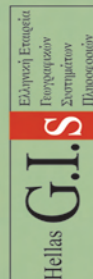
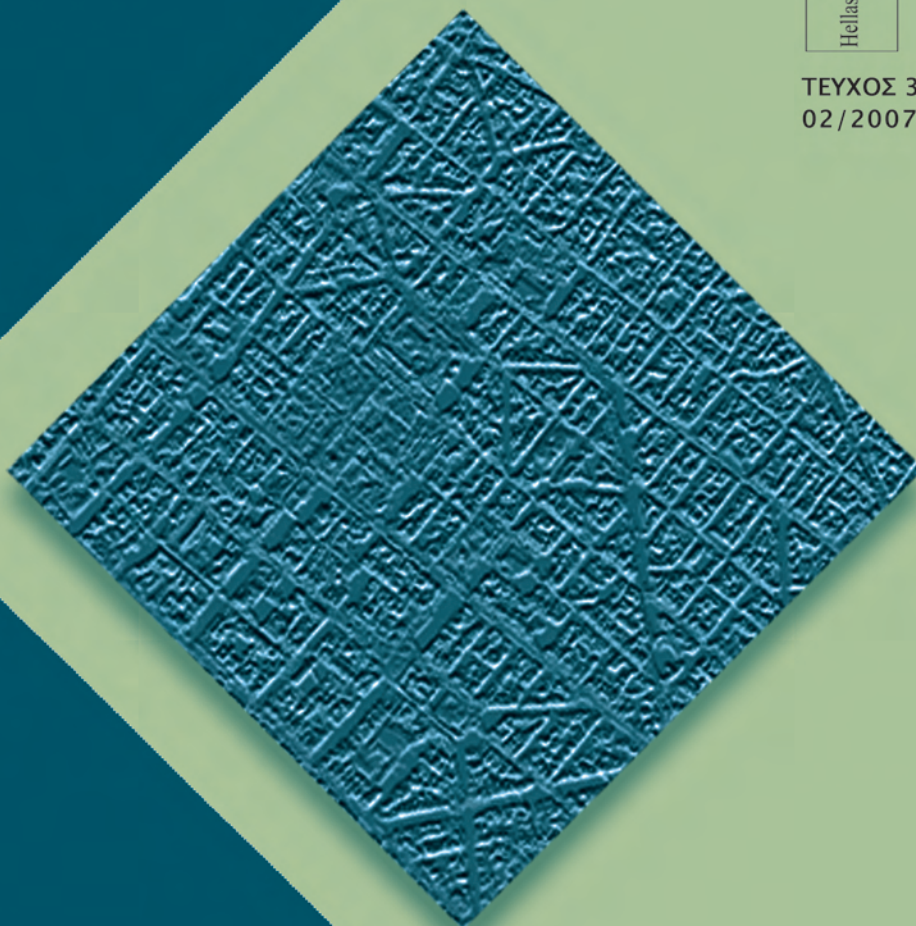


ενημερωτικό δελτίο της ελληνικής εταιρείας γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών



ΤΕΥΧΟΣ 3
02/2007



ΕΝΤΥΠΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΑΡ. ΑΔΕΙΑΣ 1961/05 ΚΕΜΠΙΑ

γεωανάλεκτα

Συλλογή Χωρικών Δεδομένων στον Ελλαδικό Χώρο με Αυτόνομο Εντοπισμό GPS και χρήση του EGNOS

Μιχάλης Γιαννίου

Δρ. Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός

Τον Ιούλιο του 2006 ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA: European Space Agency) ότι ολοκληρώθηκε για το EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) η περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας του (ESTB: EGNOS System Test Bed) και ότι ξεκινά η φάση της επιχειρησιακής λειτουργίας του συστήματος [3]. Με αυτή την αφορμή, το παρόν άρθρο περιγράφει συνοπτικά τις δυνατότητες χρήσης του EGNOS και διερευνά τη σημερινή κατάσταση σε σχέση με τη σκοπιμότητα χρήσης του σε εφαρμογές συλλογής χωρικών δεδομένων στον ελλαδικό χώρο με αυτόνομο στατικό εντοπισμό, σε εφαρμογές δηλαδή με απαιτήσεις ακρίβειας λίγων μέτρων.

➔ Συνοπτική περιγραφή του συστήματος

Το EGNOS είναι ένα Δορυφορικό Σύστημα Εκπομπής Διορθωτικών Σημάτων GNSS, το οποίο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αποτελεί την ευρωπαϊκή εκδοχή του αμερικάνικου συστήματος WAAS (Wide Area Augmentation System). Αντίστοιχα με το WAAS, το EGNOS εκπέμπει μέσω γεωστατικών δορυφόρων ειδικά σήματα τα οποία εξασφαλίζουν την αξιοπιστία των σημάτων GPS και GLONASS και αυξάνουν την ακρίβεια του αυτόνομου εντοπισμού με χρήση αυτών των σημάτων [1].

➔ Επεκτάσεις του EGNOS: EGNOS TRAN και SISNeT

Τα Δορυφορικά Σύστημα Εκπομπής Διορθωτικών Σημάτων που, όπως το EGNOS, εκπέμπουν από γεωστατικούς δορυφόρους παρουσιάζουν μία αδυναμία όταν χρησιμοποιούνται σε περιοχές που απέχουν από τον Ισημερινό. Καθώς οι γεωστατικοί δορυφόροι βρίσκονται στο επίπεδο του Ισημερινού, όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, τόσο πιο εύκολα εμποδίζεται η λήψη του σήματος από το ανάγλυφο του εδάφους, δέντρα, κτίρια κλπ.

Για να ξεπεραστούν οι δυσχέρειες αυτές, η ESA ανέπτυξε αρχικά το EGNOS TRAN (EGNOS Terrestrial Regional Augmentation Network). Το σύστημα αυτό στηρίζεται στην εκπομπή των σημάτων των γεωστατικών δορυφόρων από επίγειους πομπούς [1]. Στην ίδια λογική κινείται και το νεότερο σύστημα SISNeT, όπου εδώ όμως χρησιμοποιείται ως μέσο διάδοσης των διορθωτικών σημάτων το INTERNET [2]. Οι αρχικές δοκιμές της λειτουργίας του SISNeT έγιναν τον Αύγουστο του 2001 και από το Φεβρουάριο του 2002 τα σήματα είναι προσβάσιμα μέσω του INTERNET. Για τη χρήση των σημάτων απαιτείται κωδικός χρήστη, η χορήγηση του οποίου γίνεται χωρίς χρέωση [6].

➔ Σκοπιμότητα χρήσης του EGNOS στον αυτόνομο εντοπισμό

Οι περισσότεροι σύγχρονοι δέκτες GPS χειρός έχουν τη δυνατότητα λήψης και αξιοποίησης των σημάτων του EGNOS, όπως αυτά εκπέμπονται από τους γεωστατικούς δορυφόρους, χωρίς να χρειάζεται οποιαδήποτε τροποποίηση ή επέκταση. Η δυνατότητα αυτή υλοποιείται μέσω μίας λειτουργίας που καλύπτει τόσο το WAAS όσο και το EGNOS και συνήθως αναφέρεται ως «WAAS/EGNOS». Αυτό που ενδιαφέρει το χρήστη είναι να γνωρίζει ποια είναι η συμβολή της λειτουργίας αυτής στη βελτίωση της ακρίβειας. Το ερώτημα αυτό αποκτά μεγαλύτερη σημασία καθώς τα στοιχεία που έχει συνήθως στη διάθεσή του ο χρήστης σχετικά με την ακρίβεια του αυτόνομου εντοπισμού παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, όπως ενδεικτικά καταγράφεται στον πίνακα 1. Επιπλέον, μερικοί δέκτες GPS χειρός παρέχουν δυνατότητα απενεργοποίησης της λήψης σημάτων WAAS/EGNOS και έτσι ο χρήστης καλείται να αποφασίσει εάν πρέπει να χρησιμοποιήσει το EGNOS για τις ανάγκες της εφαρμογής του.

Επίσημα στοιχεία της ESA
“EGNOS will significantly improve the GPS services, in terms of accuracy (form a typical performance of 20 meters to 1-2 meters)” [5].
Εγχειρίδιο λειτουργίας δέκτη GPS χειρός (Δέκτης 1)
<u>Accuracy</u>
<7 m, 95% 2D RMS
<3 m, 95% 2D RMS w/WAAS/EGNOS
Εγχειρίδιο λειτουργίας δέκτη GPS χειρός (Δέκτης 2)
<u>GPS Accuracy</u>
Position: < 15 m, 95% typical (Subject to accuracy degradation to 100m 2DRMS under the U.S. DoD imposed Selective Availability (SA) Program)
<u>DGPS Accuracy</u>
Position: 3-5 meters, 95% typical (with optional Beacon Receiver input)

Πίνακας 1: Στοιχεία ακρίβειας εντοπισμού με το EGNOS σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της ESA και τα εγχειρίδια λειτουργίας δύο διαδεδομένων δεκτών GPS χειρός πρόσφατης κατασκευής με δυνατότητα WAAS/EGNOS.

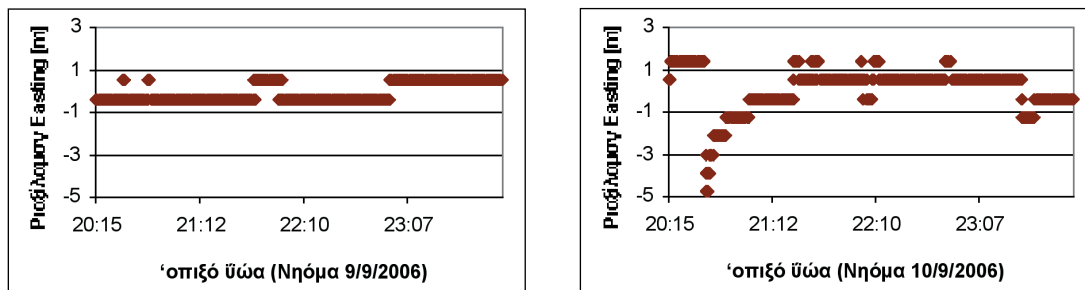
➔ Ανάλυση μετρήσεων πεδίου

Το θέμα της ακρίβειας των τεχνικών GPS είναι ιδιαίτερα σύνθετο και κάθε σχετική προσέγγιση πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα επεξεργασίας μετρήσεων που έγιναν με δέκτη GPS χειρός μεταξύ 3.1.8 και 10.9.2006 σε δύο σημεία στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Προκειμένου να είναι συγκρίσιμα τα δεδομένα διαδοχικών ημερών, οι μετρήσεις σε κάθε σημείο πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο διάστημα της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα δεν οφείλονται σε διαφορές της γεωμετρίας των παρατηρούμενων δορυφόρων. Βέβαια το γεγονός της επαναλαμβανόμενης γεωμετρίας των δορυφόρων δεν αρκεί για να διασφαλίσει ότι οι μετρήσεις είναι άμεσα συγκρίσιμες. Υπάρχει ένα πλήθος παραγόντων, όπως ατμοσφαιρικές συνθήκες και τοπικά φαινόμενα στην περιοχή του δέκτη, τα οποία μπορούν να διαφοροποιήσουν σημαντικά τις συνθήκες μετρήσεων διαδοχικών ημερών [4].

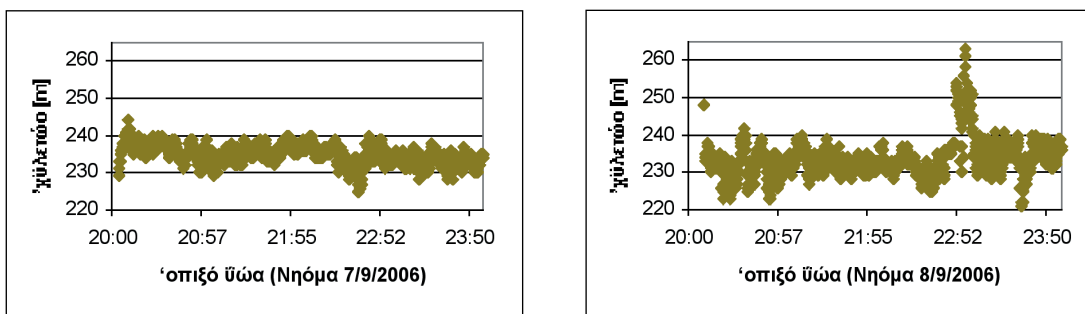
Για το λόγο αυτό έγινε εκτενής ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων, η οποία επέτρεψε την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα διαγράμματα που ακολουθούν περιγράφουν ενδεικτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν. Οι μετρήσεις έγιναν μεταξύ 4.9 και 10.9.2006 με ένα πρόσφατο μοντέλο δέκτη χειρός, κόστους της τάξης των 200€, με δυνατότητα απενεργοποίησης της λειτουργίας WAAS/EGNOS (πρόκειται για το δέκτη 2 του πίνακα 1). Στόχος της ακόλουθης ανάλυσης των μετρήσεων είναι να γίνει μία πρώτη προσέγγιση στο θέμα της συμβολής του EGNOS στην ακρίβεια του αυτόνομου εντοπισμού. Μία διεξοδική ανάλυση του θέματος ξεφεύγει από το σκοπό του παρόντος άρθρου, καθώς απαιτεί πολλαπλάσιο όγκο μετρήσεων και αντίστοιχα εκτενέστερη ανάλυση δεδομένων.

Στις εικόνες 1 και 2 δίνονται αποτελέσματα επεξεργασίας μετρήσεων που έγιναν μεταξύ 7.9 και 10.9.2006 στο πρώτο σημείο. Το σημείο προσφέρει ελεύθερο ορίζοντα και περιβάλλον χωρίς αισθητές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Αν και οι ακριβείς συντεταγμένες του σημείου δεν ήταν γνωστές, ώστε να μπορούν να υπολογιστούν απόλυτες τιμές σφαλμάτων, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι χρονικές διακυμάνσεις των συντεταγμένων. Στα διαγράμματα της εικόνας 1 δίνονται οι διακυμάνσεις κατά Easting γύρω από τη μέση τιμή του τετραώρου των μετρήσεων κάθε διαγράμματος. Είναι αισθητή η μεγαλύτερη διακύμανση των τιμών όταν είναι ενεργοποιημένη η λειτουργία WAAS/EGNOS, γεγονός που σημαίνει ότι η χρήση WAAS/EGNOS δεν μπορεί να εγγυηθεί πάντοτε ακρίβεια καλύτερη από 5 m.

Παρόμοια είναι και τα διαγράμματα που προέκυψαν, αλλά δεν παρτίθενται, για τις διακυμάνσεις κατά Northing. Στα διαγράμματα της εικόνας 2 δίνονται οι διακυμάνσεις της τιμής του υψομέτρου. Σε αντιστοιχία με τις οριζόντιες συντεταγμένες, κατά τη χρήση WAAS/EGNOS υπάρχουν σημαντικά χρονικά διαστήματα όπου το υψόμετρο προσδιορίζεται με σημαντικό συστηματικό σφάλμα. Σημειώνεται ότι στα διαγράμματα των εικόνων 1 και 2 δε φαίνονται τα στοιχεία των πρώτων λεπτών των μετρήσεων από την ενεργοποίηση του δέκτη μέχρι τη σταθεροποίηση του παρεχόμενου στίγματος. Κατά τη διάρκεια των λίγων αυτών λεπτών η παρεχόμενη ακρίβεια είναι μειωμένη ανεξαρτήτως της χρήσης WAAS/EGNOS, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στα διαγράμματα της εικόνας 4.

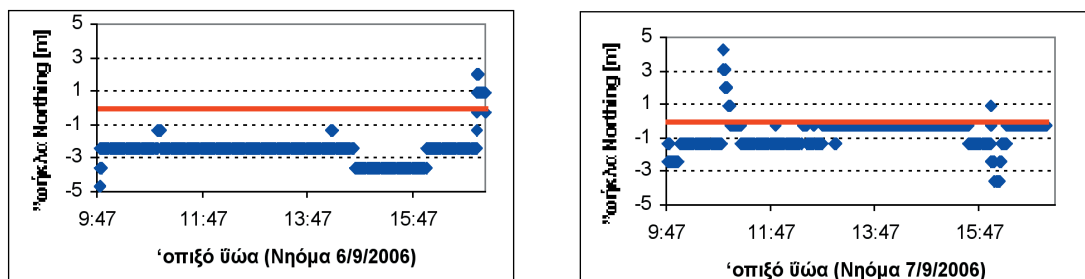


Εικόνα 1: Διακύμανση της τετμημένης «Easting» γύρω από τη μέση τιμή με απενεργοποιημένη (αριστερά) και ενεργοποιημένη (δεξιά) τη χρήση WAAS/EGNOS.

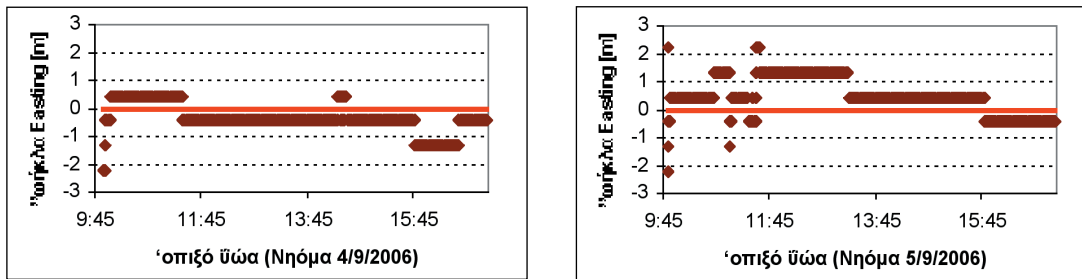


Εικόνα 2: Διακύμανση του υψομέτρου με απενεργοποιημένη (αριστερά) και ενεργοποιημένη (δεξιά) τη χρήση WAAS/EGNOS.

Στις εικόνες 3 και 4 δίνονται αποτελέσματα επεξεργασίας μετρήσεων που έγιναν μεταξύ 4.9 και 7.9.2006 στο δεύτερο σημείο. Ο ορίζοντας στο σημείο αυτό είναι ελεύθερος στο μεγαλύτερο μέρος του με εξαίρεση μια περιορισμένη έκταση προς το Νότο, όπου υπάρχει μία μεταλλική κατασκευή. Η κατασκευή αυτή δεν παρεμποδίζει τη λήψη σημαντικού αριθμού δορυφόρων, εκτιμάται όμως ότι μπορεί να επηρεάζει τη λήψη των σημάτων (π.χ. φαινόμενο πολλαπλών διαδρομών σήματος). Η χρήση του σημείου αυτού επιτρέπει τον υπολογισμό του σφάλματος εντοπισμού (οι ακριβείς συντεταγμένες είναι γνωστές στο σύστημα του GPS) και μάλιστα σε ένα μη ιδανικό περιβάλλον, όπως είναι συνήθως το περιβάλλον της καθημερινής πρακτικής. Στα διαγράμματα της εικόνας 3 δίνονται τα σφάλματα κατά Northing για το οχτάωρο των μετρήσεων κάθε διαγράμματος. Όταν είναι ενεργοποιημένη η χρήση WAAS/EGNOS παρατηρούνται γενικά μικρότερες αποκλίσεις από την πραγματική τιμή. Είναι σημαντικό όμως ότι υπάρχουν και χρονικά διαστήματα της τάξης των 10 λεπτών, όπου καταγράφονται μετρήσεις με συστηματικό σφάλμα, αισθητά μεγαλύτερο από τη μέση τιμή σφάλματος. Στα διαγράμματα της εικόνας 4 δίνονται τα σφάλματα κατά Easting για τα οχτάωρα των μετρήσεων δύο άλλων ημερών. Σε αντιστοιχία με τις τιμές κατά Northing, κατά τη χρήση WAAS/EGNOS υπάρχουν σημαντικά χρονικά διαστήματα όπου το συστηματικό σφάλμα είναι αισθητά μεγαλύτερο από τη μέση τιμή σφάλματος. Τέλος, στις εικόνες 3 και 4 φαίνονται, σε αντίθεση με τις εικόνες 1 και 2, και τα στοιχεία των πρώτων λεπτών των μετρήσεων από την ενεργοποίηση του δέκτη μέχρι τη σταθεροποίηση του παρεχόμενου στίγματος. Είναι φανερό στις τρεις από τις τέσσερις αυτές εικόνες, ότι απαιτείται ένα διάστημα 2-3 λεπτών μετά την ενεργοποίηση του δέκτη προκειμένου να σταθεροποιηθεί το παρεχόμενο στίγμα. Αυτό έχει εξάλλου επιβεβαιωθεί και από εκτενέστερη ανάλυση δεδομένων.



Εικόνα 3: Σφάλμα της τεταγμένης «Northing» (απόκλιση από την πραγματική τιμή) με απενεργοποιημένη (αριστερά) και ενεργοποιημένη (δεξιά) τη χρήση WAAS/EGNOS.



Εικόνα 4: Σφάλμα της τετμημένης «Easting» (απόκλιση από την πραγματική τιμή) με απενεργοποιημένη (αριστερά) και ενεργοποιημένη (δεξιά) τη χρήση WAAS/EGNOS.

➔ Συμπεράσματα - Σημεία προσοχής

Από τη συνολική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, από την οποία ενδεικτικά δόθηκαν παραπάνω κάποια διαγράμματα, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- ▶ Η χρήση WAAS/EGNOS στον ελλαδικό χώρο δεν μπορεί να εγγυηθεί, τουλάχιστον προς το παρόν, ακρίβεια οριζόντιου εντοπισμού 1-2 m για οποιαδήποτε χρονική στιγμή της ημέρας, όπως θα μπορούσε ίσως να αναμένει κάποιος διαβάζοντας τα στοιχεία της ESA (πίνακας 1).
- ▶ Η χρήση WAAS/EGNOS στον ελλαδικό χώρο δεν μπορεί να εγγυηθεί, τουλάχιστον προς το παρόν, βελτίωση της ακρίβειας προσδιορισμού του υψομέτρου για οποιαδήποτε χρονική στιγμή της ημέρας.
- ▶ Η ενεργοποίηση της λειτουργίας WAAS/EGNOS στον ελλαδικό χώρο δε φαίνεται, τουλάχιστον προς το παρόν, να εγγυάται πάντοτε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τον κλασικό αυτόνομο εντοπισμό.
- ▶ Οποιαδήποτε τεχνικά χαρακτηριστικά δεκτών χειρός GPS σχετικά με την ακρίβεια του αυτόνομου εντοπισμού με ή χωρίς WAAS/EGNOS πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή. Για την εκτίμηση της ακρίβειας ενός δέκτη δεν επαρκούν δοκιμές διάρκειας 1-2 ωρών. Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει σαφώς ότι είναι δυνατόν για τέτοια διαστήματα το σφάλμα εντοπισμού να παραμένει συνεχώς μικρότερο από 0.5m, ενώ σε άλλες στιγμές μπορεί να υπερβεί τα 3-4m.
- ▶ Απαιτείται ένα χρονικό διάστημα λίγων λεπτών μετά την ενεργοποίηση του δέκτη μέχρις ότου σταθεροποιηθεί το παρεχόμενο στίγμα και να βελτιωθεί η ακρίβεια εντοπισμού.

Τα παραπάνω συμπεράσματα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη έχοντας κατά νου ότι:

- ▶ Τα αποτελέσματα δεν πρέπει να γενικευτούν για όλη την περιοχή κάλυψης του EGNOS, καθώς η ακρίβεια που παρέχει το σύστημα δεν είναι ενιαία σε όλη την Ευρώπη.
- ▶ Τα αποτελέσματα του παρόντος άρθρου είναι ενδεικτικά, προκειμένου ο αναγνώστης να αποκτήσει μία αρχική μόνο αίσθηση της ακρίβειας του αυτόνομου εντοπισμού με ή χωρίς EGNOS. Η εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων απαιτεί την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων.
- ▶ Η απόδοση του EGNOS, όπως προκύπτει από τις συγκεκριμένες μετρήσεις, εκτιμάται ότι στο μέλλον μπορεί να βελτιωθεί, καθώς το σύστημα εξελίσσεται. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι δεν υπήρξε καμία μέρα των μετρήσεων όπου ο δέκτης που χρησιμοποιήθηκε να εμφανίζει την ένδειξη διόρθωσης WAAS/EGNOS σε όλους τους δορυφόρους τους οποίους ελάμβανε.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Γιαννίου, Μ. (2004): «GNSS: Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης», Γεωανάλεκτα, Ενημερωτικό Δελτίο της Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τεύχος 1, 12.2004, σελ. 22-26.
2. Φωτίου, Α., Χ. Πικριδάς (2006): «GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές», Εκδόσεις Ζήτη.
3. European Space Agency (2006): End of Test Bed Marks a New Era for GPS , EGNOS News 12 July 2006, ιστοσελίδα ESA: www.esa.int.
4. Γιαννίου, Μ. (1996): «Genauigkeitssteigerung bei kurzzeit-statiscen und kinematischen Satellitenmessungen bis hin zur Echtzeitanwendung», Deutsche Geodotische Kommission, Reice C, Dissertationen, Heft Nr. 458, Munchen.
5. Toran-Marti F. and J. Ventura-Traveset (2004): «The ESA SISNeT Project: Current Status and Future Plans», European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam, 17-19 May 2004.
6. Toran-Marti F. and J. Ventura-Traveset (2006): «The ESA SISNeT Project: Current Status and Future Plans», European Navigation Conference GNSS 2006, Manchester, 8-10 May 2006.