

# Η ΜΕΘΟΔΟΣ REMOTE SURVEY ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΣΤΡΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Χαράλαμπος Μολύβας και Γεώργιος Πανταζής  
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων  
Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφος, 15780, Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: babismol@yahoo.gr

## Περίληψη

Η Μέθοδος Remote Survey παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το έτος 2014. Αποτελεί ουσιαστικά έναν συνδυασμό εξοπλισμού, λογισμικού και τρόπων μετάδοσης του σήματος, ο οποίος επιτρέπει στον Τοπογράφο Μηχανικό να εκτελεί μετρήσεις από ένα απομακρυσμένο σημείο, χωρίς να βρίσκεται υποχρεωτικά στην περιοχή που αποτυπώνεται, όπου βρίσκεται εγκατεστημένο και το όργανο που λαμβάνει τις μετρήσεις. Ειδικότερα, στα εργαστήρια του ΕΜΠ, κατέστη δυνατός ο χειρισμός ενός εικονογεωδαιτικού σταθμού (Image Assisted Total Station - IATS), με τη χρησιμοποίηση δύο ενδιάμεσων συσκευών (PCs) οι οποίες συνδέθηκαν μέσω διαδικτύου. Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος κρίθηκαν ως αποδεκτά, σύμφωνα με τις διαδικασίες του ISO 17123-3. Έπειτα, το έτος 2019 παρουσιάστηκε μια επιπλέον εφαρμογή της Μεθόδου Remote Survey, στον τομέα της παρακολούθησης κατασκευών, με εστίαση στην ακριβή καταγραφή του χρόνου τόσο κατά τη στιγμή που ο Τοπογράφος Μηχανικός δίνει την εντολή για την εκτέλεση μιας μέτρησης από το απομακρυσμένο σημείο, όσο και κατά τη στιγμή που αυτή εκτελείται από τον IATS, με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Σε συνέχεια των ανωτέρω, ορίστηκε ως σκοπός της παρούσας εργασίας η διερεύνηση της εφαρμογής της Μεθόδου Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην παρουσίαση των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια και παρουσιάζουν συνάφεια με τη μέθοδο Remote Survey, στην ανάλυση των επιμέρους στοιχείων που συνθέτουν την εν λόγω μέθοδο, στην παρουσίαση του παράγοντα χρόνου και της προσπάθειας καταγραφής αυτού με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια, στις νεότερες πειραματικές μετρήσεις που υλοποιήθηκαν με εφαρμογή της μεθόδου καθώς και στην προσπάθεια για απευθείας σύνδεση του IATS στο διαδίκτυο με χρήση της τεχνολογίας Wi-Fi. Με την υλοποίηση των ανωτέρω, καθίσταται δυνατή η δημιουργία του πλαισίου για την εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων που θα ακολουθήσει στο μέλλον.

*Λέξεις-Κλειδιά: Μέθοδος Remote Survey, Χωροεικονογεωδαιτικός Σταθμός, Αστρονομικές Παρατηρήσεις, Παρακολούθηση Κατασκευών.*

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

Τιμητικός – συλλεκτικός Τόμος στη μνήμη Ευαγγελίας Λάμπρου  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 2020

# THE REMOTE SURVEY METHOD IN CONSTRUCTIONS MONITORING APPLICATIONS AND ASTROGEODETTIC OBSERVATION

## Abstract

In 2014 the Remote Survey method was initially introduced. This method is a combination of instrumentation, software and means of communication, which allows the surveyor to sight and measure, without having to be at the designated site, where the instrumentation is installed. This successful experiment took place in the laboratories of the NTUA, where the surveyor managed to operate an Image Assisted Total Station (IATS), by using two intermediate devices (PCs) and an internet connection, with acceptable results, according to the ISO17123-3 procedure. Then, in 2019 another implementation of the Remote Survey in the field of constructions monitoring was introduced, with satisfactory results. This new experiment focused in the precise record of time at the moment that the surveyor performs the observation in office and at the moment that this order is executed in the designated site where the IATS is installed. In light of the above, the goal of this paper is the presentation of the implementation of Remote Survey method in constructions monitoring applications and astrogeodetic observations. In details, the presentation of the research which is developed in this scientific domain in the last years, the analysis of the components of the Remote Survey method, the presentation of the time factor and the attempts to capture it with high precision, the presentation of the recent experimental observations with the Remote Survey method and the attempts to directly connect the IATS to the Internet by using Wi-Fi connection, are highlighted in this paper. With the successful realization of these elements, the necessary background is created in order to implement the Remote Survey method in the future, in constructions monitoring and in astrogeodetic observations.

*Keywords: Remote Survey method; Image Assisted Total Station (IATS); Astrogeodetic Observations; Constructions Monitoring.*

## 1. Εισαγωγή

Εξειδικευμένες εργασίες, όπως οι αποτυπώσεις μεγάλων κτηρίων και η παρακολούθηση σύγχρονων κατασκευών, όπως οι γέφυρες, οι ουρανοξύστες ή τα φράγματα, παρουσιάζουν σήμερα αυξημένες απαιτήσεις και αποτελούν πρόκληση για την επιστημονική κοινότητα. Για αυτούς τους σκοπούς έχουν αναπτυχθεί πολλές και διαφορετικές τεχνικές τρισδιάστατων οπτικών μετρήσεων (Lambrou E., 2014). Η θεμελιώδης ιδέα παρουσιάστηκε στην εργασία του Juretzko (Juretzko M., 2005), σύμφωνα με την οποία η τοποθέτηση καμερών βίντεο σε έναν γεωδαιτικό σταθμό υλοποίησε τη διασύνδεση ανάμεσα στην Τοπογραφία και στη Φωτογραμμετρία. Επίσης, αξιοσημείωτες εργασίες πραγματοποιήθηκαν στο επιστημονικό πεδίο των αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων, προκειμένου να καθορισθούν οι συνιστώσες της απόκλισης της κατακόρυφου ( $\xi$ ,  $\eta$ ). Αυτές οι προσπάθειες στοχεύουν στην εκμετάλλευση μιας CCD κάμερας που είναι συνδεδεμένη στον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (Hirt

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

Τιμητικός – συλλεκτικός Τόμος στη μνήμη Ευαγγελίας Λάμπρου  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 2020

C., et al, 2010) ή να εκμεταλλευτούν διασυνδεδεμένο δέκτη GNSS με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (Balodimos D. D., et al 2003, Lambrou E., 2003, Lambrou E. and Pantazis G., 2008).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα της Γεωδαισίας επέτρεψε την παρουσίαση του σύγχρονου σταθμού Image Assisted Total Station (IATS) ή κατά άλλους Image Assisted Scanning Total Stations - IASTS (Scherer, M. and Lerma, J. L., 2009), με τον οποίο αναπτύχθηκε η αποκαλούμενη Intelligent Tacheometry. Οι σταθμοί IATS χρησιμοποιούνται ήδη σε ειδικές εφαρμογές όπως στις μεθόδους απομακρυσμένης παρακολούθησης αντί των laser scanners ή των terrestrial aperture radar και στις αστρογεωδαιτικές παρατηρήσεις (Lambrou E., 2013). Ο κύριος λόγος είναι ότι καθιστούν ικανή την υψηλή ακρίβεια, καλύτερη του mm και στις τρεις διαστάσεις, ακόμη και χωρίς σκόπευση (Reiterer A., et al, 2008). Επίσης, ένα νέο σύστημα αναπτύχθηκε, βασισμένο σε IATS, για την ανίχνευση un-signalized στόχων, όπως τομές ακμών (Reiterer A., et al, 2007). Επιπρόσθετα, αυτά τα όργανα εκμεταλλεύονται μεθόδους ασύρματης επικοινωνίας για τη μεταφορά δεδομένων μέσω του διαδικτύου (Danisch L., et al, 2008). Για την υποβοήθηση των πελατών τους, αξιόπιστοι κατασκευαστικοί οίκοι παράγουν έξυπνο λογισμικό το οποίο επιτρέπει την αποστολή ή θέαση πληροφορίας από ένα όργανο προς έναν H/Y και το αντίστροφο, μέσω ασύρματης σύνδεσης στο διαδίκτυο, όπως το Trimble Access (Trimble, 2009) ή το Leica Active Assist (Leica, 2011).

Ένα βήμα μπροστά βρίσκεται η μέθοδος Remote Survey, η οποία καθιστά δυνατή την εξ αποστάσεως εκτέλεση μετρήσεων οριζόντιων και κατακόρυφων διευθύνσεων. Μάλιστα, το 2014 εκτελέστηκε στο ΕΜΠ σχετικό πείραμα και αποδείχθηκε ότι οι ανωτέρω μετρήσεις ικανοποίησαν τις προδιαγραφές της ονομαστικής ακρίβειας του IATS, για τις οριζόντιες και τις κατακόρυφες διευθύνσεις, σύμφωνα με τη διαδικασία του προτύπου ISO17123-3. (Lambrou E., 2014).

## 2. Η Βασική Ιδέα της Μεθοδολογίας Remote Survey

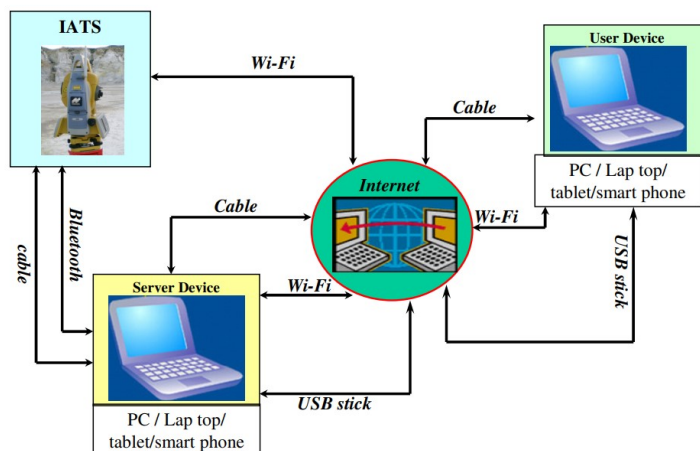
Η μέθοδος Remote Survey παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το έτος 2014, όταν κατέστη δυνατός ο εξ αποστάσεως χειρισμός ενός IATS, με τη χρησιμοποίηση δύο βοηθητικών συνδεδεμένων συσκευών (PCs) στο διαδίκτυο (Lambrou E., 2014). Πιο συγκεκριμένα, οι σταθμοί IATS βασίζονται στους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς και επιπλέον ενσωματώνουν στο τηλεσκόπιό τους τουλάχιστον μία CCD κάμερα υψηλής ανάλυσης για την αναμετάδοση στην οθόνη τους, της εικόνας του οπτικού πεδίου του τηλεσκοπίου τους. Οι δύο βοηθητικές συσκευές (H/Y, tablets ή smart phones) μεταφέρουν την εικόνα του τηλεσκοπίου και τη δυνατότητα χειρισμού του IATS στον απομακρυσμένο παρατηρητή. Η πρώτη βοηθητική συσκευή που συνδέεται με τον IATS ονομάζεται «server device», ενώ η δεύτερη που βρίσκεται στην απομακρυσμένη θέση ονομάζεται «user device». Ο χειρισμός του IATS με τη χρήση του πληκτρολογίου και του ποντικιού της server device καθίσταται εφικτός, με τη χρήση συνδυασμού λογισμικών που εγκαθίστανται στον IATS και στη server device. Στη συνέχεια αποκαθίσταται η ενδοεπικοινωνία των δύο βοηθητικών συσκευών μέσω του διαδικτύου με κατάλληλο λογισμικό το οποίο επιτρέπει και τον εξ αποστάσεως έλεγχο της server device από τη user device. Συνεπώς, με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων λογισμικών επιτυγχάνεται η

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

Τιμητικός – συλλεκτικός Τόμος στη μνήμη Ευαγγελίας Λάμπρου  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 2020

μεταφορά της εικόνας του οπτικού πεδίου και ο χειρισμός του IATS από τη user device (Lambrou E., 2014).



Εικόνα 1: Εφικτοί συνδυασμοί συνδέσεων για τη μέθοδο Remote Survey (Lambrou, 2014)

Η μέθοδος σύνδεσης μπορεί να επιλεγεί ανάμεσα σε αυτές που παρουσιάζονται στην εικόνα 1. Η σύνδεση ανάμεσα στον IATS και στη server device είναι δυνατό να υλοποιηθεί με τη χρήση καλωδίου ή με σύνδεση Bluetooth. Εναλλακτικά, η server device μπορεί να παρακαμφθεί εάν ο IATS διαθέτει τη δυνατότητα απευθείας σύνδεσης στο διαδίκτυο μέσω Wi-Fi. Και οι δύο βοηθητικές συσκευές θα μπορούσαν να συνδεθούν στο διαδίκτυο με τη χρήση ενσύρματης ή και ασύρματης σύνδεσης. Για την ενσύρματη σύνδεση απαιτείται η χρήση καλωδίου USB, ενώ για την ασύρματη σύνδεση απαιτείται η χρήση κατάλληλου USB stick ή σύνδεσης Wi-Fi σε περίπτωση που είναι διαθέσιμη.

### 3. Ο παράγοντας χρόνος στη μεθοδολογία Remote Survey

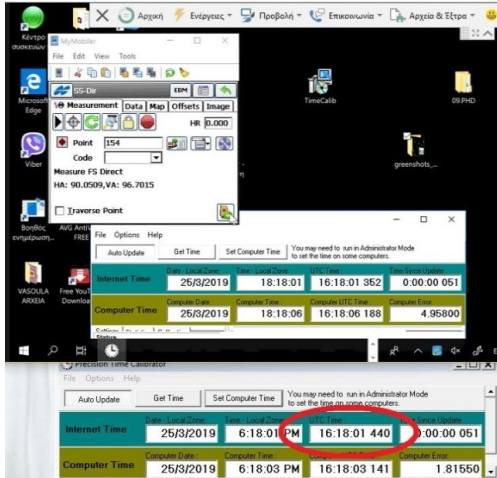
Για τη διερεύνηση της χρονικής υστέρησης ανάμεσα στη στιγμή που δίνεται η εντολή για την εκτέλεση μιας μέτρησης από τον παρατηρητή στο απομακρυσμένο σημείο, έστω «time<sub>1</sub>» και στη στιγμή που εκτελείται η μέτρηση στον IATS, έστω «time<sub>2</sub>», όπως επίσης και για τον συγχρονισμό του εσωτερικού ρολογιού του IATS, της server device και της user device με τους διακομιστές παγκόσμιου χρόνου UTC (Coordinated Universal Time) πραγματοποιήθηκε σχετικό πείραμα στο ΕΜΠ (Molyvas Ch. and Lambrou E., 2019). Ειδικότερα, σε κάθε IATS ο χρόνος καταγράφεται στο εσωτερικό ρολόι του μικροϋπολογιστή του, όπως συμβαίνει και σε κάθε Η/Υ. Έχει διαπιστωθεί ότι το ρολόι αποκλίνει από τον χρόνο UTC λόγω κατασκευαστικών ατελειών, με μια απόκλιση που μπορεί να φτάσει έως και το 1 sec/ημέρα, ανά εβδομάδα (Mills D. L., 1991). Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με τη χρήση του πρωτοκόλλου Network Time Protocol, γνωστό ως NTP (Mills D. L., 1985, Mills D. L., 2010), το οποίο συγχρονίζει το ρολόι του Η/Υ με τους δικτυακούς διακομιστές χρόνου UTC (internet Coordinated Universal Time servers).

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, εκτελέστηκαν μετρήσεις με εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey, για την καταγραφή των time<sub>1</sub> και time<sub>2</sub>. Αρχικά επιλέχθηκε να συνδεθεί ο

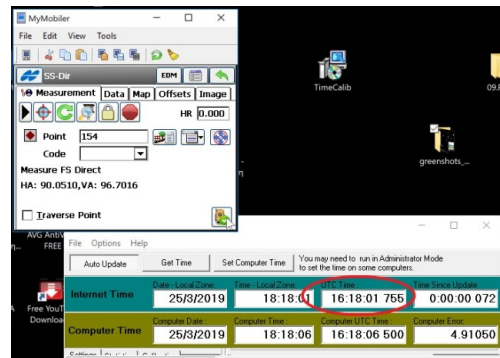
Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

IATS Topcon IS-01 με καλώδιο USB με την server device. Η σύνδεση αυτή παρέχει ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης σήματος της τάξης των 12Mb/s (Garney J., 1996), η οποία ουσιαστικά δεν επιφέρει ανιχνεύσιμη χρονική υστέρηση στη μεταφορά του σήματος. Στις δύο βοηθητικές συσκευές εγκαταστάθηκαν ειδικά λογισμικά για την καταγραφή του χρόνου UTC (Molyvas Ch. and Lambrou E., 2019).



Εικόνα 2: Το printscreen της user device (Molyvas and Lambrou, 2019)



Εικόνα 3: Το printscreen της server device (Molyvas and Lambrou, 2019)

Όπως παρουσιάζεται στις εικόνες 2 και 3, για κάθε μέτρηση καταγράφηκε ο χρόνος  $time_1$  της user device και ο χρόνος  $time_2$  της server device. Από τη σύγκριση των δύο χρόνων που καταγράφηκαν στα δύο printscreens προκύπτει και ο υπολογισμός της χρονικής υστέρησης, το οποίο ήταν και το ζητούμενο. Από την εκτέλεση διάφορων μετρήσεων η χρονική υστέρηση ανάμεσα στην  $time_1$  και στην  $time_2$  ανιχνεύθηκε και κυμάνθηκε από 0.045sec έως 0.351sec.

#### 4. Διερεύνηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων με τη μέθοδο Remote Survey

Στην πρώτη εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey διερευνήθηκε η αξιοπιστία των σκοπεύσεων των οριζόντιων και κατακόρυφων διευθύνσεων μέσω της οθόνης της user device. Ειδικότερα, προκειμένου να εκτιμηθεί η τυπική απόκλιση των μετρήσεων των διευθύνσεων, ακολουθήθηκε η διαδικασία του ISO 17123-3 (International Standards, 2001) και υπολογίστηκε το τυπικό σφάλμα  $\sigma_{ISO}$  για τις οριζόντιες διευθύνσεις και το τυπικό σφάλμα  $\sigma_{ISO-V}$  για τις κατακόρυφες. Από τη στατιστική ανάλυση που ακολούθησε, διαπιστώθηκε ότι η εξ αποστάσεως μέτρηση των στόχων με τη μέθοδο Remote Survey πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές, σύμφωνα με το ISO 17123-3 (Lambrou E., 2014).

Επίσης, ένα ακόμη πείραμα έλαβε χώρα στο εργαστήριο. Εφτά διαφορετικοί τύποι στόχων τοποθετήθηκαν σε απόσταση 15m από τον IATS και σκοπεύτηκαν από τον ίδιο παρατηρητή, τέσσερις φορές μέσω του τηλεσκοπίου του IATS (με τη χρήση του κοινού σταυρονήματος), μέσω της οθόνης του IATS (με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος), μέσω της οθόνης μίας user device (με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος). Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι οι παρατηρήσεις μέσω της

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

οθόνης της user device είναι ισοδύναμες με εκείνες που εκτελούνται με παραδοσιακά μέσα (Lambrou E., 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω τέθηκε ως στόχος της παρούσας εργασίας, η περαιτέρω διερεύνηση της αξιοπιστίας μέτρησης οριζόντιων διευθύνσεων της μεθόδου Remote Survey, με την εκτέλεση ενός πειράματος που συνδύασε τα δύο που προαναφέρθηκαν. Ειδικότερα, εκτελέστηκαν μετρήσεις από έναν παρατηρητή, με τον IATS Torcon IS-01, σε τέσσερις κοινούς πλαστικούς αυτοκόλλητους στόχους που τοποθετήθηκαν στην αίθουσα Υ.23, σε ομοιόμορφη κατανομή, σε τρία σετ μετρήσεων πλήρων περιόδων, με τους εξής τρόπους:

- α. Μέσω του τηλεσκοπίου του IATS, με τη χρήση του κοινού σταυρονήματος.
- β. Μέσω της οθόνης του IATS, με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος.
- γ. Μέσω της οθόνης της user device, με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος.

Ο ανωτέρω συνδυασμός μετρήσεων υλοποιήθηκε σύμφωνα με το απλοποιημένο τεστ του προτύπου ISO-17123-3 και από την επεξεργασία τους συγκρατούνται τα εξής:

- α. Το σφάλμα της μίας μέτρησης μέσω του τηλεσκοπίου του IATS ήταν  $\sigma_{ISOI}=3^{cc}$ .
- β. Το σφάλμα της μίας μέτρησης μέσω της οθόνης (display) του IATS, με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος ήταν  $\sigma_{ISOd}=3.7^{cc}$ .
- γ. Το σφάλμα της μίας μέτρησης μέσω της οθόνης της user device, με τη χρήση του ψηφιακού σταυρονήματος ήταν  $\sigma_{ISOsd}=4.6^{cc}$ .

Συνοψίζοντας προκύπτει ότι οι μετρήσεις από το τηλεσκόπιο είναι οριακά ακριβέστερες σε σχέση με εκείνες από την οθόνη του IATS και από την οθόνη του user device, οι οποίες στο συγκεκριμένο πείραμα υστερούν κατά  $0.6^{cc}$  και  $1.7^{cc}$  αντίστοιχα, οπότε επιβεβαιώνονται και τα συμπεράσματα της πρώτης εφαρμογής της μεθόδου (Lambrou E., 2014).

Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της πρώτης εφαρμογής της μεθόδου Remote Survey, διαπιστώνεται ότι το τυπικό σφάλμα που υπολογίστηκε τότε για την user device ( $\sigma_{ISOud}=0.45''$  ή  $\sigma_{ISOud}=1.39^{cc}$ ) ήταν μικρότερο σε σχέση με τα σφάλματα των πρόσφατων παρατηρήσεων. Ενδεχομένως, αυτή η διαφορά να οφείλεται στις μέτριες συνθήκες φωτισμού που επικρατούσαν στην αίθουσα Υ.23 κατά την εκτέλεση των πρόσφατων μετρήσεων ή και στο γεγονός ότι οι αυτοκόλλητοι στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν στις πρόσφατες μετρήσεις ήταν χαμηλότερης ποιότητας σε σχέση με εκείνους που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν.

Άρα, στην περίπτωση που αποφασιστεί η επανάληψη του πειράματος στο μέλλον, κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν καλύτερης ποιότητας στόχοι, για παράδειγμα ανακλαστικοί αυτοκόλλητοι στόχοι και το πείραμα να εκτελεσθεί σε ανοικτό πεδίο, έτσι ώστε να υλοποιηθεί η πρόβλεψη του ISO 17123-3 για τοποθέτηση των στόχων σε αποστάσεις από 100m έως 250m από το όργανο.

Στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε το πείραμα να υλοποιηθεί στο πρότυπο εξωτερικό πεδίο ελέγχου και διακρίβωσης ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών στον χώρο των εγκαταστάσεων του Ολυμπιακού Κωπηλατοδρομίου στο Σχοινιά, στο νομό Αττικής (Λάμπρου Ε., κ.α., 2016), το οποίο κατασκευάστηκε μεταξύ άλλων με σκοπό τη

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

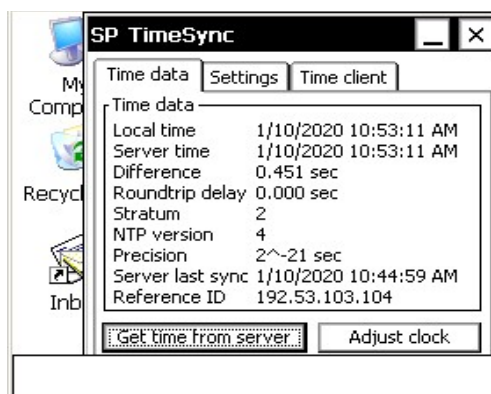
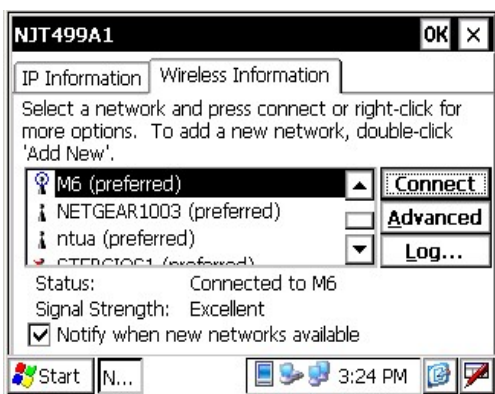
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

δημιουργία μιας ευέλικτης και λειτουργικής βάσης για τον έλεγχο και τη διακρίβωση οργάνων μέτρησης οριζόντιων και κατακόρυφων διευθύνσεων σύμφωνα με τις οδηγίες που περιγράφονται στο ISO 17123-3.

## 5. Σύνδεση του IATS στο διαδίκτυο μέσω τεχνολογίας Wi-Fi

Ένας ακόμη στόχος που τέθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της απευθείας σύνδεσης του IATS στο διαδίκτυο μέσω σύνδεσης Wi-Fi. Στην περίπτωση που αυτή πραγματοποιηθεί επιτυχώς, τότε ενδεχομένως να είναι εφικτό να παρακαμφθεί η server device και ο σταθμός να επικοινωνεί απευθείας με τη user device.

Η πρώτη προσπάθεια έγινε με τον IATS Torcon IS-103, χωρίς ωστόσο να τελεσφορήσει διότι απαιτήθηκε μια επιπλέον κάρτα δικτύου για τον σταθμό (CF type wireless network card). Το κόστος για την απόκτηση της κάρτας αυτής ήταν αρκετά σημαντικό και για το λόγο αυτό διερευνήθηκε η δυνατότητα Wi-Fi σύνδεσης άλλου διαθέσιμου IATS σταθμού του Εργαστηρίου. Αυτό κατέστη δυνατό για τον IATS Torcon IS-203, που διαθέτει ενσωματωμένη κάρτα Wi-Fi. Ως hotspot στο οποίο συνδέθηκε ο IATS χρησιμοποιήθηκε ένα smartphone με εγκατεστημένο λειτουργικό Android (Δίκτυο με την ονομασία M6, όπως φαίνεται στην εικόνα 4).



Εικόνα 4: Σύνδεση IATS σε δίκτυο Wi-Fi.

Εικόνα 5: Το λογισμικό συγχρονισμού του IATS, SP TimeSync 2.3

Από τη στιγμή που αποκαταστάθηκε η επικοινωνία του IATS με το internet μέσω Wi-Fi τέθηκε το ζήτημα του συγχρονισμού του εσωτερικού ρολογιού του σταθμού με τον χρόνο UTC. Ο συγχρονισμός αυτός στη μέθοδο Remote Survey συμβαίνει με τη σύνδεση του σταθμού IATS στη server device. Στην περίπτωση που εξετάζεται το ρολόι του σταθμού ενημερώνεται με την ενεργοποίηση της Wi-Fi σύνδεσης. Παρόλα αυτά, επιλέχθηκε η εγκατάσταση του λογισμικού «SP TimeSync 2.3» στον IATS (Εικόνα 5), αφενός διότι παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα επιλογής του διακομιστή παγκοσμίου χρόνου με τον οποίο θα συγχρονίζεται το ρολόι του IATS, αφετέρου διότι δίνει τη δυνατότητα επιλογής του χρονικού διαστήματος που θα μεσολαβεί για την επανάληψη του συγχρονισμού, για παράδειγμα κάθε 10sec.

Το επόμενο ζήτημα που προέκυψε ήταν ο τρόπος που καταγράφεται η πληροφορία του χρόνου κατά τη στιγμή της εκτέλεσης της μέτρησης. Εφόσον διαπιστώθηκε ότι στα raw

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

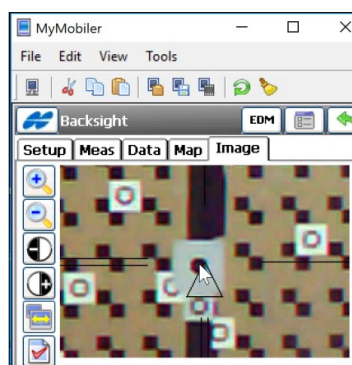


data των μετρήσεων αποθηκεύεται και η πληροφορία του χρόνου με ακρίβεια δευτερολέπτου, δημιουργήθηκε κατάλληλο φορμάτ αρχείου εξαγωγής δεδομένων από τον IATS, το οποίο περιλαμβάνει και την πληροφορία του χρόνου.

Το τελευταίο και σημαντικότερο πρόβλημα που έπρεπε να επιλυθεί ήταν η σύνδεση του IATS στη user device μέσω διαδικτύου. Αυτό το πρόβλημα επιλύθηκε με την εγκατάσταση στη user device του λογισμικού «My Mobiler», το οποίο ήταν ήδη εγκατεστημένο στον IATS. Έπειτα συνδέθηκε ο IATS και η user device στο διαδίκτυο μέσω σύνδεσης Wi-Fi. Στη συνέχεια από το μενού του My Mobiler επιλέχθηκε η επιλογή «My Mobiler\Connect IP» και στις δύο συσκευές. Στο πεδίο «Mobile IP» της user device συμπληρώθηκε η IP address του IATS και επιλέχθηκε η επιλογή «Connect», όπως φαίνεται στην εικόνα 6.



Εικόνα 6: Το παράθυρο του λογισμικού My Mobiler στη user device



Εικόνα 7: Η εικόνα του IATS στη user device, χωρίς τη χρήση της server device

Η σύνδεση μέσω Wi-Fi ολοκληρώθηκε με την εμφάνιση σχετικού αναδυόμενου μηνύματος στη μπάρα συντομεύσεων και την επιλογή από τον χρήστη του «Open Mobiler» από το μενού του προγράμματος. Η εικόνα στη user device είναι αντίστοιχης ποιότητας με εκείνη της κλασικής μεθόδου που έχει υιοθετηθεί με τη χρήση της server device (Εικόνα 7).

Τονίζεται ότι η σύνδεση αυτή κατέστη δυνατή στην αίθουσα Y.23, όπου βρισκόταν και οι δύο συσκευές, IATS και user device, ενώ η σύνδεσή τους υλοποιήθηκε μέσω ενός κοινού δρομολογητή διαδικτύου, του σημείου hotspot του Android smartphone της εικόνας 4.

Από την ανάλυση των ανωτέρω προκύπτει ότι σε περίπτωση που εκτιμηθεί ωφέλιμη στο μέλλον η επανάληψη του πειράματος της απευθείας σύνδεσης του IATS στο διαδίκτυο με χρήση τεχνολογίας Wi-Fi, τότε θα πρέπει αυτή να υλοποιηθεί με χρήση διαφορετικών δρομολογητών για τον IATS και τη user device προκειμένου να καταγραφεί η αποτελεσματικότητα της διασύνδεσής τους.

Μια ακόμη διαπίστωση που προέκυψε από την εκτέλεση του πειράματος αυτού ήταν ότι η χρονική στιγμή που εκτελείται η μέτρηση στον IATS, ήτοι  $time_2$ , θα καταγράφεται με ανάλυση ενός (1) δευτερολέπτου, καθόσον αυτή είναι και η ανάλυση καταγραφής του χρόνου του ρολογιού του μικροϋπολογιστή του IATS. Επιχειρήθηκε να εγκατασταθούν στον IATS, τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν στη server device και στη user device, τα οποία εξασφαλίζουν την καταγραφή του χρόνου UTC με ανάλυση καλύτερη του ενός

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων



δευτερολέπτου, χωρίς επιτυχία καθόσον αυτά δεν είναι συμβατά με το λειτουργικό σύστημα του IATS. Συνεπώς, επί του παρόντος η απευθείας σύνδεση του IATS στη user device χωρίς τη χρήση της server device δεν ενδείκνυται εάν είναι επιθυμητή η καταγραφή του χρόνου εκτέλεσης των μετρήσεων με ανάλυση καλύτερη του ενός (1) δευτερολέπτου.

## 6. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα της Γεωδαισίας επέτρεψε την παρουσίαση του σύγχρονου σταθμού IATS, στον οποίο βασίζεται η μέθοδος Remote Survey.
- Οι παρατηρήσεις που έγιναν μέσω της οθόνης της user device στην πρώτη εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey, αφενός ικανοποίησαν τις προδιαγραφές της ονομαστικής ακρίβειας του IATS για τις οριζόντιες και τις κατακόρυφες διευθύνσεις σύμφωνα με τη διαδικασία του προτύπου ISO17123-3, αφετέρου κρίθηκαν ως ισοδύναμες με εκείνες που εκτελούνται με παραδοσιακά μέσα.
- Αντίστοιχα, από τις παρατηρήσεις που έγιναν στη δεύτερη εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey, μέσω του τηλεσκοπίου του IATS, της οθόνης του IATS και της οθόνης της user device, επιβεβαίωσαν τα συμπεράσματα της πρώτης εφαρμογής της μεθόδου.
- Η εκτέλεση μετρήσεων με τη μέθοδο Remote Survey, με παράλληλη καταγραφή του χρόνου UTC στην user device και στη server device είναι εφικτή.
- Αποδείχτηκε ότι με χρήση κατάλληλου λογισμικού είναι δυνατό να παρακαμφθεί η server device, εφόσον υφίσταται εγκατεστημένη και η σχετική κάρτα δικτύου Wi-Fi στον IATS.
- Η απευθείας σύνδεση του IATS στη user device χωρίς τη χρήση της server device επί του παρόντος δεν ενδείκνυται εάν είναι επιθυμητή η καταγραφή του χρόνου εκτέλεσης των μετρήσεων με ανάλυση καλύτερη του ενός (1) δευτερολέπτου.

## 7. Προτάσεις

Οι προτάσεις που αναδεικνύονται από την παρούσα εργασία είναι οι ακόλουθες:

- Κρίνεται σκόπιμο να επαναληφθούν οι παρατηρήσεις των οριζόντιων και κατακόρυφων διευθύνσεων, σύμφωνα με τη διαδικασία του προτύπου ISO17123-3, στο πρότυπο εξωτερικό πεδίο ελέγχου και διακρίβωσης ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών στο Ολυμπιακό Κωπηλατοδρόμιο στο Σχοινιά Αττικής, με χρήση αυτόματων ανακλαστικών στόχων.
- Επίσης κρίνεται σκόπιμη η επανάληψη του ανωτέρω πειράματος να υλοποιηθεί αρχικά με τη χρήση της server device και της user device και έπειτα μόνο με χρήση της user device, έτσι ώστε να ακολουθήσει μια συγκριτική θεώρηση των αποτελεσμάτων.
- Κατόπιν αυτών προτείνεται η εκτέλεση παρατηρήσεων για την εφαρμογή της μεθόδου Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων.

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

## Βιβλιογραφία

Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Μπαλλής Β., *Το πρότυπο εξωτερικό πεδίο ελέγχου & διακρίβωσης ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών*, 6<sup>ο</sup> Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, 13-14 Μαΐου 2016, Πολεμικό Μουσείο, Αθήνα.

Balodimos D. D., Korakitis, R., Lambrou, E. and Pantazis ,G., *Fast and Accurate Determination of Astronomical Coordinates  $\Phi$ ,  $\lambda$  and Azimuth, Using a Total Station and GPS Receiver*, Survey Review, 37(290), 269 -275, 2003.

Danisch L., Chrzanowski A., Bond J., Bazanowski M., *Fusion of geodetic and sensors for integrated monitoring and analysis of deformations*, Proc., 13th FIG, Int., Symp., on deformation measurements and analysis and 4th IAG Symp. on geodesy for geotechnical and Structural engineering ([http://www.fig.net/commission6/lisbon\\_2008/](http://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/)), 2008, Lisboa.

Garney J., *An Analysis of Throughput Characteristics of Universal Serial Bus*, pp.1, Media and Interconnect Technology, Intel Architecture Labs, 12/06/96.

Hirt C., Bürki B., Somieski A. and Seeber G., *Modern determination of vertical deflections using digital zenith cameras*, J. Surv. Eng., 136(1), 1-12, 2010.

International Standards, *ISO 17123-3, Optic and Optical Instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments*, Pat 3: Theodolites. First edition. ISO copyright office, Case postale 56 CH-1211, 2001, Geneva.

Juretzko M., *Reflektorlose Video - Tachymetrie - ein integrales Verfahren zur Erfassung geometrischer und visueller Informationen*, Dissertationen Nr. 588, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, 2005, München.

Lambrou E., *Development of a Methodology for Astrogeodetic Determinations, Using Digital Geodetic Instruments*, NTUA, School of Rural and Surveying Engineering (In Greek), PhD Thesis, 2003, Athens.

Lambrou E., “Accurate Geoid Height Differences Computation from GNSS Data and Modern Astrogeodetic Observations”, Accepted for publication to Gravity, Geoid and Height Systems 2012, International Association of Geodesy Symposia Vol. 141, Springer Berlin Heidelberg New York, 2013.

Lambrou E., *Remote Survey An Alternative Method for Capturing Data*, Journal of Surveying Engineering, Vol.140, No.1, 60-64, 2014.

Lambrou E., Pantazis G., *Astronomical azimuth determination by the hour angle of Polaris using ordinary total stations*, Survey Review, 40(308), 164-172, 2008.

Leica Geosystems AG, *Leica active assist software*, Part of Hexagon, 2011, Heerbrugg Switzerland.

Mills L. D., RFC 958, *Network Time Protocol*, 1985.

Mills L. D., *Internet Time Synchronization: The Network Time Protocol*, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 39, NO 10, 1991.

Mills L. D., RFC 5905, *Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification*, 2010.

Molyvas Ch. and Lambrou E., *Monitoring applications by using the Remote Survey Method*, 4<sup>th</sup> Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), 15-17 May 2019, Athens, Greece.

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

Τιμητικός – συλλεκτικός Τόμος στη μνήμη Ευαγγελίας Λάμπρου  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 2020

Reiterer A., Lehmann M., Fabiankowitsch J. and Kahmen H., *A Knowledge-Based Optical 3D Measurement and Analysis System for Quality Control*, *Vermessung & Geoinformation*, 173 – 178, 2007.

Reiterer A., Lehmann M., Miljanovic M., Ali H., Paar G., Egly U., Eiter T. and Kahmen H., *Deformation monitoring using a new kind of optical 3d measurement system: components and perspectives*, Proc., of 13<sup>th</sup> FIG Int. Symp. on deformation measurements and analysis and 4<sup>th</sup> IAG Symp. on geodesy for geotechnical and Structural engineering, ([http://www.fig.net/commission6/lisbon\\_2008/](http://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/)), 2008, Lisboa.

Scherer M. and Lerma J. L., *From the Conventional Total Station to the Prospective Image Assisted Photogrammetric Scanning Total Station: Comprehensive Review*, *J. Surv. Eng.*, 135(4), 173-178, 2009.

Trimble Navigation Limited, *Trimble access Software*, PN 022543-474 (01/09), 2009, Sunnyvale, California.

Χαράλαμπος Μολύβας, Γεώργιος Πανταζής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Η μέθοδος Remote Survey στην παρακολούθηση κατασκευών και στην εκτέλεση αστρογεωδαιτικών παρατηρήσεων

Τιμητικός – συλλεκτικός Τόμος στη μνήμη Ευαγγελίας Λάμπρου  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 2020