμένων φωτοσταθερών με χρήση γεωαναφερμένου χάρτη, αλλά κάτι τέτοιο δεν υποστηρίζεται στη Lite έκδοση.

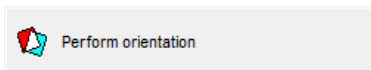
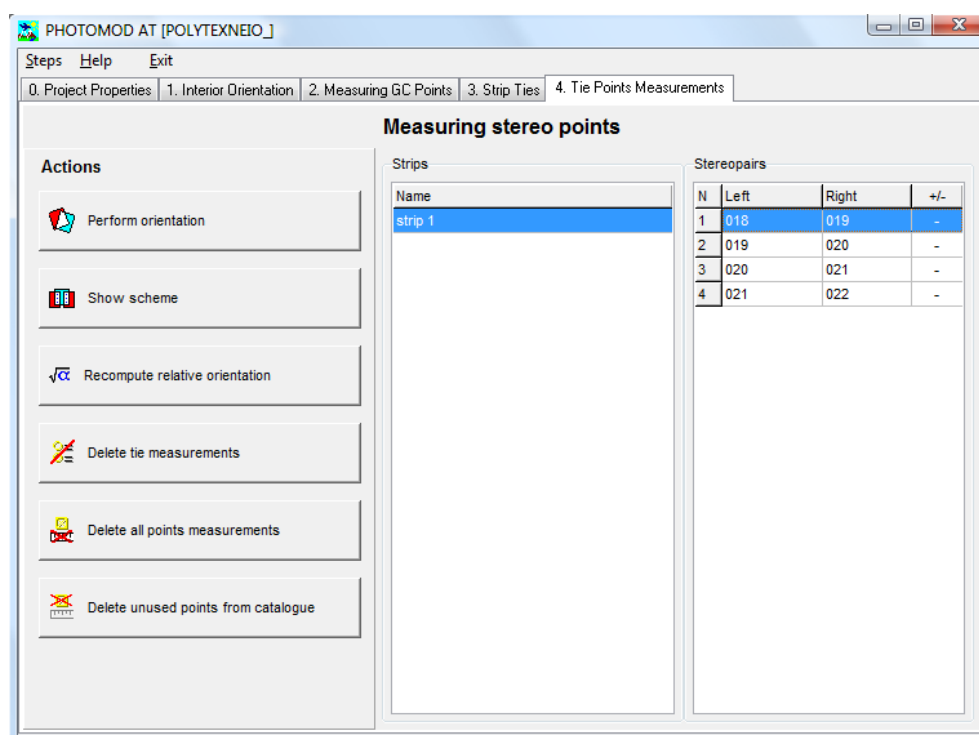


- διαγραφή της λίστας συντεταγμένων και των μετρήσεων των φωτοσταθερών

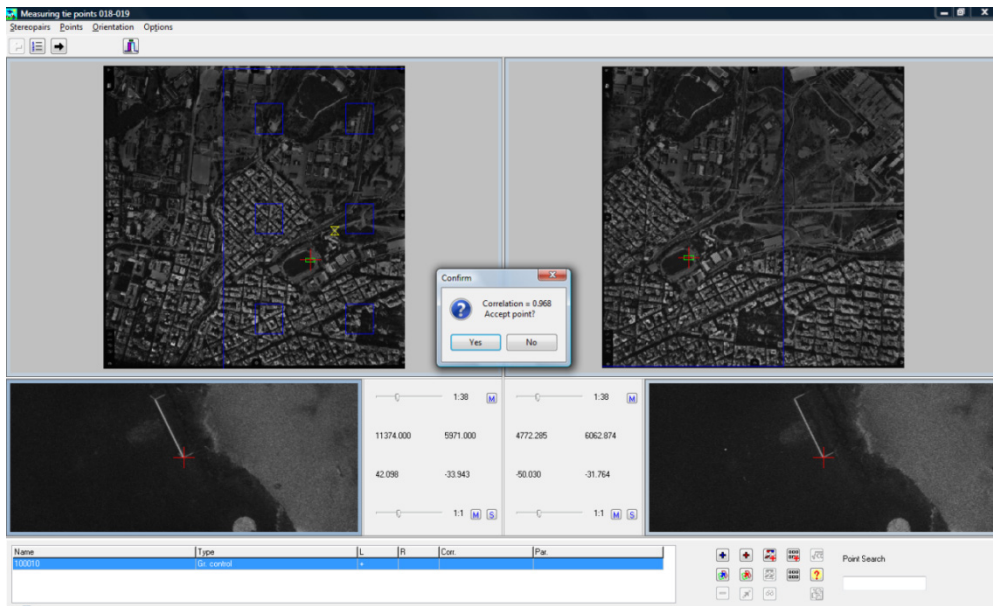
3. Strip Ties – σημεία σύνδεσης λωρίδων

Η διαδικασία είναι όμοια με αυτήν που ακολουθείται για τη σκόπευση σημείων σύνδεσης μεταξύ γειτονικών εικόνων Tie points και περιγράφεται στη συνέχεια.

4. Tie Points Measurements – μετρήσεις σημείων σύνδεσης






Ανοίγει το παράθυρο για τη ταυτόχρονη σκόπευση των σημείων σύνδεσης στις γειτονικές εικόνες (στερεοζεύγος)






Εικόνα 71. Παράθυρο μέτρησης σημείων σύνδεσης.

Η συνήθης διαδικασία που ακολουθείται για τη μέτρηση κάθε νέου σημείου είναι η ακόλουθη:

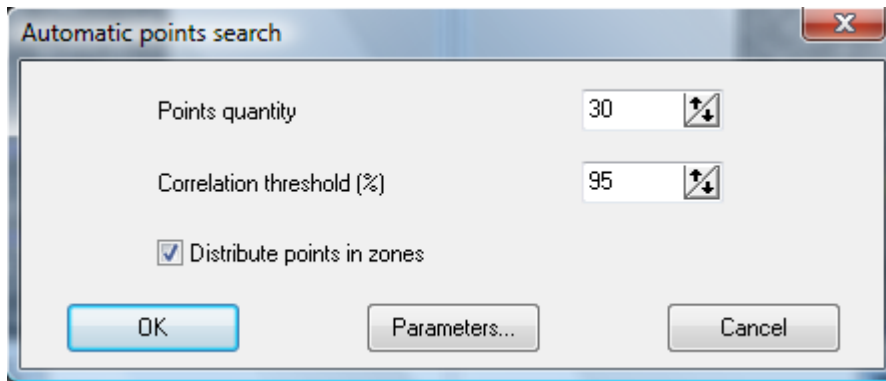
1. Επιλογή θέσης με τον δείκτη αρχικά στο παράθυρο προεπισκόπησης και στη συνέχεια στο παράθυρο εστίασης και στις δύο εικόνες, για το νέο σημείο
2.  **Add with correlation** – σκόπευση σημείου με τη βοήθεια αυτόματης ψηφιακής συσχέτισης (δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις επιτυχής διαδικασία) ή  **Add without correlation** – σκόπευση σημείου χωρίς τη βοήθεια συσχέτισης ή  **Add in stereocomparator** – για στεροσκοπική σκόπευση σημείου

Εάν κάποιο σημείο έχει ήδη σκοπευθεί σε προηγούμενη εικόνα (όπως πχ τα φωτοσταθερά) τότε αντί για τις επιλογές Add χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες:

-  **Transfer with correlation** – μεταφορά σημείου με τη βοήθεια συσχέτισης ή
-  **Transfer without correlation** – μεταφορά σημείου χωρίς συσχέτιση ή
-  **Transfer in Stereocomparator** – για μεταφορά του σημείου μέσα από στεροσκοπική όραση

Εκτός από τη διαδικασία που περιγράφηκε υπάρχει και η Αυτόματη εισαγωγή σημείων σύνδεσης, η οποία βασίζεται στην συσχέτιση.

Points > Add >Automatically



Εικόνα 72. Παράμετροι αυτόματης αναζήτησης σημείων σύνδεσης.

Points quantity – το πλήθος των νέων σημείων που θα σκοπευθούν

Correlation threshold (%) – η ελάχιστη τιμή συσχέτισης ώστε δύο σημεία σε γειτονικές εικόνες να θεωρηθεί ότι ταυτίζονται στην φυσική πραγματικότητα

Distribute points in zones – εφόσον επιλεγεί τότε τα σημεία θα αναζητούνται στις 6 προκαθορισμένες ζώνες της εικόνας, όπως αυτές περιγράφονται με μπλε γραμμή.

(Για τις πιο σύνθετες παραμέτρους σελ. 24.)

Ρύθμιση παραμέτρων:

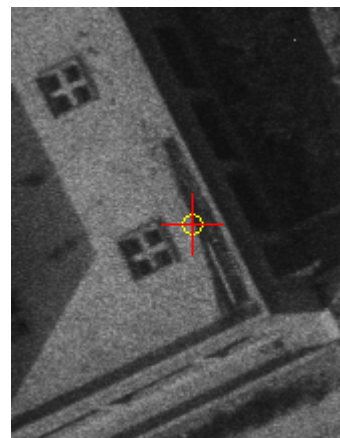
Πριν τη μέτρηση των σημείων, και εφόσον οι προεπιλογές του λογισμικού δεν ικανοποιούν το τρέχον έργο, θα πρέπει να ρυθμιστούν κάποιες παράμετροι, όπως:

Ο τύπος των σημείων (Πληροφορίες σελ 22)

Options > Points fixation type > Fixed ή Semi-fixed ή None

Οι παράμετροι της ψηφιακής συσχέτισης (Πληροφορίες σελ 24)

Options > Correlator



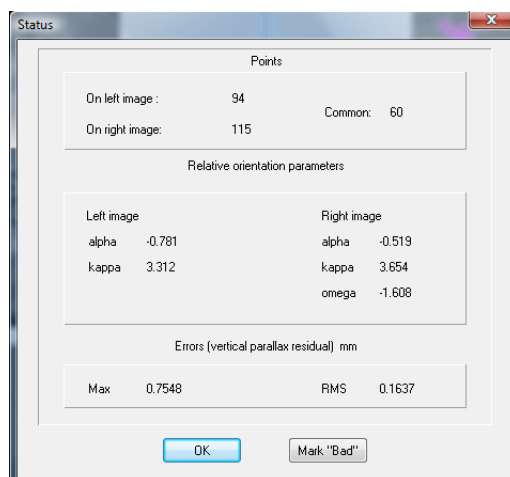
Εικόνα 73. Χαρακτηριστικό σφάλμα συσχέτισης, με τιμή 0,976.

Για μετάβαση στο προηγούμενο ή το επόμενο ζεύγος, καθώς και για επιλογή μέσα από λίστα :



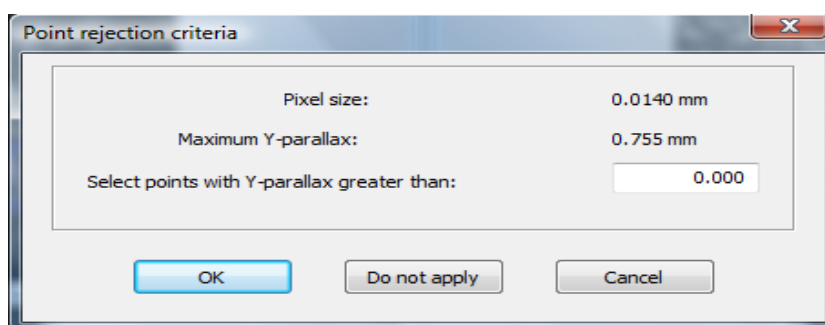
Για κάθε ζεύγος εικόνων είναι διαθέσιμη μια πρώτη επίλυση του σχετικού προσανατολισμού με την εντολή

 Calculate relative orientation



Εικόνα 74. Αποτελέσματα εσωτερικού προσανατολισμού τρέχοντος στερεοζεύγους.

Mark “Bad” – σήμανση σημείων προς απόρριψη, σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια



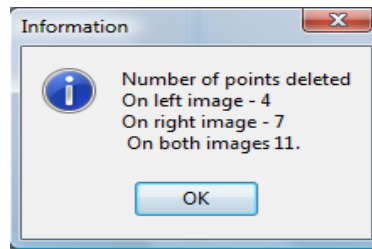
Εικόνα 75. Κριτήρια απόρριψης σημείων.


Pixel size – μέγεθος εικονοστοιχείου


Maximum Y-parallax – μέγιστη τιμή Y-παράλλαξης στο σύνολο των σημείων του ζεύγους

Select points with Y-parallax greater than – καθορισμός τιμής ώστε τα σημεία με μεγαλύτερη Y-παράλλαξη να χαρακτηρίζονται ως απορριπτέα

Points > Delete “Bad” – διαγράφει τα απορριπτέα σημεία.



 **Status** – παρουσιάζει τα αποτελέσματα του τελευταίου υπολογισμού του εσωτερικού προσαρμοσμού

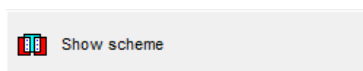
 **Edit type** – επεξεργάζεται τα στοιχεία σύμφωνα με το ακόλουθο παράθυρο

A 'Point properties' dialog box for point '*118'. It has a title bar with a close button. The 'Name' field contains '*118'. The 'Type' section has three radio buttons: 'Tie' (selected), 'Targeted', and 'Gr. control'. There is a 'Comment' field containing '*118'. Below this is a table with two columns: 'Coordinates' and 'Weights'.

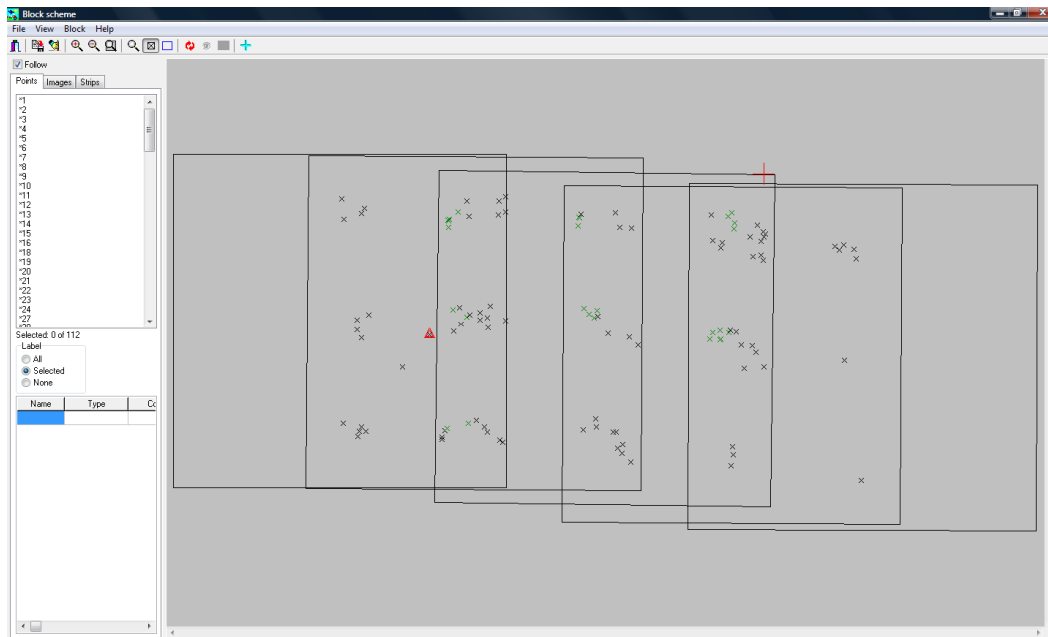
	Coordinates	Weights
X	<input type="text"/>	<input type="text" value="1.00"/>
Y	<input type="text"/>	<input type="text" value="1.00"/>
Z	<input type="text"/>	<input type="text" value="1.00"/>

At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

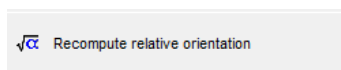
Εικόνα 76. Ιδιότητες σημείου.



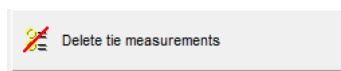
- δείχνει γραφικά την κατανομή των σημείων



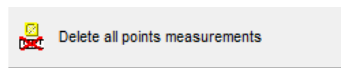
Εικόνα 77. Γραφική απόδοση της κατανομής των σημείων σύνδεσης.



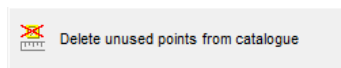
- επανυπολογισμός του σχετικού προσανατολισμού χωρίς επέμβαση στις μετρήσεις



- διαγραφή των μετρήσεων των σημείων σύνδεσης



- διαγραφή των μετρήσεων όλων των σημείων (φωτοσταθερών και σημείων σύνδεσης)

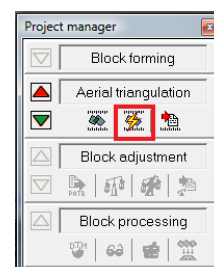


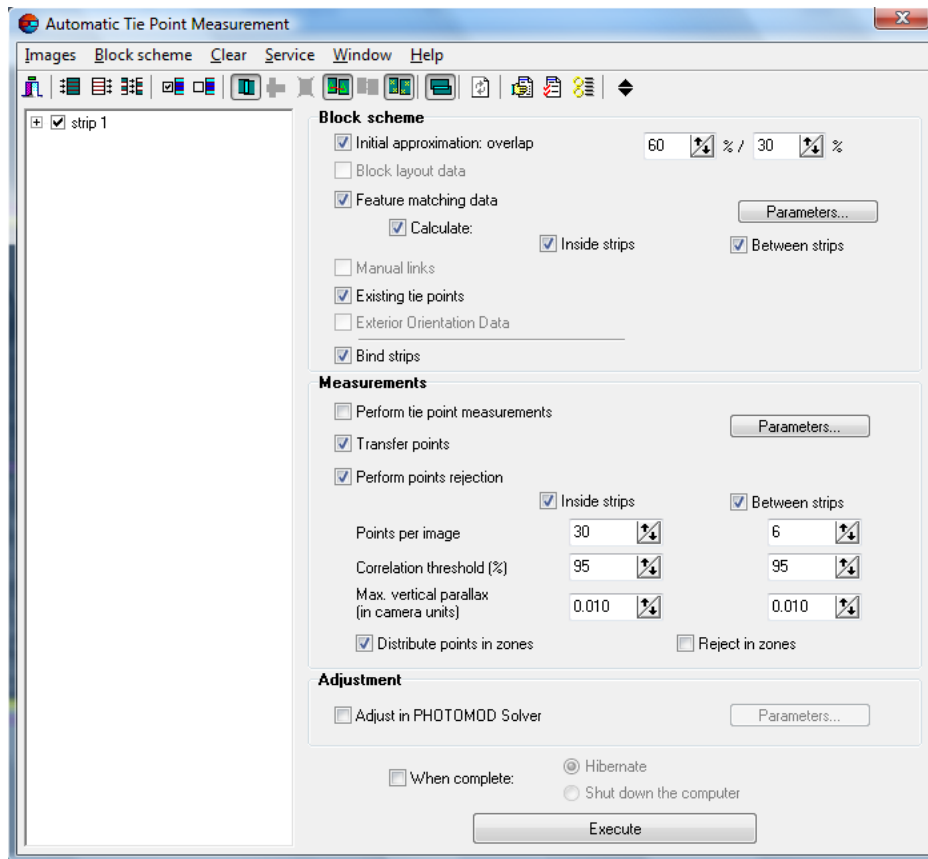
- διαγράφει από τη λίστα των GCP εκείνα τα σημεία που δεν περιέχονται στις εικόνες του μοντέλου

6.7.1. Αυτόματος αεροτριγωνισμός.

Πρόκειται για μια ακόμη εκδοχή της αυτόματης μέτρησης των σημείων σύνδεσης, η οποία ενεργοποιείται μέσα από το παράθυρο **Project manager** >

Automatic Tie Point Measurement





Εικόνα 78. Παράμετροι αυτόματου αεροτριγωνισμού.

Στην ενότητα **Block scheme**:

Initial approximation: overlap – πραγματοποιεί την αρχική σύνδεση των εικόνων σύμφωνα με την αναμενόμενη επικάλυψη εικόνων / λωρίδων

Block layout data – σύνδεση των εικόνων βάσει των δεδομένων του Block layout

Feature matching data – σύνδεση βάσει χαρακτηριστικών αντικειμένων εικόνων

Manual links – χειροκίνητη αντιστοίχιση ομόλογων σημείων

Existing Tie Points – χρησιμοποιούνται όλα τα ήδη μετρημένα σημεία

Exterior orientation data – λαμβάνονται υπόψη «εισαγόμενα» στοιχεία εξωτερικού προσανατολισμού

Bind strips – πραγματοποιείται σύνδεση όχι μόνο μεταξύ των εικόνων αλλά και των λωρίδων.

Στην ενότητα **Measurements**:

Perform tie points measurements – πραγματοποιεί μετρήσεις νέων σημείων σύνδεσης

Transfer points – μεταφέρει ήδη μετρημένα σημεία στις υπόλοιπες εικόνες που τα περιέχουν


Perform points rejection – χρησιμοποιείται για την απόρριψη μετρημένων σημείων

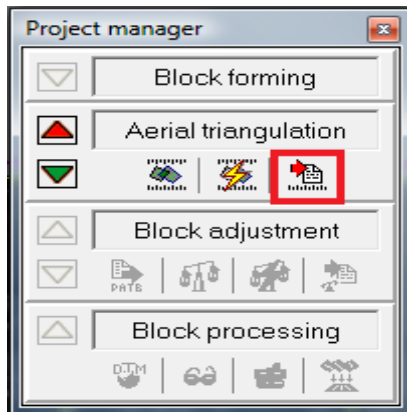
Distribute points in zones – κατανομή των νέων σημείων στις 6 προκαθορισμένες ζώνες τις εικόνας

Reject in zones – η απόρριψη σημείων θα εφαρμοστεί ανά ζώνη

Στην ενότητα Adjustment:


Adjust in PHOTOMOD Solver – επιλέγεται να επιλυθεί ο εξωτερικός προσανατολισμός αυτόματα, μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων. Οι διάφορες παράμετροι (Parameters) περιγράφονται στη συνέχεια.

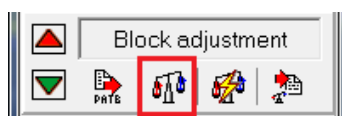
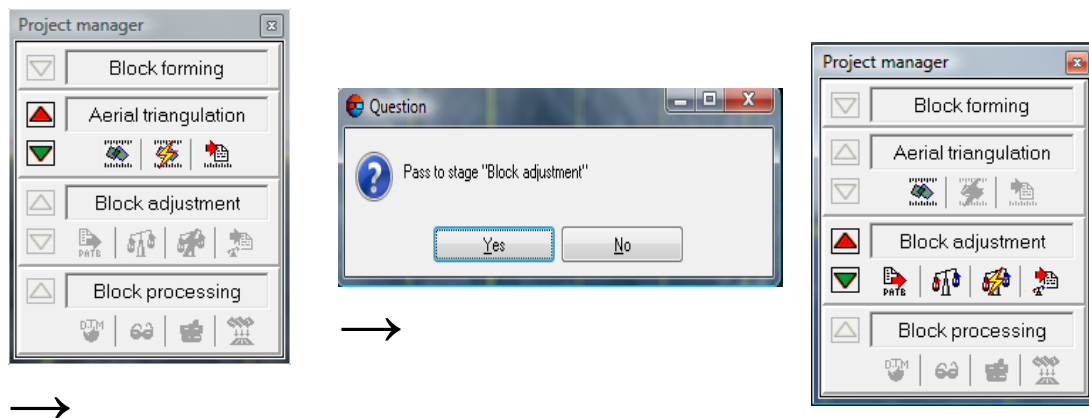
Το εργαλείο  Show report δημιουργεί την αναφορά των αποτελεσμάτων του αυτόματου τριγωνισμού (Πληροφορίες §3.4.1 σελ. 30)



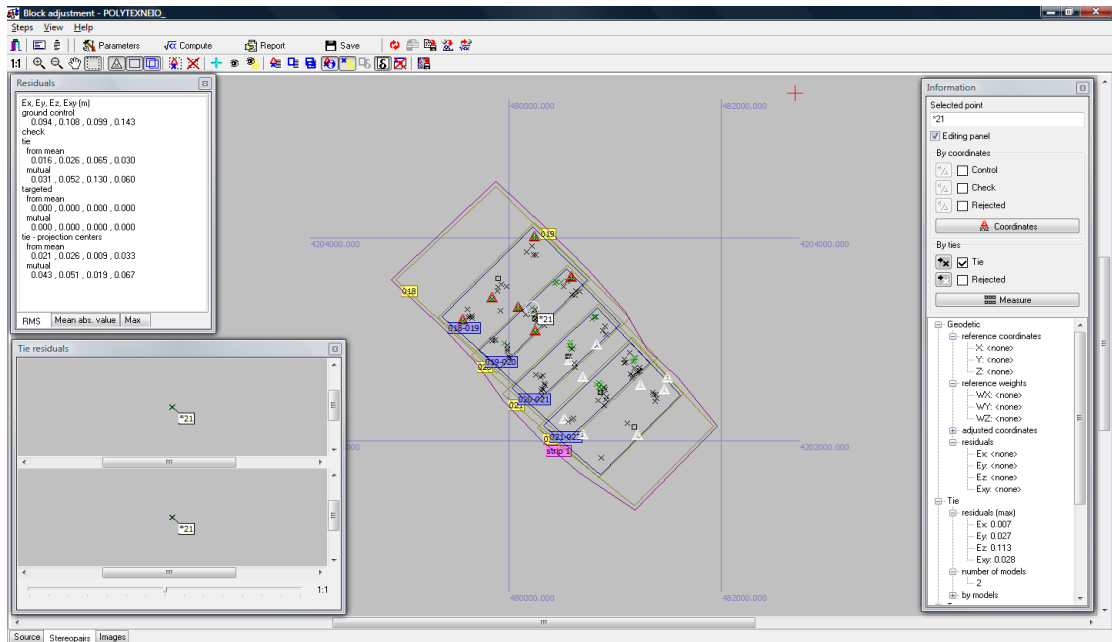
Import exterior orientation – εισαγωγή στοιχείων εξωτερικού προσανατολισμού από αρχείο





6.8. Συνόρθωση μοντέλου.

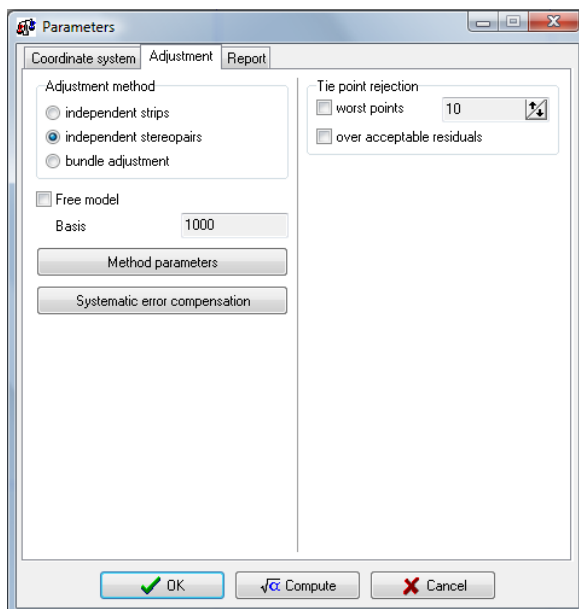
Πρόκειται για τη διαδικασία υπολογισμού του απόλυτου προσανατολισμού. Για τη μετάβαση σε αυτό το στάδιο χρησιμοποιείται το εικονίδιο  αριστερά του Aerial Triangulation.



Start Solver – έναρξη υπολογισμού εξωτερικού προσανατολισμού



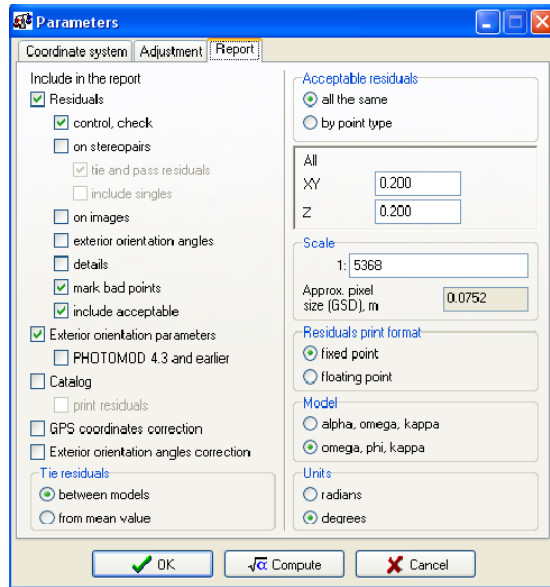
-  **Parameters** - καθορίζονται οι παράμετροι της επίλυσης
-  **Compute** - εκτελείται η επίλυση
-  **Report** - δημιουργεί το αρχείο αναφοράς αποτελεσμάτων της επίλυσης
-  **Save** - αποθηκεύει τα αποτελέσματα



Εικόνα 79. Επιλογή μεθόδου επίλυσης εξωτερικού προσανατολισμού.

- Adjustment method** – επιλέγεται η μέθοδος υπολογισμού, μεταξύ των
Independent strips – ανεξάρτητων λωρίδων
Independent stereopairs – ανεξάρτητων ζευγών
Bundle adjustment – αλγόριθμος δέσμης, πιο ακριβείς από τους υπόλοιπους
- Free model** – ανεξάρτητο μοντέλο, όταν δεν χρησιμοποιούνται φωτοσταθερά (χωρίς σύνδεση με κάποιο επίγειο σύστημα συντεταγμένων)

(Περισσότερες πληροφορίες σελ 31-33)



Εικόνα 80. Καθορισμός περιεχομένου αναφοράς αποτελεσμάτων εξωτερικού προσανατολισμού.

Include in the report: - καθορισμός περιεχομένων αναφοράς

Residuals – υπόλοιπα συνόρθωσης

control, check – εμφανίζει τα υπόλοιπα των φωτοσταθερών και των σημείων ελέγχου (σε μέτρα)

on stereopairs – εμφανίζει τα υπόλοιπα των σημείων που έχουν σκοπευθεί σε τουλάχιστον ένα ζεύγος εικόνων

on images – δίνει τα υπόλοιπα των σημείων στις εικόνες (σε mm)

exterior orientation angles – δίνει τα υπόλοιπα των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού, εφόσον οι γωνίες χρησιμοποιήθηκαν για τη συνόρθωση

details – λεπτομερείς πληροφορίες για τα υπόλοιπα

mark bad points – επισημαίνει με τη χρήση του χαρακτήρα “ * ” δίπλα από τα υπόλοιπα, εκείνες τις τιμές που υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια που καθορίζει ο χρήστης

include acceptable – περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα για όλα τα σημεία, σύμφωνα με τις προηγούμενες επιλογές του χρήστη

Exterior orientation parameters – η αναφορά περιλαμβάνει τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό

Catalog – περιλαμβάνει μια λίστα με τις συντεταγμένες όλων των σημείων, όπως υπολογίστηκαν από την επίλυση

Print residuals - προσθέτει τα στοιχεία E_{xy} και E_z στη λίστα των συντεταγμένων των φωτοσταθερών και των σημείων ελέγχου

GPS coordinates correction – περιλαμβάνει τα συστηματικά σφάλματα των συντεταγμένων των προβολικών κέντρων, εφόσον αυτές έχουν μετρηθεί με GPS, έχουν εισαχθεί στο λογισμικό και έχουν χρησιμοποιηθεί στη συνόρθωση

Exterior orientation angles correction – παρουσιάζει τις διορθώσεις στις γωνίες του εξωτερικού προσανατολισμού, εφόσον αυτές έχουν εισαχθεί στο λογισμικό και επιτράπηκε η διόρθωσή τους από τον χρήστη

Tie residuals – καθορίζεται ο τρόπος υπολογισμού των υπολοίπων για τα σημεία σύνδεσης
Between models – ως ζεύγη διαφορών στις θέσεις κάθε σημείου, όπως αυτές υπολογίζονται από κάθε ζεύγος που περιέχει το σημείο

From mean value – ως τη διαφορά στη θέση κάθε σημείου όπως αυτή υπολογίζεται για κάθε ζεύγος και τη μέση συνορθωμένη τιμή της θέσης του σημείου

Acceptable residuals – ανεκτές τιμές στα υπόλοιπα

all the same – για όλους τους τύπους σημείων χρησιμοποιούνται ως όρια ανοχής οι τιμές στα κελιά XY και Z

by point type – καθορίζονται όρια XY και Z, διαφορετικά για κάθε τύπο σημείου

Scale – είναι η κλίμακα για τον υπολογισμό των υπολοίπων μεταξύ εικονοσυντεταγμένων και επίγειων. Προσδιορίζεται από τη συνόρθωση ή εισάγεται από το χρήστη, εφόσον απαιτείται

Residuals points format – μορφή απόδοσης τιμών υπολοίπων

fixed point – 3 δεκαδικά ψηφία

floating point – 3 σημαντικά ψηφία

Model – καθορίζει το σύστημα μέτρησης των γωνιών του εξωτερικού προσανατολισμού

alpha, omega, kappa – α, ω, κ

omega, phi, kappa – ω, ϕ, κ

Units – μονάδες μέτρησης γωνιών εξωτερικού προσανατολισμού

radians – ακτίνια

degrees - μοίρες

Μετά τον καθορισμό των παραμέτρων ο χρήστης επιλέγει

OK - για αποδοχή των επιλογών και επιστροφή στο παράθυρο Block adjustment

Compute – αποδοχή επιλογών και εκτέλεση υπολογισμών

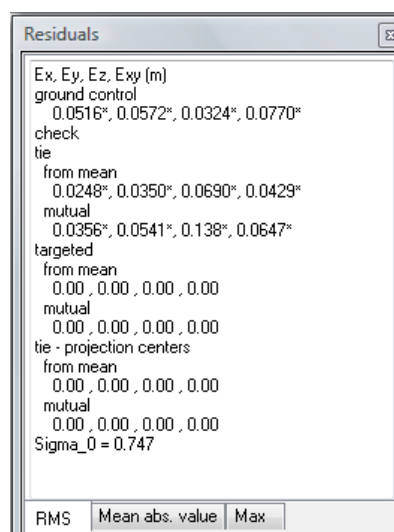
Από τη γραμμή εργαλείων αυτά που αξίζει να αναφερθούν είναι τα ακόλουθα:



Brief residuals report – ανοίγει το διπλανό παράθυρο όπου δίνονται συνοπτικά τα στατιστικά στοιχεία των αποτελεσμάτων

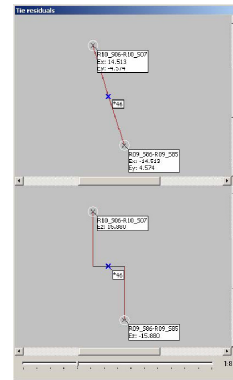
Το σ_0 είναι ενδεικτικό της ορθότητας των ορίων που τέθηκαν για τη συνόρθωση. Για ικανοποιητικά αποτελέσματα θα πρέπει $0,70 < \sigma_0 < 1,30$.

Το σ_0 υπολογίζεται μόνο στη συνόρθωση με τη μέθοδο ανεξάρτητων δεσμών





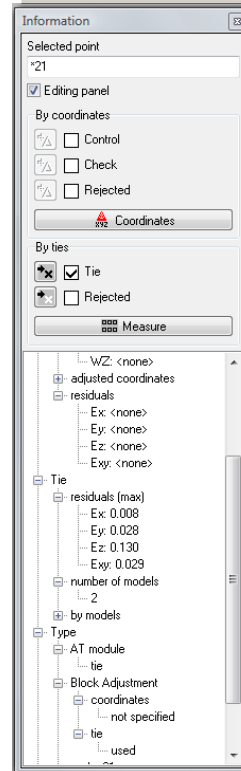
Point residuals – ανοίγει το παράθυρο όπου αναπαριστώνται γραφικά τα υπόλοιπα για κάθε σημείο



Point attributes – ανοίγει το παράθυρο με τα χαρακτηριστικά κάθε σημεία και παρέχει δυνατότητες επεξεργασίας του

Με το πλήκτρο **Coordinates** μπορεί να αλλάξει ο τύπος του σημείου και οι τιμές των συντεταγμένων του.

Με το πλήκτρο **Measure** ανοίγει ένα παράθυρο με τις εικόνες στις οποίες έχει σκοπευθεί ώστε να διορθωθούν οι μετρήσεις.



Export source data for external adjustment programs – εξάγει τα αποτελέσματα της επίλυσης προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από άλλα λογισμικά



Import adjustment results – εισάγει αποτελέσματα της επίλυσης που έχουν παραχθεί από άλλα λογισμικά

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών σειρά έχει η επεξεργασία όλου του έργου και των δεδομένων που υπολογίστηκαν, ώστε να παραχθούν τα τελικά προϊόντα που είναι το DTM και το φωτομωσαϊκό.

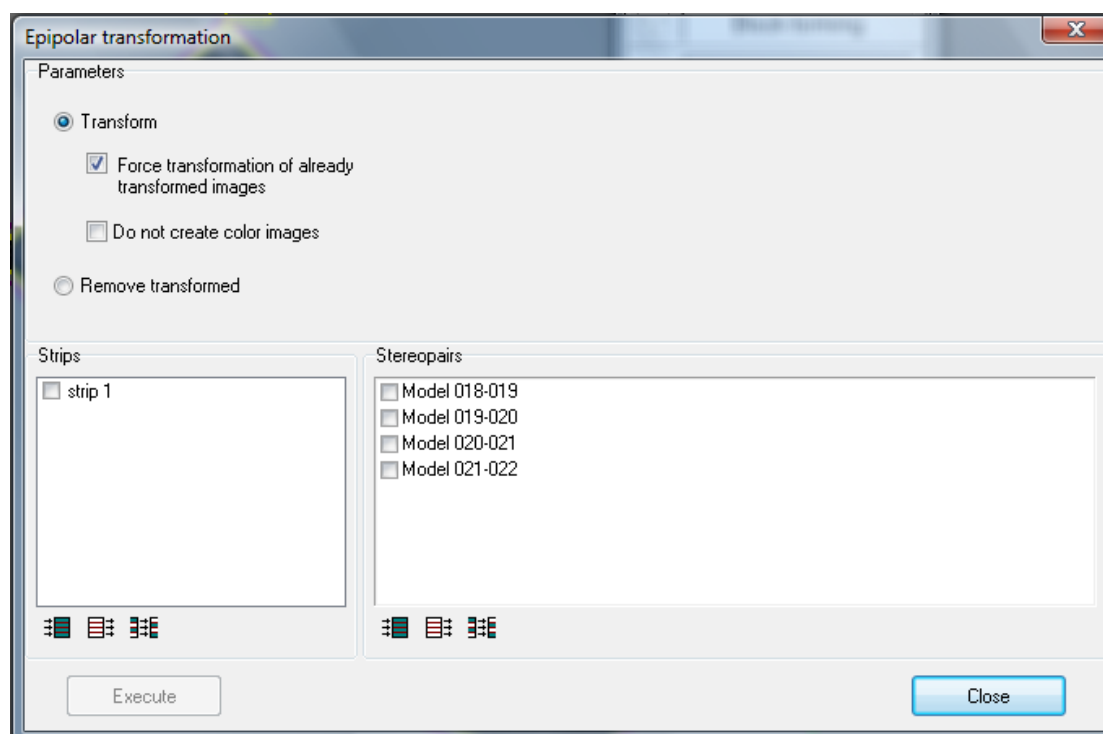


6.8.1. Εκτέλεση επιπολικού μετασχηματισμού – Eripolar transformation.

Εκτελείται από το **Montage Desktop** με την εντολή

Operations > Eripolar transformation

οπότε και ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο για τον ορισμό των παραμέτρων και την επιλογή των στερεοζευγών.



Εικόνα 81. Παράμετροι εκτέλεσης επιπολικού μετασχηματισμού.

6.9. Block processing.



Το στάδιο δημιουργίας DTM ξεκινά από την εντολή **Start DTM** και αφορά το επιλεγμένο κάθε φορά ζεύγος εικόνων.



Ενεργοποιεί το υποπρόγραμμα **StereoDraw**



Ενεργοποιεί το υποπρόγραμμα **StereoVector** για το σχεδιασμό τρισδιάστατων διανυσμάτων



Ξεκινά το στάδιο δημιουργίας φωτομωσαϊκού (**Start Mosaic**)

6.9.1. StereoDraw .

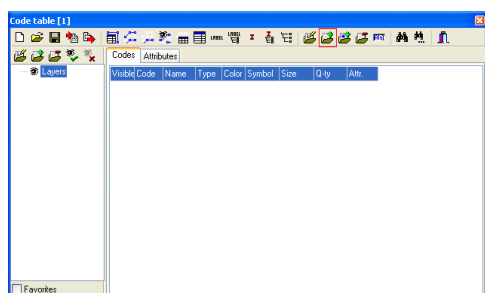
Το StereoDraw χρησιμοποιείται για την δημιουργία 3D αντικειμένων, όπως σημεία, γραμμές ασυνέχειας και περιγράμματα αντικειμένων, τα οποία σκοπεύονται και ψηφιοποιούνται με στερεοσκοπική όραση.



Start StereoDraw ή
Modules > StereoDraw ή
Ctrl + S

Πρώτο στάδιο στη σχεδίαση τρισδιάστατων αντικειμένων, μέσα από το υποπρόγραμμα StereoDraw είναι η δημιουργία του **Πίνακα Κωδικών (Code Table)** με τον οποίο επιτυγχάνεται η ταξινόμηση των οντοτήτων σε κατηγορίες.

Objects > Code Table > New



Add Code... - δημιουργεί νέα εγγραφή κωδικού στο παράθυρο, για καινούργια οντότητα

Code – δηλώνεται ο κωδικός της κάθε οντότητας

Code name – είναι το όνομα της οντότητας

Type – δηλώνεται ο τύπος μεταξύ των

P για σημεία

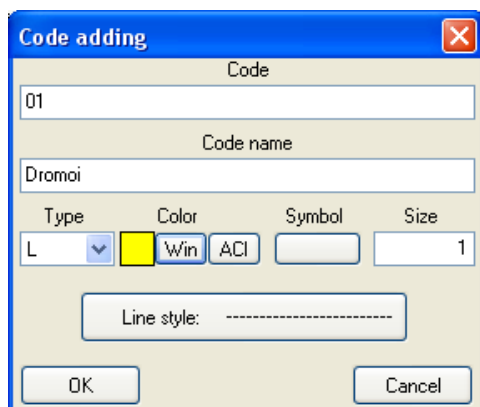
L για γραμμές (polylines)

C για κλειστά πολύγωνα

Color – επιλέγεται το χρώμα των οντοτήτων είτε μέσα από το κουμπί **Win** είτε από το **ACI**

Symbol – επιλέγεται κάποιο σύμβολο για τα σημειακά αντικείμενα

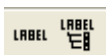
Size – το μέγεθος των αντικειμένων



Line style – επιλέγεται το είδος της γραμμής για τα γραμμικά αντικείμενα



Save – αποθηκεύει τον πίνακα



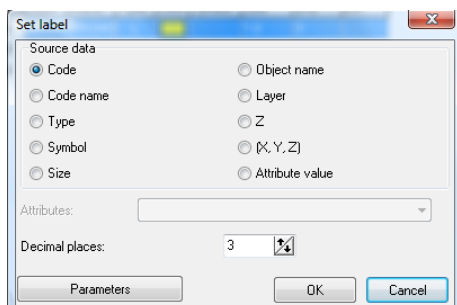
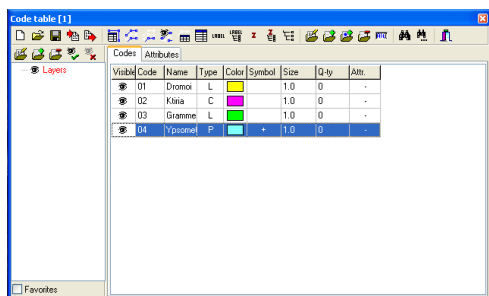
Set label for current code / for all group codes – εμφανίζει ετικέτες στα αντικείμενα μίας ομάδας ή όλων των ομάδων οντοτήτων



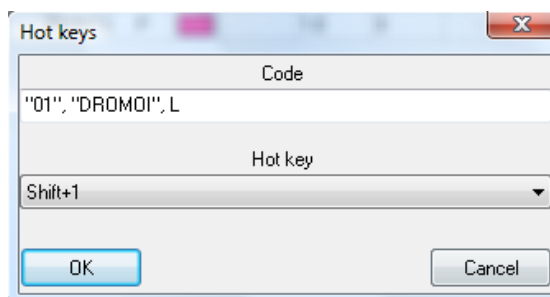
Select Hot Key for current code – καθορίζεται συντόμευση για την επιλογή της κάθε ομάδας οντοτήτων



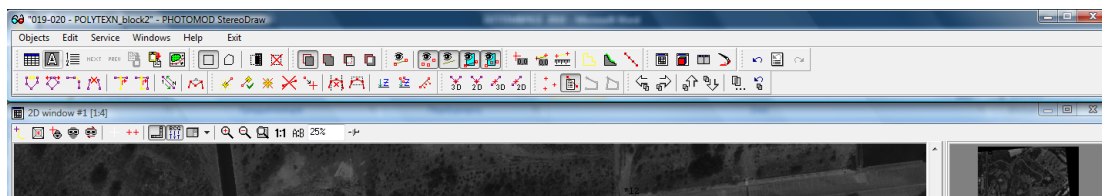
Done – ολοκληρώνει τη διαδικασία και επιστρέφει στο παράθυρο του StereoDraw



Εικόνα 82. Καθορισμός ετικέτας οντότητας.



Εικόνα 83. Καθορισμός πλήκτρων συντόμευσης.




Εικόνα 84. Εργαλεία του StereoDraw.




Ανοίγει τον πίνακα κωδικών οντοτήτων για ενεργοποίηση του κατάλληλου κωδικού για κάθε αντικείμενο.




Ανοίγει το παράθυρο Objects Attributes, όπου περιλαμβάνονται πληροφορίες για το επιλεγμένο αντικείμενο


 Ανοίγει τη λίστα με όλα τα αντικείμενα του ζεύγους


 Αυτές οι τρεις επιλογές δίνουν πληροφορίες θέσης και μέτρησης σύμφωνα με τον δείκτη

Για τη δημιουργία αντικειμένων χρησιμοποιείται το πλήκτρο **Insert** από το πληκτρολόγιο, με το οποίο ανάλογα με τον τύπο της οντότητας, εισάγει σημεία ή κορυφές γραμμών και πολυγώνων. Για την ολοκλήρωση ενός αντικειμένου αρκεί το πλήκτρο **Enter**. Αντίστοιχα, για την διαγραφή χρησιμοποιείται το πλήκτρο **Delete** από το πληκτρολόγιο.

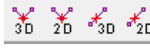
Για την επιλογή πολλών αντικειμένων χρησιμοποιείται το **αριστερό κλικ** του ποντικιού ταυτόχρονα με το **Shift**, σχηματίζοντας ορθογώνιο παραλληλόγραμμα.

 Ενώνει την πρώτη με την τελευταία κορυφή της γραμμής

 Διαγράφει το τελευταίο τμήμα κλειστής πολυγραμμής

 Ενώνει δύο γραμμές

 Χωρίζει μια πολυγραμμή σε δύο

 Με τη λειτουργία snapping δεσμεύει τις δύο ή και τις τρεις συντεταγμένες του δείκτη ώστε αυτός να κινείται είτε μόνο πάνω σε υπάρχουσες κορυφές είτε κατά μήκος γραμμών

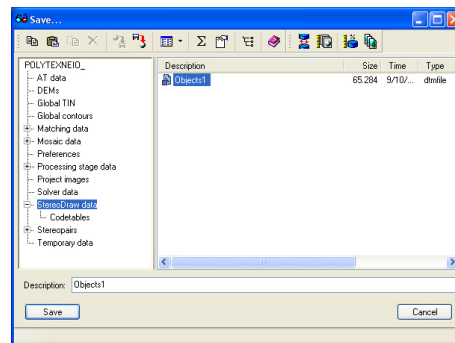
 Με την ενεργοποίησή του τα αντικείμενα «κολλάνε» πάνω στο έδαφος

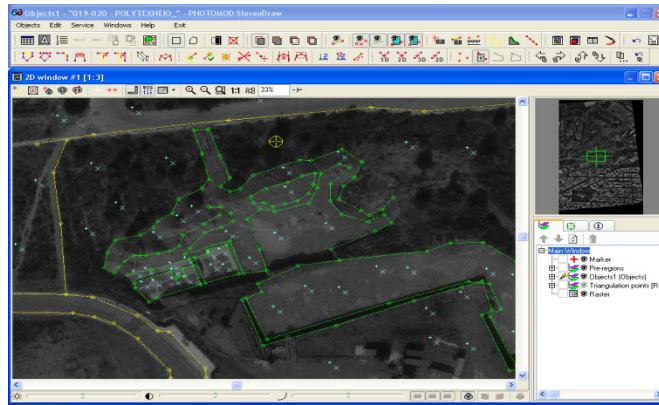
Με την εντολή

Objects > Save

αποθηκεύονται τα αντικείμενα σε εσωτερικό αρχείο του λογισμικού, με όνομα που καθορίζει ο χρήστης.

Objects > Open ανοίγει το παράθυρο στο οποίο ο χρήστης επιλέγει ένα υπάρχον αρχείο για την εισαγωγή αντικειμένων.





Εικόνα 85. Αντικείμενα στο StereoDraw.

6.9.2. DTM – Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.

Η δημιουργία DTM γίνεται τμηματικά για κάθε ένα στερεοζεύγος. Με την έναρξη ανοίγει το παράθυρο για τη δημιουργία ΨΜΕ στο επιλεγμένο ζεύγος.



Start DTM

Πρώτο στάδιο είναι η δημιουργία κανάβου:

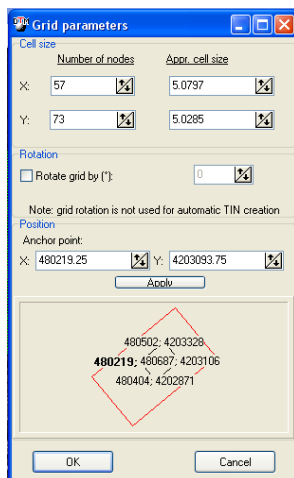
TIN > Create/modify grid

Δημιουργείται ένας κανάβος σύμφωνα με τις προηγούμενες επιλογές του χρήστη. Για να αλλάξει τα όριά του

Ctrl + Αριστερό κλικ για δημιουργία του πολυγώνου μέσα στο οποίο θα περιλαμβάνεται ο κανάβος.

Για τη ρύθμιση των παραμέτρων του:

TIN > Grid parameters



Number of nodes – πλήθος των κορυφών του κανάβου κατά X και Y

Appr. Cell size – βήμα κανάβου κατά X και Y (σε μονάδες εδάφους – πχ μέτρα)

Rotate grid by – καθορισμός γωνίας περιστροφής κανάβου

Position – καθορίζονται οι συντεταγμένες της κάτω αριχτερής γωνίας του κανάβου

Για τη διαγραφή του κανάβου:

TIN > Delete grid

Για τη δημιουργία TIN χρησιμοποιείται η εντολή

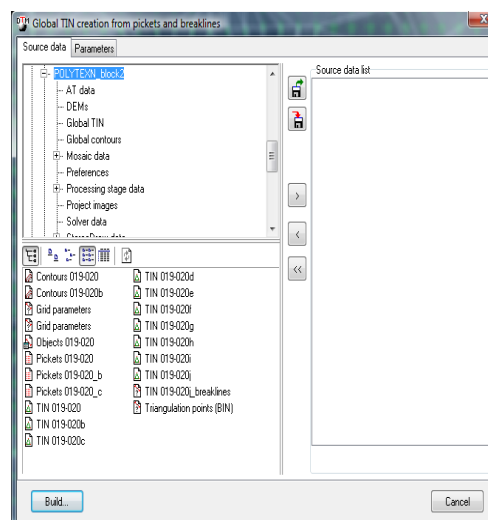
TIN > Create > Regular – για τρίγωνα με κορυφές υποχρεωτικά όλες τις τομές του κανάβου

TIN > Create > Adaptive – για τρίγωνα με κορυφές εκεί που ο αλγόριθμος συσχέτισης δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα

TIN > Create > Smooth – για ομαλοποιημένο TIN

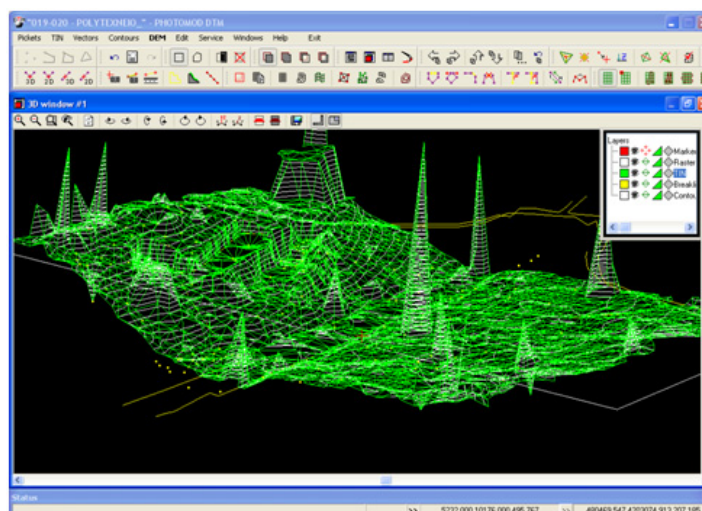
Γενικά προτείνεται η χρήση του προσαρμοσμένου καθώς με αυτό επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα, πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Επίσης είναι δυνατή η δημιουργία συνολικού TIN (**Global TIN**), για όλο το έργο, το οποίο θα βασίζεται σε αρχεία με 3D σημεία (pickets) και γραμμές ασυνέχειας.



Εικόνα 86. Δημιουργία Global TIN.

Ανοίγοντας ένα 3D παράθυρο με την εντολή **Windows > New 3D window** παρέχεται τρισδιάστατη απεικόνιση των τριγώνων και άμεσος εντοπισμός μη αναμενόμενων εξάρσεων και βυθίσεων, που πρόκειται για σφάλματα της διαδικασίας.

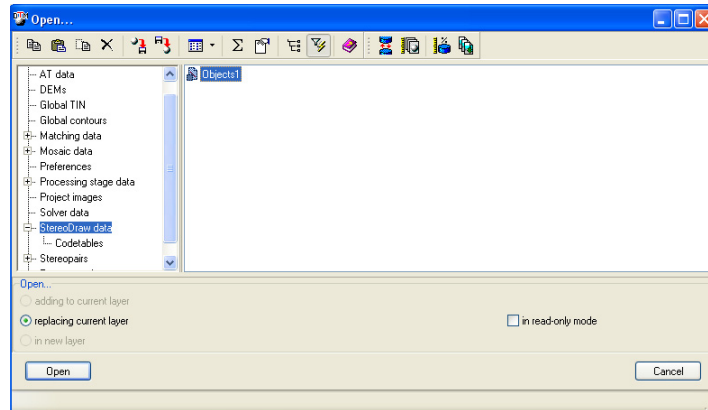


Με την εντολή **TIN > Accuracy control** συγκρίνονται οι τιμές των υψομέτρων που προκύπτουν από το TIN και οι αντίστοιχες που υπολογίστηκαν μέσα από τον τριγωνισμό για δεδομένες Χ,Υ θέσεις (φωτοσταθερά, σημεία σύνδεσης κλπ.).

Για την εισαγωγή αντικειμένων του StereoDraw, τα οποία θα ληφθούν υπόψη στη δημιουργία του TIN ως υψομετρικά σημεία ή ως γραμμές ασυνέχειας:

Vectors > Create layer – δημιουργεί το θεματικό επίπεδο των διανυσμάτων

Vectors > Open – ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο για την επιλογή του αρχείου των αντικειμένων που δημιουργήθηκαν από το StereoDraw



TIN > Link breaklines – «δεσμεύει» τα τρίγωνα σύμφωνα με τα διανύσματα και τα σημεία του αρχείου που εισήχθηκε στο προηγούμενο βήμα. Τα τρίγωνα επαναδημιουργούνται αυτόματα.

Για την αποσύνδεση των διανυσμάτων από τα TIN : **TIN > Unlink breaklines**

Φυσικά, στο παράθυρο DTM ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει εξ αρχής τα διανύσματα με διαδικασία όμοια με αυτή του StereoDraw.

Για τη δημιουργία ισοψών:

Contours > Create layer – δημιουργεί το θεματικό επίπεδο των ισοψών

Contours > Build from TIN – δημιουργεί ισοψείς βασιζόμενες στα τρίγωνα

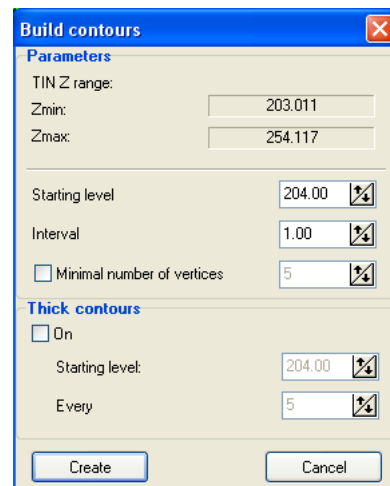
Παράμετροι :

Zmin – ελάχιστη τιμή υψομέτρου

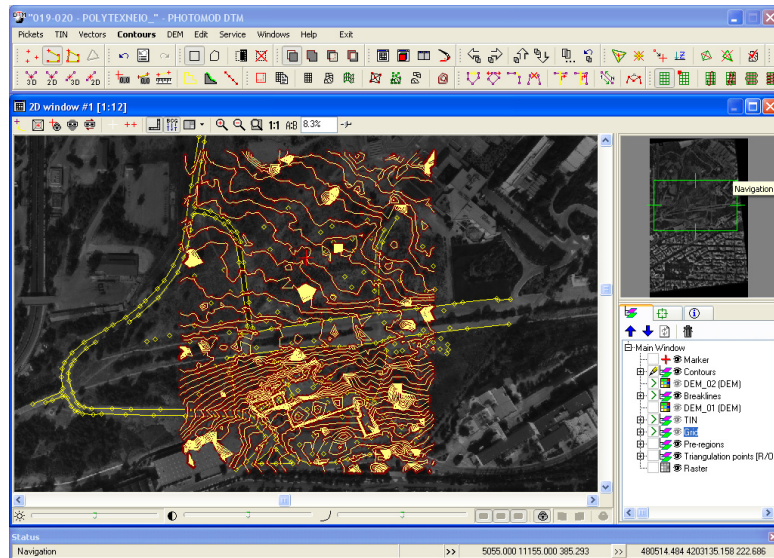
Zmax – μέγιστη τιμή υψομέτρου

Starting level – υψόμετρο χαμηλότερης ισοψούς

Interval – ισοδιάσταση



Thick contours on – ενεργοποίηση κύριων ισοψών



Εικόνα 87. Ισοϋψείς καμπύλες που δημιουργήθηκαν από το TIN.

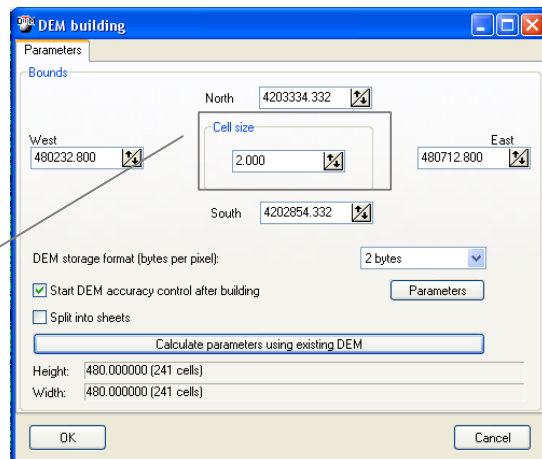
Και σε αυτό το στάδιο ελέγχεται το TIN καθώς είναι εμφανή τα σημεία με τις εξάρσεις και τα βυθίσματα.

Για τη δημιουργία του DEM

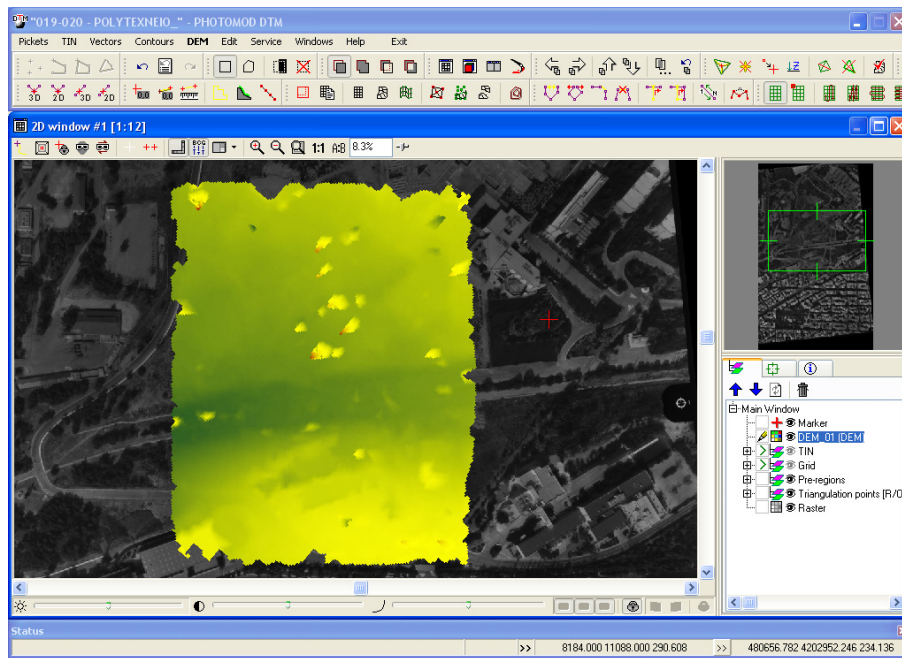
DEM > Build > from TIN – δημιουργεί DEM βασισμένο στις πληροφορίες των τριγώνων ή

DEM > Build > from contours – δημιουργεί DEM από τις ισοϋψείς ή

DEM > Build > from pickets – δημιουργία DEM από τα pickets



Cell size – δηλώνεται το μέγεθος των φατνίων του DEM σε μονάδες εδάφους (μέτρα).



Εικόνα 88. DEM από TIN.

Είναι εμφανή τα λάθη του TIN, αλλά και το ανάγλυφο του εδάφους (θεμέλια σχολής Πολ. Μηχ.)

Πριν την εμφάνιση του DEM απαιτείται η αποθήκευσή του για την οποία το λογισμικό ανοίγει αυτόματα το αντίστοιχο παράθυρο.

Για την χειροκίνητη διόρθωση των τριγώνων του TIN χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες εντολές:



Ενεργοποιεί τη δυνατότητα επεξεργασίας σημειακών αντικειμένων, όπως



Προσθήκη νέας κορυφής και δημιουργία τριγώνων προς τις γειτονικές



Διαγραφή επιλεγμένης κορυφής



Μετακίνηση της κορυφής στη θέση του δείκτη



Αλλαγή στο υψόμετρο της κορυφής (Z)



Ενεργοποίηση της δυνατότητας επιλογής και επεξεργασίας τριγώνων



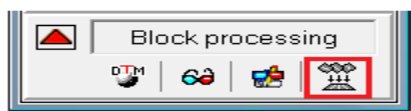
Εναλλαγή κοινής πλευράς μεταξύ γειτονικών τριγώνων



Διαγραφή επιλεγμένου τριγώνου

Να σημειωθεί εδώ ότι για την αλλαγή του υψομέτρου της υπτάμενης μάρκας χρησιμοποιείται η ροδέλα του ποντικιού. Η μετακίνηση των σημείων οριζοντιογραφικά ή και υψομετρικά μπορεί να γίνει με το ποντίκι και ταυτόχρονη χρήση του πλήκτρου CTRL.

6.9.3. Δημιουργία φωτομωσαϊκού.



Start Mosaic (Ctrl + M)

Πρώτο βήμα είναι ο καθορισμός των παραμέτρων, σύμφωνα με τα ακόλουθα:

Type of DEM – Μοντέλο υψομέτρου

Constant elevation – όταν επιλέγεται, το υψομετρικό μοντέλο θεωρείται επίπεδο στο υψόμετρο που ορίζει ο χρήστης

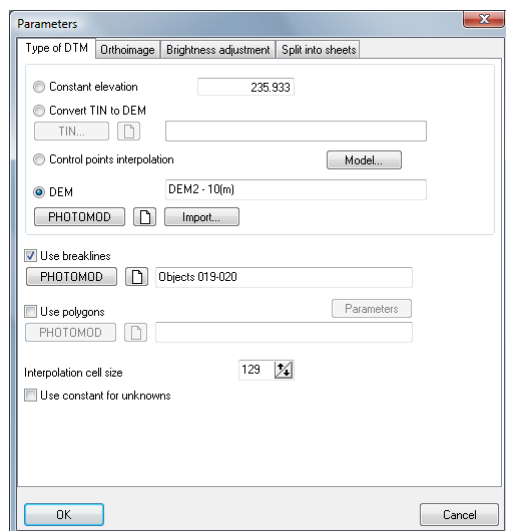
Convert TIN to DEM – εισάγεται το TIN και από αυτό δημιουργείται αυτόματα DEM

Control Points Interpolation – δημιουργείται DEM με παρεμβολή στα φωτοσταθερά

DEM – ο χρήστης ορίζει το αρχείο που περιέχει το DEM για τη δημιουργία του μωσαϊκού

Use breaklines – ο χρήστης το επιλέγει για την εισαγωγή του αρχείου με τις γραμμές ασυνέχειας

Use polygons – δηλώνεται το αρχείο με τα πολύγωνα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από το λογισμικό για τη δημιουργία και τη βελτιστοποίηση του DEM



Εικόνα 89. Παράμετροι ΨΜΕ για την παραγωγή μωσαϊκού.

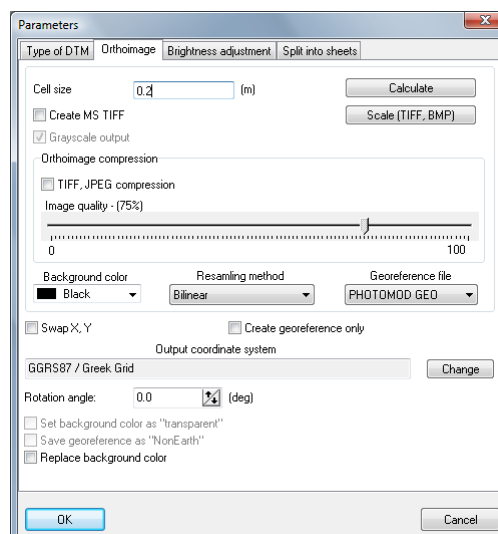
Orthoimage – παράμετροι ορθοφωτογραφίας

Cell size – μέγεθος εδαφοψηφίδας σε μέτρα [= $0,1mm * \text{Συντ. Κλίμακας Ορθοφωτογραφίας}$]

Orthoimage compression – συμπίεση ορθοφωτογραφίας

Background color – χρώμα για τις κενές περιοχές


Resampling method – μέθοδος επανασύστασης εικόνας (επιλογή μεταξύ εγγύτερου γείτονα,

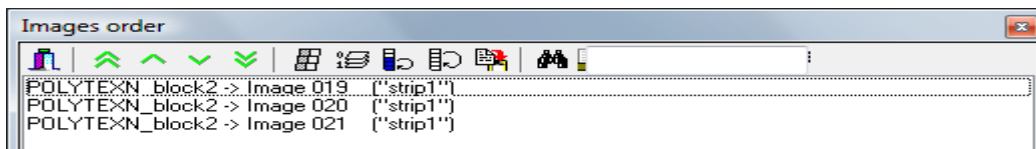


διγραμμικής και κυβικής)

Output coordinate system – σύστημα συντεταγμένων ορθοεικόνας (μπορεί να αλλάξει με το **Change**)

Rotation angle – γωνία στροφής τελικής εικόνας

Μέσα από την εντολή **Mosaic > Images order** ανοίγει το παράθυρο στο οποίο καθορίζεται η σειρά των εικόνων. Προτεραιότητα έχει η εικόνα που βρίσκεται πρώτη και ακολουθούν οι υπόλοιπες ώσπου να καλυφθεί όλη η επιφάνεια. Η μετακίνηση γίνεται με τα βέλη 



Η δημιουργία του μωσαϊκού γίνεται με την εντολή **Mosaic > Build!**

Επειδή πρόκειται για χρονοβόρα διαδικασία εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή **Mosaic > Preview** ώστε να γίνει μια προεπισκόπηση της ορθοφωτογραφίας και εφόσον αυτή ικανοποιεί τον χρήστη να γίνει η τελική παραγωγή της.

Με την εντολή **Block scheme > Show** εμφανίζονται σε μικρογραφίες και με σωστή σειρά οι εικόνες που μετέχουν στο μωσαϊκό.

Με την εντολή **View > DEM** σκιαγραφείται σε αυτές η περιοχή που καλύπτει το DEM

Με την εντολή **View > Cutlines** απεικονίζονται τα όρια των περιοχών που θα συνθέσουν το μωσαϊκό.

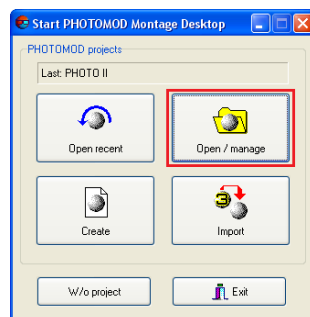
Mosaic > Accuracy control – ανοίγει το διπλανό παράθυρο στο οποίο ελέγχεται η ακρίβεια του μωσαϊκού που δημιουργήθηκε, σύμφωνα με τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν στον τριγωνισμό.

N	Name	Type	Use	Ex	Ey	Exy
5	*36	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	-0.333	0.333
6	100011	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.214	0.250	0.329
7	100013	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.325	0.023	0.326
8	*56	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.018	-0.312	0.312
9	~100038	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.009	-0.282	0.282
10	*12	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.042	0.239	0.242
11	100014	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	0.126	-0.168	0.210
12	~100158	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.196	-0.019	0.197
13	*104	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.185	-0.029	0.187
14	100003	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	0.140	0.118	0.184
15	*92	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.015	0.165	0.166
16	*154	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.142	-0.074	0.160
17	100004	GCP	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.039	0.144	0.149
18	~100041	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.008	-0.146	0.146
19	*130	Tie	<input checked="" type="checkbox"/>	0.137	0.045	0.144

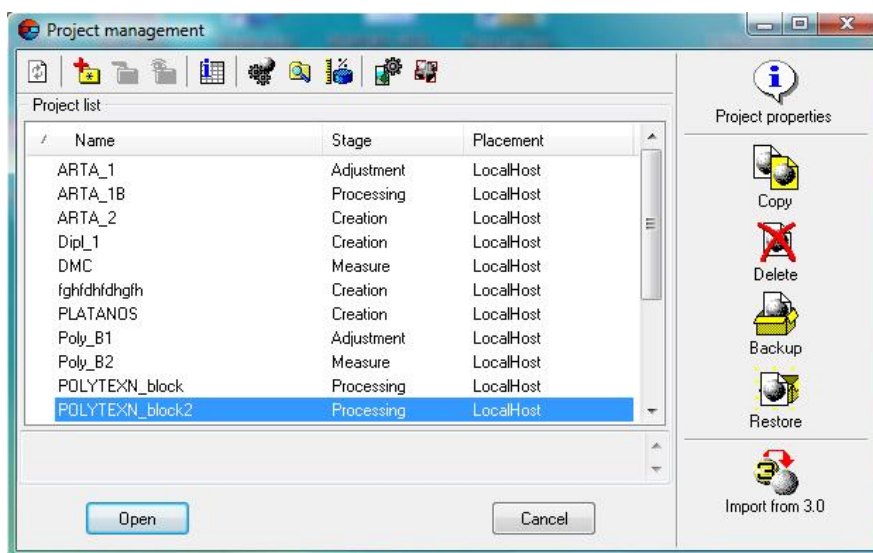
RMS: X| 0.067| Y| 0.091| XY| 0.107| Max| X| -0.368| Y| -0.795| XY| 0.823

6.10. Διαχείριση έργων.

Εφόσον κατά την έναρξη του **Montage Desktop**



επιλεγεί η εντολή **Open/Manage** τότε ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο.



Εικόνα 90. Παράθυρο διαχείρισης έργων.

Εδώ παρέχονται οι λειτουργίες:

Copy – αντιγραφή του επιλεγμένου έργου

Delete – διαγραφή του επιλεγμένου έργου

Backup – δημιουργεί συμπιεσμένο αντίγραφο με όλα τα απαραίτητα αρχεία του έργου

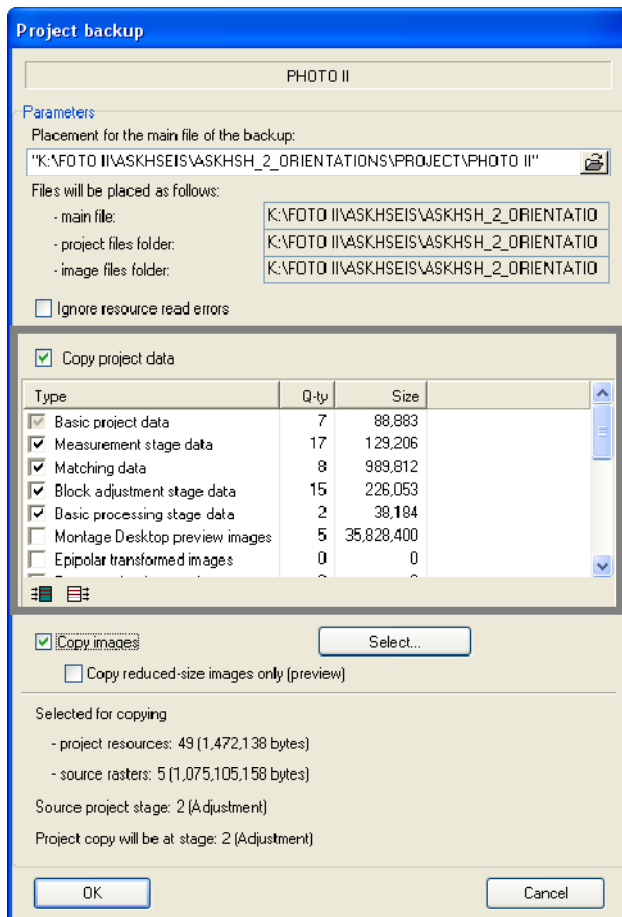
Restore – εισάγει έργο από backup

Import from 3.0 – εισάγει έργο στην τρέχουσα έκδοση, το οποίο όμως έχει δημιουργηθεί από την έκδοση 3.0

Για την μεταφορά του έργου σε άλλον υπολογιστή χρησιμοποιείται η εντολή **Backup** από το παράθυρο **Project management**. Μέσα από το **Montage Desktop** στο menu

Project>Open/management

οπότε και ανοίγει το παράθυρο **Project Backup** στο οποίο:



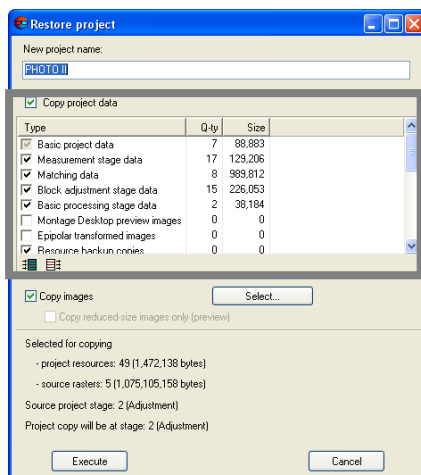
Placement for the main file of the backup – καθορίζεται ο φάκελος στον υπολογιστή που θα αποθηκευτούν τα αρχεία του Backup. Συνολικά θα δημιουργηθούν το βασικό αρχείο (main file) με κατάληξη *.prg, ένας φάκελος με τα αρχεία του έργου (project files folder) και ένας φάκελος με τις εικόνες που χρησιμοποιούνται (image files folder).

Στο παράθυρο αυτό επιλέγονται εκείνα τα στοιχεία που επιθυμεί ο χρήστης να συμπεριληφθούν στο backup και αντίστοιχα εξαιρεί τα υπόλοιπα.

Copy images – συμπεριλαμβάνει στο backup και τις αρχικές εικόνες (στο φάκελο image files folder) Η επιλογή των εικόνων γίνεται από το **Select** ενώ προεπιλεγμένες από το λογισμικό είναι όλες.
Copy reduced-size images only (preview) – το backup περιλαμβάνει μόνο προεπισκόπηση των εικόνων (εικόνες μειωμένων λεπτομερειών)

Για την εισαγωγή ενός έργου από Backup εκτελείται η εντολή **Restore** από το παράθυρο του **Project management**.

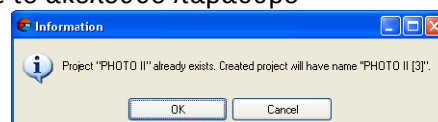
Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγεται το βασικό αρχείο του έργου (*.prg) και **Open**, οπότε και μεταφερόμαστε στο παράθυρο **Restore project**.



New project name – δηλώνεται το όνομα του έργου μετά την εισαγωγή των στοιχείων από το backup.

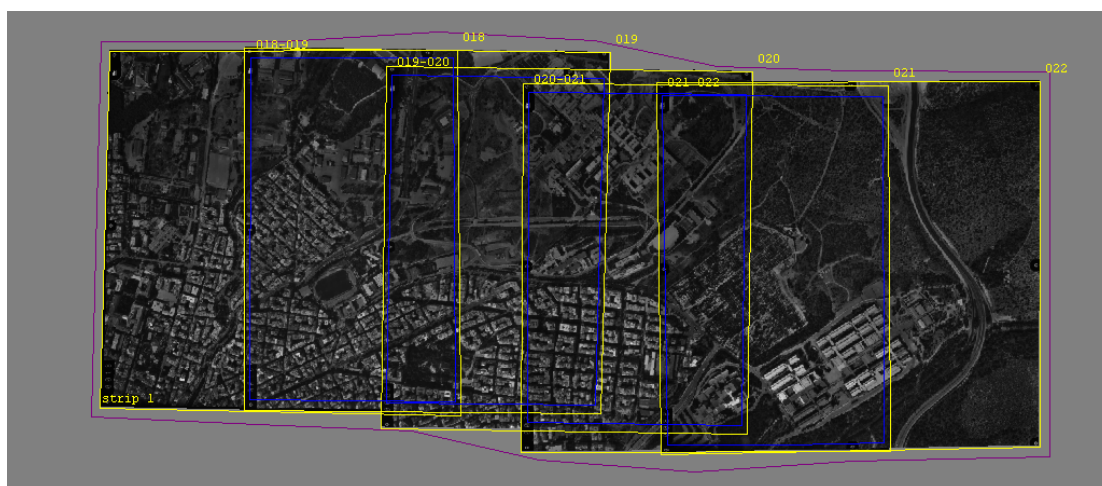
Ο χρήστης επιλέγει ποια από τα στοιχεία θα ανακτηθούν από το αρχείο του backup.

Execute – εκτελείται η ανάκτηση των δεδομένων του έργου
 Στην περίπτωση που δηλωθεί ως όνομα του έργου κάποιον που ήδη υπάρχει στον ίδιο φάκελο, τότε το λογισμικό τροποποιεί το όνομα και ενημερώνει για αυτό με το ακόλουθο παράθυρο



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Για την εφαρμογή του λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν πέντε συνολικά αεροφωτογραφίες της περιοχής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, με αριθμούς 018-022. Οι λήψεις πραγματοποιήθηκαν με μηχανή RMK TOP 15. Για τον εσωτερικό προσανατολισμό χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της βαθμονόμησης της μηχανής στις 02-02-1999, και από αυτά οι συντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου, οι συντεταγμένες των εικονοσημάτων και οι τιμές της ακτινικής διαστολής, καθώς και η σταθερά της μηχανής.



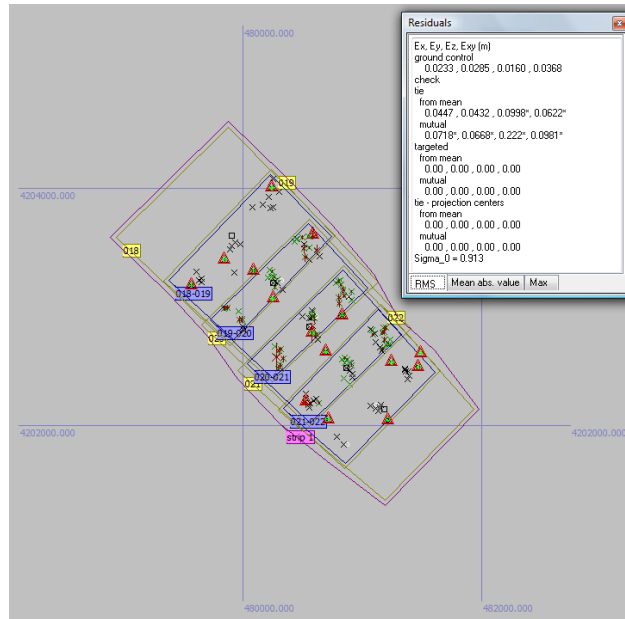
Εικόνα 91. Block forming για την εφαρμογή στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Η επίλυση του εσωτερικού προσανατολισμού επιτεύχθηκε με σκοπεύσεις των εικονοσημάτων και οι ακρίβειες για το σύνολο των εικόνων δίνονται στον διπλανό πίνακα.

Name	Strip	Int.or.
018	strip 1	0.012
019	strip 1	0.013
020	strip 1	0.016
021	strip 1	0.009
022	strip 1	0.009

Εικόνα 92. Σφάλματα του εσωτερικού προσανατολισμού των εικόνων.

Στη συνέχεια σκοπεύθηκαν τα φωτοσταθερά και τα σημεία σύνδεσης και από την τελική συνόρθωση προέκυψε η ακόλουθη μορφή του μπλοκ. Το σ_0 του εξωτερικού προσανατολισμού ισούται με 0,913, κάτι που αποδεικνύει ότι λήφθηκαν σωστές τιμές εκτίμησης σφαλμάτων. Για τη συνόρθωση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Bundle και με ακρίβειες για τις εικονοσκοπεύσεις 0,01 mm και για τις συντεταγμένες των φωτοσταθερών 0,02 μ.



Μια σύγκριση στα αποτελέσματα της συνόρθωσης έγινε με βάσει τις συντεταγμένες των σημείων λήψης και τους προσανατολισμούς των φωτογραφιών που προέκυψαν από τη συνόρθωση του μπλοκ και από εφαρμογή οπισθοτομίας σε κάθε μία από τις φωτογραφίες.

	ΔX	ΔY	ΔZ	$\Delta \omega$	$\Delta \phi$	$\Delta \kappa$
19	-0,191	-0,272	0,015	0,024	-0,009	0,278
20	0,082	-0,147	-0,099	0,008	0,001	0,102
21	0,354	-0,044	-0,035	0,009	0,016	0,234

Διαφορές Οπισθοτομίας – Bundle συνόρθωση μπλοκ.

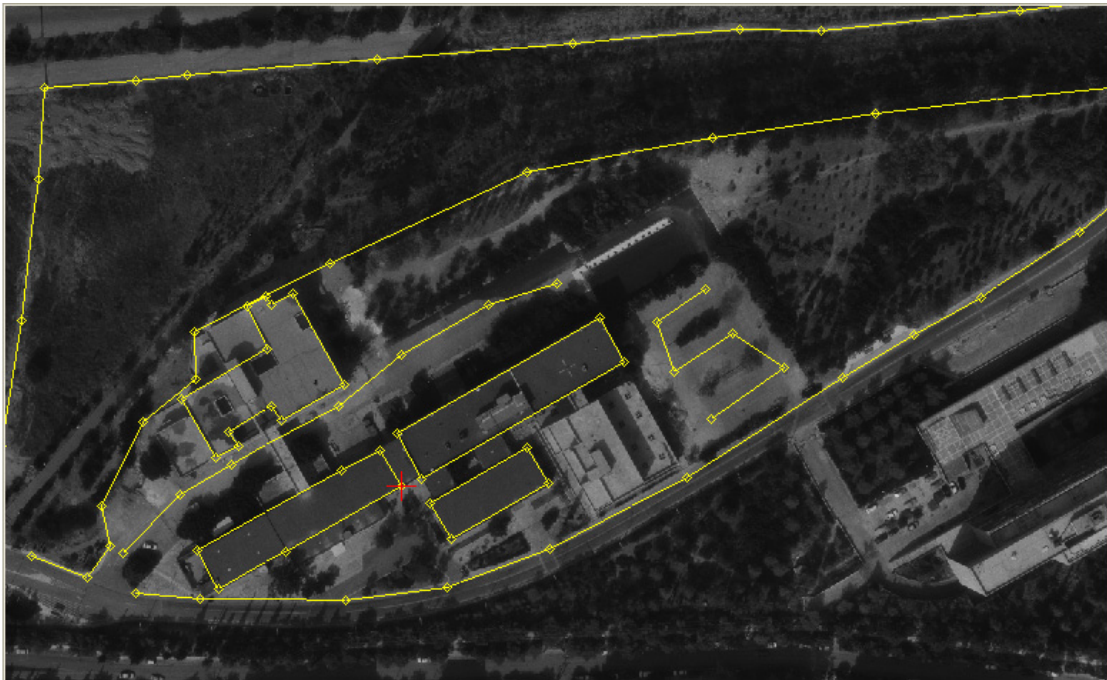
Ακολούθως, με την εφαρμογή StereoVector πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση χαρακτηριστικών σημείων και γραμμών ασυνέχειας σε δυο υποπεριοχές των αεροφωτογραφιών. Τα διανύσματα που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες. Κάθε σημείο έχει σκοπευθεί ώστε να «ακουμπά» στο έδαφος.



Εικόνα 93. Διανύσματα γραμμών ασυνέχειας και υψομετρικά σημεία στην ευρύτερη περιοχή Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.

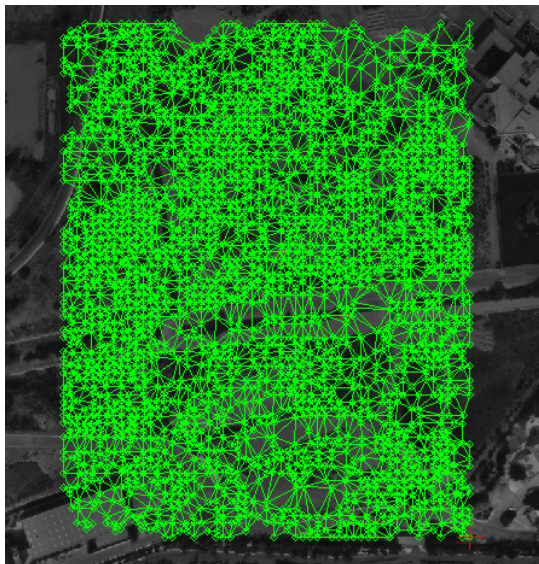


Εικόνα 94. Λεπτομέρεια στις εκσκαφές θεμελίων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.



Εικόνα 95. Διανύσματα γραμμών ασυνέχειας στην ΣΑΤΜ.

Βάσει αυτών των διανυσμάτων δημιουργήθηκε στη συνέχεια το TIN της κάθε περιοχής.



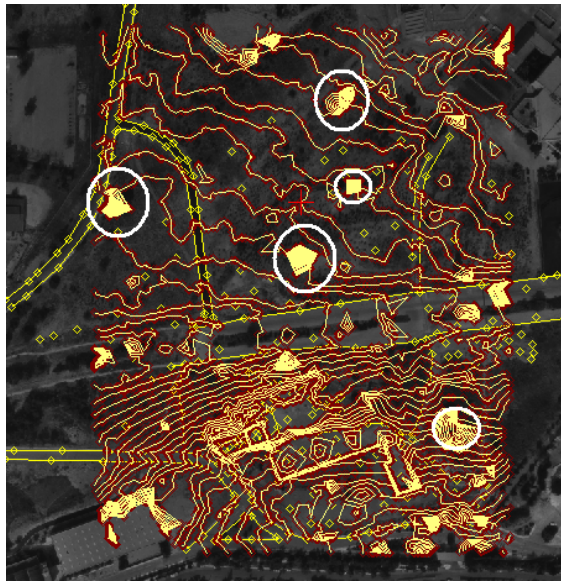
Εικόνα 96. Adaptive TIN στη Σχολή των Πολιτικών Μηχανικών.



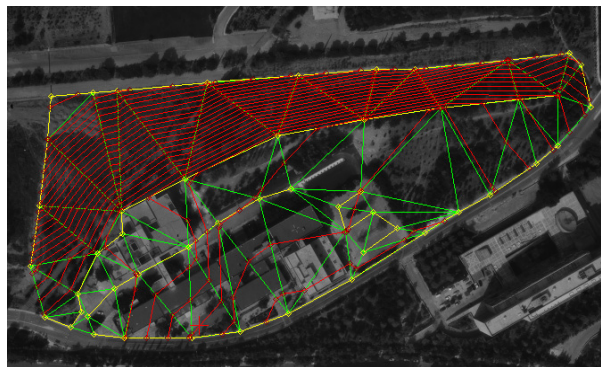
Εικόνα 97. Adaptive TIN στη ΣΑΤΜ.

Επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία των ισοψών καμπυλών. Στην εφαρμογή ορίστηκε ισοδιάσταση 1 μέτρο. Ήδη, από τις εικόνες που ακολουθούν γίνονται αντιληπτές οι πιθανές περιοχές σφάλματος. Στα σημεία εντός των άσπρων κύκλων της εικόνας 98 παρατηρούνται σημαντικές εξάρσεις των τριγώνων, κάτι που θα πρέπει να ελεγχθεί. Με μια

πιο προσεκτική διερεύνηση της περιοχής με εστίαση στα σημεία αυτά φαίνεται ότι στην πλειοψηφία τους είναι κορυφές ή κλαδιά δέντρων ή ακόμα στέγες και άλλα τεχνικά έργα.

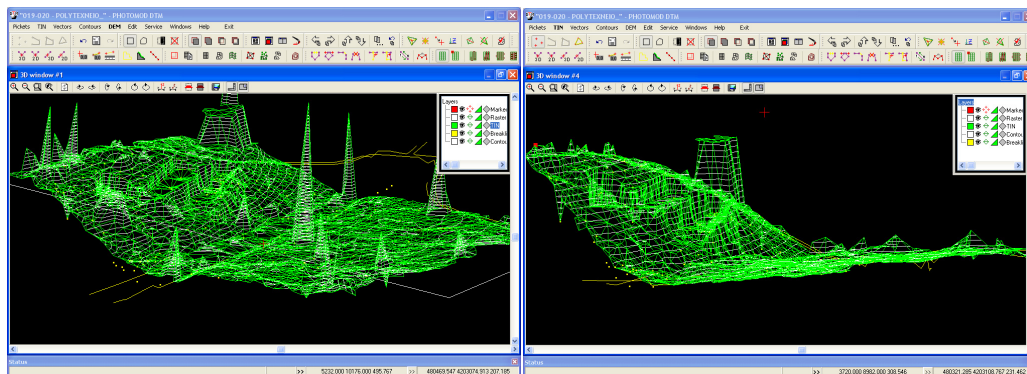


Εικόνα 98. Ισοΰψεις καμπύλες που δημιουργήθηκαν από TIN στην περιοχή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.



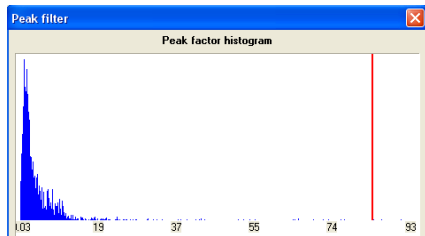
Εικόνα 99. Ισοΰψεις καμπύλες στη ΣΑΤΜ.

Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό σφαλμάτων είναι και η τρισδιάστατη απεικόνιση του δικτύου τριγώνων, όπως φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες.

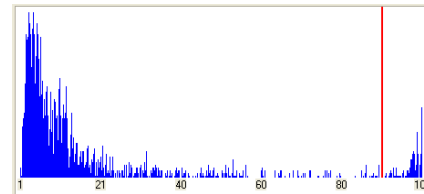


Εικόνα 100. Τρισδιάστατη απεικόνιση TIN περιοχής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών πριν και μετά τις διόρθωσεις των εξάρσεων.

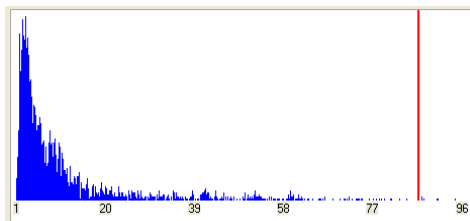
Οι διορθώσεις στα υψόμετρα των σημείων του TIN όπου παρατηρούνται εξάρσεις και βυθίσεις μπορούν να γίνουν είτε αυτόματα, με χρήση φίλτρου, είτε χειροκίνητα, με μετακίνηση του σημείου και υπολογισμό του υψομέτρου στη νέα θέση. Στην παρούσα εφαρμογή εφαρμόστηκαν και οι δύο τρόποι. Όσον αφορά τα φίλτρα εξάρσεων, στην παρούσα εφαρμογή δοκιμάστηκαν και τα πέντε διαθέσιμα, και τα αντίστοιχα γραφήματα δίνονται στις εικόνες που ακολουθούν.



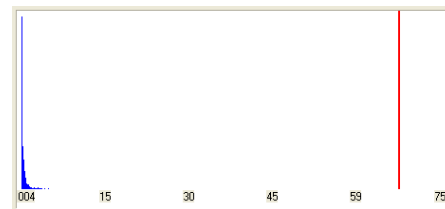
Μέθοδος: Minimum normal inclination
Όριο : 83,390
Πλήθος σημείων που απορρίπτονται: 4



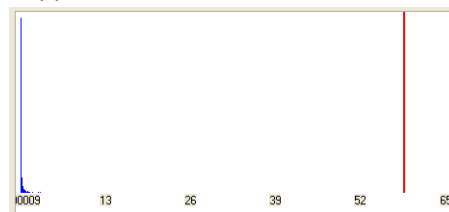
Μέθοδος: Maximum normal inclination
Όριο : 89,807
Πλήθος σημείων που απορρίπτονται: >20



Μέθοδος: Mean normal inclination
Όριο : 86,719
Πλήθος σημείων που απορρίπτονται: 8

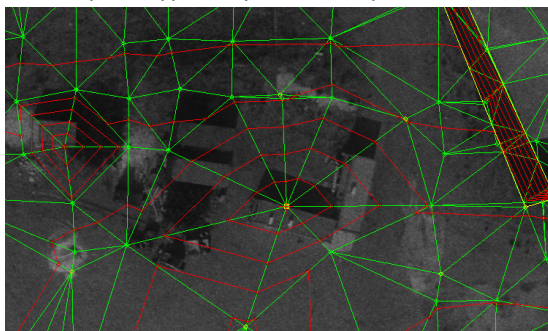


Μέθοδος: Sum normal projection
Όριο : 67,068
Πλήθος σημείων που απορρίπτονται: 2

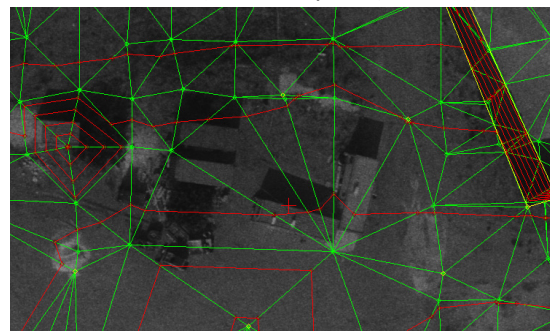


Μέθοδος: Sum normal abs. value
Όριο : 58,837
Πλήθος σημείων που απορρίπτονται: 1

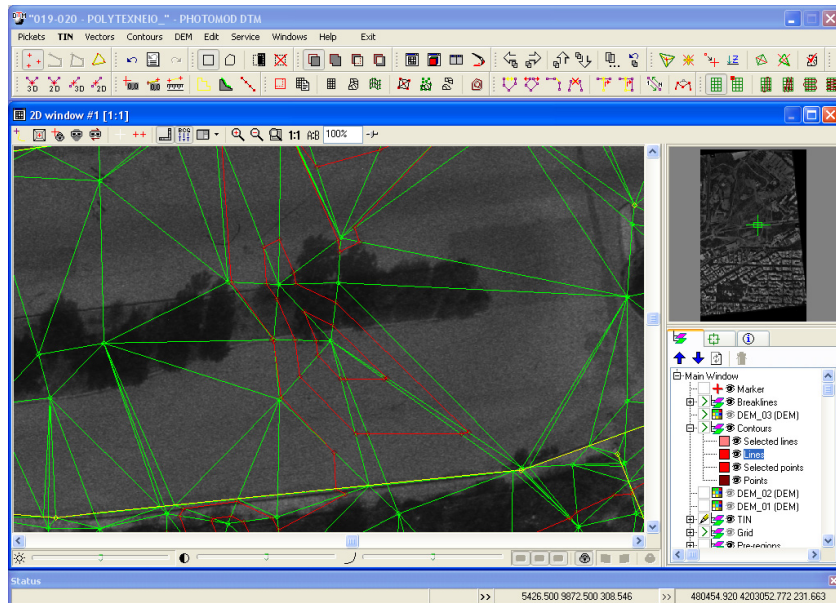
Ένα παράδειγμα χειροκίνητης μετακίνησης σημείου δίνεται στις δύο επόμενες εικόνες.



Εικόνα 101. Εσφαλμένη τοποθέτηση υψομετρικού σημείου σε στέγη.

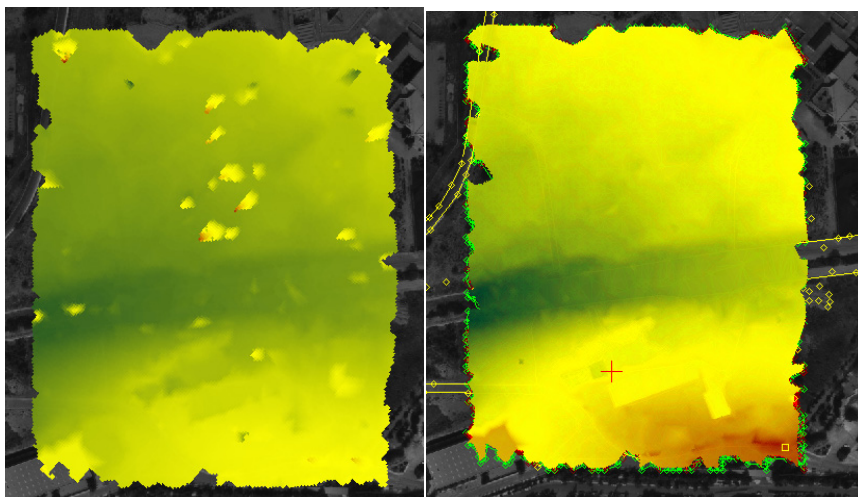


Εικόνα 102. Χειροκίνητη μετακίνηση υψομετρικού σε πλησιέστερο χαρακτηριστικό σημείο.



Εικόνα 103. Τοποθέτηση υψομετρικού σημείου σε κλαδί δέντρου.

Το DEM που δημιουργήθηκε στη συνέχεια βασίστηκε στο TIN και ως μέγεθος κελιού ορίστηκε η μονάδα. Η αριστερή εικόνα αφορά το TIN πριν τη διόρθωση των εξάρσεων ενώ η δεξιά απεικονίζει τον DEM μετά τη διόρθωση των εσφαλμένων υψομετρικών. Στη χρωματική απεικόνισή του το λογισμικό χρησιμοποιεί πράσινο χρώμα για το βάθος και κόκκινο για τα σημεία με μεγαλύτερο υψόμετρο.

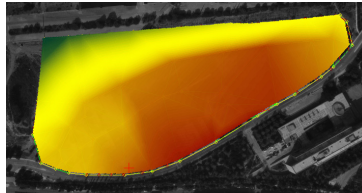
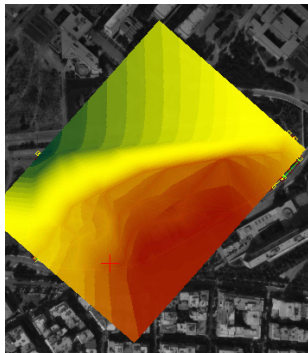


Εικόνα 104. DEM πριν και μετά τη διόρθωση του TIN.

Ο έλεγχος ακρίβειας του τελικού DEM δίνει τα ακόλουθα σφάλματα:

- μέγιστο σφάλμα: 0,771 μ.
- μέσο σφάλμα: 0,157 μ.
- μέσο τετραγωνικό σφάλμα: 0,227

Στην περιοχή της Σχολής Τοπογράφων δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικά DEM, το ένα βασισμένο στις ισοϋψείς και το δεύτερο στο TIN. Η διαφορά τους, καθώς και η ακρίβεια του δεύτερου, δίνονται στις επόμενες εικόνες.



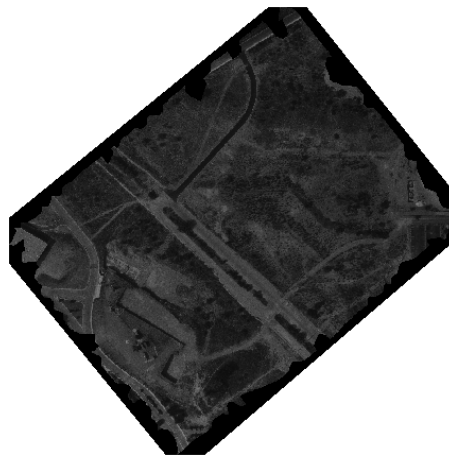
N	X	Y	Z	DZ
N=0	480662.110	4202795.174	229.421	-0.072
N=1	480507.723	4202877.747	229.334	-0.062
N=2	480615.472	4202832.244	231.643	-0.050
N=3	480552.577	4202853.905	230.300	-0.038
N=4	480475.587	4202971.278	228.880	-0.032
N=5	480520.134	4202827.933	229.410	-0.025
N=6	480594.938	4202737.240	233.216	-0.022
N=7	480446.988	4202863.294	228.671	-0.017
N=8	480497.043	4202867.549	229.410	-0.012
N=9	480439.305	4202853.324	228.762	-0.011
N=10	480622.314	4202730.700	223.465	-0.010
N=11	480483.844	4202941.461	229.014	-0.009
N=12	480545.527	4202823.773	231.930	-0.007
N=13	480538.197	4202755.719	232.984	-0.006
N=14	480440.088	4203048.420	228.664	-0.005
N=15	480624.552	4202765.696	233.002	-0.002
N=16	480594.763	4202801.939	232.335	-0.002
N=17	480465.798	4202947.258	228.630	-0.001
N=18	480619.547	4202749.883	233.188	-0.000
N=19	480575.539	4202813.549	232.064	-0.000
N=20	480608.789	4202770.165	232.637	-0.000

RMS=0.028 Mean absolute=0.018 Max=0.072

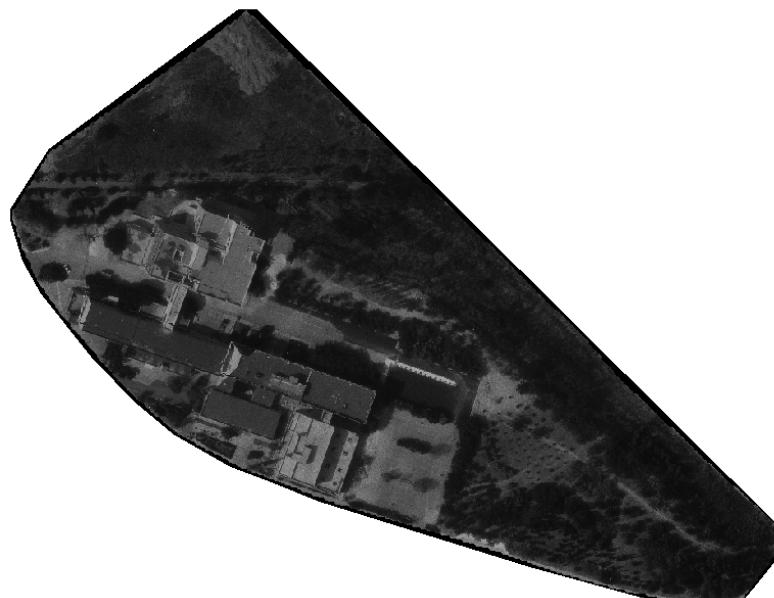
Εικόνα 105. DEM από ισοϋψείς και από TIN.

Εικόνα 106. Έλεγχος ακρίβειας DEM.

Το τελευταίο στάδιο της εφαρμογής αφορά τη δημιουργία ορθοφωτογραφιών και μωσαϊκών.



Εικόνα 107. Όρια και ορθοφωτομωσαϊκό περιοχής σχολής Πολιτικών Μηχανικών.



Εικόνα 108. Ορθοφωτομωσαϊκό ΣΑΤΜ.

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α

Π1. Θέσεις και συντεταγμένες φωτοσταθερών

Π2. Στοιχεία βαθμονόμησης μηχανής λήψης

Π3. Αποτελέσματα συνορθώσεων αεροτριγωνισμού.

Φωτοσταθερό ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Α/Φ: 021-022

Περιγραφή: Βάθρο στο Δώμα Αντλιοστασίου

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X=481464.574 Y=4202489.386 Z=301.001

The screenshot displays a software interface for measuring tie points. It features a central window with two side-by-side aerial images for stereo viewing. A red crosshair is visible on a building in both images. Below the images are two panels of coordinate data. The left panel shows coordinates for the left image, and the right panel shows coordinates for the right image. At the bottom, there is a table of control points and a search bar.

Name	Type	L	R	Corr	Par
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ	Gr. control			0.000	0.001
F1	Gr. control	+	+	0.000	0.003
F2	Gr. control	+	+	0.000	-0.003
F3	Gr. control	+	+	0.000	-0.001

Coordinates for the left image (L):

- X: 14385.500
- Y: 14897.500
- Z: 85.863

Coordinates for the right image (R):

- X: 7710.000
- Y: 14904.000
- Z: -8.016

Φωτοσταθερό F1 α/φ: 021-022

Περιγραφή: Ανατολική άκρη περιφραξής Πολυτεχνειούπολης (βάση μάντρας)

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X=481491.089 Y=4202608.954 Z=284.585

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, the title bar reads "Measuring the points 021-022". Below the title bar, there are navigation and tool icons. The main workspace is divided into four quadrants:

- Top-Left:** A wide-angle aerial photograph showing a large industrial or institutional complex with a winding road or canal.
- Top-Right:** A zoomed-in view of a specific area from the top-left image, marked with a red crosshair.
- Bottom-Left:** A second wide-angle aerial photograph, slightly offset from the top-left one to form a stereo pair.
- Bottom-Right:** A zoomed-in view of a specific area from the bottom-left image, also marked with a red crosshair.

Below the images, there are two sets of coordinate data for ground control points (GCPs). Each set includes a scale indicator (1:30) and a unit icon (M).

X	Y	Z
13333.468	16281.958	6810.667
71.189	112.026	-20.613

Below the coordinate data, there are two sets of scale indicators: 1:30 M and 1:2 M S.

At the bottom of the interface, there is a table with the following columns: Name, Type, L, R, Cor., and Par.

Name	Type	L	R	Cor.	Par.
ANTILOSTASIO	Gr. control	+	+	0.000	-0.001
F1	Gr. control	+	+	0.000	0.003
F2	Gr. control	+	+	0.000	-0.003
F3	Gr. control	+	+	0.000	-0.001


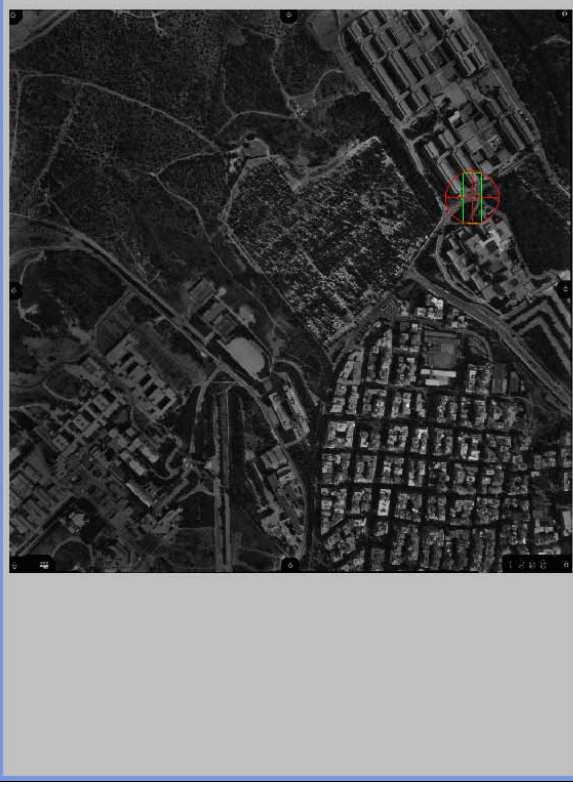
On the right side of the interface, there are various tool icons and a "Point Search" input field.

Φωτοσταθερό F3 α/φ: 021-022

Περιγραφή: Κορυφή τριγωνικής νησίδας

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480714.377 Y=4202052.049 Z=282.274

Measuring the points 021-022
StereoPairs Points Orientation Options



1:30 M 1:30 M
10983.275 2921.125 4495.000 2988.000
37.762 -74.934 -52.968 -74.295
1:2 M S 1:2 M S

Name	Type	L	R	Cor.	Par.
F1	Gr. control	+	+	0.000	0.003
F2	Gr. control	+	+	0.000	-0.003
F3	Gr. control	+	+	0.000	-0.001
F6	Gr. control	+	+	0.000	-0.002

Point Search

Φωτοσταθερό F4 α/φ: 018-019-020

Περιγραφή: Κορυφή τριγωνικής νησίδας στην πύλη Κοκκινόπουλου

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480587.363 Y=4203603.884 Z=211.34

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the main workspace is divided into four quadrants. The top-left and bottom-left quadrants show a stereo pair of aerial images of a city area, with a red crosshair indicating a point of interest. The top-right and bottom-right quadrants show the corresponding depth maps (parallax images) for the same area, also with a red crosshair. In the center of the interface, there are two sets of sliders and numerical values, likely representing the parallax and depth of the point. Below the main workspace, there is a table of control points and a search bar.

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
F4	Gr. control	+	+	0.912	40.000
F8	Gr. control	+	+	0.985	0.001
FS27	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS002	Gr. control	+	+	0.861	-0.003


Φωτοσταθερό F6 α/φ: 021-022

Περιγραφή: Γωνία μάντρας με συρματοπλέγμα

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 481212.588 Y=4202044.832 Z=290.807

Measuring the points 021-022

Stereopair Points Orientation Options



Name	Type	L	R	Corr.	Par.
F12	Gr. control	+	+	0.000	-0.003
F3	Gr. control	+	+	0.000	-0.001
F5	Gr. control	+	+	0.000	-0.002
FY5IKH	Gr. control	+	+	0.000	-0.002

1:30 M 16118.500 7702.000 9564.833 7656.917

1:30 M 109.841 -8.202 17.985 -7.786

1:2 M S 1:2 M S 2.1 M S

Point Search

Φωτοσταθερό F8 α/φ: 018-019

Περιγραφή: Τέλος νησίδας Λεωφ. Κοκκινόπουλου

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 479843.7 Y=4203396.232 Z=185.194

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, there are two side-by-side aerial images forming a stereo pair, with a red crosshair indicating a point of interest. Below the images are two panels showing the corresponding point cloud data for each image. The left panel shows coordinates (X, Y, Z) and a scale of 1:30. The right panel shows coordinates (X, Y, Z) and a scale of 1:2. At the bottom, there is a table with columns for Name, Type, L, R, Cor., and Par. The table contains three rows of data, with the first row highlighted in blue.

Name	Type	L	R	Cor.	Par.
F4	Gr. control	+	+	0.902	-0.000
F8	Gr. control	+	+	0.985	0.001
FS27	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS002	Gr. control	+	+	0.861	-0.003

Φωτοσταθερό F12 α/φ: 020-021-022

Περιγραφή: Τέλος νησίδας – Σχολή Φιλοσοφικής Πανεπιστημιούπολη

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480525.304 Y=4202202.513 Z=261.587

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the main workspace is divided into four quadrants. The top-left and bottom-left quadrants show a wide aerial view of a city area, with a red crosshair and a green box highlighting a specific point of interest. The top-right and bottom-right quadrants show a zoomed-in view of the same point, also with a red crosshair. In the center of the interface, there are two sets of coordinate readouts. The left set shows coordinates: 14159.400 (L), 81.539 (R), 1880.000 (Corr.), and 1:30 (M). The right set shows coordinates: 7674.600 (L), -8.969 (R), 2702.000 (Corr.), and 2:1 (M). At the bottom of the interface, there is a table with the following data:

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
F12	Gr. control	+	+	10.000	40.003
F3	Gr. control				
F4	Gr. control	+	+		
F6	Gr. control				

Φωτοσταθερό FS27 α/φ: 018-019

Περιγραφή: Βόρεια γωνία δώματος πολυκατοικίας

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X=479565.527 Y=4203181.019 Z=209.636

The screenshot displays a software interface for photogrammetry. It features a central area with two side-by-side aerial images (stereo pair) and two corresponding 3D point cloud models below them. The point cloud models show a building structure with a red crosshair indicating a specific point of interest. The interface includes a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the images, there is a table with columns for Name, Type, L, R, Cor., and Par. The table contains data for points F4, F8, FS27, and TS002. A 'Point Search' input field is located at the bottom right of the interface.

Name	Type	L	R	Cor.	Par.
F4	Gr. control	+	+	0.902	-0.000
F8	Gr. control	+	+	0.985	0.001
FS27	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS002	Gr. control	+	+	0.861	-0.003

Φωτοσταθερό FS28 α/φ: 018-019

Περιγραφή: Κορυφή σκεπτής

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X=480240.428 Y=4204001.803 Z=208.616

The screenshot displays a photogrammetry software interface with four satellite images of a city area. A red crosshair is positioned on the roof of a building in the bottom-right image. The interface includes a toolbar at the top with various icons for navigation and editing. Below the images, there are four coordinate tables, each with a scale of 1:30. The tables show the following coordinates:

X	Y	Z
7843.000	15429.000	15350.333
-6.650	98726	-99.254
		98.543

Below the coordinate tables, there is a table with columns labeled Name, Type, L, R, Corr., and Par. The table contains the following data:

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS002	Gr. control	+	+	0.081	-0.003
FS28	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS005	Gr. control	+	+	0.000	0.008
TS010	Gr. control	+	+		

At the bottom right, there is a 'Point Search' field and a toolbar with various icons for navigation and editing.


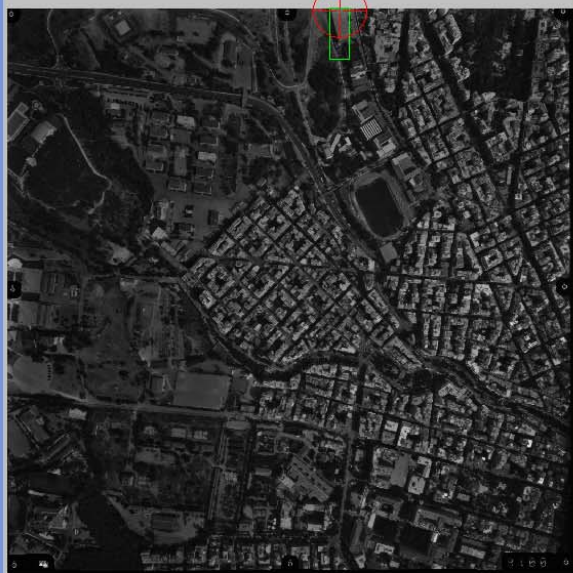
Φωτοσταθερό TS002 α/φ: 018-019-020

Περιγραφή: Μαύρος σταυρός, στη στέγη κτηρίου λιμενικών Έργων

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480251.197 Y=4203072.145 Z=223.948

Measuring the points 018-019

Stereopair Points Orientation Options



Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS002	Gr. control	+	+	0.000	40.003
FS28	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS005	Gr. control	+	+	0.000	0.008
TS010	Gr. control	+	+		

X	Y	Z
16488.400	6893.800	7032.164
113.775	-21.394	18.968
9694.678		-18.968

1:30 M 1:30 M 1:30 M 2:1 M S

Point Search

Φωτοσταθερό TS005 α/φ: 018-019

Περιγραφή: Μαύρος σταυρός, μπροστά στο κτίριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480088.668 Y=4203302.480 Z=196.842

The screenshot displays a photogrammetry software interface with a stereo pair of aerial images and a table of ground control points (GCPs). The top part of the interface shows two side-by-side aerial images of a city area, with a red crosshair marking a specific point in each. Below the images are two sets of sliders for adjusting the GCP coordinates. The bottom part of the interface shows a table with the following data:

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS002	Gr. control	+	+	0.081	-0.003
FS28	Gr. control	+	+	0.000	-0.000
TS005	Gr. control	+	+	0.000	0.008
TS010	Gr. control	+	+	+	+

Φωτοσταθερό TS006 α/φ: 020-021

Περιγραφή: Μαύρος σταυρός, στη στέγη κτιρίου παλ. Εστίας

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480693.786 Y=4202619.344 Z=274.806

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the main workspace is divided into four quadrants. The top-left and bottom-left quadrants show a wide aerial view of a city area with a red crosshair on a building roof. The top-right and bottom-right quadrants show a zoomed-in view of the same building roof, with the red crosshair clearly visible. In the center of the interface, there is a data table with columns for L, R, Corr., and Par. The table contains the following data:

L	R	Corr.	Par.
11771.667	7549.333	0.000	-0.004

Below the data table, there is a 'Point Search' field and a list of points. The list contains the following entries:

Name	Type
NAFFIGIKH	Gr. control
TS002	Gr. control
TS006	Gr. control
TS008	Gr. control

Φωτοσταθερό TS008 α/φ: 021-022

Περιγραφή: Τσιμεντένιο βάθρο με σταυρό από φελιζολ, δεξιά από το χωματόδρομο που ξεκινά από τον υποσταθμό της ΔΕΗ.

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 481245.603 Y=4202535.147 Z= 264.469

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, a toolbar contains various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the main workspace is divided into four quadrants. The top-left and bottom-right quadrants show a stereo pair of aerial images of a building complex, with a red crosshair overlaid on a specific point in each image. The top-right and bottom-left quadrants show the corresponding depth maps (parallax images) for the same point, with a red crosshair overlaid on the same location. In the center of the interface, there are four coordinate readouts for the selected point, each with a scale indicator (1:30 M) and a unit selector (M or S). The coordinates are: X=11469.000, Y=12873.000, Z=44.562, and Parallax=10.000. On the right side, there is a list of points with columns for Name, Type, L, R, Corr., and Par. The list contains three entries: TS006 (Gr. control), TS008 (Gr. control), and TS010 (Gr. control). The TS008 entry is highlighted in blue, and its Parallax value is shown as -40.005.

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS006	Gr. control	+			
TS008	Gr. control	+	+	10.000	-40.005
TS009	Gr. control	+			
TS010	Gr. control	+			

Φωτοσταθερό TS009 α/φ: 020-021

Περιγραφή: Τσιμεντένιο βάθρο στο δώμα κτιρίου Γενικών Εδρών.

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480832.755 Y=4202923.676 Z= 254.788

The screenshot displays a photogrammetry software interface with the following components:

- Top Panel:** A menu bar with options: "Measuring the points 020-021", "Stereo pair", "Points", "Orientation", "Options".
- Main View:** A stereo pair of aerial images. The left image shows a red crosshair on a building on the roof. The right image shows a red crosshair on a different building.
- Bottom Panel:** A 2D projection of the GCPs. It contains two columns of data, each with a scale slider set to 1:30.
- Right Panel:** A table of GCP data and a "Point Search" input field.

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS006	Gr. control	+	+	0.000	-0.004
TS009	Gr. control	+	+	0.000	0.003
TS010	Gr. control	+	+	0.000	-0.001
F12	Gr. control	+	+	0.000	-0.003

Point Search:

Φωτοσταθερό TS010 α/φ: 019-020-021

Περιγραφή: Τσιμεντένιο βάθρο με βαμμένο λευκό σταυρό στη στέγη κτιρίου Λαμπταδαρίου.

Συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87: X= 480576.858 Y=4202782.637 Z= 246.564

The screenshot displays a photogrammetry software interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the main workspace is divided into four quadrants. The top-left and top-right quadrants show a stereo pair of aerial images of a city area, with a red crosshair and a green box highlighting a specific point on a building roof. The bottom-left and bottom-right quadrants show the corresponding ground truth images of the same point, with a red crosshair and a green box highlighting the same point. In the center of the interface, there are two sets of sliders and numerical values, likely representing the camera parameters for the stereo pair. At the bottom of the interface, there is a table with columns for Name, Type, L, R, Corr., and Par. The table contains the following data:

Name	Type	L	R	Corr.	Par.
TS006	Gr. control	+	+	0.000	-0.004
TS009	Gr. control	+	+	0.000	0.003
TS010	Gr. control	+	+	0.000	-0.001
FT2	Gr. control	+	+	0.000	-0.003

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST **DKD**

Kalibrierlaboratorium für die Meßgröße der geometrischen Optik
Calibration laboratory for measured quantities geometric optics

AKKREDITIERT DURCH DIE

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT (PTB)



0623
DKD-K-05202
99-02

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

Gegenstand <i>Object</i>	Aerial Survey Camera
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Carl Zeiss D-73446 Oberkochen
Typ <i>Type</i>	RMK TOP 15
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	145 853
Auftraggeber <i>Customer</i>	Geomatics Geoinformation Technologies 27 Grammou Street GR-15669 Athens
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	651 2 5145
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	4
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	02.02.1999

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner des multilateralen Übereinkommens der European co-operation for Accreditation of Laboratories (EAL) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The Deutscher Kalibrierdienst is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation of Laboratories (EAL) for the mutual recognition of calibration certificates.

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Physikalisch-Technische Bundesanstalt and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.



Datum <i>Date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
26.03.99	 Dr. Wiedenmann	 Müller

Carl Zeiss
Servicebereich Qualität
Meß- /Kalibrierzentrum
73446 Oberkochen

Telefon 07364-20-3731
Telefax 07364-20-4511

CAMERA TYPE: RMK TOP 15
 LENS TYPE: PLEOGON A3
 MAX. APERTURE: F/4

SERIAL NO. 145853
 SERIAL NO. 150003
 NOM. FOCAL LENGTH: 153 MM

1) CALIBRATED FOCAL LENGTH = 152.611 MM \leftarrow

2) DISTORTION /0.001 MM, REFERRING TO P.P. OF SYMMETRY PPS

S/MM=	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
5	0	1	1	1	2	3	3	3	2	1	0	-2	-3	-3	-3	-3
6	0	0	1	1	1	2	3	2	1	0	-2	-3	-3	-4	-3	-1
7	0	0	1	1	2	3	4	4	3	1	0	-1	-1	-1	1	2
8	0	0	0	1	2	2	4	3	3	2	1	0	-1	0	1	0
AV.	0	0	1	1	2	3	3	3	2	1	0	-2	-2	-2	-1	-1

Διαστάσεις ως προς zc μη διαγώνιους

3) P.P. OF AUTOCOLLIMATION AND FIDUCIAL CENTRE, REFERRING TO PPS

P.P. OF AUTOCOLLIMATION PPA X= -.008 Y= .000 MM
 FIDUCIAL CENTRE FC X= -.007 Y= -.001 MM
 CORNER FIDUCIAL CENTRE FCC X= -.010 Y= -.002 MM

→ (κεντρο αυτοκολλησης ως προς zc ορθογων)

4) FIDUCIAL MARKS, REFERRING TO PPS

X1= 112.999 X2=-113.006 X3= -.007 X4= -.007 MM
 Y1= -.001 Y2= -.001 Y3= 113.003 Y4=-112.997 MM
 DISTANCES 1-2= 226.005 3-4= 226.000 MM
 X5= 112.992 X6=-113.007 X7=-113.010 X8= 112.992 MM
 Y5= 112.997 Y6=-112.998 Y7= 113.003 Y8=-113.010 MM

5) PHOTOGRAPHIC RESOLVING POWER, IN CYCLES PER MM
 (AS PER DEFINITION, R. P. IS NOT A CALIBRATED DATUM)
 AREA WEIGHTED AVERAGE RESOLUTION 103

FIELD ANGLE /DEG = 0 7 14 21 28 35 42

RADIAL LINES 130 115 113 108 115 107 97
 TANGENTIAL LINES 130 128 123 114 102 87 72

FILM: KODAK PANATOMIC X 3412 SPEED 40 AFS
 DEVELOPED IN AGFA G 74 C AVIPHOT

RMK TOP 15

NO. 145853

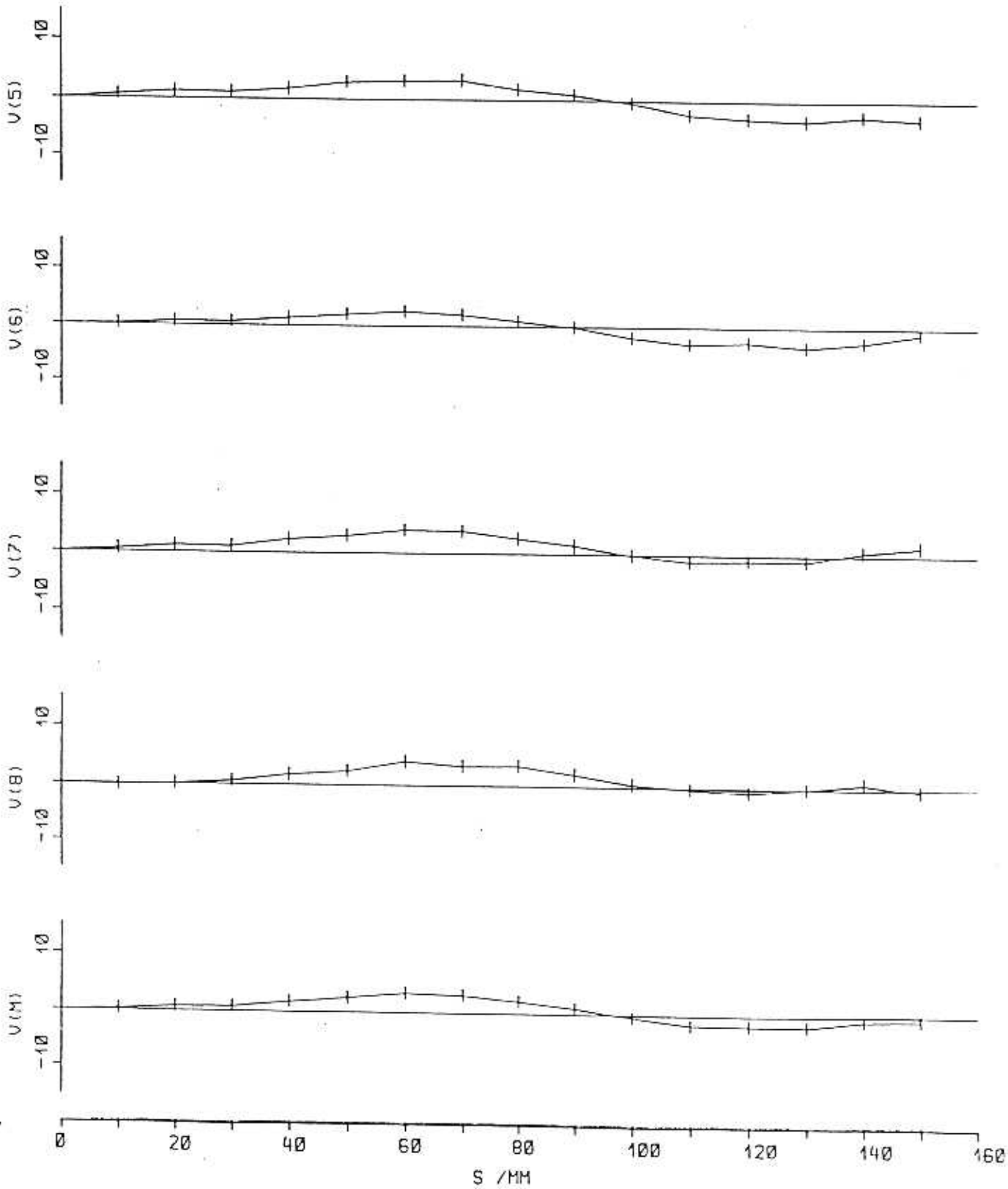
PLEOGON A3

4/153

NO. 150003

CFL=152.611 MM

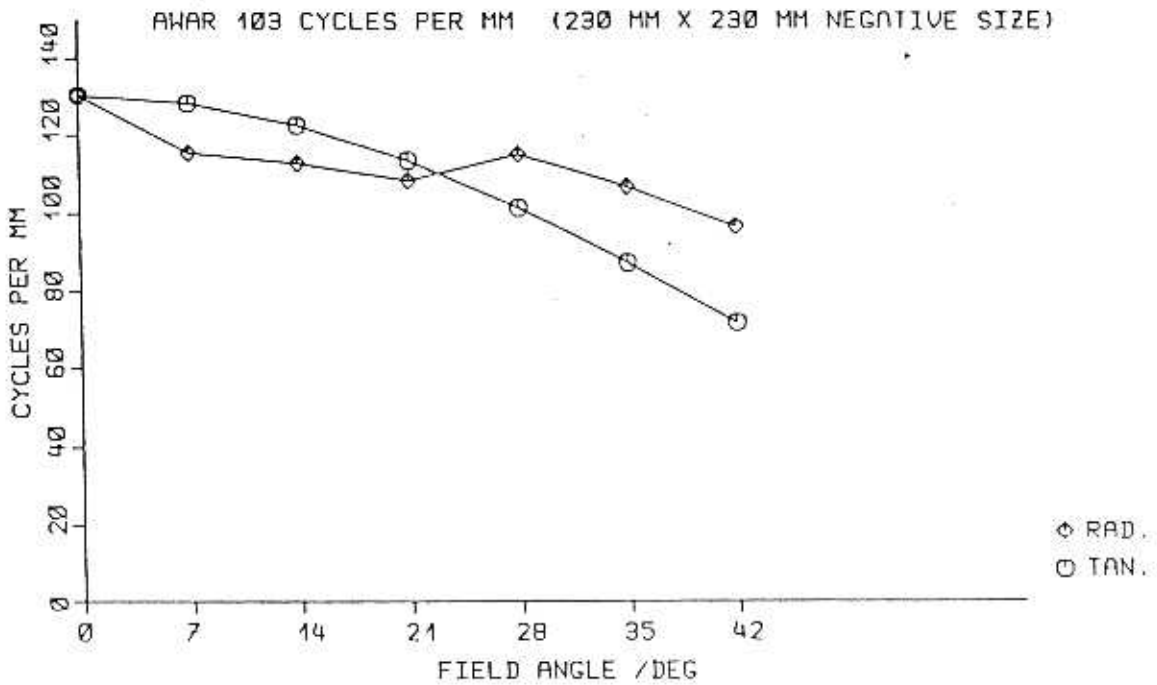
DISTORTION /0.001 MM, REFERRING TO PPS



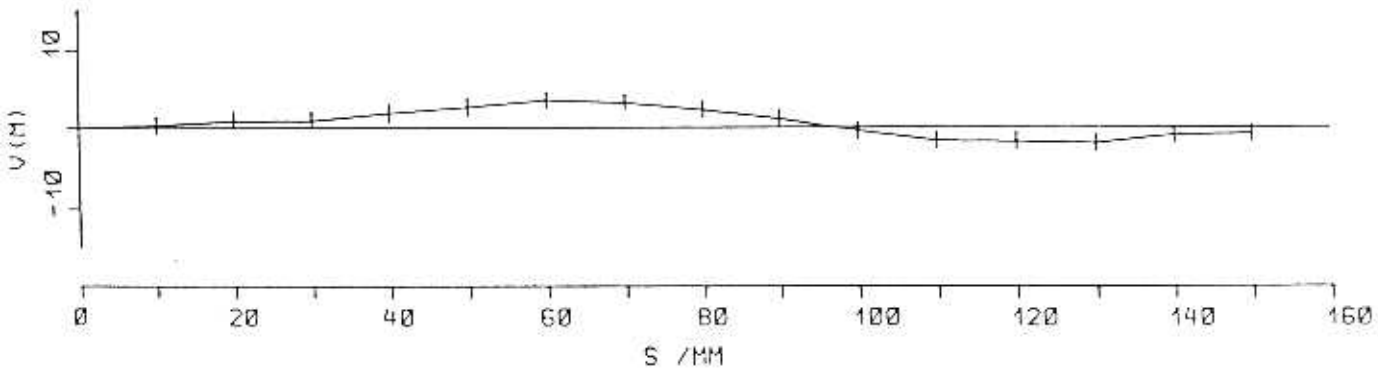
RMK TOP 15

NO. 145853

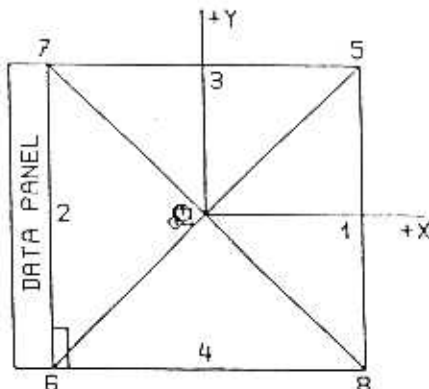
PHOTOGRAPHIC RESOLVING POWER



DEPARTURE OF AVERAGE DISTORTION FROM ZERO REFERENCE



PRINCIPAL POINT (PPA, PPS) AND FIDUCIAL CENTRE (FC)



COORDINATES, REFERRING TO PPS

	X / MM	Y / MM
\circ PPA	-0.008	0.000
\square FC	-0.007	-0.001
\diamond FCC (CORNER FIDUCIAL CENTRE)	-0.010	-0.002

 \perp 0.01 MM, X-AXIS AS DEFINED BY FIDUCIAL MARK COORDINATES

$$\alpha(6) = 0.0^\circ \quad \alpha(8) = \alpha(6) + 90^\circ$$

This camera has been tested in accordance with the existing regulations. The methods used are based on the Recommended Procedures for Calibrating Photogrammetric Cameras and for Related Optical Tests (International Society of Photogrammetry, 1960, reaffirmed 1964). The optical performance and the external construction are in accordance with our terms of delivery.

1. Calibrated Focal Length

The calibrated focal length is chosen so as to minimize the square sum of the radial measured distortion.

2. Distortion

The values of radial distortion refer to the calibrated focal length and to the principal point of symmetry (Section 3). Regarding the origin for distortion values it must be realized that in the photogrammetric process, the asymmetry due to a displacement of that point is eliminated together with the asymmetry introduced by camera tilt. The principal point of symmetry is chosen as origin for distortion, because only this residual asymmetry cannot be eliminated by simple compensation.

The radial distortion is measured for points of the focal plane separated by 10 mm from the axis for each of the four radii 5, 6, 7 and 8. AV is the average radial measured distortion at a given radial distance. A positive value indicates that the image is further from the centre than its distortionfree position. Measurements are made at maximum aperture on the goniometer by attaching the filter D (cut-off wavelength 535 nm at transmittance 50 %). The standard deviation of the distortion values given can be assumed to be less than 0.002 mm.

The maximum tangential distortion, i.e. the displacement of the central image from a straight line connecting corresponding image points at equal but opposite angular separations from the axis, does not exceed 0.005 mm.

3. Principal Point and Fiducial Centre

The positions of the principal point of autocollimation and of the fiducial centre (Section 4) are given in a rectangular coordinate system as indicated in the plot, with the principal point of symmetry as origin.

4. Fiducial Marks

For coordinate measurements the fiducial marks are recorded on photographic glass plates. Coordinates of the fiducial marks are given in a rectangular system as shown in the plot, with the principal point of symmetry as origin. Fiducial marks 1 and 2 lie in the line of flight. The location of the fiducial marks can be assumed to be accurate within 0.005 mm.

In the course of camera assembly and maintenance the fiducial marks are adjusted to meet the following specifications:

- The lines joining opposite pairs of fiducial marks intersect at an angle within 30 seconds of 90° .
- The point of intersection (fiducial centre) is within 0.02 mm of the principal point of autocollimation.

5. Photographic Resolving Power

The resolving power is obtained by photographing a series of three line high contrast test figures. The photographs are taken under the recommended standard illumination by using the filter B (cut-off wavelength 490 nm at transmittance 50 %). The camera is used at full aperture. The resulting image is examined with a low power stereoscopic microscope to find the spatial frequency of the finest pattern resolved. The values of resolving power are reduced to the image plane and refer to the focus setting as used for determining the calibrated focal length.

6. Filters

The two surfaces of the filters listed in the certificate are within 5 seconds of being parallel.

7. Magazine Platen

The platen mounted in the film magazine, serial no. as indicated in the certificate, does not depart from a true plane by more than 0.010 mm.

== Πέμπτη, 2 Δεκεμβρίου 2010 == 8:24:48 μμ ==
Block adjustment report

Block: POLYTEXNEIO_copy
Number of strips: 1
Number of stereopairs: 4

Adjustment parameters:
bundle adjustment
coordinate system: GGRS87 / Greek Grid
point on image measurements accuracy, camera units: 0.01
ground control point coordinates accuracy, m: 0.02
projection centers (GPS) coordinates accuracy, m: 0.2
exterior orientation angles not used
adjustment accuracy: 0.9
Measurement units: m

Exterior orientation parameters

Image: 018
projection center
479903.094396 4203600.202878 1056.482485
rotation matrix
0.7154400545 0.6984616248 0.0172304142
-0.6986668129 0.7153277799 0.0130710300
-0.0031957810 -0.0213898570 0.9997661031
Omega, Phi, Kappa (deg)
-0.7490473880 0.9872788665 -44.3120132579

Image: 019
projection center
480250.613909 4203201.973170 1052.684650
rotation matrix
0.7120713460 0.7021039743 0.0020993892
-0.7019812031 0.7119970921 -0.0168086688
-0.0132961922 0.0104952396 0.9998565203
Omega, Phi, Kappa (deg)
0.9631132568 0.1202862300 -44.5961753349

Image: 020
projection center
480558.314328 4202831.426875 1051.149205
rotation matrix
0.7046155763 0.7095819746 0.0032110899
-0.7095892348 0.7046077993 0.0033116607
0.0000873358 -0.0046120025 0.9999893608
Omega, Phi, Kappa (deg)
-0.1897455064 0.1839822126 -45.2012112750

Image: 021
projection center
480865.344957 4202482.472942 1057.682953
rotation matrix
0.7090346393 0.7048685628 0.0207410075
-0.7051703053 0.7086338917 0.0239342435
0.0021727149 -0.0315961503 0.9994983555
Omega, Phi, Kappa (deg)
-1.3717572450 1.1884574140 -44.8311780386

Image: 022
 projection center
 481187.090710 4202134.961947 1058.338236
 rotation matrix
 0.7166051358 0.6973077131 0.0154606794
 -0.6973826114 0.7166986378 -0.0007455842
 -0.0116005495 -0.0102477195 0.9998801986
 Omega, Phi, Kappa (deg)
 0.0427239368 0.8858669721 -44.2180619679

 Point catalog

Ez (m)	N	X	Y	Z	Exy	
ground control						
0.0130	100000	481464.545	4202489.381	300.988	0.0292	-
0.0120	100001	481491.104	4202608.955	284.597	0.0147	
0.00575	100002	480714.401	4202052.044	282.268	0.0241	-
0.0317	100003	480587.304	4203603.835	211.308	0.0765	-
0.00239	100004	481212.599	4202044.815	290.809	0.0203	
0.00331	100005	479843.694	4203396.238	185.191	0.00825	-
0.0226	100006	480525.324	4202202.584	261.564	0.0738	-
0.00539	100007	479565.523	4203181.010	209.641	0.00973	
0.0158	100008	480240.412	4204001.833	208.632	0.0338	
0.0361	100009	480251.221	4203072.168	223.984	0.0332	
0.00348	100010	480088.689	4203302.481	196.839	0.0212	-
0.000257	100011	480693.776	4202619.328	274.806	0.0193	
0.000394	100012	481245.589	4202535.176	264.469	0.0321	-
0.0166	100013	480832.766	4202923.647	254.771	0.0315	-
0.0103	100014	480576.829	4202782.667	246.574	0.0416	
	total	15 points				
check						
	total	0 points				
targeted						
	total	0 points				
tie						
	*1	479924.380	4203286.447	199.801		
	*10	480431.115	4203546.548	214.283		
	*100	480851.063	4202530.241	243.555		
	*101	480875.709	4202556.938	236.284		
	*102	480902.970	4202526.447	245.901		
	*103	480617.554	4202770.241	233.507		
	*106	480625.546	4202725.332	234.180		
	*11	480514.972	4203525.795	213.726		
	*116	480593.770	4202209.299	271.138		
	*117	480559.698	4202186.002	270.421		

*118	480611.489	4202228.516	264.608
*119	480310.408	4202489.621	262.972
*12	480452.004	4203567.678	214.699
*120	480335.535	4202564.083	244.315
*125	480311.126	4202512.424	258.525
*128	481361.731	4202476.515	285.902
*129	481381.724	4202394.421	293.956
*13	480551.273	4203589.571	212.114
*131	481397.075	4202422.223	293.877
*132	481386.322	4202458.198	290.396
*133	481364.985	4202456.922	287.667
*136	481202.368	4202677.353	254.561
*137	481186.378	4202720.560	247.522
*138	481145.704	4202659.584	252.364
*140	481161.566	4202626.576	254.377
*141	481231.366	4202686.175	254.485
*142	481167.811	4202643.005	255.894
*143	481220.284	4202681.795	254.979
*144	481232.110	4202727.390	254.154
*15	480218.050	4203924.161	200.863
*155	480843.854	4202396.680	254.664
*156	480894.699	4202464.786	249.260
*159	480920.494	4202436.249	250.558
*16	480231.416	4203830.482	199.159
*160	480898.782	4202351.719	257.327
*161	480914.240	4202408.789	252.886
*17	480300.153	4203970.626	203.270
*18	480167.531	4203862.122	200.770
*19	480254.308	4203836.943	200.173
*2	479960.935	4202961.166	221.061
*20	480238.454	4203255.398	200.587
*21	480221.473	4203313.210	200.043
*22	480256.335	4203250.649	200.881
*24	480247.164	4203297.072	200.986
*25	480252.442	4204075.574	201.935
*26	480079.860	4203839.378	197.132
*27	479978.540	4203524.976	214.909
*28	479902.525	4203515.621	201.155
*29	479892.363	4203480.470	208.517
*30	480619.718	4203477.121	217.534
*32	479871.345	4202994.854	202.785
*33	479841.261	4202983.672	213.585
*35	480585.296	4202962.002	210.446
*36	480885.082	4203083.074	222.208
*37	479848.352	4202990.389	219.198
*38	479653.473	4203234.708	217.811
*39	481069.770	4202811.253	246.490
*41	479633.108	4203226.229	210.659
*42	479610.699	4203294.315	211.380
*45	480818.716	4203224.544	223.647
*46	480805.213	4203216.927	222.270
*48	480781.976	4203200.237	221.761
*5	479931.033	4203541.407	212.439
*51	480643.561	4203428.962	218.348
*55	480579.084	4202969.924	210.237
*56	480575.320	4202939.135	210.845
*57	480579.703	4202916.329	211.616
*58	480597.636	4202905.962	212.219
*6	480207.237	4203247.844	199.611
*61	480291.695	4203199.507	202.217
*62	480264.621	4203212.877	201.134
*63	480333.779	4203141.129	205.017
*64	480266.343	4203168.734	202.026
*66	480285.731	4203233.043	201.881
*69	480300.252	4202628.749	250.385
*7	479652.528	4203208.988	211.480
*71	480318.412	4202646.750	241.224
*72	480269.652	4202665.905	255.497
*74	480007.466	4202804.441	226.593
*75	479988.844	4202885.621	216.087
*78	480002.179	4202831.884	220.282
*8	480495.613	4203585.240	212.052
*80	481089.603	4202766.669	245.184
*81	481181.992	4202791.603	252.716
*82	481180.762	4202822.736	257.054
*83	481167.572	4202780.601	249.705
*84	481087.149	4202805.331	246.464

*85	481106.996	4202775.555	246.206
*86	481196.279	4202822.563	257.817
*87	480913.002	4203054.713	229.921
*9	480446.503	4203566.394	214.728
*92	480909.089	4203128.432	233.795
*95	480851.035	4202569.842	236.464
*96	480912.157	4202509.441	248.354
*97	480827.159	4202559.297	239.466
*98	480891.216	4202527.018	245.587
*99	480854.799	4202530.049	243.795
~100022	479967.817	4202893.927	212.244
~100023	479989.011	4202900.930	215.533
~100031	480559.161	4202901.662	216.048
~100032	480501.413	4202921.356	216.216
~100033	480572.098	4202902.835	213.530
~100034	480587.278	4202910.340	212.001
~100035	480509.717	4203492.440	214.474
~100037	480553.507	4203495.145	215.424
~100038	480554.370	4203399.066	215.389
~100039	480521.540	4203416.157	215.398
~100040	480822.513	4203183.819	223.549
~100041	480840.613	4203146.798	230.485
~100042	480284.249	4202577.477	253.344
~100043	480297.218	4202480.025	264.017
~100048	480524.984	4202267.354	260.502
~100049	480582.365	4202841.856	231.458
~100053	480838.980	4203129.254	227.209
~100054	480845.852	4203093.008	226.116
~100055	480805.485	4203028.155	225.133
~100056	480804.207	4203078.481	222.542
~100058	480637.301	4202191.558	274.204
~100061	480552.521	4202150.720	274.379
~100063	480551.233	4202177.438	274.540
~100066	480845.282	4201839.566	285.881
~100067	480789.019	4201908.824	301.771
~100071	481135.916	4202122.363	289.070
~100072	481113.100	4202142.741	287.859
~100073	481146.501	4202151.333	284.345
~100074	481154.547	4202174.152	281.282
~100075	481072.251	4202165.359	284.696
~100076	481113.853	4202705.131	245.116
~100079	481357.176	4202469.643	285.640
total	129 points		

 Exterior orientation angles correction

Check data

	Image	Omega	Phi	Kappa (deg)
mean absolute:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
RMS:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
maximum:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
number of images (differences):	0 (	0	0	0)

 Estimation of block adjustment accuracy
 Unacceptable residuals are marked with "*".

General adjustment accuracy estimation

Sigma_0 = 0.913

 Generalized adjustment residuals information

Ground control point residuals

(m)	N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
	100000	-0.0287	-0.00517	-0.0130	0.0292
	100001	0.0146	0.00123	0.0120	0.0147
	100002	0.0235	-0.00522	-0.00575	0.0241
	100003	-0.0587*	-0.0491	-0.0317	0.0765*
	100004	0.0105	-0.0174	0.00239	0.0203
	100005	-0.00567	0.00599	-0.00331	0.00825
	100006	0.0199	0.0710*	-0.0226	0.0738*
	100007	-0.00440	-0.00868	0.00539	0.00973
	100008	-0.0162	0.0296	0.0158	0.0338
	100009	0.0243	0.0227	0.0361	0.0332
	100010	0.0212	0.00121	-0.00348	0.0212
	100011	-0.0105	-0.0162	0.000257	0.0193
	100012	-0.0137	0.0291	-0.000394	0.0321
	100013	0.0114	-0.0294	-0.0166	0.0315
	100014	-0.0287	0.0301	0.0103	0.0416
	mean absolute:	0.0195	0.0215	0.0119	0.0313
	RMS:	0.0233	0.0285	0.0160	0.0368
	maximum:	0.0587*	0.0710*	0.0361	0.0765*
	number of points (differences):				
	15 (	15	15	15	15)

projection centers

(m)	N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
	mean absolute:	0.00	0.00	0.00	0.00
	RMS:	0.00	0.00	0.00	0.00
	maximum:	0.00	0.00	0.00	0.00
	number of points (differences):				
	0 (	0	0	0	0)

 Check points residuals

(m)	N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
	mean absolute:	0.00	0.00	0.00	0.00
	RMS:	0.00	0.00	0.00	0.00
	maximum:	0.00	0.00	0.00	0.00
	number of points (differences):				
	0 (	0	0	0	0)

projection centers

(m)	N	Xm-Xg	Ym-Yg	Zm-Zg	Exy
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
	mean absolute:	0.00	0.00	0.00	0.00
	RMS:	0.00	0.00	0.00	0.00

maximum:	0.00	0.00	0.00	0.00
number of points (differences):	0 (	0	0	0)

Tie point residuals (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	Exy
limit:		0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
mean absolute:		0.0471	0.0450	0.142*	0.0660*
RMS:		0.0718*	0.0668*	0.222*	0.0981*
maximum:		0.345*	0.323*	1.11*	0.473*
number of points (differences):					
	141 (	74	74	74	74)

inside strips

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	Exy
limit:		0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
mean absolute:		0.0471	0.0450	0.142*	0.0660*
RMS:		0.0718*	0.0668*	0.222*	0.0981*
maximum:		0.345*	0.323*	1.11*	0.473*
number of points (differences):					
	74 (	74	74	74	74)

between strips

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	Exy
limit:		0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
mean absolute:		0.00	0.00	0.00	0.00
RMS:		0.00	0.00	0.00	0.00
maximum:		0.00	0.00	0.00	0.00
number of points (differences):					
	0 (	0	0	0	0)

Targeted point residuals (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	Exy
limit:		0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
mean absolute:		0.00	0.00	0.00	0.00
RMS:		0.00	0.00	0.00	0.00
maximum:		0.00	0.00	0.00	0.00
number of points (differences):					
	0 (	0	0	0	0)

Tie point residuals - projection centers (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	Exy
limit:		0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
mean absolute:		0.00	0.00	0.00	0.00
RMS:		0.00	0.00	0.00	0.00
maximum:		0.00	0.00	0.00	0.00

number of points (differences):
 3 (3 3 3) 3)

Tie point residuals (on images)

N	x_pr-x_meas	y_pr-y_meas	Exy (mm)
limit:	0.00933	0.00933	0.00933
mean absolute:	0.00298	0.00393	0.00570
RMS:	0.00631	0.00579	0.00857
maximum:	0.0439*	0.0345*	0.0439*
number of points (differences):	144 (359	359	359)

Targeted point residuals (on images)

N	x_pr-x_meas	y_pr-y_meas	Exy (mm)
limit:	0.00933	0.00933	0.00933
mean absolute:	0.00	0.00	0.00
RMS:	0.00	0.00	0.00
maximum:	0.00	0.00	0.00
number of points (differences):	0 (0	0	0)

Detailed adjustment residuals information

Ground control point residuals

(m)	N	X-Xg	Y-Yg	Z-Zg	Exy
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
100002	021-022	0.0549*	-0.0473	0.0489	0.0725*
100003	018-019	-0.294*	-0.202*	0.247*	0.357*
	019-020	-0.167*	-0.0482	-0.0827*	0.174*
100005	018-019	-0.0363	0.0185	-0.167*	0.0408
100006	020-021	0.0212	0.0458	-0.156*	0.0504*
	021-022	0.197*	0.191*	0.261*	0.275*
100007	018-019	0.0252	-0.0221	-0.00463	0.0335
100008	018-019	-0.0433	0.117*	-0.0185	0.125*
100009	018-019	0.0710*	0.109*	0.291*	0.131*
	019-020	0.0735*	0.119*	0.334*	0.140*
100010	018-019	0.101*	-0.0105	-0.109*	0.102*
100011	020-021	-0.0470	-0.0614*	-0.0204	0.0774*
100012	021-022	0.0375	0.0963*	-0.126*	0.103*
100013	020-021	0.0844*	-0.00551	-0.258*	0.0846*
100014	019-020	-0.189*	0.234*	0.474*	0.301*
	020-021	-0.183*	0.177*	-0.299*	0.255*

projection centers

(m)	N	X-Xg	Y-Yg	Z-Zg	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

Check points residuals

(m)	N	X-Xg	Y-Yg	Z-Zg	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

projection centers

(m)	N	X-Xg	Y-Yg	Z-Zg	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

Tie point residuals (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

*10					
018-019 - 019-020					
		0.00559	0.00597	-0.00870	0.00818
*100					
020-021 - 021-022		-0.00476	-0.0102	0.0813*	0.0112
*101					
020-021 - 021-022		-0.0204	-0.0267	0.107*	0.0336
*103					
019-020 - 020-021		-0.0242	-0.0344	-0.103*	0.0421
*119					
019-020 - 020-021		-0.0632*	-0.0672*	-0.0891*	0.0922*
*12					
018-019 - 019-020		0.00500	-0.00398	0.0326	0.00639
*120					
019-020 - 020-021		-0.0735*	-0.0849*	-0.240*	0.112*
*125					
019-020 - 020-021		-0.0405	-0.0526*	-0.134*	0.0664*
*13					
018-019 - 019-020		0.0257	0.0223	-0.00234	0.0340
*136					
020-021 - 021-022		0.0237	0.0126	-0.0629*	0.0268
*137					
020-021 - 021-022		0.0968*	0.0712*	-0.247*	0.120*
*141					
020-021 - 021-022		-0.00747	-0.0110	-0.0242	0.0133
*142					
020-021 - 021-022		0.0538*	0.0244	-0.175*	0.0591*
*143					
020-021 - 021-022		0.0214	0.0110	-0.0511*	0.0241

*144	020-021 - 021-022	-0.0275	-0.0232	0.0134	0.0359
*155	020-021 - 021-022	-0.0134	-0.0104	0.00955	0.0169
*160	020-021 - 021-022	-0.00137	0.00286	0.0191	0.00317
*2	018-019 - 019-020	0.0374	0.0317	0.0149	0.0490
*20	018-019 - 019-020	0.00176	0.00472	-0.0405	0.00504
*21	018-019 - 019-020	0.00533	0.00773	-0.0213	0.00939
22	018-019 - 019-020	-0.00212	0.00140	-0.0643	0.00253
24	018-019 - 019-020	-0.00242	0.00779	-0.0879	0.00816
30	018-019 - 019-020	0.177	0.133*	-0.381*	0.221*
32	018-019 - 019-020	-0.0860	-0.0505*	-0.167*	0.0997*
33	018-019 - 019-020	-0.0890	-0.0558*	-0.129*	0.105*
35	019-020 - 020-021	0.0206	0.0258	-0.0640	0.0330
37	018-019 - 019-020	0.109	0.0606*	0.204*	0.124*
*45	019-020 - 020-021	0.0258	0.0240	-0.00691	0.0352
46	019-020 - 020-021	0.0425	0.0636	-0.129*	0.0765*
48	019-020 - 020-021	0.0170	0.0326	-0.0838	0.0368
*56	019-020 - 020-021	0.00866	0.00569	0.0178	0.0104
57	019-020 - 020-021	-0.0136	0.00533	-0.213	0.0146
58	019-020 - 020-021	-0.0101	0.00632	-0.324	0.0119
*6	018-019 - 019-020	-0.00483	-0.00916	0.0479	0.0104
64	018-019 - 019-020	-0.0149	-0.0203	-0.138	0.0252
*66	018-019 - 019-020	-0.0179	-0.0151	0.0190	0.0234
69	019-020 - 020-021	-0.106	-0.0849*	-0.256*	0.136*
71	019-020 - 020-021	-0.0531	-0.0417	-0.145*	0.0675*
*72	019-020 - 020-021	-0.0124	-0.0105	0.00911	0.0163
*75	018-019 - 019-020				

8	-0.0593	-0.0647*	-0.136*	0.0878*
018-019 - 019-020				
80	-0.0229	-0.0535	0.164*	0.0582*
020-021 - 021-022				
81	0.0370	0.0435	-0.0951	0.0571*
020-021 - 021-022				
82	0.0726	0.0700*	-0.161*	0.101*
020-021 - 021-022				
83	0.0368	0.0372	-0.0555	0.0523*
020-021 - 021-022				
84	0.0798	0.0760*	-0.130*	0.110*
020-021 - 021-022				
*86	0.0135	0.0118	0.00677	0.0180
020-021 - 021-022				
87	0.103	0.103*	-0.187*	0.146*
019-020 - 020-021				
*9	0.0193	0.0161	0.00888	0.0251
018-019 - 019-020				
*92	0.00214	-0.00918	0.0446	0.00943
019-020 - 020-021				
95	0.0290	0.0238	-0.0960	0.0375
020-021 - 021-022				
96	0.0187	0.00543	0.0931	0.0195
020-021 - 021-022				
97	-0.00341	-0.00156	0.0588	0.00375
020-021 - 021-022				
*98	0.00212	0.00329	-0.00724	0.00391
020-021 - 021-022				
*99	-0.00923	-0.00799	0.00698	0.0122
020-021 - 021-022				
~100022	-0.00464	-0.00670	0.0441	0.00815
018-019 - 019-020				
~100023	-0.0802*	-0.0848*	-0.215*	0.117*
018-019 - 019-020				
~100035	-0.0611*	-0.0713*	-0.204*	0.0939*
018-019 - 019-020				
~100037	0.0830*	0.102*	-0.363*	0.131*
018-019 - 019-020				
~100039	0.0184	0.0182	-0.0590*	0.0259
018-019 - 019-020				
~100040	0.101*	0.0801*	-0.306*	0.129*
019-020 - 020-021				
~100041	0.0373	0.0467	-0.0944*	0.0598*
019-020 - 020-021				
~100042	0.0979*	0.109*	-0.277*	0.146*
019-020 - 020-021				
~100043	-0.345*	-0.323*	-1.11*	0.473*
019-020 - 020-021				
~100053	-0.0176	0.00123	0.0921*	0.0176
019-020 - 020-021				
~100054	0.0735*	0.0749*	-0.160*	0.105*

019-020 - 020-021	0.0988*	0.0871*	-0.118*	0.132*
~100055				
019-020 - 020-021	0.109*	0.0881*	-0.268*	0.140*
~100056				
019-020 - 020-021	0.100*	0.0982*	-0.281*	0.140*
~100058				
020-021 - 021-022	-0.0461	-0.0528*	-0.102*	0.0701*
~100063				
020-021 - 021-022	-0.0240	-0.0213	0.00719	0.0321
100003				
018-019 - 019-020	-0.127*	-0.154*	0.329*	0.199*
100006				
020-021 - 021-022	-0.176*	-0.145*	-0.417*	0.228*
100009				
018-019 - 019-020	-0.00248	-0.00978	-0.0432	0.0101
100014				
019-020 - 020-021	-0.00555	0.0571*	0.773*	0.0573*

Targeted point residuals (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

Tie point residuals - projection centers (between stereopairs)

(m)	N	X1-X2	Y1-Y2	Z1-Z2	E _{xy}
	limit:	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
019					
018-019 - 019-020		0.00	0.00	0.00	0.00
020					
019-020 - 020-021		0.00	0.00	0.00	0.00
021					
020-021 - 021-022		0.00	0.00	0.00	0.00

Tie point residuals (on images)

	N	x _{pr} -x _{meas}	y _{pr} -y _{meas}	E _{xy} (mm)
	limit:	0.00933	0.00933	0.00933
*1				
	018	7.85e-05	0.000998	0.00100
	019	-7.59e-05	-0.000989	0.000992
*10				
	018	-0.000382	-0.00283	0.00286
	019	0.000923	0.00720	0.00726
	020	-0.000557	-0.00439	0.00443
*100				
	020	0.00134	-0.00239	0.00274
	021	-0.00284	0.00162	0.00327
	022	0.00152	0.000777	0.00170
*101				
	020	0.00163	-0.00515	0.00540

	021	-0.00373	0.000690	0.00379
	022	0.00216	0.00446	0.00495
*102				
	020	-0.000254	-0.00427	0.00428
	021	0.000285	0.00431	0.00432
*103				
	019	-0.00263	-0.00868	0.00907
	020	0.00395	0.00203	0.00444
	021	-0.00140	0.00661	0.00676
*106				
	020	0.000254	0.00420	0.00420
	021	-0.000283	-0.00423	0.00424
*11				
	018	-0.000329	-0.00397	0.00398
	019	0.000284	0.00395	0.00396
*116				
	020	-0.000494	-0.00735	0.00737
	021	0.000531	0.00741	0.00743
*117				
	020	-0.000370	-0.00546	0.00547
	021	0.000396	0.00550	0.00551
*118				
	020	-0.000364	-0.00547	0.00548
	021	0.000392	0.00551	0.00552
*119				
	019	-0.00304	-0.0132*	0.0136*
	020	0.00417	0.00888	0.00981*
	021	-0.00138	0.00422	0.00444
*12				
	018	0.000591	-0.000160	0.000612
	019	-0.000643	0.00634	0.00638
	020	8.88e-05	-0.00619	0.00619
*120				
	019	-0.00476	-0.00389	0.00615
	020	0.00919	0.00451	0.0102*
	021	-0.00453	-0.000705	0.00458
*125				
	019	-0.00255	-0.000150	0.00255
	020	0.00519	0.00108	0.00530
	021	-0.00266	-0.000962	0.00283
*128				
	021	-0.000156	-0.00369	0.00369
	022	0.000171	0.00369	0.00369
*129				
	021	-0.000195	-0.00460	0.00461
	022	0.000217	0.00461	0.00462
*13				
	018	0.000569	0.00666	0.00669
	019	-2.29e-06	-0.00128	0.00128
	020	-0.000471	-0.00535	0.00537
*131				
	021	-0.000148	-0.00350	0.00350
	022	0.000163	0.00351	0.00351
*132				
	021	-0.000168	-0.00396	0.00396
	022	0.000183	0.00396	0.00396
*133				
	021	-0.000176	-0.00417	0.00417
	022	0.000194	0.00417	0.00418
*136				
	020	-0.00116	-4.63e-05	0.00117
	021	0.00231	-0.00131	0.00266
	022	-0.00110	0.00135	0.00174
*137				
	020	-0.00444	0.00127	0.00462
	021	0.00902	-0.00308	0.00953*
	022	-0.00444	0.00178	0.00478
*138				
	021	0.000139	0.00331	0.00331
	022	-0.000155	-0.00329	0.00330
*140				
	021	0.000166	0.00395	0.00395
	022	-0.000185	-0.00393	0.00393
*141				
	020	-0.000606	-0.00364	0.00369
	021	0.000809	-0.00235	0.00249
	022	-0.000139	0.00599	0.00599

*142	020	-0.00347	-0.00412	0.00539
	021	0.00677	0.00225	0.00714
	022	-0.00317	0.00188	0.00368
*143	020	-0.000841	0.00175	0.00194
	021	0.00169	-0.00424	0.00456
	022	-0.000824	0.00246	0.00260
*144	020	-6.68e-05	-0.00645	0.00645
	021	-0.000356	0.00193	0.00197
	022	0.000482	0.00455	0.00457
*15	018	-0.000209	-0.00252	0.00252
	019	0.000178	0.00248	0.00249
*155	020	-0.000213	-0.00665	0.00666
	021	5.14e-05	0.00656	0.00656
	022	0.000205	0.000140	0.000249
*156	021	3.90e-05	0.000946	0.000946
	022	-4.88e-05	-0.000940	0.000942
*159	021	5.80e-05	0.00141	0.00141
	022	-7.26e-05	-0.00140	0.00140
*16	018	-3.42e-05	-0.000414	0.000416
	019	2.95e-05	0.000409	0.000410
*160	020	0.000294	-0.000978	0.00102
	021	-0.000614	0.00171	0.00182
	022	0.000316	-0.000717	0.000784
*161	021	-1.70e-05	-0.000413	0.000413
	022	2.15e-05	0.000411	0.000412
*17	018	-2.01e-05	-0.000240	0.000241
	019	1.68e-05	0.000237	0.000237
*18	018	0.000124	0.00151	0.00151
	019	-0.000108	-0.00149	0.00150
*19	018	-0.000329	-0.00396	0.00398
	019	0.000282	0.00392	0.00393
*2	018	0.000927	0.00756	0.00762
	019	-0.000500	0.000231	0.000551
	020	-0.000302	-0.00775	0.00776
*20	018	-0.000573	0.00138	0.00149
	019	0.00129	-0.00166	0.00210
	020	-0.000716	0.000288	0.000772
*21	018	-0.000300	0.000579	0.000652
	019	0.000895	0.00162	0.00185
	020	-0.000571	-0.00219	0.00227
*22	018	-0.00118	-0.000984	0.00154
	019	0.00233	0.000672	0.00243
	020	-0.00117	0.000309	0.00121
*24	018	-0.00162	-0.00154	0.00224
	019	0.00327	0.00195	0.00381
	020	-0.00166	-0.000414	0.00171
*25	018	0.000169	0.00202	0.00202
	019	-0.000140	-0.00199	0.00199
*26	018	0.000181	0.00221	0.00222
	019	-0.000159	-0.00218	0.00219
*27	018	2.46e-05	0.000307	0.000308
	019	-2.28e-05	-0.000304	0.000305
*28	018	-0.000185	-0.00233	0.00233
	019	0.000174	0.00230	0.00231
*29				

	018	-0.000157	-0.00197	0.00198
	019	0.000148	0.00195	0.00196
*30				
	018	-0.00631	0.00595	0.00867
	019	0.0133*	-0.00794	0.0155*
	020	-0.00712	0.00207	0.00741
*32				
	018	-0.00306	-0.00276	0.00412
	019	0.00595	-1.02e-05	0.00595
	020	-0.00287	0.00275	0.00398
*33				
	018	-0.00278	-0.00632	0.00691
	019	0.00472	0.000205	0.00472
	020	-0.00198	0.00607	0.00639
*35				
	019	-0.000666	0.00440	0.00445
	020	0.00211	0.000122	0.00212
	021	-0.00146	-0.00454	0.00477
*36				
	019	-0.000116	-0.00123	0.00123
	020	0.000111	0.00122	0.00122
*37				
	018	0.00380	0.00264	0.00463
	019	-0.00755	-6.11e-05	0.00755
	020	0.00371	-0.00255	0.00451
*38				
	018	0.000275	0.00357	0.00358
	019	-0.000278	-0.00353	0.00354
*39				
	020	-4.96e-06	-9.17e-05	9.19e-05
	021	5.75e-06	9.25e-05	9.27e-05
*41				
	018	-0.000225	-0.00293	0.00294
	019	0.000228	0.00289	0.00290
*42				
	018	9.27e-05	0.00120	0.00121
	019	-9.34e-05	-0.00119	0.00119
*45				
	019	0.000201	0.00400	0.00401
	020	0.000401	0.00372	0.00374
	021	-0.000661	-0.00777	0.00780
*46				
	019	-0.00213	0.000896	0.00231
	020	0.00453	0.000417	0.00455
	021	-0.00246	-0.00134	0.00280
*48				
	019	-0.00156	-0.00158	0.00222
	020	0.00300	0.000612	0.00306
	021	-0.00146	0.000951	0.00174
*5				
	018	2.93e-05	0.000367	0.000368
	019	-2.73e-05	-0.000362	0.000363
*51				
	019	-0.000596	-0.00634	0.00636
	020	0.000577	0.00632	0.00635
*55				
	020	0.000358	0.00612	0.00613
	021	-0.000403	-0.00618	0.00619
*56				
	019	0.000409	0.00127	0.00133
	020	-0.000511	0.00178	0.00186
	021	9.62e-05	-0.00307	0.00307
*57				
	019	-0.00394	-0.00408	0.00567
	020	0.00730	-0.000623	0.00732
	021	-0.00341	0.00469	0.00580
*58				
	019	-0.00567	-0.00272	0.00629
	020	0.0107*	-0.00636	0.0125*
	021	-0.00507	0.00910	0.0104*
*6				
	018	0.000525	-0.00342	0.00346
	019	-0.00141	0.00339	0.00367
	020	0.000867	8.45e-06	0.000867
*61				
	019	-0.000186	-0.00187	0.00188
	020	0.000167	0.00187	0.00187

*62	019	-2.69e-05	-0.000270	0.000271
	020	2.41e-05	0.000270	0.000271
*63	019	3.58e-05	0.000360	0.000361
	020	-3.20e-05	-0.000359	0.000360
*64	018	-0.00273	-0.00420	0.00501
	019	0.00488	8.38e-06	0.00488
	020	-0.00222	0.00418	0.00474
*66	018	8.35e-06	-0.00343	0.00343
	019	-0.000787	-0.00115	0.00139
	020	0.000715	0.00456	0.00461
*69	019	-0.00528	-0.00548	0.00761
	020	0.00961*	-0.000394	0.00962*
	021	-0.00443	0.00585	0.00733
*7	018	-0.000363	-0.00472	0.00473
	019	0.000368	0.00466	0.00468
*71	019	-0.00284	-0.00215	0.00356
	020	0.00531	-0.000434	0.00533
	021	-0.00252	0.00257	0.00360
*72	019	-0.000574	-0.00747	0.00750
	020	0.000212	0.00714	0.00715
	021	0.000234	0.000275	0.000361
*74	019	0.000357	0.00337	0.00339
	020	-0.000293	-0.00336	0.00338
*75	018	-0.00246	-0.000360	0.00249
	019	0.00437	-0.00722	0.00844
	020	-0.00199	0.00758	0.00784
*78	019	-0.000585	-0.00553	0.00556
	020	0.000482	0.00552	0.00554
*8	018	0.00351	0.00665	0.00752
	019	-0.00600	-0.000997	0.00608
	020	0.00267	-0.00562	0.00622
*80	020	-0.00173	0.000541	0.00181
	021	0.00376	0.00462	0.00595
	022	-0.00200	-0.00512	0.00550
*81	020	-0.00283	0.00299	0.00412
	021	0.00598	-0.00103	0.00607
	022	-0.00308	-0.00196	0.00365
*82	020	-0.000877	0.00362	0.00372
	021	0.00213	0.000572	0.00221
	022	-0.00126	-0.00419	0.00437
*83	020	-0.00199	0.00834	0.00858
	021	0.00478	-0.000597	0.00481
	022	-0.00279	-0.00776	0.00825
*84	020	0.000131	0.00101	0.00102
	021	7.62e-05	0.00600	0.00600
	022	-0.000244	-0.00696	0.00696
*85	020	1.40e-05	0.000259	0.000259
	021	-1.62e-05	-0.000261	0.000262
*86	020	-0.00312	0.00811	0.00869
	021	0.00696	-0.00273	0.00748
	022	-0.00379	-0.00541	0.00661
87	019	0.000985	0.00933	0.00938*
	020	-0.000972	-0.00761	0.00767
	021	1.40e-05	-0.00164	0.00164
*9	018	0.000881	0.000769	0.00117
	019	-0.00124	0.00444	0.00461

*92	020	0.000407	-0.00521	0.00523
	019	-0.00173	-0.000810	0.00191
	020	0.00319	-0.00446	0.00548
	021	-0.00145	0.00530	0.00550
*95	020	0.00186	0.00416	0.00456
	021	-0.00334	9.94e-05	0.00335
	022	0.00139	-0.00427	0.00449
*96	020	0.000980	-0.00150	0.00179
	021	-0.00199	0.00303	0.00363
	022	0.000990	-0.00152	0.00181
*97	020	-0.000198	-0.000961	0.000981
	021	0.000440	0.00326	0.00329
	022	-0.000257	-0.00227	0.00229
*98	020	-0.000109	-0.00417	0.00417
	021	-1.41e-05	0.00390	0.00390
	022	0.000154	0.000297	0.000334
*99	020	0.000588	-0.00356	0.00361
	021	-0.00133	0.00459	0.00478
	022	0.000748	-0.000996	0.00125
~100022	018	-0.00370	0.000598	0.00375
	019	0.00741	-0.00507	0.00897
	020	-0.00370	0.00448	0.00582
~100023	018	-0.00352	0.000400	0.00354
	019	0.00753	0.000162	0.00754
	020	-0.00393	-0.000540	0.00397
~100031	019	0.000338	0.00341	0.00343
	020	-0.000302	-0.00338	0.00339
~100032	019	0.000440	0.00442	0.00444
	020	-0.000390	-0.00438	0.00440
~100033	019	5.25e-05	0.000530	0.000532
	020	-4.69e-05	-0.000525	0.000527
~100034	019	7.04e-06	7.12e-05	7.15e-05
	020	-6.31e-06	-7.06e-05	7.09e-05
~100035	018	-0.00681	-0.00367	0.00774
	019	0.0126*	-0.00694	0.0144*
	020	-0.00603	0.0106*	0.0122*
~100037	018	-0.00109	-0.000412	0.00117
	019	0.00209	-0.000643	0.00219
	020	-0.00104	0.00106	0.00148
~100038	019	0.000318	0.00334	0.00336
	020	-0.000302	-0.00334	0.00335
~100039	018	-0.00537	0.000814	0.00543
	019	0.0111*	-0.000837	0.0111*
	020	-0.00584	6.11e-05	0.00584
~100040	019	-0.00155	0.000925	0.00180
	020	0.00342	0.00191	0.00392
	021	-0.00193	-0.00287	0.00346
~100041	019	-0.00480	0.000375	0.00482
	020	0.00996*	0.00108	0.0100*
	021	-0.00527	-0.00151	0.00548
~100042	019	-0.0197*	0.0106*	0.0224*
	020	0.0417*	-0.00137	0.0418*
	021	-0.0220*	-0.00938*	0.0239*
~100043	019	0.000110	-0.0163*	0.0163*
	020	-0.00284	0.00832	0.00879
	021	0.00246	0.00793	0.00830
~100048				

	020	-0.000315	-0.00468	0.00469
	021	0.000338	0.00472	0.00473
~100049				
	020	-2.86e-05	-0.000477	0.000478
	021	3.20e-05	0.000482	0.000483
~100053				
	019	-0.00261	0.00225	0.00344
	020	0.00598	0.00531	0.00800
	021	-0.00348	-0.00763	0.00839
~100054				
	019	-0.000947	0.0131*	0.0131*
	020	0.00412	0.00245	0.00479
	021	-0.00329	-0.0155*	0.0159*
~100055				
	019	-0.00391	0.00825	0.00912
	020	0.00920	-0.00213	0.00944*
	021	-0.00537	-0.00613	0.00815
~100056				
	019	-0.00441	0.00456	0.00634
	020	0.00974*	-0.000393	0.00974*
	021	-0.00542	-0.00420	0.00686
~100058				
	020	-0.00219	-0.00390	0.00447
	021	0.00393	-0.000700	0.00399
	022	-0.00166	0.00460	0.00489
~100061				
	020	-0.000290	-0.00424	0.00425
	021	0.000309	0.00427	0.00428
~100063				
	020	-0.000289	-0.00745	0.00746
	021	-0.000152	0.000966	0.000978
	022	0.000602	0.00651	0.00653
~100066				
	021	-0.000212	-0.00528	0.00528
	022	0.000315	0.00529	0.00530
~100067				
	021	-0.000176	-0.00439	0.00439
	022	0.000261	0.00439	0.00440
~100071				
	021	-3.88e-05	-0.000942	0.000943
	022	4.99e-05	0.000944	0.000945
~100072				
	021	-4.97e-05	-0.00121	0.00121
	022	6.40e-05	0.00121	0.00121
~100073				
	021	-0.000117	-0.00283	0.00283
	022	0.000149	0.00283	0.00283
~100074				
	021	-6.03e-06	-0.000146	0.000146
	022	7.61e-06	0.000146	0.000146
~100075				
	021	6.12e-05	0.00149	0.00149
	022	-7.92e-05	-0.00149	0.00149
~100076				
	021	0.000123	0.00291	0.00292
	022	-0.000136	-0.00290	0.00290
~100079				
	021	-7.68e-05	-0.00182	0.00182
	022	8.43e-05	0.00182	0.00182
100000				
	022	0.00156	-0.0157*	0.0158*
100001				
	021	0.0198*	0.0155*	0.0252*
100002				
	021	0.0128*	-0.00474	0.0136*
	022	0.00612	-0.00923	0.0111*
100003				
	018	0.0176*	-0.0249*	0.0305*
	019	-0.0132*	-0.0149*	0.0199*
	020	-0.00853	-0.0247*	0.0262*
100004				
	022	0.0349*	-0.0207*	0.0406*
100005				
	018	-0.00871	0.00295	0.00920
	019	0.00879	0.00369	0.00953*
100006				
	020	-0.0102*	0.0121*	0.0158*

	021	0.00488	0.0103*	0.0114*
	022	-0.0267*	0.0117*	0.0291*
100007				
	018	0.00597	0.0110*	0.0125*
	019	0.00576	-0.00519	0.00775
100008				
	018	-0.0142*	0.00625	0.0155*
	019	-0.0103*	0.00141	0.0104*
100009				
	018	0.0295*	0.00519	0.0300*
	019	0.000406	0.0169*	0.0169*
	020	-0.0324*	0.0119*	0.0345*
100010				
	018	0.00439	0.0116*	0.0124*
	019	0.0155*	0.00806	0.0175*
100011				
	020	-0.000514	-0.0187*	0.0187*
	021	0.00284	-0.00358	0.00457
100012				
	021	-0.00931	0.00577	0.0110*
	022	0.00527	0.00743	0.00911
100013				
	020	0.00103	0.0285*	0.0286*
	021	0.0244*	-0.0345*	0.0423*
100014				
	019	0.00889	-6.27e-05	0.00889
	020	-0.0439*	0.00214	0.0439*
	021	-0.0104*	-0.00328	0.0109*

 Targeted point residuals (on images)

N	x_pr-x_meas	y_pr-y_meas	Exy (mm)
limit:	0.00933	0.00933	0.00933

 Exterior orientation angles residuals

Check data

Image	Omega	Phi	Kappa (deg)
mean absolute:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
RMS:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
maximum:	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
number of images (differences):	0 (	0	0)

