



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ Σ. ΚΑΤΣΑΛΗΣ

ΟΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ
ESNC ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2018





ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ Σ. ΚΑΤΣΑΛΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 4991

ΟΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ESNC ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας και Φυσικής
Γεωγραφίας

Επιβλέπων

Δρ. Αντώνιος Μουρατίδης , καθηγητής τμήματος γεωλογίας ΑΠΘ

© Παρασκευάς Σ. Κατσάλης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας
Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΟΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ESNC ΚΑΙ Η
ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ– *Διπλωματική Εργασία*

© Paraskevas S. Katsalis, School of Geology, Dept. of Environmental
Geography , 2018

All rights reserved.

THE INNOVATIVE APPLICATIONS OF THE ESNC COMPETITION
AND THEIR USE IN GEOSCIENCES – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Στην παρούσα εργασία μελετώνται κάποιες από τις εφαρμογές του διαγωνισμού ESNC που αφορά τα GNSS και το πώς αυτές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην επιστήμη της γεωλογίας. Τα GNSS παρέχουν μεγάλη ακρίβεια στην εύρεση συντεταγμένων και με την περαιτέρω εξέλιξη τους η ακρίβεια αυτή γίνεται μεγαλύτερη αλλά και ευκολότερα προσβάσιμη. Μια τέτοια εργασία κρίθηκε ενδιαφέρουσα, εξαιτίας της ανάγκης της επιστήμης να χρησιμοποιήσει καινούργιες τεχνολογίες, ώστε να διευκολυνθεί η έρευνα σε πολλούς τομείς. Μελετήθηκαν πέντε εφαρμογές ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, αλλά και τον εκάστοτε τομέα της Γεωλογίας/Γεωεπιστημών, όπου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Μεγάλη χρηστικότητα βρέθηκε σε πιο εφαρμοσμένα κομμάτια της γεωλογίας, καθώς εκεί είναι που υπάρχει και ανάγκη για μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις.

Abstract

The following thesis focuses on some of the applications of the ESNC competition that regards GNSS and how these could be used in the science of Geology/Geoscience. GNSS offer increased geolocation accuracy and with their continuous evolution their accuracy is further enhanced, but also becomes more accessible. The topic of this thesis was deemed intriguing, due to the need of science to use new technologies, in order to boost research in many sectors. Five applications were studied, regarding their way of operation and the sectors of geosciences they could find use in. Great usability was found in the more applied sectors of geology, since they have increased needs in terms of geolocation accuracy in their measurements.



Περίληψη	v
Abstract	v
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2. Στόχος της εργασίας	3
Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές προς μελέτη	5
Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα	15
Βιβλιογραφία	16



Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

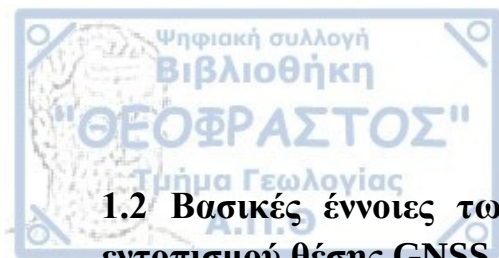
1.1 Ο καινοτόμος διαγωνισμός ESNC



EUROPEAN
SATELLITE NAVIGATION
COMPETITION 2018

Εικόνα ii Λογότυπο του διαγωνισμού, Πηγή: www.esnc.eu

Ο Ευρωπαϊκός Διαγωνισμός Δορυφορικής Πλοήγησης (European Satellite Navigation Competition/ESNC) δημιουργήθηκε το 2004 από την **GSA**, την Ευρωπαϊκή Επιβλέπουσα Αρχή Δορυφορικών Συστημάτων Πλοήγησης, με σκοπό την ανάδειξη καινοτόμων εφαρμογών που χρησιμοποιούν τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems/**GNSS**) με οποιοδήποτε σκοπό. Πρόκειται για έναν ετήσιο διαγωνισμό, όπου εφαρμογές από όλο την κόσμο παρουσιάζονται και αξιολογούνται, με τελικό σκοπό κάποιο έπαθλο ή/και την επενδυτική πρόταση από έναν από τους 140 και πλέον συνεργάτες του διαγωνισμού. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη δέσμευση σχετικά με το θέμα ή το στάδιο εξέλιξης των εφαρμογών. Μόνη προϋπόθεση είναι η αξιοποίηση της τεχνολογίας της δορυφορικής πλοήγησης. Πάνω από 40 χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, συμμετέχουν με ξεχωριστά βραβεία να απονέμονται σε υποψηφιότητες από κάθε χώρα. Τελικός στόχος αυτού του διαγωνισμού είναι η προώθηση της συλλογικής σκέψης, ώστε να τεθούν καινούργια όρια στις τεχνολογίες του διαστήματος.



1.2 Βασικές έννοιες των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης και εντοπισμού θέσης GNSS

Τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης είναι συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εύρεση των συντεταγμένων στην επιφάνεια της Γης ή επάνω από αυτήν, με την χρήση τεχνητών δορυφόρων. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από τρία μέρη:

- Το τμήμα των δορυφόρων, οι οποίοι είναι σε τροχιά γύρω από την Γη.
- Το τμήμα του κέντρου ελέγχου, το οποίο αποτελείται από επίγειους σταθμούς, όπου φιλτράρεται και κατηγοριοποιείται η πληροφορία και με την σειρά της αναπαράγεται στον τελικό αποδέκτη.
- Το τμήμα των χρηστών που μπορεί να είναι κρατικοί ή ιδιωτικοί χρήστες.

Πλέον υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα πλοήγησης όπως τα: GPS (ΗΠΑ), GLONASS (Ρωσία), BeiDou (Κίνα), Galileo (Ευρώπη) και ανάλογα με την περιοχή χρήσης μπορεί να χρησιμοποιείται και διαφορετικό σύστημα ή όλα μαζί συνεργατικά.

Τα GNSS λειτουργούν με την αρχή του τριγωνισμού, δηλαδή με την εύρεση της απόστασης από τρία σημεία (στην προκειμένη περίπτωση τρεις δορυφόρους) – οπότε και είναι δυνατόν να βρεθεί η ακριβής θέση του εκάστοτε δέκτη. Για να βρεθεί η απόσταση ενός επιφανειακού σημείου από έναν δορυφόρο χρησιμοποιείται η βασική αρχή της φυσικής που λέει ότι η απόσταση ισούται με την ταχύτητα επί τον χρόνο. Έτσι, εάν είναι καταμετρηθεί ο χρόνος που κάνει το σήμα να καταφθάσει τον δορυφόρο - και δεδομένου ότι η ταχύτητα των ραδιοκυμάτων είναι γνωστή - τότε μπορεί εύκολα να βρεθεί και η απόσταση.

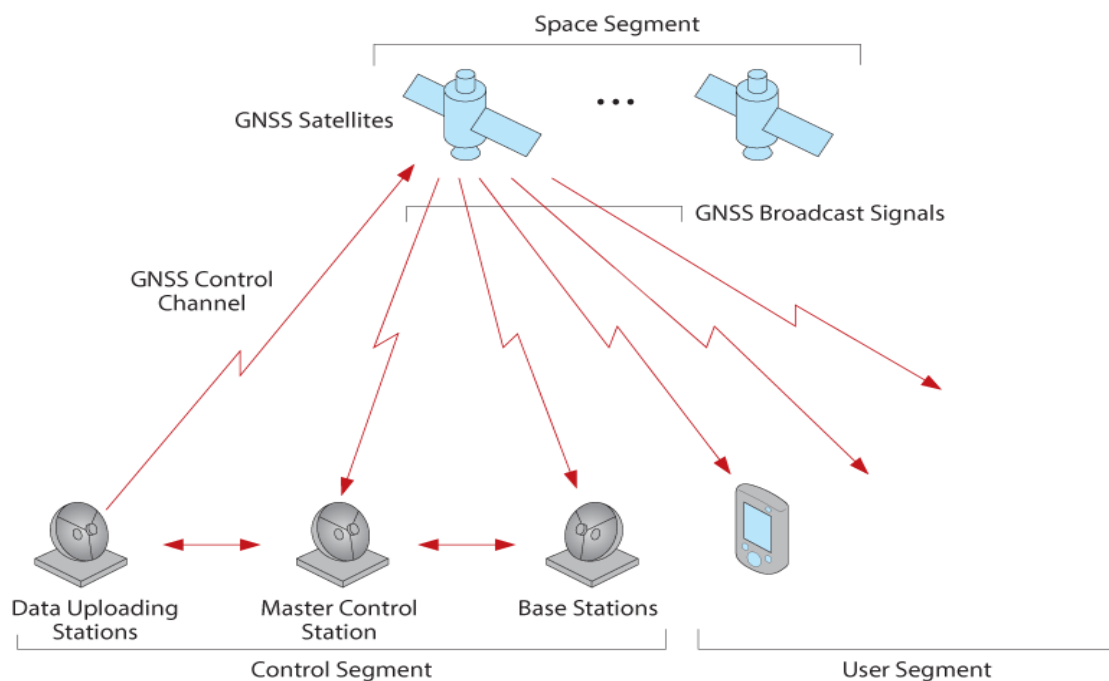


Figure 2 GNSS Segments

Εικόνα iii Τυπική λειτουργία δικτύου GNSS , Πηγή : www.novatel.com

Κεφάλαιο 2. Στόχος της εργασίας

Με την διαρκή εξέλιξη της τεχνολογίας κάθε μέρα μία καινούργια εφεύρεση γεννάται. Θα ήταν πραγματικά αντιπαραγωγικό αλλά και παράλογο να μην βρεθούν χρήσεις για τις καινούργιες αυτές τεχνολογίες στον χώρο της επιστήμης. Πιο συγκεκριμένα, ο τομέας της δορυφορικής πλοήγησης έχει κάνει άλματα από την γέννηση του τις αρχές του 19ου αιώνα μέχρι σήμερα. Η ακρίβεια των δορυφορικών αυτών συστημάτων, ακόμα και για τις συσκευές προσωπικής χρήσης, έχει αυξηθεί ραγδαία. Ο ευρωπαϊκός διαγωνισμός δορυφορικής πλοήγησης (**ESNC**) έχει ως στόχο να αναδείξει εφαρμογές που αφορούν τα GNSS. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής



εργασίας επιλέχθηκε ένας αριθμός εφαρμογών, οι οποίες – ενδεχομένως με κάποιες τροποποιήσεις ή και όχι - θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στις Γεωεπιστήμες. Με την χρήση της τεχνολογίας είναι δυνατόν να μειωθεί κατά πολύ ο παράγοντας του ανθρώπινου λάθους, αλλά και να αυξηθεί η ασφάλεια στις εργασίες πεδίου. Επίσης, με την χρήση των GNSS γίνεται πιο εύκολη η πρόσβαση σε ποιο δυσπρόσιτα σημεία της Γης. Ο τελικός στόχος της εργασίας αυτής είναι να προτείνει λύσεις σε προβλήματα της Γεωλογίας που είναι δύσκολο να λυθούν χωρίς την χρήση της τεχνολογίας.



Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές προς μελέτη

3.1 BimOn!

Το BimOn! είναι μία εφαρμογή που βασίζεται στην ενισχυμένη πραγματικότητα (AugmentedReality/AR), με σκοπό να οπτικοποιήσει μοντέλα τύπου BIM/IFC (Building Information Modeling/Industry Foundation Classes) στο πεδίο χρησιμοποιώντας χωρικά δεδομένα. Η εφαρμογή αυτή με την χρήση μίας κινητής συσκευής κάνει δυνατό τον οπτικό παραλληλισμό στο πεδίο του τελικού αποτελέσματος ενώ παρέχει και την δυνατότητα παρατήρησης από τρίτους σε πραγματικό χρόνο με σκοπό την πρόληψη λαθών ή αστοχιών στο πεδίο.

3.1.1 Το BimOn! στην Τεχνική Γεωλογία

Η τεχνική γεωλογία παίζει μεγάλο ρόλο στην ανέγερση τεχνικών έργων προσφέροντας δεδομένα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι μηχανικοί για την ασφαλή τέλεση του έργου τους. Έχοντας ένα εικονικό περιβάλλον σε μία κινητή συσκευή, ο γεωλόγος θα μπορεί να επιβλέπει το έργο και να προλαμβάνει τυχόν αστοχίες. Με την δημιουργία εικονικών μοντέλων ο επιστήμων θα μπορεί να βλέπει άμεσα τα όρια του έργου και να προλαμβάνει τυχόν λάθη που θα μπορούσαν δυνητικά να προκαλέσουν αστοχίες στο έργο. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή αυτή θα μπορούσε ενδεικτικά να χρησιμοποιηθεί στον κλάδο της τεχνικής γεωλογίας σε δύο κύριους τομείς: την ανέγερση φραγμάτων και την διάνοιξη σιηράγγων.

3.1.1.1 Το BimOn! στην ανέγερση φραγμάτων

Αρχικά, από το στάδιο μελέτης ο γεωλόγος στο πεδίο θα μπορεί να παρατηρήσει την τοποθεσία και το ύψους του φράγματος σε παραλληλισμό με το μοντέλο που έχει στα χέρια του. Έτσι, θα μπορεί να ελέγχει εάν η θέση ανέγερσης του φράγματος είναι η σωστή και αν συνάδει με την γεωλογική έρευνα. Τυχόν αστοχίες θα είναι δυνατόν να προληφθούν με αυτόν τον τρόπο. Εν συνεχεία, καθίσταται δυνατή και με μεγάλη ακρίβεια η επί τόπου παρατήρηση της εκτιμώμενης στάθμης του νερού σε όλο το εύρος



του ταμιευτήρα, με σκοπό την ανεύρεση τυχόν ρηγμάτων, περιβαλλόντων αστάθειας και δυνητικών κατολισθήσεων, καθώς και εισόδων για υπόγεια σπήλαια, από όπου μπορεί να υπάρχουν τυχόν διαφυγές. Με αυτή την διαδικασία ο έλεγχος του ταμιευτήρα γίνεται με μεγαλύτερη ευκολία και εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο.

3.1.1.2 Το BimOn! στην διάνοιξη σηράγγων

Η κύρια δουλειά ενός γεωλόγου κατά την διάρκεια της διάνοιξης σηράγγων είναι να προλαμβάνει τυχόν αστοχίες εξαιτίας των αστάθμητων γεωλογικών παραγόντων. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή αυτή, ο γεωλόγος θα έχει την ικανότητα να βλέπει και να συγκρίνει σε πραγματικό χρόνο την μελέτη με το πραγματικό γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Έτσι θα μπορεί να προλάβει τυχόν αστοχίες σε περίπτωση που αντιληφθεί, ότι η αναμενόμενη γεωλογική ενότητα είναι διαφορετική από αυτή που συναντάται. Μέσω της παρεχόμενης δυνατότητας παρακολούθησης από τρίτους, ο επιβλέπων επιστήμονας θα μπορεί να συμβουλευέται και να κρίνει συλλογικά μαζί με την ομάδα για την πορεία του έργου και τις δράσεις που θα πρέπει να προτείνει ώστε το αποτέλεσμα να είναι το ιδανικό. Το κύριο πρόβλημα στην χρήση αυτής της τεχνολογίας στον υπόγειο τομέα είναι, ότι τα συστήματα δορυφορικής πλοήγησης δεν μπορούν να λειτουργήσουν με ευκολία κάτω από την επιφάνεια της γης. Ένα τέτοιο πρόβλημα όμως είναι εύκολο να λυθεί με τον συνδυασμό εφαρμογών που επιτρέπουν την ακριβή λήψη συντεταγμένων κάτω από την επιφάνεια της γης ή σε κλειστούς χώρους.

3.1.2 Το BimOn! στην Κοιτασματολογία

Όταν πλέον μετά από αρκετές μελέτες έχει ορισθεί το προς εξόρυξη κοίτασμα, ο γεωλόγος είναι πλέον αρκετά βέβαιος για τα όρια του. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή, του δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο εάν το αναμενόμενο συνάδει με το ρεαλιστικό. Με τον τρόπο αυτόθα μπορεί και να αναπροσαρμόζεται η μελέτη με κάθε στάδιο της εξόρυξης, έτσι ώστε στο τέλος να έχει δαπανηθεί όσο το δυνατόν λιγότερος χρόνος με την εξόρυξη του στείρου πετρώματος. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να συμβάλει θετικά και στην μελέτη αποκατάστασης του τοπίου μετά την εξόρυξη, καθώς θα δημιουργηθεί ένα



ακριβέστερο μοντέλο. Η σημαντικότερη ευκολία όμως που παρέχει η εν λόγω εφαρμογή στον τομέα της κοιτασματολογίας έρχεται με την μορφή εξοικονόμησης χρόνου και χρημάτων. Ο χειριστής του σκαπτικού μηχανήματος έχοντας στην διάθεση του ένα μοντέλο της εκσκαφής σε περιβάλλον ενισχυμένης πραγματικότητας θα μπορεί να λειτουργεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και έτσι το έργο θα έχει και μικρότερο χρόνο ανέγερσης αλλά και μεγαλύτερη ασφάλεια. Η χρήση της εφαρμογής αυτής δεν περιορίζεται μόνο σε επιφανειακές εξορύξεις αλλά και σε υπόγειες εάν και μόνο εάν γίνει δυνατή η συνδυαστική χρήση του **BimOn!** με εφαρμογές που επιτρέπουν την ακριβή τοποθέτηση σε υπόγειους χώρους.

3.1.3 Το BimOn! στην Χαρτογράφηση

Μέχρι τώρα η χαρτογράφηση στο ύπαιθρο γινόταν πάνω σε τοπογραφικό χάρτη. Με την βοήθεια της εφαρμογής αυτής κάτι τέτοιο μπορεί να αλλάξει. Ο εκάστοτε γεωλόγος που κάνει την χαρτογράφηση έχει μία γενική ιδέα της περιοχής και του τι θα μπορούσε να περιμένει εκεί από άποψη γεωλογικών σχηματισμών. Χρησιμοποιώντας μία πιο εξελιγμένη μορφή του BimOn! ο επιστήμων θα μπορεί να παραθέτει τις παρατηρήσεις του σε ψηφιακό μοντέλο, βλέποντας και συγκρίνοντας άμεσα τα αποτελέσματα της έρευνάς τους με την πραγματικότητα. Εκμεταλλευόμενος την λειτουργία παρατήρησης από τρίτους, ο γεωλόγος πεδίου θα μπορεί να παραθέτει τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης στους συναδέλφους του στον σταθμό και αυτοί με την σειρά τους να φτιάχνουν με αμεσότητα το απαιτούμενο μοντέλο. Κάτι τέτοιο θα μείωνε κατά πολύ τον χρόνο των γεωλογικών χαρτογραφήσεων καθώς η μορφοποίηση των δεδομένων θα γίνεται ταυτόχρονα με την λήψη αυτών. Επίσης σε περίπτωση λάθους δίνεται η δυνατότητα άμεσης διόρθωσης, χωρίς αυτό να προϋποθέτει επιστροφή στο πεδίο σε άλλη χρονική στιγμή, παρατήρηση, και επαναπροσδιορισμό των γεωλογικών ορίων. Έτσι μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία όπως η γεωλογική χαρτογράφηση θα κάνει τεράστια άλματα όσων αφορά τον χρόνο εκπόνησης της αλλά και την ακρίβεια της.

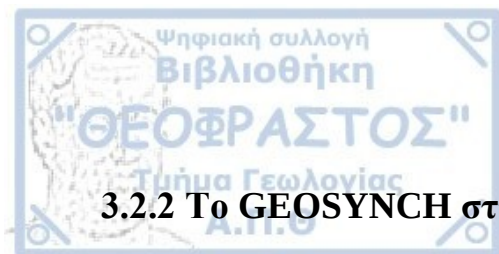


3.2 GEOSYNCH– Seismography using GNSS timing signals

Η εφαρμογή αυτή πήρε μία υπάρχουσα τεχνολογία και την έκανε ακόμα καλύτερη. Η σεισμολογία χρησιμοποιείται για ένα μεγάλο φάσμα γεωλογικών ερευνών, όμως έχει κάποιες δυσκολίες χρήσης. Η εφαρμογή αυτή εξαλείφει πολλές από αυτές και προσφέρει νέα δυναμική στο περιβάλλον της σεισμολογίας, καθώς χρησιμοποιεί σήμα από GNSS για την μέτρηση του ακριβή χρόνου μεταφοράς του κύματος αλλά και της τοποθεσίας. Με τον τρόπο αυτό δεν καθίσταται αναγκαία η χρήση καλωδίων για την σύνδεση των δεκτών. Πλέον η σύνδεση αυτή είναι δυνατόν να λάβει μέρος με την χρήση των GNSS. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου η κλασσική σειсмоγραφία δεν μπορεί να λειτουργήσει όπως δασικές η κατοικημένες περιοχές.

3.2.1 Το GEOSYNCH στην Σεισμολογία

Με την χρήση της εφαρμογής αυτής θα παρέχεται η δυνατότητα λειτουργίας σεισμολογικών σταθμών με μεγαλύτερη ακρίβεια, όσον αφορά τον χρόνο της μέτρησης αλλά και της σύνδεσης τους σε πιο αξιόπιστα δίκτυα. Εξαιτίας της φορητότητας ενός τέτοιου συστήματος, μικροί σεισμολογικοί σταθμοί θα είναι δυνατόν να στήνονται σε περιοχές με αυξημένη σεισμική δράση με σκοπό την παρατήρηση ενός συγκεκριμένου ρήγματος. Σε περίπτωση μεγάλου σεισμού τέτοιοι μικροί σταθμοί παρατήρησης θα μπορούν να ανεγερθούν με μεγάλη ταχύτητα, έχοντας ως στόχο την καλύτερη παρατήρηση των μετασεισμών. Επίσης με την χρήση της εφαρμογής αυτής θα μπορεί να αποτυπώνονται λεπτομερείς εναλλαγές στην τάση που δέχονται τα πετρώματα στο πέρασμα του χρόνου. Ένα τέτοιο δεδομένο βοηθάει στην παρατήρηση ενεργών ρηγμάτων και συμβάλει στις προσπάθειες της πρόβλεψης των σεισμικών γεγονότων.



3.2.2 Το GEOSYNCH στην Ηφαιστειολογία

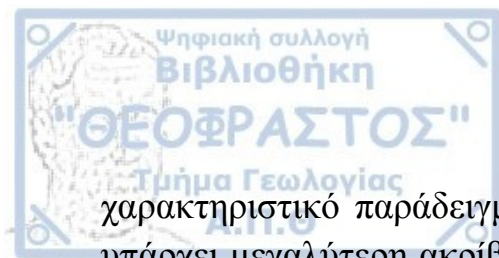
Ένα ενεργό ηφαίστειο, εκτός από την δράση του με την παραγωγή προϊόντων, παρέχει και μεγάλη σεισμική δραστηριότητα η οποία είναι προάγγελος μιας πιθανής έκρηξης. Ένα σύστημα από δέκτες που χρησιμοποιούν την εφαρμογή αυτή και όχι την κλασική μέθοδο θα είναι πολύ πιο εύκολο να στηθεί και να κρατηθεί σε λειτουργία, καθώς τα λειτουργικά έξοδα θα είναι σαφώς μικρότερα, οι δέκτες θα είναι αυτόνομοι και χωρίς κάποιους σταθερούς δεσμούς (καλώδια) με το κέντρο. Κάτι τέτοιο μπορεί να λειτουργήσει ως ένα συμπληρωματικό σειсмоγραφικό δίκτυο γύρω από το ήδη υπάρχον, το οποίο αποτελείται από πλήρως εξοπλισμένους σειсмоγράφους. επίσης, εξαιτίας της ιδιότητας της τεχνολογίας αυτής να μπορεί να παρατηρεί και την σύσταση των υλικών που διαπερνά, ο γεωλόγος θα έχει την δυνατότητα παρατηρώντας το ηφαίστειο να διακρίνει αλλαγές στην σύσταση στο κέντρο αυτού με αποτέλεσμα να μπορεί να προβλέπει τυχόν εκρήξεις με σχετική ακρίβεια.

3.2.3 Το GEOSYNCH στην Κοιτασματολογία

Για την εύρεση κοιτασμάτων η μέθοδος της σεισμολογίας χρησιμοποιείται για αρκετά χρόνια. Με την προσθήκη όμως του **GEOSYNCH**, η διαδικασία αυτή γίνεται ακόμη πιο γρήγορη. Επίσης καθώς τα κοιτάσματα δεν βρίσκονται πάντα σε περιοχές ειδυλλιακές από θέμα πρόσβασης ένα σύστημα σειсмоγραφίας χωρίς την χρήση καλωδίων και με λιγότερα πιθανά μέρη θα ήταν κατάλληλο για αυτές τις περιπτώσεις. Εξαιτίας της ιδιαιτερότητας του συστήματος στο ότι δεν χρειάζεται να βρίσκονται πάντα οι δέκτες σε κάναβο, ένα μεγαλύτερο σε έκταση κάλυψης -καθώς δίχως τον γεωμετρικό περιορισμό των άλλων συστημάτων οι μετρητές μπορούν να τοποθετηθούν σε απόμακρα σημεία- αποτέλεσμα θα βοηθούσε αρκετά στην εξερεύνηση καινούργιων κοιτασμάτων. Έτσι παρέχεται μία πιο σφαιρική άποψη για το προς εξέταση κοίτασμα, καθώς τα όρια του γίνονται πιο σαφή.

3.2.4 Το GEOSYNCH στην Τεχνική Γεωλογία

Η μεγαλύτερη δυσκολία με την οποία έρχεται αντιμέτωπος ένας τεχνικός γεωλόγος είναι η δημιουργία έργων σε αστικό περιβάλλον. Ένα τέτοιο



χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διάνοιξη σήραγγας του μετρό. Για να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στην γεωλογική μελέτη ενός έργου οκάνναβος των γεωτρήσεων δεν είναι αρκετός για να προσφέρει τον μέγιστο συντελεστή ασφάλειας. Έτσι ένα σύστημα σεισμολογίας που δεν χρησιμοποιεί καλώδια είναι πιο ευέλικτο, καθώς μπορεί να τεθεί πίσω από κτήρια χωρίς κανένα πρόβλημα. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται μία ακόμα ομάδα στοιχείων που ο γεωλόγος έχει διαθέσιμα, με απώτερο σκοπό στην προκειμένη περίπτωση την μεγαλύτερη ασφάλεια.

3.3 Drones2GNSS

Η εφαρμογή αυτή βασίζεται στην χρήση Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών / ΣμηΕΑ (Drones), για την καλύτερη ανάλυση περιοχών, όπου τα GNSS δεν έχουν την δυνατότητα ακριβούς κάλυψης. Αποτελείται από τρία μέρη: το drone, έναν μεγάλης ακρίβειας δέκτη GNSS και μια κάμερα/ραντάρ που χρησιμοποιεί ειδικούς στύλους για την ακριβή τοποθέτηση των συνταγμένων κάθε σημείου. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνει τις συντεταγμένες και τις επεξεργάζεται το ίδιο, αυξάνοντας ακόμα παραπάνω την ταχύτητα λειτουργίας του.

3.3.1 Το Drones2GNSS στην Γεωγραφία και Χαρτογράφηση

Το πρώτο πρόβλημα που έρχεται να λύσει αυτή η εφαρμογή είναι η σωστή αποτύπωση ποταμών που διέρχονται μέσα από φαράγγια. Εξαιτίας της δυσκολίας των GNSS να παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα στο συγκεκριμένο χώρο, η χρήση της εφαρμογής αυτής κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη. Το drone θα εισέρχεται μέσα στο φαράγγι και με την χρήση της δικιάς του μεθόδου χαρτογράφησης θα μπορεί να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για την κίνηση του ποταμού αλλά και τους γεωλογικούς σχηματισμούς, δίχως να τίθεται σε αυξημένο κίνδυνο μία ομάδα από γεωλόγους σε απόμακρα σημεία με μεγάλο κόπο και αυξημένο κίνδυνο λαθών.

Το δεύτερο πρόβλημα είναι η χαρτογράφηση σε απότομες πλαγιές. Εξαιτίας της κλίσης και μόνο μερικών γεωλογικών σχηματισμών είναι αδύνατον από ένα γεωλόγο να του προσεγγίσει με σκοπό την χαρτογράφηση αυτών. Εδώ



το **Drones2GNSS** θα μπορεί να παρέχει μία μορφή βοήθειας, καθώς δύναται να προσεγγίζει μέσω αέρος τα σημεία ενδιαφέροντος, δίνοντας στον γεωλόγο μία πιο κοντινή ματιά στο σχηματισμό.

3.3.2 Το Drones2GNSS στην Ηφαιστειολογία

Όταν ένα ηφαίστειο εκρήγνυται και εφόσον το μάγμα του είναι όξινης συστάσεως, παράγει βίαιες εκρήξεις. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία τεράστιων στηλών με τοξικά αέρια, τα οποία εμποδίζουν κάθε μορφή τηλεπικοινωνίας που χρησιμοποιεί του δορυφόρους, καθώς στην ατμόσφαιρα, εξαιτίας των πρόσθετων συστατικών, δημιουργούνται ηλεκτρικές καταιγίδες. Όμως, μετά από μία τέτοια έκρηξη, το τοπίο γύρω από το ηφαίστειο αλλάζει ραγδαία και η ανάγκη για την γρήγορη μελέτη αυτού είναι επιτακτική, καθώς τα πρώτα αυτά στοιχεία είναι που προσφέρουν στην γεωλογία περαιτέρω γνώσεις για την δράση των ηφαιστείων. Έτσι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογίες αιχμής θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμη βοήθεια. Το **Drones2GNSS** είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε αυτές τις περιπτώσεις, με σκοπό να προσεγγισθεί το ηφαίστειο και να γίνει μία εκτενής χαρτογράφηση των αλλαγών που έλαβαν μέρος, δίχως να τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη ζωή και παρέχοντας ταυτόχρονα αξιόπιστα αποτελέσματα. Έτσι, έχοντας ένα πρώιμο μοντέλο των αλλαγών που έγιναν στο περιβάλλον, μπορεί πιο εύκολα να προβλεφθεί η μετέπειτα συμπεριφορά του ηφαιστείου για την αύξηση της ασφάλειας των ανθρώπων των γύρω περιοχών.

3.3.3 Το Drones2GNSS στην σπηλαιολογία

Το κομμάτι των σπηλαίων είναι ένας κατ' εξοχήν τομέας, όπου η χαρτογράφηση είναι δύσκολη και επικίνδυνη. Εδώ η συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί αυτόνομα και χωρίς την ανάγκη ρίσκου ανθρώπινης ζωής να εισέλθει σε ένα σπήλαιο και να αρχίσει να το χαρτογραφεί. Έχει την δυνατότητα να περνάει από δύσκολα και δυσπρόσιτα σημεία που θα ήταν αδύνατο να περάσει κάποιος άνθρωπος, παρέχοντας ακόμα περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το υπό μελέτη σπήλαιο. Χάρη σε αυτήν την τεχνολογία η μελέτη κοιλοτήτων κάτω από την επιφάνεια της Γης γίνεται ασφαλέστερη και ταχύτερη.



3.4 G-WaLe

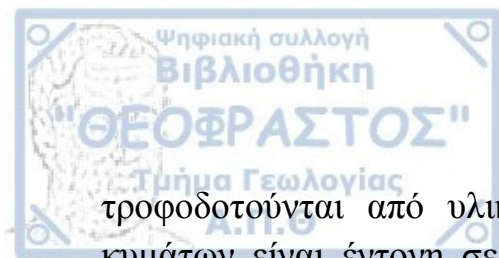
Η εφαρμογή αυτή αποτελείται από πλωτές συσκευές, οι οποίες είναι ικανές να προσμετρούν αυξομειώσεις στην στάθμη χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες ύψους που παρέχονται από τα GNSS. Είναι μεγάλης ακρίβειας και μπορούν να παρέχουν λεπτομέρειες για την κίνηση των υδάτων σε πραγματικό χρόνο, με σκοπό την παρατήρηση αυξομειώσεων σε αυτά. Ως πρωταρχικό πεδίο χρήσης, η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει τους ποταμούς, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε μορφή υδάτινου όγκου. Εξαιτίας του μεγάλου πλήθους τέτοιων μικρών συσκευών που παρακολουθούν τη στάθμη, δημιουργείται ένα μεγάλο δίκτυο που μπορεί να στοχεύει ακόμα και στις μικρότερες αλλαγές στην στάθμη και με την επεξεργασία των στοιχείων αυτών να γίνονται προβλέψεις για καταστροφές ή αλλαγές στα γεωλογικά- υδρογεωλογικά μοντέλα της κάθε περιοχής.

3.4.1 Το G-WaLe στην Γεωγραφία

Η χρήση της εφαρμογής αυτής στον τομέα της Φυσικής Γεωγραφίας είναι και μία από τις προτεινόμενες χρήσεις της. Δημιουργώντας έναν κানাβο σε ένα σύστημα ποταμών, είναι δυνατή η παρακολούθηση τους με μεγάλη ακρίβεια. Γίνεται συνεχής αναφορά στις διαφοροποιήσεις των επιπέδων του νερού στους εκάστοτε κλάδους ενός ποταμού, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα πρόβλεψης πλημμυρικών γεγονότων. Επίσης γεμίζοντας ένα ποτάμιο σύστημα με αυτές τις μικρές πλωτές συσκευές μπορούν να ληφθούν μετρήσεις σχετικά με την ροή του ποταμού στην διάρκεια ενός έτους, με στόχο την καλύτερη χρήση αυτού για ανθρώπινες δραστηριότητες.

3.4.2 Το G-WaLe στην Ωκεανογραφία

Με κάποιες μικρές αλλαγές στις συσκευές καταγραφής της εφαρμογής αυτής θα επέλθει η δυνατότητα χρήσης αυτής και σε ανοιχτά ύδατα, όπως θάλασσες και ωκεανούς. Με την συνεχή μέτρηση της στάθμης της θάλασσας μπορούν να μελετηθούν οι διακυμάνσεις που τυχόν να υπάρχουν από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα και με την περίοδο του χρόνου που διανύεται. Έτσι, μεταξύ άλλων θα μπορέσουν να εξαχθούν στοιχεία για την δράση της θαλάσσιας διάβρωσης σε ακτές και αν αυτές με την σειρά τους



τροφοδοτούνται από υλικά η διαβρώνονται, καθώς εάν η δράση των κυμάτων είναι έντονη σε μία περιοχή η διάβρωση θα είναι μεγαλύτερη. Γνωρίζοντας για την εντονότερη διάβρωση σε μία περιοχή είναι δυνατόν να προβλεφθεί και η εξέλιξη της περιοχής αυτής με την πάροδο του χρόνου.

Άλλη μία χρήση που θα μπορούσε να έχει η εφαρμογή αυτή στον τομέα της ωκεανογραφίας είναι η παρακολούθηση των θαλάσσιων ρευμάτων. Οι συσκευές αυτές, με μικρές τροποποιήσεις έτσι ώστε να μπορούν να κάνουν και μετρήσεις οριζόντιων κινήσεων, θα μπορούν να παρατηρούν τη δράση και την ένταση των ρευμάτων. Κάτι τέτοιο θα ωφελήσει κατά πολύ τον κλάδο την ωκεανογραφίας, καθώς με την συνεχή παρατήρηση μπορούν να εξέλθουν αποτελέσματα για την δράση και κίνηση των θαλάσσιων ρευμάτων παγκοσμίως στην διάρκεια του χρόνου.

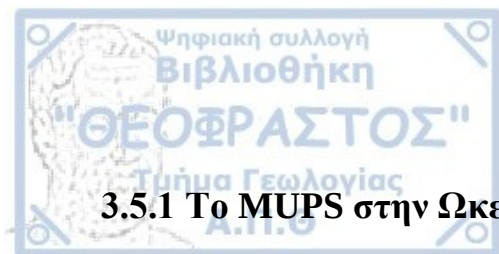
Τέλος θα παρέχεται η δυνατότητα για τον έγκαιρο εντοπισμό παλιρροϊκών κυμάτων που οδεύουν προς τις ακτές

3.4.3 Το G-WaLe στην Μετεωρολογία

Η χρήση που μπορεί να έχει μία εφαρμογή που βασίζεται στην μέτρηση της στάθμης του νερού σχετίζεται με το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων, παρατηρούνται αύξηση της στάθμης της θάλασσας και κατά πολύ εντονότεροι κυματισμοί. Κάνοντας λοιπόν χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής, η έγκαιρη αναγνώριση ραγδαίων καιρικών φαινομένων θα γίνεται πιο εύκολα, καθώς θα παρέχεται ένα ακόμη στοιχείο για την παρατήρηση τους.

3.5 MUPS

Η εφαρμογή αυτή αφορά ένα σύστημα υποθαλάσσιου εντοπισμού θέσης, που χρησιμοποιεί τις συντεταγμένες ενός γνωστού σημείου αναφοράς πάνω από την επιφάνεια του νερού και εν συνεχεία, μέσω ενός υποθαλάσσιου πομπού, βρίσκει την σχετική θέση αυτού με το σημείο αναφοράς. Έτσι, με αναγωγή των συντεταγμένων, η υποθαλάσσια εύρεση σημείων γίνεται ακόμα πιο εύκολη και προσιτή. Χαρακτηριστικό αυτής της εφαρμογής είναι η ευκολία δράσης της, καθώς δεν αποτελείται από πολύπλοκα συστήματα και είναι άκρως φορητή.



3.5.1 Το MUPS στην Ωκεανογραφία

Οι ωκεανοί της Γης παραμένουν ένα ευρέως ανεξερευνήτο κομμάτι, καθώς μέχρι τώρα η έγκυρη χαρτογράφηση ήταν ένα δύσκολο εγχείρημα, εξαιτίας της δυσκολίας της ανεύρεσης της θέσης ενός σημείου κάτω από το νερό. όμως, με την χρήση αυτής της εφαρμογής, μπορούν να τοποθετηθούν συντεταγμένες σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος μέσα στον βυθό με στόχο τη χαρτογράφηση αυτού. Αξίζει να σημειωθεί, πως αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μεγάλες λίμνες, απομονωμένες θάλασσες κλπ.

3.5.2 Το MUPS στην Σπηλαιολογία

Η εφαρμογή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή χαρτογράφηση υποθαλάσσιων σπηλαίων, χωρίς να μπαίνει σε κίνδυνο η ανθρώπινη ζωή. Με την εύρεση της σχετικής θέσης ενός τηλεκατευθυνόμενου υποβρυχίου είναι δυνατόν να γίνει μία πλήρης χαρτογράφηση ενός υποθαλάσσιου σπηλαίου, δίχως την πραγματική ανάγκη εισχώρησης σε αυτό ανθρώπινου δυναμικού.

Με το ίδιο σκεπτικό, η εφαρμογή αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και εκτός του θαλάσσιου όγκου σε ένα στεγανό σπηλαίο, καθώς η χαρτογράφηση σε αυτά δεν μπορεί να γίνει με την χρήση απόλυτων συντεταγμένων επειδή οι δέκτες σήματος GNSS δεν λειτουργούν κάτω από την επιφάνεια της Γης.



Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

Η γεωλογία είναι μία επιστήμη ,η οποία σε πολλά κομμάτια της δεν βασίζεται στους απόλυτους αριθμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τεχνολογία των GNSS να μην βρίσκει αρκετές χρήσεις στους κλασσικούς τομείς της επιστήμης αυτής. όμως, σε πιο εφαρμοσμένους κλάδους η ακριβέστερη γνώση των συντεταγμένων είναι απολύτως απαραίτητη για να αποφεύγονται λάθη, να αυξάνεται η ανθρώπινη ασφάλεια και να παράγονται πιο έγκυρα αποτελέσματα. Οι πέντε εφαρμογές που ερευνήθηκαν ενέχουν εν δυνάμει εφαρμογές σε πιο πρακτικούς τομείς, όπως η Τεχνική Γεωλογία και η Κοιτασματολογία, ενώ αρκετές δυνητικές εφαρμογές εντοπίζονται σε τομείς όπως η Γεωγραφία, Ωκεανογραφία, Σπηλαιολογία και Μετεωρολογία. Από την ως άνω προκαταρκτική διερεύνηση προκύπτει, πως η χρήση των νέων τεχνολογιών στις Γεωεπιστήμες δίνει τη δυνατότητα για νέες μεθόδους έρευνας και την αύξηση των στοιχείων που λαμβάνονται από την ύπαιθρο, μειώνοντας τις τυχόν φορές που ο γεωλόγος θα χρειαστεί να επιστρέψει στο ίδιο σημείο για περαιτέρω μετρήσεις. επίσης, η χρήση αυτών των τεχνολογιών και εφαρμογών δύναται να βοηθήσει στην έγκαιρη πρόβλεψη φυσικών καταστροφών, αυξάνοντας έτσι την συνολική ασφάλεια του ανθρώπινου πληθυσμού. Αξίζει να σημειωθεί,όμως, ότι οι εφαρμογές αυτές δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες στην πλειοψηφία τους, αλλά κρίνεται αναγκαίος ένας βαθμός τροποποίησης, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον κάθε κλάδο.



Αστάρας Θ., Οικονομίδης Δ., Μουρατίδης Α. (2011). Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Θεσσαλονίκη: Δίσιγμα.

Awange, J. (2012). Environmental Monitoring using GNSS Global Navigation Satellite Systems . Berlin Heidelberg: Springer.

Βουδούρης Κ. (2014). Εκμετάλλευση και διαχείριση υπογείου νερού. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Carmigniani J., Furht B., Anisetti M., Ceravolo P., Damiani E., Ivkovic M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. Multimedia Tools and Applications (51), σσ.341-377.

Green D. (2010). Coastal and Marine Geospatial Technologies. Dordrecht: Springer.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger, H., Wasle, E. (2008). GNSS: Global Navigation Satellite Systems - GPS, Glonass, Galileo, and More. Vienna: Springer.

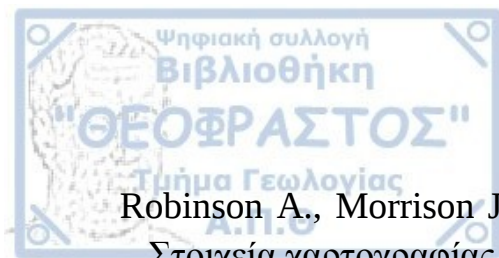
Jin S., Cardellach E., Xie F.,. (2014). GNSS Remote Sensing : Theory, Methods and Applications . Dordrecht : Springer.

Larson K. (2008). GPS seismology. Journal Of Geodesy (83), σσ. 227-233.

Μιχαηλίδης Κ., Βαβελίδης Μ., Φιλλιπίδης Α. (2013). Σημειώσεις Κοιτασματολογίας Ι. Θεσσαλονίκη: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.

Παπαζάχος Β., Καρακαΐσης Γ., Χατζηδημητρίου Π. (2005). Εισαγωγή στη σεισμολογία. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.

Παπαζάχος Β., Παπαζάχος Κ. (2013). Εισαγωγή στη γεωφυσική. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.



Robinson A., Morrison J., Muehrcke P., Kimerling A., Guptill C. (2002).
Στοιχεία χαρτογραφίας. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.

Τρανός Μ. (2012). Γεωλογικές χαρτογραφήσεις. Θεσσαλονίκη: University
Studio Press.

Wei Quan, Jianli Li, Xiaolin Gong, Jiancheng Fang. (2015).
INS/CNS/GNSS Integrated Navigation Technology. Berlin, Heidelberg:
Springer.

Διαδίκτυο

- 1) www.esnc.eu
- 2) www.faa.gov
- 3) www.onsitebim.com
- 4) www.spacegeomatica.com
- 5) www.gsa.europa.eu