

ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ & ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ – ΧΩΡΟΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Νικόλαος Κολιός, Γεώργιος Πανταζής
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών –
Μηχανικών Γεωπληροφορικής
e-mail: gpanta@survey.ntua.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνισή τους ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί νέας τεχνολογίας (πολυγεωδατικοί/εικονογεωδατικοί), οι οποίοι λειτουργούν χωρίς την ύπαρξη τηλεσκοπίου, αλλά με τη σκόπευση να γίνεται απευθείας από ειδική οθόνη – χειριστήριο. Αυτή τη στιγμή υπάρχει μόνο ένας γεωδαιτικός σταθμός που ανήκει σε αυτή την κατηγορία, αλλά δεδομένων των πλεονεκτημάτων ταχύτητας καταγραφής που προσφέρει αυτή η τεχνολογία, είναι πολύ πιθανό όλο και περισσότεροι γεωδαιτικοί σταθμοί να ακολουθήσουν αυτό το παράδειγμα.

Εως τώρα, δεν έχει καθοριστεί κάποιος σχετικός έλεγχος για αυτές τις περιπτώσεις των σταθμών, πέρα από τους ελέγχους ISO, που αφορούν όμως σε ολοκληρωμένους γεωδατικούς σταθμούς συμβατικής τεχνολογίας. Οι έλεγχοι αυτοί, ωστόσο, εισάγουν συστηματικά σφάλματα, τα οποία τους καθιστούν αναποτελεσματικούς.

Στην εργασία αυτή, αρχικά, παρουσιάζεται το πρόβλημα των υπάρχοντων ελέγχων ISO (διευθύνσεων) για αυτούς τους σταθμούς.

Κατόπιν παρουσιάζεται μία προτεινόμενη μέθοδος ελέγχου, η οποία μπορεί να κρίνει εάν ο σταθμός είναι ικανός να προχωρήσει σε έναν έλεγχο ISO.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μία μέθοδος βαθμονόμησης, στην περίπτωση που ο ανωτέρω έλεγχος είναι αρνητικός.

Τέλος, παρουσιάζονται πτυχές που δεν καλύπτει αυτή η μέθοδος, που αποτελούν ταυτόχρονα προτάσεις βελτίωσής της.

Λέξεις-Κλειδιά: Έλεγχοι, βαθμονόμηση, ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, εικονογεωδαιτικοί σταθμοί, χωροεικονογεωδαιτικοί σταθμοί, εικονιστική πληροφορία, πρότυπα ελέγχου, μη ύπαρξη τηλεσκοπίου, πεδία ελέγχου

Metrological Testing and Calibration of Multistations and Imaging Total Stations without Telescope.

Abstract

Recently, new technology total stations (multistations/imaging total stations) have begun to appear, which operate without the existence of a mechanical telescope, but only camera systems. There is currently only one geodetic station in this category, but with the speed advantages this technology provides, it is very likely that more and more geodetic stations will follow.

To date, no relevant metrological tests have been established for the case of these stations, apart from the ISO tests, although these concern conventional technology total stations. These metrological tests, however, introduce systematic errors, which make them ineffective.

In this paper at first, the problem of existing ISO metrological tests for these stations is presented.

A proposed test method is then presented, which can judge whether the station is capable of performing an ISO test.

Next, a calibration method is presented, in case the above test is negative.

Finally, aspects that are not covered by this method are presented, which are at the same time suggestions for its improvement.

Keywords: Controls, calibration, total stations, imaging total stations, multistations, pictorial information, control standards, non-existence of telescope, control fields

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

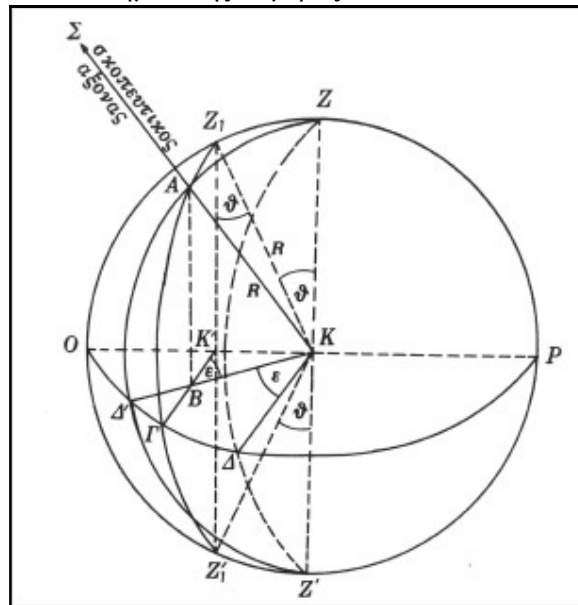
Οι πολυγεωδαιτικοί σταθμοί (multistations) είναι υβριδικά όργανα μέτρησης, τα οποία συνδυάζουν την τεχνολογία των TLS (Terrestrial Laser Scanners) και των γεωδαιτικών σταθμών (Total Stations). Τα πρώτα μοντέλα αυτών των οργάνων, εμφανίστηκαν στην αγορά από το 2010 και μετά. Η χρήση αυτών των οργάνων, πέρα από τις προφανείς ευκολίες που παρέχει η χρήση ενός αντί δύο οργάνων στο πεδίο, έχει ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα. Μπορεί να προσδιορίσει το νέφος σημείων, το οποίο αποτυπώνει το «TLS» μέρος του οργάνου, σε σύστημα αναφοράς που μπορεί να οριστεί μέσω των μετρήσεων του «Total Station» μέρους του οργάνου. Μια υποκατηγορία αυτών των οργάνων, δεν διαθέτει καθόλου τηλεσκόπιο, αλλά ένα σύστημα καμερών. Πέρα από τα πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρουν σταθμοί που διαθέτουν και κάμερες, πέρα από το τηλεσκόπιο (όπως τη δημιουργία «φωτογραφικού κροκί», την οριοθέτηση περιοχής σάρωσης επιφανειών κλπ.), η συγκεκριμένη καινοτομία προσφέρει ην σχετικά μεγάλη ταχύτητα αποτύπωσης σημείων, η οποία προκύπτει λόγω του μικρότερου βάρους των καμερών σε σχέση με το τηλεσκόπιο. Ωστόσο, αν οι υπόλοιποι σταθμοί μπορούν να ελεγχθούν μετρολογικά μέσω καθορισμένων, αρκετά γνωστών προτύπων ελέγχου (ISO 17123-3 και ISO

17123-4 για τον έλεγχο μέτρησης διευθύνσεων και αποστάσεων αντίστοιχα), η υποκατηγορία των σταθμών με κάμερες αντί τηλεσκοπίου, αντιμετωπίζει κάποια προβλήματα, που αναλύονται παρακάτω.

2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΣΕ MULTISTATION ΧΩΡΙΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Στους προαναφερθέντες ελέγχους, ένα κομβικό σημείο, είναι η σκόπευση στόχων σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου. Η εν λόγω τεχνική, απαλείφει ένα μεγάλο μέρος συστηματικών σφαλμάτων που εξαρτώνται από κατασκευαστικές ατέλειες των οργάνων, οι οποίες επιδρούν στις μετρήσεις. Σε περίπτωση που δεν τηρηθεί η εν λόγω τεχνική, οι έλεγχοι εκφυλίζονται σε ελέγχους εσωτερικής ακρίβειας. Αυτό σημαίνει ότι οι έλεγχοι δεν μπορούν να ανιχνεύσουν τα συστηματικά κατασκευαστικά σφάλματα.

Η σκόπευση σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου σε σταθμούς που διαθέτουν τηλεσκόπιο, βασίζονται στην φυσική ύπαρξη σταυρονήματος. Στους σταθμούς χωρίς τηλεσκόπιο, το φυσικό σταυρόνημα αντικαθίσταται με ένα ψηφιακό, το οποίο όμως θα πρέπει να συμπίπτει με το πρωτεύον σημείο της κάμερας.

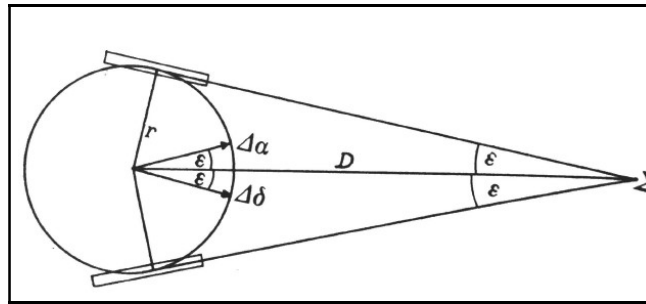


Εικ.1: Η επίδραση του σφάλματος της μη καθετότητας του σκοπευτικού άξονα επί του δευτερεύοντα, στις οριζόντιες διευθύνσεις (Βλάχος,2012).

Αν αυτό δεν ισχύει, τότε οι παραμορφώσεις που εισάγονται στην εικόνα (ακτινική και εφαπτομενική διαστρόφη κλπ.) δεν θα δημιουργούν μία ευθεία μεταξύ του κέντρου του σταθμού, του σκοπευόμενου σημείου και του ψηφιακού σταυρονήματος. Στην περίπτωση λοιπόν μιας σκληρής χρήσης του οργάνου, μία μετακίνηση ή στροφή του αισθητήρα ως προς το φακό, θα δημιουργούσε ένα νέο πρωτεύον σημείο και στην περίπτωση όπου θα σκοπεύαμε με το ψηφιακό σταυρόνημα (αποθηκευμένο σε άλλο εικονοστοιχείο) θα κάναμε αναπόφευκτα λάθος. Σε κάθε περίπτωση, η ακτίνα

προβολής της κάμερας μέσω του πρωτεύοντος σημείου της , μπορεί να μην είναι κάθετη στον δευτερεύοντα άξονα του σταθμού είτε/ και να μην περνάει καν από το κέντρο του σταθμού.

Οι δύο αυτές περιπτώσεις , παρατηρούνται προφανώς και στα κατασκευαστικά σφάλματα των θεοδόλιγων/συμβατικών γεωδαιτικών σταθμών , όπως φαίνεται στις εικόνες 1 και 2. Στην εικόνα 1, ο οπτικός άξονας του τηλεσκοπίου δεν είναι κάθετος στον δευτερεύοντα άξονα του σταθμού και στην εικόνα 2 ο οπτικός άξονας του τηλεσκοπίου δεν περνάει από το κέντρο του γεωδαιτικού σταθμού (τομή πρωτεύοντα και δευτερεύοντα άξονα του σταθμού). Και οι δύο αυτές περιπτώσεις , στα συμβατικά γεωδαιτικά όργανα, αντιμετωπίζονται με την τεχνική των σκοπεύσεων ενός στόχου σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου.



Εικ.2: Η επίδραση του σφάλματος της εκκεντρότητας του σκοπευτικού άξονα στις οριζόντιες διευθύνσεις. (Βλάχος,2012)

2.1 Αποδεκτές και μη περιπτώσεις

Ορίζεται το σύστημα T (Ιδανικό Τηλεσκόπιο) , όπου Z_T είναι ο σκοπευτικός άξονας με κατεύθυνση αντίθετη προς το σκοπευόμενο σημείο, x_T είναι ο άξονας περιστροφής του «ιδανικού τηλεσκοπίου» (δευτερεύοντας άξονας) και y_T είναι ο άξονας που συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα. Ορίζεται το σύστημα της εικόνας, κατά τα γνωστά από τη Φωτογραμμετρία.

Με βάση τα ανωτέρω, διακρίνονται δύο βασικές περιπτώσεις με τις υποπεριπτώσεις τους:

1. Να υπάρχει απόσταση της κάμερας και συγκεκριμένα του προβολικού σημείου της κάμερας από το κέντρο περιστροφής του οργάνου. Οι υποπεριπτώσεις είναι οι εξής:
 - α. Ο προβολικός άξονας να συμπίπτει με τον σκοπευτικό , δηλαδή οι άξονες να είναι παράλληλοι και το προβολικό σημείο να κείται επί του σκοπευτικού άξονα και οι εναπομείναντες άξονες των δύο συστημάτων να συμπίπτουν επίσης. Αυτή είναι η περίπτωση των coaxial καμερών.
 - β. Να μην ισχύει η παραπάνω υπόθεση (ύπαρξη εκκεντρότητας)
 2. Να μην υπάρχει απόσταση του προβολικού σημείου της κάμερας από το κέντρο περιστροφής του οργάνου, αλλά να υπάρχει η στροφική απόκλιση της κάμερας από τον ιδανικό σκοπευτικό άξονα. Οι υποπεριπτώσεις είναι οι εξής:
 - α. Όλοι οι άξονες των δύο συστημάτων να συμπίπτουν.

- β. Τα δύο συστήματα να διαφέρουν μόνο κατά μία στροφή περί τον δευτερεύοντα άξονα του τηλεσκοπίου.
- γ. Τίποτα από τα παραπάνω

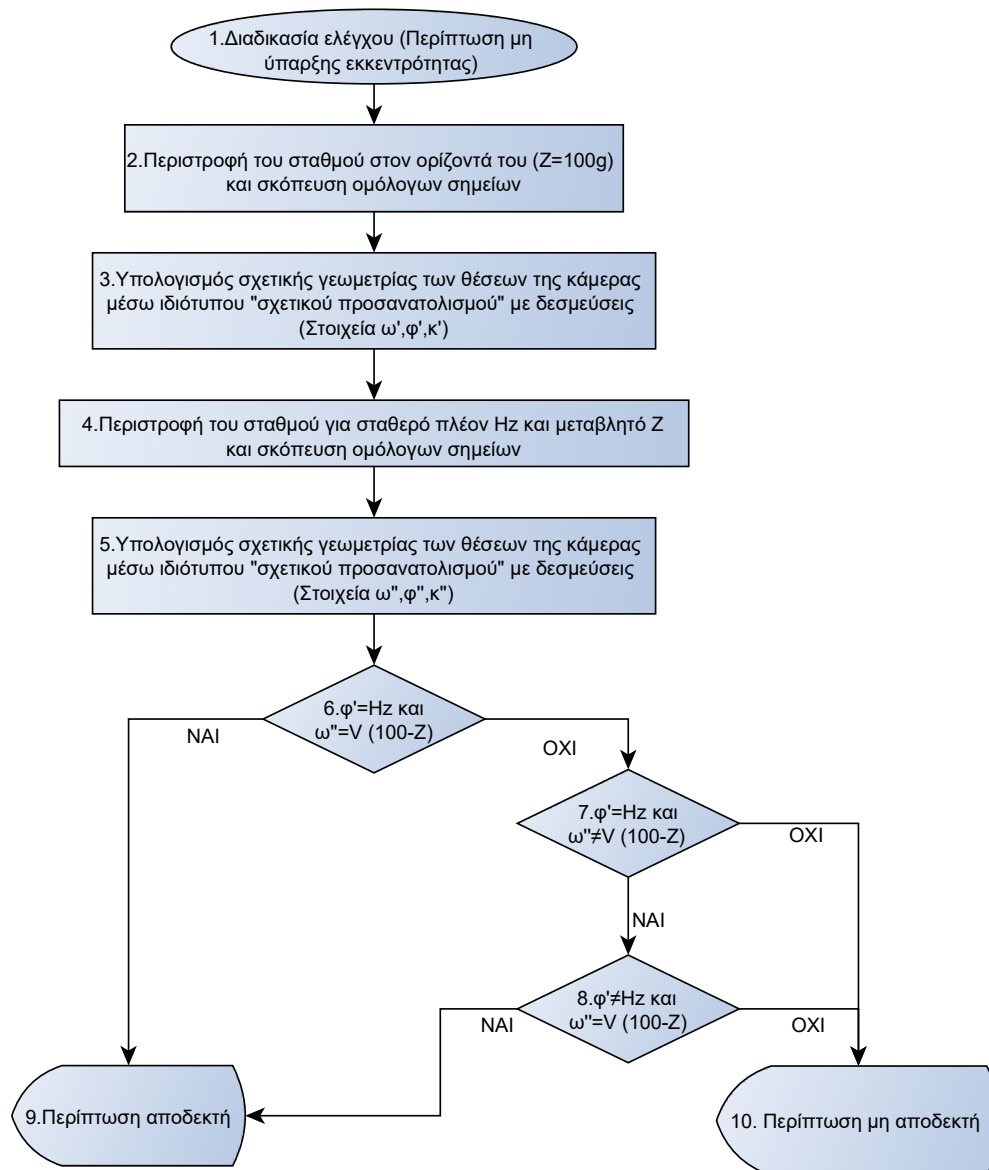
Στα ανωτέρω, αποδεκτές είναι οι καταστάσεις 1(α), 2(α) και 2(β). Προς χάριν συντομίας η περίπτωση (1) θα ονομάζεται εφεξής ύπαρξη εκκεντρότητας, η περίπτωση 1(α) αποδεκτή εκκεντρότητα και η 1(β) μη αποδεκτή εκκεντρότητα.

Για να κάνουμε την πρώτη διάκριση, σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, απαιτείται η ύπαρξη πεδίου ελέγχου, με στόχους ευκρινείς, γνωστών συντεταγμένων σε ένα 3D καρτεσιανό σύστημα αναφοράς. Επίσης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κάμερα της οποίας η σχέση με το ιδανικό τηλεσκόπιο ελέγχεται, να είναι βαθμονομημένη. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται διάφορες σκοπεύσεις στο πεδίο ελέγχου, από όπου προσδιορίζονται σε κάθε μία από αυτές, οι 3D συντεταγμένες του προβολικού κέντρου, μέσω φωτογραμμετρικής οπισθοτομίας. Η συνθήκη λοιπόν που ελέγχεται είναι αν υπάρχει (σημαντική) διαφορά μεταξύ αυτών των συντεταγμένων. Εάν υπάρχει, αναγόμεστε στην πρώτη περίπτωση ανωτέρω, εάν όχι, στην δεύτερη.

2.2 Προτεινόμενη μέθοδος ελέγχου

Η μέθοδος ελέγχου, ελέγχει μόνο τις υποπεριπτώσεις της περίπτωσης 2 της παραγράφου 2.1 ανωτέρω. (Για την περίπτωση 1 -ύπαρξη εκκεντρότητας- είναι απαραίτητη η βαθμονόμηση που θα παρουσιαστεί παρακάτω.)

Παρακάτω βλέπουμε σε μορφή διαγράμματος ροής την διαδικασία ελέγχου



Σχολιάζοντας συνοπτικά τις υπορουτίνες του ανωτέρω ελέγχου σύμφωνα με την αρίθμησή τους:

2,4: Η ορθή σκόπευση των ομόλογων σημείων είναι σημαντική. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται όσο το δυνατόν ευκρινείς στόχοι. Ωστόσο δεν απαιτείται γνώση των συντεταγμένων των σημείων σε ένα 3D σύστημα αναφοράς. Απαιτούνται δύο και άνω ομόλογα σημεία για την διαδικασία.

3,5: Τα στοιχεία ω', ϕ', κ' (και αντίστοιχα τα $\omega'', \phi'', \kappa''$) προκύπτουν εμμέσως από τη λύση του συστήματος των κάτωθι εξισώσεων, μέσω των στοιχείων στροφής r_{ij} :

$$\chi_A^{2\varepsilon^*} = -C \cdot \frac{\chi_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{11} + y_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{12} - c \cdot r'_{13}}{\chi_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{31} + y_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{32} - r'_{33} \cdot c} \quad (1)$$

$$y_A^{2\varepsilon^*} = -C \cdot \frac{\chi_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{21} + y_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{22} - c \cdot r'_{23}}{\chi_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{31} + y_A^{1\varepsilon^*} \cdot r'_{32} - r'_{33} \cdot c} \quad (2)$$

$$r_{11}^2 + r_{12}^2 + r_{13}^2 = 1 \quad (3)$$

$$r_{21}^2 + r_{22}^2 + r_{23}^2 = 1 \quad (4)$$

$$r_{31}^2 + r_{32}^2 + r_{33}^2 = 1 \quad (5)$$

$$r_{11} \cdot r_{21} + r_{12} \cdot r_{22} + r_{13} \cdot r_{23} = 0 \quad (6)$$

$$r_{11} \cdot r_{31} + r_{12} \cdot r_{32} + r_{13} \cdot r_{33} = 0 \quad (7)$$

$$r_{21} \cdot r_{31} + r_{22} \cdot r_{32} + r_{23} \cdot r_{33} = 0 \quad (8)$$

Στις παραπάνω σχέσεις, τα $\chi_A^{1\varepsilon^*}, \chi_A^{2\varepsilon^*}, y_A^{1\varepsilon^*}, y_A^{2\varepsilon^*}$ είναι οι εικονοσυντεταγμένες της εικόνας ενός σημείου A, ανηγμένες στο πρωτεύον σημείο της εικόνας ($x_o^\varepsilon, y_o^\varepsilon$), αλλά και διορθωμένες από τις διάφορες παραμορφώσεις, όπως αυτές εκτιμήθηκαν κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης της κάμερας. Η συνολική διαδικασία είναι ένας σχετικός προσανατολισμός εικόνων χωρίς βάση. Για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπετε [Κολιός N., Πανταζής Γ, 2021].

9: Εφόσον η περίπτωση μας είναι αποδεκτή, μπορούμε να προχωρήσουμε στους ελέγχους ISO κατά τα γνωστά

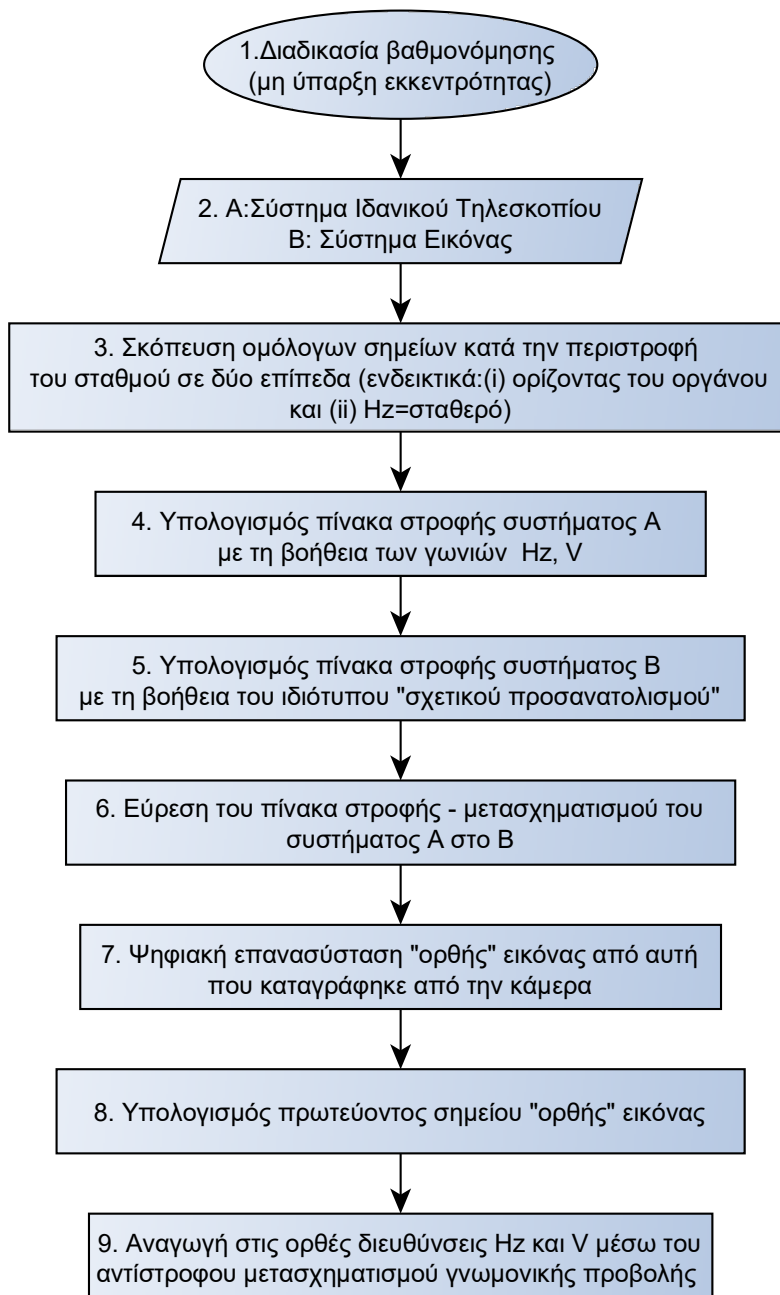
10: Εφόσον η περίπτωση μας δεν είναι αποδεκτή, δεν μπορούμε να προχωρήσουμε στους ελέγχους ISO και απαιτείται επισκευή ή βαθμονόμηση (προτείνεται παρακάτω).

2.3 Προτεινόμενη μέθοδος βαθμονόμησης

Η βαθμονόμηση που προτείνεται σε αυτή την εργασία, διαχωρίζεται και αυτή στην περίπτωση όπου έχουμε ή όχι εκκεντρότητα.

2.3.1 Περίπτωση μη ύπαρξης εκκεντρότητας

Παρακάτω βλέπουμε σε μορφή διαγράμματος ροής την διαδικασία βαθμονόμησης αυτής της περίπτωσης



Σχολιάζοντας συνοπτικά τις υπορουτίνες της ανωτέρω βαθμονόμησης σύμφωνα με την αρίθμησή τους:

4: Οι πίνακες στροφής $R_{A_i}^{A_{i+1}}$

5: Οι πίνακες στροφής $R_{B_i}^{B_{i+1}}$

6: Μέσω της λύσης του συστήματος των εξισώσεων $R_{AI}^{AII} \cdot (R_B^A)_I = (R_B^A)_I \cdot R_{BI}^{BII}$, των (3) έως (8) και του περιορισμού $\det(R_B^A) > 0$ (συγκεκριμένα ίση με 1) [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021]. Η σκόπευση σε δύο επίπεδα είναι απαραίτητη για την επίτευξη μονοσήμαντης λύσης.

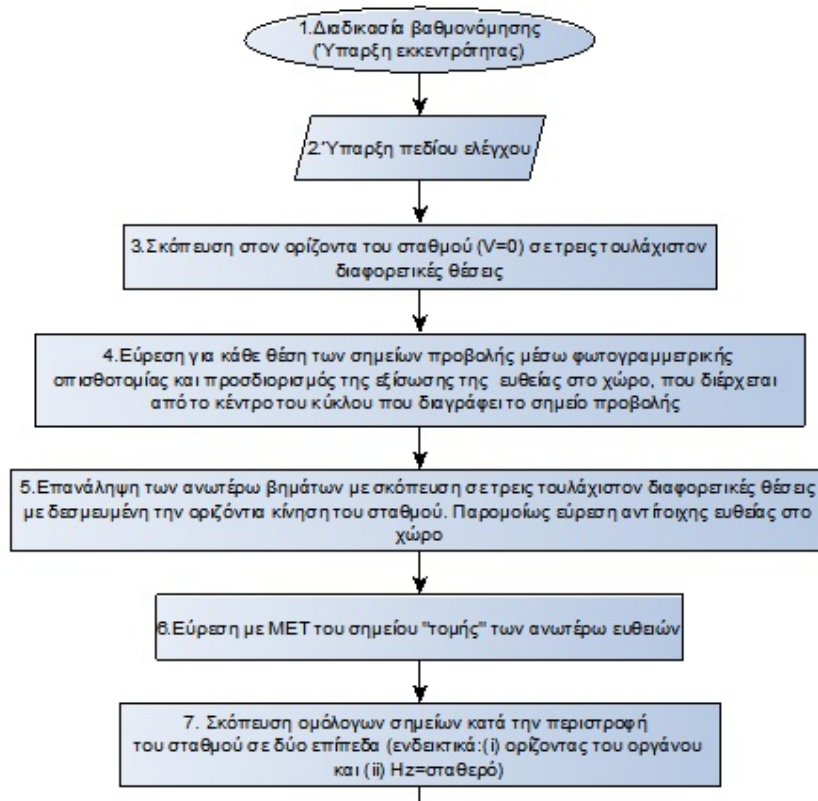
7: Κατά τα γνωστά από τη φωτογραμμετρία και με c ίδιο με αυτό που εκτιμήθηκε κατά την εσωτερική βαθμονόμηση της κάμερας.

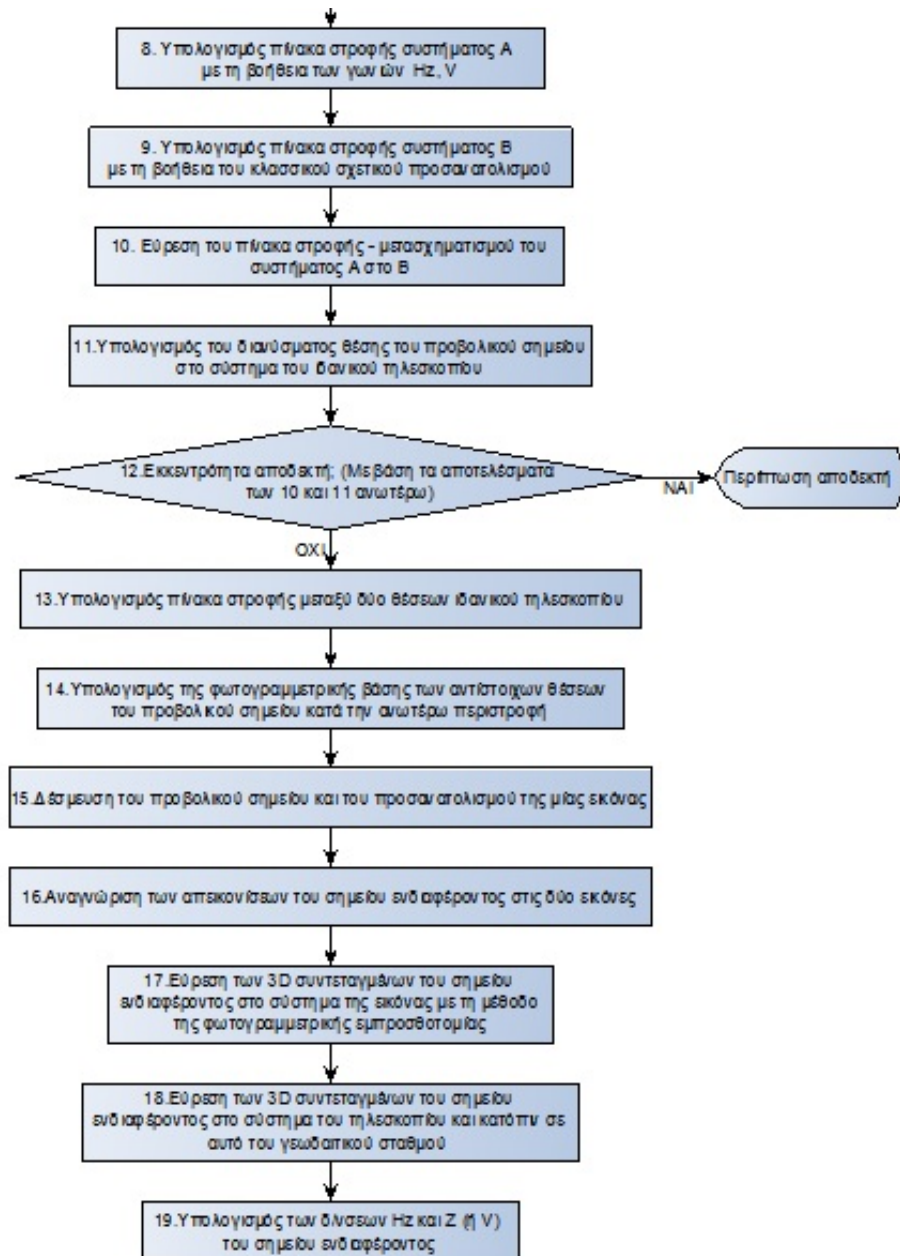
8: Βλέπετε [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 59

9: Βλέπετε (Ehrhart, Lienhart, 2017) και (Snyder,1987)

2.3.2 Περίπτωση ύπαρξης εκκεντρότητας

Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητη η ύπαρξη πεδίου ελέγχου γνωστών 3D συντεταγμένων. Ωστόσο, η χρήση του γίνεται μία φορά, ενώ τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο.





Σχολιάζοντας συνοπτικά τις υπορουτίνες της ανωτέρω βαθμονόμησης σύμφωνα με την αρίθμησή τους:

4: Βλέπετε [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 63-65

6: Γενικότερα, ασύμβατες ευθείες. Το σημείο τομής τους, $(r_{T,0})^X$ το αποτελεί το κέντρο του γεωδαιτικού σταθμού (στο σύστημα X του πεδίου ελέγχου)

9: Εδώ απαιτείται η διαδικασία του κλασσικού σχετικού προσανατολισμού , λόγω ύπαρξης φωτογραμμετρικής βάσης μεταξύ των θέσεων του προβολικού κέντρου.

10: Κατά την διαδικασία βαθμονόμησης χωρίς εκκεντρότητα

11: Μέσω της σχέσης $(r_{c,0})^T = -R_C^T \cdot R_X^C \cdot ((r_{T,0})^X - (r_{c,0})^X)$, [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 67

12: Όταν ο πίνακας R_C^T είναι ο μοναδιαίος, αλλά και το $(r_{c,0})^T$ είναι της μορφής (0,0,z) , τότε η εκκεντρότητα είναι μορφής coaxial και είναι αποδεκτή.

13: Θα ισούται με $R_T^T = R_A^T \cdot (R_A^T)^T$, όπου A η αρχική θέση του συστήματος (Hz=0 και V=0). , [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 70

14: Η βάση δίνεται στο σύστημα της πρώτης εικόνας και ισούται με $((r_{c,0})^T - (r_{c,0})^C) = R_T^C \cdot (R_T^T - I) \cdot (r_{c,0})^T$, [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 69

15: Δεσμεύεται ο προσανατολισμός και η θέση της πρώτης εικόνας ως (0,0,0,0,0,0). Η θέση της δεύτερης εικόνας (στο σύστημα της πρώτης) θα ισούται με τη βάση που προσδιορίστηκε παραπάνω, ενώ ο προσανατολισμός της θα ισούται με τις σχετικές γωνίες που υπολογίστηκαν από τον σχετικό προσανατολισμό

18: Χρησιμοποιώντας τη σχέση $(r_A)^T = (r_{c,0})^T + R_C^T \cdot (r_A)^C$ και στη συνέχεια την $(r_A)^{\Theta} = R_T^{\Theta} \cdot (r_A)^T$ όπου προφανώς, ανάλογα με τις συμβάσεις των αξόνων που χρησιμοποιήθηκαν στον ορισμό του T, θα χρησιμοποιηθούν μόνο οι γωνίες Hz και V. (Θ είναι το 3D σύστημα του σταθμού), [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 66,70

19: Μέσω των σχέσεων $HZ = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$ και $z = \arccos\left(\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\right)$, [Κολιός Ν., Πανταζής Γ, 2021] σελ. 71

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε και προτείνεται μια μέθοδος ελέγχου και βαθμονόμησης ενός γεωδαιτικού σταθμού χωρίς τηλεσκόπιο , αλλά με συστήματα καμερών.

Ωστόσο, η εργασία αυτή , δεν καλύπτει τα παρακάτω σοβαρά ερωτήματα που εγείρονται για την υιοθέτηση της προτεινομένης μεθόδου, τα οποία ενδεικτικά είναι:

- 1) Η διερεύνηση της ακρίβειας των μεγεθών που προκύπτουν από τον έλεγχο και τη βαθμονόμηση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αξιοποιούνται διαδικασίες της φωτογραμμετρίας , όπως η οπισθοτομία , η εμπροσθοτομία, ο σχετικός προσανατολισμός και ακόμα περισσότερο τεχνικές της ψηφιακής φωτογραμμετρίας, όπως η ψηφιακή επανασύσταση εικόνας. Η θεωρητική

ακρίβεια όμως αυτών των μεθόδων, δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί αν δεν θεωρηθούν κάποιες παραδοχές, όπως π.χ. ο αριθμός και η κατανομή των σημείων σκόπευσης, των ομόλογων σημείων κτλ., ενώ το πλήθος των παραμέτρων που υπεισέρχονται σε αυτές, είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να την καθιστά μη πρακτική. Αντιθέτως, ο εμπειρικός προσδιορισμός της ακρίβειας αυτής της μεθόδου, με την πραγματοποίηση μετρήσεων σε πεδίο ελέγχου και χρήση checkpoints, θα είχε περισσότερη πρακτική σημασία, αφού θα ήταν δυνατόν να ελεγχθούν σημαντικοί παράμετροι, όπως λ.χ. η απόσταση σκόπευσης των στόχων και των ομόλογων σημείων (όπου θα διαπιστώνονταν και η καταλληλότητα η μη χρήσης όχι μόνο εσωτερικού αλλά και εξωτερικού πεδίου ελέγχου).

- 2) Το γεγονός του μικρού ανοίγματος των καμερών του πολυγεωδαιτικού σταθμού, προϋποθέτει, για τη σκόπευση των ομόλογων σημείων που χρησιμοποιεί η μέθοδος, πυκνό πεδίο στόχων. Η δε διαδικασία της βαθμονόμησης, προϋποθέτει την ύπαρξη ενδιάμεσων σκοπεύσεων, ώστε να υπάρξει εμπροσθοτομία, κάτι το οποίο δυσχεραίνει την γρήγορη σκόπευση, ειδικά σε στόχους με μεγάλη απόκλιση διευθύνσεων.
- 3) Τέλος, οι διαδικασίες του ελέγχου και τη βαθμονόμησης σε αυτή την εργασία, προϋποθέτουν μεγάλο υπολογιστικό φόρτο, τόσο φωτογραμμετρικών διαδικασιών όσο και αριθμητικών, όπως η επίλυση μη γραμμικών συστημάτων. Για το λόγο αυτό, για να μπορέσει να θεωρηθεί η μέθοδος, όχι μόνο θεωρητική αλλά και ρεαλιστική, είναι απαραίτητη η σύνταξη αντίστοιχων κωδίκων και ρουτίνων σε λογισμικά, έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιεί τη μέθοδο σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Τα παραπάνω, αποτελούν παράλληλα και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση και βελτίωση της μεθόδου.

Ωστόσο, αξίζει να τονιστεί ότι η μέθοδος βαθμονόμησης που παρουσιάστηκε παραπάνω, έχει το πλεονέκτημα της μετεπεξεργασίας δεδομένων, αφού η σκόπευση οσωνδήποτε σημείων υπάρχουν στην εικόνα, μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί, ασχέτως εάν ο χρήστης αρχικά δεν τα είχε σκοπεύσει στο πεδίο. Επιπλέον, στη μέθοδο ύπαρξης και εκκεντρότητας, ακόμα και η εκτίμηση της απόστασης των σημείων από το κέντρο του σταθμού είδαμε ότι είναι δυνατή.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. *"Εφαρμοσμένη Γεωδαισία"*, Εκδόσεις Ζήτη, Αθήνα, 2011
2. Τσούλης Δ., *"Εισαγωγή στην Τοπογραφία"*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2010
3. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., *"Η εξέλιξη των επίγειων συμβατικών γεωδαιτικών οργάνων τον 20^ο αιώνα στην Ελλάδα"*, Παρουσίαση στο

- συνέδριο "Η εξέλιξη των οργάνων, των μεθόδων και των συστημάτων μετρήσεων των επιστημών της αποτύπωσης στην Ελλάδα", Θεσσαλονίκη, 2005
4. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Μπαλλής Β., " Το Πρότυπο Εξωτερικό Πεδίο Ελέγχου και Διακρίβωσης Ολοκληρωμένων Γεωδαιτικών Σταθμών", 6^ο Τακτικό Συνέδριο Μετρολογίας, Αθήνα , 2016
 5. Πανταζής Γ., " Τα Εργαστήρια Διακρίβωσης Γεωδαιτικών Οργάνων στην Ελλάδα. Το Παρόν και το Μέλλον", 6^ο Τακτικό Συνέδριο Μετρολογίας, Αθήνα , 2016
 6. Γεωργόπουλος Α., Ιωαννίδης Χ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Νικολίτσας Κ., " Πρόταση Μεθοδολογίας Βαθμονόμησης της Ψηφιακής Κάμερας Εικονογεωδαιτικού Σταθμού", 3^ο Τακτικό Συνέδριο Μετρολογίας, Λάρνακα , 2010
 7. Αλεξίου Α., " Εφαρμογή Του Προτύπου ISO 17123-4 Σε Εσωτερική Βάση. Δημιουργία Ευέλικτης Εξωτερικής Βάσης Μετρολογικού Ελέγχου Μηκών", Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας Ε.Μ.Π, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2011
 8. Βλάχος Δ., "Όργανα και Μέθοδοι Μετρήσεων" , Εκδόσεις Μέλισσα, Αθήνα, 2012
 9. Καλτσίκης Χ.Ι., Φωτίου Α., "Γενική Τοπογραφία" , Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη ,1990
 10. E. Lachat., T. Landes, P. Grussenmeyer, "Investigation of a Combined Surveying and Scanning Device: The Trimble SX-10 Scanning Total Station", Icube Laboratory, Photogrammetry and Geomatics Group, National Institute of Applied Sciences (INSA), Strassburg, 2017
 11. Y. Zhou, A. Wagner, T. Wunderlich, P. Wasmeier, "Calibration Method for IATS and Application in Multi – Target Monitoring using Coded Targets", Journal of Applied Geodesy, 2017
 12. B. Walser, "Development and Calibration of an Image Assisted Total Station", PhD Thesis, ETH- Zurich, 2004
 13. Stathas D., Pantazis G., Lambrou E., " Testing a laser scanner in comparison with a specific total station in Land Surveys", 7th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Βιέννη, 2005
 14. Erhart M., Lienhart W., " Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites", Journal of Surveying Engineering, 2017
 15. ISO 17123-3:2001, " Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments —Part 3: Theodolites"
 16. ISO 17123-4:2001, " Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments —Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments) "
 17. Lambrou E., Pantazis G., " Laboratorial tests of digital theodolites", International Symposium της FIG, "Modern technologies, education and professional practice in Geodesy and related fields", Σόφια ,2004
 18. Trimble, "Trimble SX-10 Brochure: Getting to know the Trimble SX10 Scanning Total Station -Inside and Out"
 19. Trimble, "Trimble SX-10 Scanning Total Station Datasheet"
 20. Trimble, "Trimble SX-10 Field Guide: SX10 Scanning Total Station: In-Field Calibration"

21. Trimble, "Trimble SX-10 Field Guide "
22. Trimble, "Trimble SX-10 Product Bulletin: Trimble SX10 Scanning Total Station Plummet Camera"
23. Trimble, "Trimble SX-10 Scanning Total Station Quick Start Guide "
24. Trimble, "Trimble SX-10 Product Bulletin: Camera Calibration Check Procedure for SX10"
25. E. Lachat., T. Landes, P. Grussenmeyer, " *First Experiences with The Trimble SX10 Scanning Total Station for Building Facade Survey*", 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Nafplio, 2017
26. A. Weber, T. Lerch, " *Comparing workflow and point cloud outputs of the Trimble SX10 TLS and senseFly eBee Plus drone*", FIG Congress, Istanbul, 2018
27. Leica, "Leica Nova MS-60 White Paper ", 2020
28. Leica, "Leica MS-60/TS-60 User Manual "
29. Topcon, "GTL-1000 series Laser Scanner Total Station Instruction Manual "
30. Topcon, "GTL-1000 series Laser Scanner Total Station Brochure "
31. Vogel, M., " *Vom Pixel zur Richtung. Die räumlichen Beziehungen zwischen Abbildungsstrahlen und Tachymeter-Richtungen*". PhD thesis, TU Darmstadt, Darmstadt, Germany ,2006.
32. Huang, Y. D., Harley, I., " *Calibration of close-range photogrammetric stations using a free network bundle adjustment*". In: Gruen, A., Kahmen, H. (Eds.), *Optical 3-D Measurement Techniques* Wichmann, Karlsruhe, Germany, 1989
33. Πέτσα, Ε., " *Θεμελιώδεις έννοιες και Θεμελιώδη Προβλήματα της Φωτογραμμετρίας*" , Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, TEI Αθήνας, Τμήμα Τοπογραφίας, 2000.
34. Snyder, J. P. (1987). " *Map projections—A working manual.*" Paper1395, U. S. Geological Survey, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
35. Lienhart, W. , Ehrhart, M. , " *Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites*" , Journal of Surveying Engineering, Volume 143, Issue 2, 2017
36. Ρωσσικόπουλος, Δ., " *Η μέθοδος του τριγωνισμού: Από την Πυθαγόρεια Τριάδα στα Συστήματα Αναφοράς των Τεσσάρων Διαστάσεων*", ΤΕΕ, Περιοδικό Τεχνολογία, Τεύχος 334, 2007
37. Κολιός, Ν., " *Μετρωλογικός Έλεγχος και Βαθμονόμηση Πολυγεωδαιτικού Σταθμού (Multistation). Πρόταση Μεθοδολογίας*", ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Γεωπληροφορική», 2021