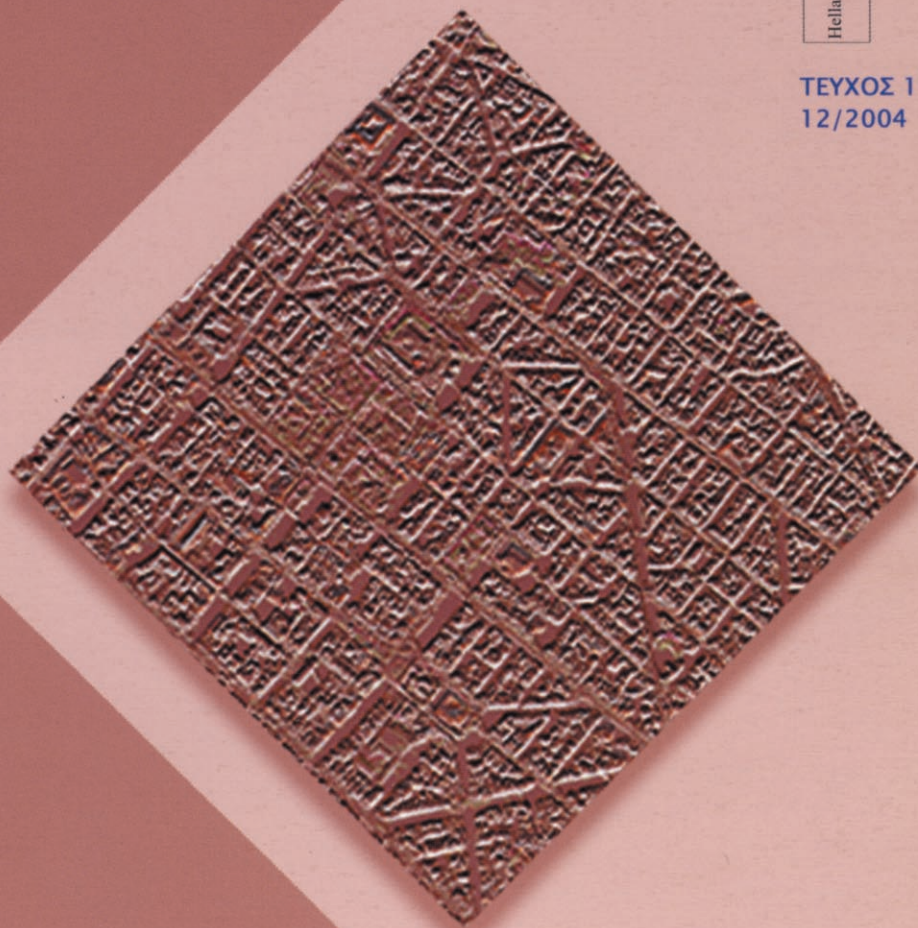


ενημερωτικό δελτίο  
της ελληνικής εταιρείας  
γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

Ελληνική Εταιρεία  
Γεωγραφικών  
Συστημάτων  
Πληροφοριών  
**G.I.S**  
Hellas

ΤΕΥΧΟΣ 1  
12/2004



γεωανάλεκτα

## GNSS

“ Την τελευταία δεκαετία οι χρήστες δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης πληθαίνουν με αλματώδη ρυθμό τόσο στην παγκόσμια όσο και στην ελληνική αγορά. Το σύστημα GPS χρησιμοποιείται από τη συντριπτική πλειοψηφία αυτών των χρηστών και για το λόγο αυτό, τείνει να ταυτιστεί στην κοινή συνείδηση με την έννοια του δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσης που παρέχει παγκόσμια κάλυψη. Στην πραγματικότητα το GPS αποτελεί ένα μόνο μέλος της οικογένειας των Παγκόσμιων Δορυφορικών Συστημάτων Πλοήγησης (GNSS: Global Navigation Satellite Systems). Στη συνέχεια δίνεται μία σύντομη περιγραφή των κυριότερων δορυφορικών συστημάτων με έμφαση στα συστήματα που αναπτύσσονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. ”

## Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης

Με Αναφορά στο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα GALILEO

Μιχάλης Γιαννίου

Δρ. Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός

➡ Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (GNSS)

Η πλοήγηση με χρήση σημείων αναφοράς τα οποία δε βρίσκονται επάνω στη γη είναι κάτι που εφαρμόζεται από τα αρχαία χρόνια με την οπτική παρατήρηση ουράνιων σωμάτων. Σήμερα η διαδικασία αυτή έχει αντικατασταθεί από τη μέτρηση των σημάτων που εκπέμπουν τεχνητοί δορυφόροι. Τα κυριότερα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης με χρονολογική σειρά ανάπτυξης είναι:

- **TRANSIT:** Σχεδιάστηκε το 1958 (ένα χρόνο μετά την εκτόξευση του SPUTNIK-1), χρησιμοποιούνταν από το 1964 από το ναυτικό των ΗΠΑ και από το 1967 από πολιτικούς χρήστες [6]. Το σύστημα TRANSIT λειτουργούσε βασιζόμενο στο φαινόμενο Doppler.
- **GPS:** Ξεκίνησε να σχεδιάζεται στις ΗΠΑ το 1973 και άρχισε να χρησιμοποιείται για γεωδαιτικές εφαρμογές από το 1983, δέκα χρόνια πριν το σύστημα χαρακτηριστεί επίσημα ως πλήρως λειτουργικό. Σήμερα βρίσκονται σε τροχιά 29 δορυφόροι GPS.
- **GLONASS:** Ξεκίνησε να σχεδιάζεται στην πρώην Σοβιετική Ένωση περίπου παράλληλα με το GPS και μπήκε στην πρώτη φάση λειτουργίας του το 1988 με έξη δορυφόρους σε τροχιά. Το 1991 μπήκε στη δεύτερη φάση λειτουργίας του, έχοντας διπλάσιο αριθμό δορυφόρων ενώ σήμερα βρίσκονται σε τροχιά δέκα δορυφόροι GLONASS.
- **GALILEO:** Αναπτύσσεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και θα αποτελεί ένα κατεξοχήν πολιτικό σύστημα, σε αντίθεση με το GPS το οποίο αναπτύχθηκε για στρατιωτικές εφαρμογές και ελέγχεται από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Η αρχική πρόβλεψη είναι να ολοκληρωθεί το 2008. Το σύστημα θα προσφέρει παγκόσμια κάλυψη σε εικοσιτετράωρη βάση. Θα αποτελείται από συνολικά 30 δορυφόρους από τους οποίους οι τρεις θα είναι εφεδρικοί, δηλαδή θα χρησιμοποιούνται όπως οι υπόλοιποι αλλά θα μπορούν εάν χρειαστεί να μετακινηθούν στο τροχιακό τους επίπεδο και να αντικαταστήσουν ένα προβληματικό δορυφόρο. Το GALILEO θα προσφέρει τα εξής επίπεδα υπηρεσιών: OS (Open Service), CS (Commercial Service), SoL (Safety of Life) και PRS (Public Regulated Service). Δύο πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά του GALILEO είναι κατά πρώτον ότι θα διαθέτει

ενσωματωμένες δυνατότητες εξασφάλισης της αξιοπιστίας και κατά δεύτερον ότι αν και λειτουργεί ανεξάρτητα, θα μπορεί να χρησιμοποιείται από κοινού με άλλα συστήματα όπως το GPS. Κατά συνέπεια για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας του, το GALILEO δε θα χρειάζεται συστήματα όπως τα WAAS και EGNOS, τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια. Επιπλέον ο χρήστης θα έχει στη διάθεσή του το σύνολο των δορυφόρων GPS και GALILEO και έτσι αφενός θα επιτυγχάνεται υψηλότερη ακρίβεια και αφετέρου θα διευκολύνονται σημαντικά οι εργασίες σε αστικές ή άλλες περιοχές με κλειστό ορίζοντα.

#### ➔ Δορυφορικά Συστήματα Εκπομπής Διορθωτικών Σημάτων

Ο πρωταρχικός στόχος των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης είναι να παρέχουν υπηρεσίες εντοπισμού θέσης και πλοήγησης, αξιοποιήσιμες από ένα χρήστη που διαθέτει ένα μόνο δέκτη (αυτόνομος εντοπισμός). Στα συστήματα GPS, GLONASS και GALILEO αυτό επιτυγχάνεται μέσω μετρήσεων των κωδικών οι οποίοι είναι διαμορφωμένοι στις φέρουσες συχνότητες που εκπέμπουν οι δορυφόροι. Η ακρίβεια που μπορούν να παρέχουν σήμερα οι μετρήσεις κώδικα GPS είναι της τάξης των λίγων μέτρων. Αυτό όμως ισχύει από το Μάιο του 2000, όταν καταργήθηκε η Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (SA: Selective Availability) [1]. Μέχρι τότε η αντίστοιχη ακρίβεια (για πολιτικούς πάντοτε χρήστες) ήταν της τάξης των 100 μέτρων. Έτσι, τη δεκαετία του 1990 γεννιέται και αρχίζει να υλοποιείται η ιδέα των Δορυφορικών Συστημάτων Εκπομπής Διορθωτικών Σημάτων, των οποίων οι δύο βασικότεροι στόχοι είναι η βελτίωση της ακρίβειας και η εξασφάλιση της αξιοπιστίας και της ακεραιότητας της λύσης που παρέχουν τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού (integrity monitoring) [2]. Αυτοί οι δύο στόχοι επιτυγχάνονται μέσω σημάτων τα οποία εκπέμπονται από γεωστατικούς δορυφόρους. Η πρόσβαση στα σήματα αυτά είναι ελεύθερη και το μόνο που απαιτείται είναι ένας κατάλληλος δέκτης. Τα κυριότερα δορυφορικά συστήματα εκπομπής διορθωτικών σημάτων με χρονολογική σειρά ανάπτυξης είναι:

- **WAAS (Wide Area Augmentation System):** Σχεδιάστηκε και ξεκίνησε να υλοποιείται από την FAA (Federal Aviation Administration) τη δεκαετία του 1990, με σκοπό να παρέχει πλήρη κάλυψη στις ΗΠΑ και σε μέρος της Αλάσκας, όπου σύμφωνα με την FAA το σύστημα εξασφαλίζει ακρίβεια εντοπισμού 1.5-2 m τόσο οριζοντιογραφικά όσο και υψομετρικά. Το σήμα του WAAS λαμβάνεται και στην Ελλάδα από δέκτες χειρός GPS/WAAS.
- **EGNOS (European Geostationary Overlay Service):** Πρόκειται για την ευρωπαϊκή εκδοχή του WAAS. Όταν ολοκληρωθεί θα υλοποιείται μέσω τριών γεωστατικών δορυφόρων, οι οποίοι θα εκπέμπουν σήματα που αυξάνουν την ακρίβεια και εξασφαλίζουν την αξιοπιστία των σημάτων GPS και GLONASS, έτσι ώστε αυτά να χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες εφαρμογές όπως η πλοήγηση επιβατικών αεροσκαφών. Το EGNOS αναπτύσσεται από την ESA (European Space Agency) σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Eurocontrol (European Organization for the safety of air navigation). Το EGNOS είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την Ε.Ε. καθώς αποτελεί το πρώτο ευρωπαϊκό βήμα στην παραγωγή τεχνολογίας GNSS και ταυτόχρονα τον πρόδρομο του GALILEO. Η ολοκλήρωση του συστήματος είχε ανακοινωθεί για το 2004. Από το Φεβρουάριο του 2000 εκπέμπεται δοκιμαστικά το σήμα του (μπορεί να λαμβάνεται και στην Ελλάδα), χωρίς όμως να περιέχει πληροφορίες αξιοπιστίας και ακεραιότητας του στίγματος GPS.

- **EGNOS TRAN (EGNOS Terrestrial Regional Augmentation Network):** Πρόκειται για μία επέκταση του συστήματος EGNOS. Επειδή οι γεωστατικοί δορυφόροι που χρησιμοποιεί το EGNOS βρίσκονται στο επίπεδο του ισημερινού, η γωνία ανύψωσης τους μειώνεται όσο αυξάνει το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο γίνεται η λήψη του σήματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα λήψης από εμπόδια όπως ψηλά κτίρια και έντονο ανάγλυφο εδάφους. Για να ξεπεραστούν αυτές οι δυσχέρειες η ESA ξεκίνησε το πρόγραμμα EGNOS TRAN. Σκοπός του προγράμματος είναι, σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η λήψη του σήματος EGNOS από το γεωστατικό δορυφόρο, να μπορεί το ίδιο σήμα να λαμβάνεται από επίγειους πομπούς. Για το σκοπό αυτό, το EGNOS TRAN μπορεί να αξιοποιεί συστήματα όπως το GPRS, Loran-C και το VDL Mode 4, το οποίο στηρίζεται σε συχνότητες VHF. Το πρόγραμμα βρίσκεται στην τρίτη φάση της ανάπτυξής του που είναι οι τελικές δοκιμές και η αξιολόγησή του [4].
- **QZSS (Quasi-Zenith Satellite System):** Σχεδιάζεται από την Ιαπωνία με στόχο να προσφέρει μόνο τοπική κάλυψη και να ολοκληρωθεί το 2008 [5]. Βασίζεται σε τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους οι οποίοι εκτός από τα διορθωτικά σήματα για τους δορυφόρους GPS θα παρέχουν και περιορισμένες δυνατότητες εντοπισμού θέσης. Βασική αρχή του συστήματος είναι να εκπέμψει διορθωτικά σήματα από δορυφόρο με μεγάλη γωνία ανύψωσης ( $60^\circ - 70^\circ$ ) προκειμένου να ξεπερνιούνται προβλήματα λήψης των γεωστατικών δορυφόρων.

#### ➡ Εφαρμογές των GNSS

Οι εφαρμογές των συστημάτων GNSS αυξάνονται ραγδαία και σ' αυτό συμβάλλουν σημαντικά και τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα δορυφορικά συστήματα εκπομπής διορθωτικών σημάτων. Σύμφωνα με την Ε.Ε. τα πεδία που εμφανίζουν σημαντική προοπτική ανάπτυξης εφαρμογών είναι [3]: LBS, οδικές εφαρμογές, αεροπορία, ναυτιλία, σιδηρόδρομοι, ακριβείς εφαρμογές γεωργίας, αλιεία, τοπογραφικά και υδρογραφικά έργα, επιστημονικοί τομείς όπως η γεωδυναμική και η προστασία του περιβάλλοντος, τελωνειακός έλεγχος και σώματα ασφαλείας, κοινωνική υποστήριξη (π.χ. πλοήγηση τυφλών) και δραστηριότητες ελεύθερου χρόνου όπως π.χ. η ορειβασία.

Οι εφαρμογές και οι χρήστες των GNSS θα εξακολουθούν να αυξάνονται και η ύπαρξη ανταγωνιστικών συστημάτων αναμένεται να προκαλεί συνεχείς εξελίξεις. Αυτό διαφαίνεται ήδη από τον εκμοντερνισμό που έχει ανακοινωθεί για το GPS, δηλαδή την προσθήκη ενός πολιτικού κώδικα στη δεύτερη συχνότητα L2 (L2C: L2 Civil signal) και την προσθήκη της νέας συχνότητας L5.

#### Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Γιαννίου, Μ. (2000): «Τερματισμός της Επιλεκτικής Διαθεσιμότητας στο GPS: Τι αλλάζει στις εφαρμογές του συστήματος», Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τεύχος 147, σελ. 46-55.
2. Enge, P. and A.J. van Dierendonck (1996): «Design of the Signal and Date Format for Wide Area Augmentation of the Global Positioning System», Proceedings of IEEE PLANS '96, Atlanta, Georgia, April 1996, pp. 485-495.
3. GALILEO Joint Undertaking, E.C., ESA (2003): «Business in Satellite Navigation - An Overview of Market Developments and Emerging Applications»
4. Hoffman-Wellenhof, B. (2003): «Broadcasting the EGNOS Signal via Terrestrial Communication Links - The ESA Project EGNOS TRAN», Geoinformatics, Volume 6, July/August 2003, pp 16-19.
5. Petrovski, I. (2003): «QZSS - Japan's New Integrated Communication and Positioning Service for Mobile Users», ιστοσελίδα GPS World: www.gpsworld.com.
6. Seeber, G. (1989): «Satellitengeod'sie», Walter de Gruyter Berlin - New York.