

Ανάπτυξη λογισμικού τριδιάστατης απεικόνισης και διαχείρισης γεωδαιτικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο

Σ. ΒΙΤΑΛΗΣ

Αγρ. & Τοπογράφος Μηχ. Ε.Μ.Π

Β. ΒΕΣΚΟΥΚΗΣ

Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ. ΕΜΠ
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Γ. ΠΑΝΤΑΖΗΣ

Δρ. Αγρ.& Τοπογράφος Μηχ. ΕΜΠ
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή, το αντικείμενο του Αγρονόμου και Τοπογράφου Μηχανικού εξαρτάται άμεσα από τη χρήση ψηφιακών γεωδαιτικών οργάνων για την συλλογή των μετρήσεων. Κάθε φορά που εκτελούνται μετρήσεις αποτύπωσης συλλέγεται ένας μεγάλος όγκος δεδομένων που απαιτεί ειδική διαδικασία στην οργάνωσή του, και καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την κεντρική καταχώρηση και διαχείρισή του.

Δημιουργείται έτσι ένα καινούργιο πεδίο, άμεσα σχετιζόμενο με την επιστήμη της Γεωδαισίας, σχετικά με την προτυποποίηση της αποθήκευσης, διαχείρισης και της εμποτείας των δεδομένων που προκύπτουν από τις εργασίες πεδίου και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών που αφορούν στα μετρητικά και υπολογιστικά συστήματα. Οι δομές αρχείων, τα πρωτόκολλα δεδομένων αποστολής και οι δυνατότητες εκμετάλλευσης ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης για τη συνεχή επιθεώρηση της προόδου των εργασιών, είναι οι βασικές προκλήσεις που καλείται να καλύψει το πεδίο αυτό.

Με γνώμονα τα παραπάνω, αναπτύχθηκε μία πρότυπη εφαρμογή που υλοποιεί τη διαδικασία οργάνωσης της πληροφορίας γεωδαιτικών μετρήσεων, όταν αυτές εκτελούνται από διαφορετικά συνεργεία σε μία μεγάλη περιοχή. Οι δυνατότητες της εφαρμογής αφορούν στη συγκέντρωση όλων των στοιχείων μετρήσεων σε μία κεντρική βάση, στη δυνατότητα διαχείρισής τους και αρχικής επεξεργασίας τους και κυρίως στη δημιουργία τριδιάστατης απεικόνισης που επιτρέπει την επισκόπηση της αποτυπωμένης περιοχής και την "αναπαραγωγή" του αναγλύφου της. Δίνονται, παράλληλα, κάποια εργαλεία εκτέλεσης μεθόδων επεξεργασίας (τριγωνισμός, ισούψεις) που βοηθούν τόσο στην εμποτεία του αποτελέσματος, όσο και στη διαμόρφωση ενός πληρέστερου υποβάθρου για την παραγωγή του τελικού παραγώγου (ψηφιακού διαγράμματος). Προκύπτει, έτσι, ένα σύστημα αυτοματοποίησης των διαδικασιών ρουτίνας του Τοπογράφου Μηχανικού, που παρέχει τη δυνατότητα αύξησης της παραγωγικότητάς του και προσδίδει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την εξέλιξη των εργασιών αποτύπωσης αλλά και της ποιότητας του τελικού αποτελέσματος.

Αυτού του είδους η προσέγγιση έχει τεράστιες προοπτικές εξέλιξης. Η πληροφορία που αποθηκεύεται μπορεί να αφορά, εκτός από τη βασική μετρητική πληροφορία (πχ. συντεταγμένες σημείων), και σε δεδομένα ποιοτικής πληροφορίας (πχ. δεδομένα συνθηκών των μετρήσεων, στοιχεία συμμετεχόντων στις μετρήσεις) ή ακόμα και σε δεδομένα πολυμέσων (φωτογραφίες, βίντεο της περιοχής) που πολλές φορές συλλέγονται σε μία εργασία αποτύπωσης. Παράλληλα, η χρήση της τριδιάστατης απεικόνισης αποδεικνύει ότι τα γραφικά μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του σύγχρονου Τοπογράφου Μηχανικού. Είναι γεγονός ότι η αποτύπωση μιας περιοχής σήμερα παρουσιάζεται πιο ολοκληρωμένη με τη χρήση των τριδιάστατων γραφικών, σε ότι αφορά την αναπαράσταση επιφανειών και σημείων. Συνεπώς, η χρήση μίας τέτοιας διαδικασίας είναι εύκολα υλοποιήσιμη, αλλά και πάρα πολύ χρήσιμη για την επισκόπηση των μετρήσεων, τη σύγκριση αποτελεσμάτων, την αναγνώριση σφαλμάτων ή ελλείψεων και τη διαμόρφωση του τελικού παραγώγου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη της διαχείρισης των μετρήσεων που προκύπτουν από γεωδαιτικές εργασίες πεδίου, γίνεται όλο και περισσότερο επιτακτική στις μέρες μας και αποτελεί ένα από τα προβλήματα που καλείται να λύσει ο σύγχρονος τοπογράφος μηχανικός.

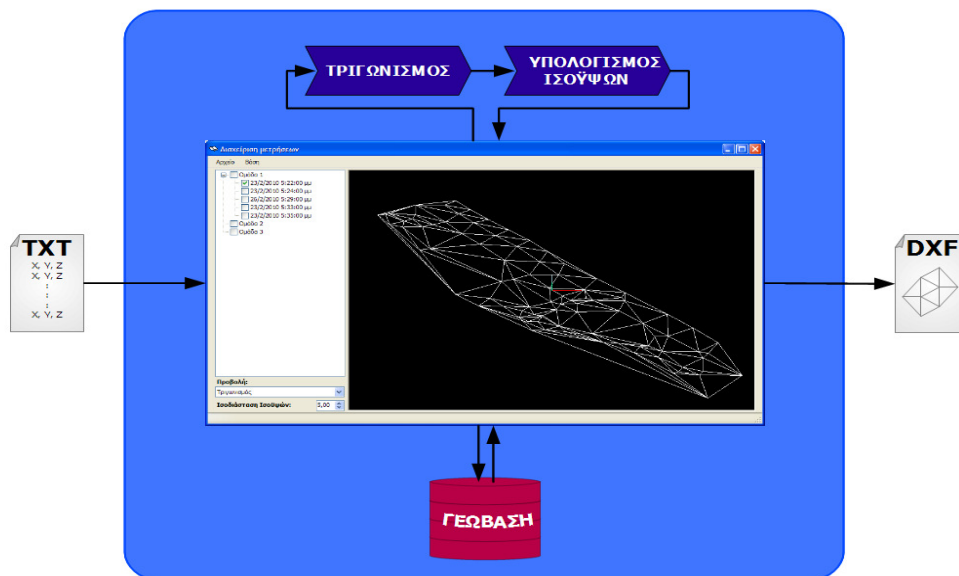
Στο πλαίσιο αναζήτησης ενός τρόπου διαχείρισης των γεωδαιτικών μετρήσεων, εντάσσεται και

η δημιουργία ενός λογισμικού που:

- να καθιστά δυνατή την **αποθήκευση** και τη στοιχειώδη **κεντρική διαχείριση** όλων των **δεδομένων** που προκύπτουν από τις **μετρήσεις** στο πεδίο, μέσω ενός κεντρικού και χρηστικού περιβάλλοντος
- να εκτελεί τη στοιχειώδη **επεξεργασία** των δεδομένων και να **παράγει πληροφορία** που καθιστά καλύτερη την **επισκόπηση** της αποτύπωσης
- να **απεικονίζει** σε **τριδιάστατο (3D) χώρο** τα δεδομένα αυτά, “αναπαράγοντας” το **ανάγλυφο** της περιοχής με γραφικά πραγματικού χρόνου
- να εξασφαλίζει την **ποιότητα** των μετρήσεων και να αναδεικνύει τα **προβλήματα και τις αστοχίες** που πιθανόν να έχουν προκύψει στο πεδίο
- να **εξάγει** τα δεδομένα που διαχειρίζεται ή παράγει σε μία πρότυπη μορφή ώστε να είναι διαθέσιμα για την εκτέλεση **πραιτέρω επεξεργασίας** από άλλα προγράμματα.

Σκοπός είναι η παρέμβαση μεταξύ της διαδικασίας της καταγραφής των μετρήσεων και της τελικής αποτύπωσης (σε κάποιο περιβάλλον CAD) με ένα εργαλείο αποθήκευσης, διαχείρισης και αξιολόγησης της μετρούμενης πληροφορίας, πριν αυτή καταλήξει ως υποβάθρο για τη σχεδίαση του τελικού τοπογραφικού διαγράμματος.

Αυτό γίνεται κατανοητό στη σχηματική αναπαράσταση που ακολουθεί (σχήμα 1). Η εφαρμογή (γραμμοσκιασμένη περιοχή) λαμβάνει ως δεδομένα τις συντεταγμένες σημείων του κάθε συνεργείου - ομάδας (αρχείο TXT) και τις αποθηκεύει σε μία κεντρική γεωβάση, ομαδοποιώντας τα ανά ομάδα καταγραφής και χρόνο εκτέλεσης της μέτρησης. Ακολούθως, οι καταχωρημένες μετρήσεις μπορούν να προβληθούν μέσω της τριδιάστατης προεπισκόπησης με διάφορους τρόπους (σημεία, τριγωνισμός, χρωματικές επιφάνειες ή φωτορεαλισμός), με παράλληλη εμφάνιση των ισοϋψών της περιοχής.



Σχήμα 1: Σχηματική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας της εφαρμογής.

Έτσι, δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας ενός τελικού υποβάθρου στην πρότυπη μορφή σχεδιαστικού αρχείου .dxf, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από το περιβάλλον CAD για την τελική σχεδίαση του τοπογραφικού διαγράμματος.

Με την ενεργοποίηση της εφαρμογής, ο συντονιστής των εργασιών μπορεί να εμφανίζει κατά βούληση τις διάφορες μετρήσεις που έχουν καταχωρηθεί χρησιμοποιώντας την απόδοση ισοϋψών του προγράμματος, εντοπίζοντας προβληματικές ή ελλειπείς περιοχές, χονδροειδή ή συστηματικά

σφάλματα και άλλα προβλήματα που μπορεί να έχουν προκύψει κατά την αποτύπωση. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εμποδίσει την πορεία των εργασιών και να αποφασίζει έγκαιρα για το σχεδιασμό των επόμενων μετρήσεων, προλαμβάνοντας προβλήματα που, με τον υπάρχοντα τρόπο δράσης, γίνονται αντιληπτά κατά την τελική σχεδίαση.

Η ανάπτυξη του προγράμματος έγινε στην πλατφόρμα .NET και συντάχθηκε σε γλώσσα C# (Αναγνώστου, 2009), (Nielsen,2006), (Deloura, κ.α, 2009). Ο βασικός κορμός αποτελεί την υλοποίηση της τριδιάστατης μηχανής γραφικών με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάπτυξη άλλων προγραμμάτων, αλλά και με στόχο να είναι επεκτάσιμο το πρόγραμμα. Χρησιμοποιήθηκαν κάποιες εξωτερικές βιβλιοθήκες για την υλοποίηση του τριγωνισμού (κατά Delaunay) και της εξαγωγής σε DXF (Harrison, 2003), (Radoi, 2008).

2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Η εφαρμογή καταγράφει ένα πλήρη κύκλο μετρήσεων για μία ολοκληρωμένη αποτύπωση μιας περιοχής. Έτσι, για ένα έργο καταγράφονται λεπτομερώς τα άτομα, οι ομάδες στις οποίες αυτά ανήκουν και η κάθε μέτρηση που πραγματοποίησε η κάθε ομάδα σε συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα στο πεδίο. Ο τελικός στόχος είναι να καταχωρηθούν όλες οι συντεταγμένες των σημείων και να κατηγοριοποιηθούν πλήρως ανά μέτρηση, ομάδα και άτομο.

Τα δεδομένα που δέχεται το πρόγραμμα είναι οι μετρήσεις που έχουν προκύψει από επίγειες παρατηρήσεις με τη χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού (total station). Έτσι η θέση κάθε σημείου, μετά από επεξεργασία, ορίζεται από τις ορθογώνιες συντεταγμένες του x , y σε κάποια προβολή (ΕΓΣΑ 87) και το ορθομετρικό του υψόμετρο H . Στην περίπτωση αυτή γίνεται η παραδοχή ότι οι ορθογώνιες συντεταγμένες είναι ανεξάρτητες του υψομέτρου. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μετρήσεις που αναφέρονται σε ένα απλό τρισσορθογώνιο καρτεσιανό σύστημα (πχ. γεωκεντρικό σύστημα WGS 84) διότι σε αυτή την περίπτωση δεν ορίζεται ξεχωριστή οριζοντιογραφία και υψομετρία, επομένως το οπτικό αποτέλεσμα της τριδιάστατης απεικόνισης θα είναι λανθασμένο, καθώς τόσο η οριζοντιογραφική απεικόνιση όσο και η απόδοση ισούψων, γίνεται με την προηγούμενη παραδοχή.

Τέτοιου είδους συντεταγμένες, όμως, μπορούν να προκύψουν και από μετρήσεις χρησιμοποιώντας δέκτες του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού (GPS) ή με έμμεσες παρατηρήσεις μέσω φωτογραμμετρικών μεθόδων και άλλες γνωστές μεθόδους αποτύπωσης (π.χ laser scanner). Σε κάθε περίπτωση, εφόσον έχουν υπολογισθεί οι συντεταγμένες των σημείων σε κάποια προβολή, μπορούν να καταχωρηθούν από το πρόγραμμα με την ίδια επιτυχία.

Σε περιπτώσεις, ωστόσο, που γίνεται συνδυασμένη διαχείριση σημείων από διαφορετικά είδη πρωτογενών μετρήσεων, είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι τα μεγέθη που περιγράφονται έχουν τη δυνατότητα να συμπεριληφθούν στο ίδιο έργο αποτύπωσης, είτε από την άποψη του ορισμού ενιαίων μεγεθών (πχ. ίδια είδη υψομέτρου), είτε από τη σκοπιά της αβεβαιότητας και της ποιότητας του τελικού αποτελέσματος.

Για παράδειγμα, η από κοινού χρήση επίγειων μετρήσεων ταχυμετρίας μικρής αβεβαιότητας με μετρήσεις GPS μέσης αβεβαιότητας είναι πιθανόν να προκαλέσουν προβληματικά συμπεράσματα κατά την επισκόπηση των εργασιών και είναι ίσως αδόκιμο να συμπεριλαμβάνονται από κοινού στο συνολικό έργο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ασφαλώς, σημαντικό είναι να έχουν οριστεί οι απαιτήσεις αβεβαιότητας και τα χαρακτηριστικά του τελικού αποτελέσματος (πχ. ισοδιάσταση). Στην περίπτωση της χρήσης μίας λιγότερο λεπτομερούς αποτύπωσης αναγλύψου είναι δυνατόν να γίνει αποδεκτή μεγαλύτερη αβεβαιότητα μετρήσεων, εφόσον ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις της αποτύπωσης.

Σημαντικό επίσης στοιχείο αποτελεί ο ορισμός των υψομετρικών σημείων. Πρέπει να ορισθούν τα σημεία που αντιπροσωπεύουν την ΦΓΕ στην περιοχή, είναι δηλαδή **υψομετρικά**. Έτσι αν ένα σημείο είναι ταχυμετρικό σημείο τεχνικού έργου (κατοικία, μανδρότοιχος) ή κατά τη μέτρηση ενός σημείου, δεν έχει οριστεί στο όργανο το σωστό *Ύψος Στόχου*, τότε το υψόμετρο που θα καταγραφεί είναι λανθασμένο και μη αντιπροσωπευτικό της επιφάνειας. Πρέπει λοιπόν να προσδιορίζεται σαφώς ποια σημεία πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ορθή απόδοση του αναγλύψου της ΦΓΕ. Η καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος είναι, κατά τη διαδικασία

μέτρησης στο πεδίο, να καταχωρείται σωστά το Ύψος Στόχου ακόμα και για σημεία τεχνικών έργων, όπου όπως είναι γνωστό δεν ενδιαφέρει το υψόμετρο, ώστε να μην υπάρχει ιδιαίτερη αλλοίωση της απεικόνισης και να εμφανίζονται όλες οι μεταβολές.

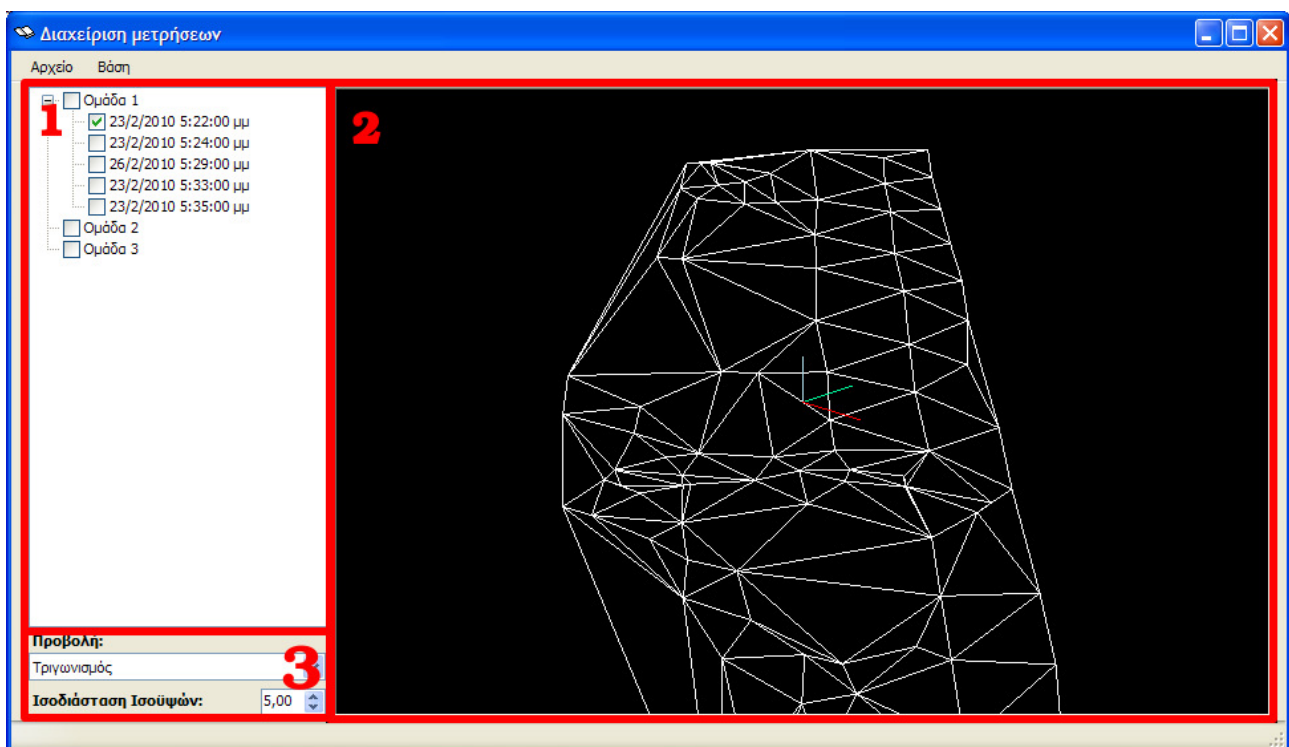
Τέλος πρέπει να ορίζεται το είδος του υψόμετρου των σημείων. Στην περίπτωση των επίγειων μετρήσεων, είναι γνωστό ότι πάντα τα υψόμετρα που προσδιορίζονται είναι **ορθομετρικά**. Στην περίπτωση, όμως, των μετρήσεων με δέκτες του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού τα υψόμετρα είναι **γεωμετρικά** και, κατά συνέπεια, είναι αδόκιμη η χρήση τους σε συνδυασμό με επίγειες μεθόδους, εκτός αν είναι γνωστή με μικρή αβεβαιότητα η τιμή της αποχής του γεωειδούς (N) (Λάμπρου, Πανταζής, 2010).

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η εφαρμογή εκτελείται σε ένα κεντρικό παράθυρο που παρουσιάζει ολοκληρωμένα την υπάρχουσα κατάσταση ενός έργου αποτύπωσης. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η διάταξη του κεντρικού παραθύρου που αποτελείται από τις μετρήσεις κατηγοριοποιημένες ανά ομάδα και ανά ημερομηνία και ώρα στα αριστερά (1), από την τριδιάστατη απεικόνιση στα δεξιά (2) και από τις επιλογές της απεικόνισης στο κάτω-αριστερά μέρος του παραθύρου (3) (Βιτάλης, 2010).

Αρχικά, δημιουργείται μία βάση για το έργο αποτύπωσης που θα γίνει, χρησιμοποιώντας το μενού "Αρχείο". Δίνοντας κάποια αρχικά περιγραφικά στοιχεία για τη βάση, δημιουργείται ένα αρχείο στο οποίο θα αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία για το έργο αυτό. Στη συνέχεια, δημιουργούνται οι ομάδες που συμμετέχουν και τα άτομα που τις αποτελούν.

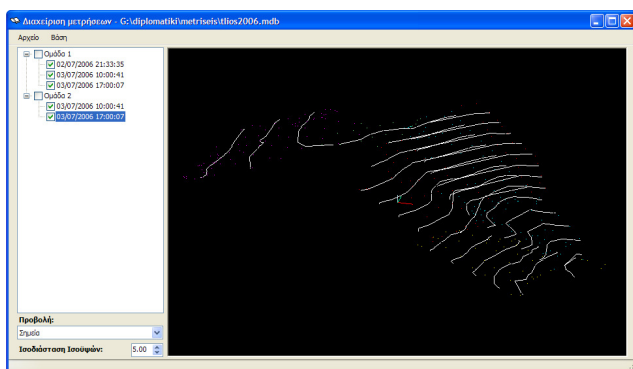
Αφού γίνει ο ορισμός της βάσης, μπορούν να εισαχθούν οι μετρήσεις. Για κάθε ομάδα εισάγονται οι μετρήσεις είτε χειροκίνητα, είτε μέσω αρχείων txt (όπως συνήθως προκύπτουν από τους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς) και χαρακτηρίζονται τα σημεία αναγλύφου και τα σημεία των κατασκευών και των τεχνικών έργων (ώστε να συμπεριληφθούν μόνο τα σημεία του αναγλύφου στην τριδιάστατη απεικόνιση).



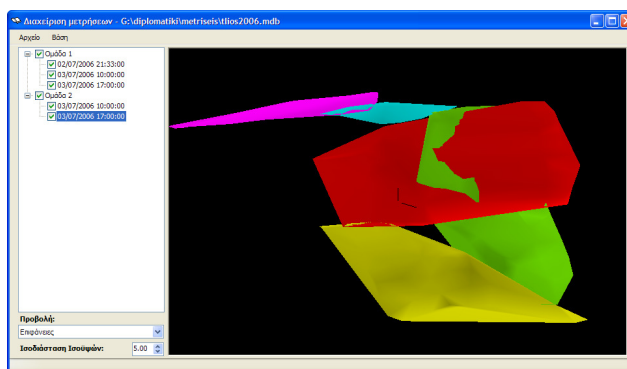
Σχήμα 2: Το κεντρικό περιβάλλον εφαρμογής: (1) Περιοχή μετρήσεων, (2) Περιοχή απεικόνισης, (3) Επιλογές προβολής

Τελικά προκύπτει μία λίστα με το σύνολο των μετρήσεων, κατηγοριοποιημένες ανά ομάδα, που μπορούν να προβάλλονται στην οθόνη ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας τις από τη λίστα. Στην τριδιάστατη απεικόνιση υποστηρίζονται όλες οι απαραίτητες κινήσεις στο χώρο (μετακίνηση -pan-, περιστροφή -rotate- και μεγέθυνση/σμίκρυνση -zoom-). Επομένως, είναι δυνατή η περιήγηση στην ψηφιακή απεικόνιση της υπάρχουσας καταγεγραμμένης πληροφορίας.

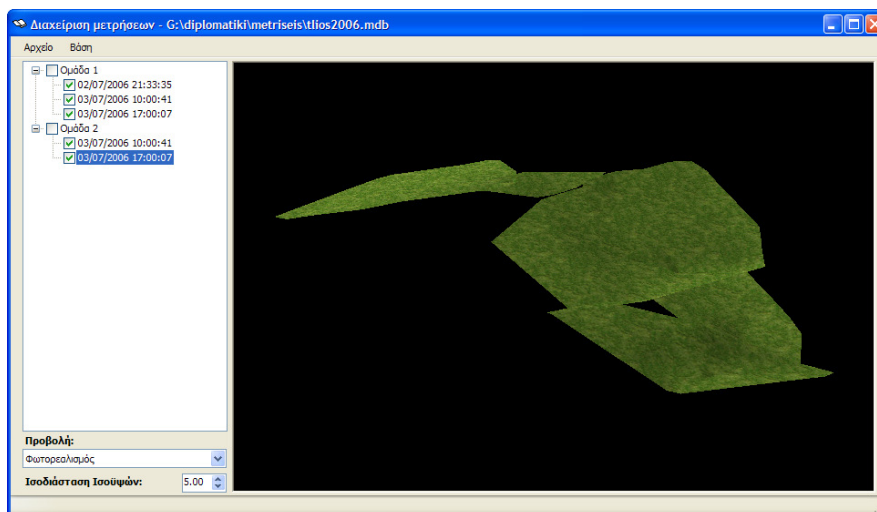
Η απεικόνιση είναι δυνατό να γίνει με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους: σημεία (ισουψείς), τριγωνισμός, χρωματικές επιφάνειες και φωτορεαλισμός. Κάθε ομάδα μετρήσεων μπορεί να αποδοθεί με ξεχωριστή απόχρωση (εκτός από τη φωτορεαλιστική απεικόνιση) ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί η ποιότητα του αποτελέσματος, οι επικαλυπτόμενες περιοχές, τα κενά, κ.α.



Σχήμα 3: Χρήση απεικόνισης σημείων με ισουψείς.



Σχήμα 4: Απεικόνιση με επιφάνειες.



Σχήμα 5: Φωτορεαλιστική απεικόνιση.

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η απεικόνιση με ισουψείς καμπύλες. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα να εντοπισθούν ασυμφωνίες στις ισουψείς επικαλυπτόμενων ή γειτονικών περιοχών.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η απεικόνιση με τη μορφή επιφανειών ανά ομάδα. Εμφανίζονται οι τεμνόμενες επικαλυπτόμενες ή όμορες μετρήσεις, αναδεικνύοντας τα προβλήματα "ασυμφωνίας" υψομέτρων. Παρουσιάζονται καλύτερα και οι "κενές" περιοχές, δηλαδή αυτές που δεν αποτυπώθηκαν.

Στο αντίστοιχο σχήμα 5 παρουσιάζεται η φωτορεαλιστική απεικόνιση η οποία βοηθά στην "αναπαραγωγή" της πραγματικής εικόνας του αναγλύφου και στη διαμόρφωση άποψης για την περιοχή (χρήσιμο για επόμενες μετρήσεις).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε αποτελεί ένα πρότυπο και αποσκοπεί στην ανάδειξη του τρόπου προσέγγισης του ζητήματος της διαχείρισης μετρήσεων.

Οι διαφορετικοί τρόποι απεικόνισης βοηθούν στην εξαγωγή χρησιμων συμπερασμάτων για την περιοχή, την αξιολόγηση της ποιότητας της αποτύπωσης και τη λήψη αποφάσεων για την εξέλιξη των εργασιών.

Το ζητούμενο ήταν η ανάδειξη της γενικής θεώρησης της διαδικασίας καταγραφής και αποθήκευσης των μετρήσεων, προσφέροντας στον υπεύθυνο τα εργαλεία να διαχειρίζεται και να εποπτεύει την πορεία των εργασιών με τον καλύτερο τρόπο.

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής διαπιστώθηκε ότι οι δυνατότητες στην οργάνωση της πληροφορίας είναι εκτεταμένες και τα οφέλη της χρήσης της τριδιάστατης απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο είναι πολλαπλά.

Είναι αξιοσημείωτο, δε, ότι το αντικείμενο της απεικόνισης τριδιάστατων γραφικών έχει σημαντική χρησιμότητα στις γεωδαιτικές εφαρμογές. Η φιλοσοφία αφορά στη διαχείριση σημείων σε ένα ορισμένο σύστημα συντεταγμένων και τη διαδικασία προβολής είτε στην οθόνη ενός υπολογιστή, είτε στο διάγραμμα μίας αποτύπωσης υπό τη μορφή διαγράμματος ή διατομής. Είναι προφανές ότι και τα δύο αυτά πεδία μπορούν να συνυπάρξουν και να αναπτυχθούν περαιτέρω με έναν παράλληλο τρόπο.

Και είναι, πράγματι, άξιο απορίας το γιατί η τεχνολογία των τριδιάστατων γραφικών και του επιστημονικού πεδίου του φωτορεαλισμού (virtualisation) δεν έχουν, ως τώρα, δεισδύσει σε ιδιαίτερο βαθμό στην καθημερινότητα του Τοπογράφου Μηχανικού, αφού επί της ουσίας τα δεδομένα που προκύπτουν από μία εργασία αποτύπωσης είναι τριδιάστατα.

Από τη συνδυασμένη χρήση της επιστήμης των υπολογιστών και της επιστήμης της γεωδαισίας ανακύπτει μία ανάγκη να διαμορφωθεί ένα ενιαίο, προτυποποιημένο πλαίσιο που θα χρησιμεύσει ως οδηγός για την ανάπτυξη του πεδίου αυτού. Αυτό σημαίνει ότι η συνεργασία μεταξύ της επιστήμης των υπολογιστών και της γεωδαισίας πρέπει να καταλήξει σε ένα δεδομένο κοινό κώδικα δεοντολογίας που θα καθορίζει:

1. τα **πρωτόκολλα δεδομένων** που μπορούν να αξιοποιηθούν στη διαδικασία μεταφοράς πληροφορίας αποτύπωσης μεταξύ των διάφορων ηλεκτρονικών συσκευών (πχ., γεωδαιτικός σταθμός → υπολογιστής, γεωδαιτικό GPS → υπολογιστής, γεωδαιτικός σταθμός → γεωδαιτικό GPS)
2. τις **τεχνολογίες μεταφοράς** που μπορούν να ενσωματωθούν στα εργαλεία αποτύπωσης, ή χρησιμοποιούνται ήδη αλλά δεν αξιοποιούνται για το σκοπό της συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (πχ., bluetooth, GPRS).
3. το **περιβάλλον κανόνων** που θα ορίζει μία συγκεκριμένη δομή και ένα δεδομένο τρόπο προσέγγισης των προγραμματισμών όταν επιχειρούν να ασχοληθούν με το αντικείμενο της διαχείρισης μετρήσεων, της αυτοματοποίησης των διαδικασιών που εκτελούνται σε αυτές και της απεικόνισης τους.

Όλα τα παραπάνω, ασφαλώς, χρήζουν εκτενούς μελέτης από την επιστημονική κοινότητα και, κυρίως, από τους ενδιαφερόμενους τομείς που μπορούν να συνεργαστούν για να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες που τους δίνονται να προσεγγίσουν ένα αντικείμενο που, μέχρι σήμερα, αποτελεί χώρο δράσης κυρίως εμπορικών προγραμμάτων, με ανεξάρτητες και ακαθόριστες διαφορετικές προσεγγίσεις που επικαλύπτονται και δεν εξελίσσουν εποικοδομητικά αυτό το αντικείμενο.

Όσον αφορά στις δυνατότητες εξέλιξης αυτής της εφαρμογής, είναι πολλαπλές και τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν είναι δυνατόν να βελτιώσουν σημαντικά την παραγωγικότητα κατά την εκτέλεση μετρήσεων αποτύπωσης μεγάλης έκτασης.

Συγκεκριμένα παρακάτω αναφέρονται ορισμένες προτεινόμενες λειτουργίες που μπορούν να προστεθούν στην εφαρμογή όπως:

- Απεικόνιση κατασκευών, τεχνικών έργων (κτίσματα, τοιχία κλπ.) με χρήση μία τριδιάστατης βιβλιοθήκης αντικειμένων
- Ηλεκτρονικό αυτοσχέδιο πεδίου, που θα καταγράφει την περιγραφή των σημείων ψηφιακά και θα δίνει τη δυνατότητα στο πρόγραμμα να αποδώσει τις απαραίτητες γραμμές και σύμβολα στο τελικό αποτέλεσμα με αυτόματο τρόπο, προσφέροντας έτοιμο το αρχικό υπόβαθρο
- Αποστολή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ώστε τα δεδομένα που συλλέγονται στο πεδίο να αποστέλλονται άμεσα (μέσω σύνδεσης GPRS ή Blue tooth -που υποστηρίζονται από σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς) στον υπολογιστή του εποπτεύοντα ώστε να γίνεται άμεσα η αξιολόγηση της πορείας των εργασιών, ο έλεγχος της πληρότητας της αποτύπωσης και να λαμβάνονται έγκαιρα οι αποφάσεις για την ολοκλήρωση των μετρήσεων.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναγνώστου Κ., "Εισαγωγή στη C# .NET", <http://videogameslab.wordpress.com/2009/01/08/intro-csharp-net/>
- Βιτάλης Σ. (2010), "Διαχείριση τοπογραφικών μετρήσεων πεδίου, κατά την εκπόνηση γεωδαιτικών ασκήσεων, με τρισδιάστατη απεικόνιση", Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ.
- Deloura M. - Boer M. - Budge B. Christenses C. - Dalton P., (2008) "Best of Game Programming Gems", Course Technology Cengage Learning
- Harrison L. T., (2003) "Introduction to Game Engine Design Using DirectX and C#, Apress"
- Λάμπρου, Ε., Πανταζής Γ. (2010), "Εφαρμοσμένη Γεωδαισία", Εκδόσεις Ζήτη, ISBN 978-960-456-205-3.
- Nielsen M. (2006), "Delaunay Triangulation in .NET 2.0", <http://www.sharpgis.net/post/2006/03/09/Delaunay-Triangulation-in-NET-20.aspx>
- Radoi C., (2008) "DXF Library for C#: Sources", <http://github.com/cos/dxflibrary>
- Riemer G., 2003-2008, "Direct X using C#: 3D Series", <http://www.riemers.net>