



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Αρχές Τηλεπισκόπησης

Ενότητα: Ο Δορυφορικός Ανιχνευτής Στίγματος (GPS)

Γεώργιος Σκιάνης

Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΝΟΤΗΤΑΣ	4
2. Ο ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ (GPS).....	4

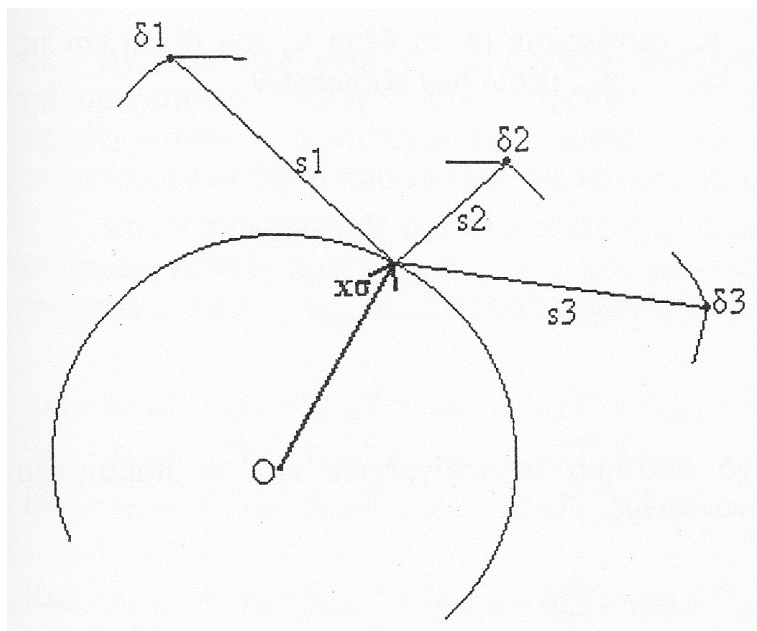
1. Περιεχόμενα ενότητας

Ο δορυφορικός ανιχνευτής στίγματος (GPS) και οι εφαρμογές στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

2. Ο δορυφορικός ανιχνευτής στίγματος (GPS)

Με την ανάπτυξη της διαστημικής τεχνολογίας, εμφανίστηκαν νέες μέθοδοι άμεσου προσδιορισμού της θέσης σημείου στην επιφάνεια της Γης. Οι μέθοδοι αυτοί εντάσσονται στη διαστημική γεωδαισία, η οποία δε δουλεύει με τις ποσότητες της κλασικής γεωδαισίας (γωνίες, διευθύνσεις, μήκη πλευρών) αλλά με μεγέθη όπως διαφορές συχνοτήτων καταγραφόμενων ΗΜ κυμάτων, χρόνοι διαδρομής σημάτων, επιταχύνσεις και μερικές παράγωγοι του δυναμικού βαρύτητας.

Ο **δορυφορικός ανιχνευτής στίγματος** (Global Positioning System, GPS), είναι ίσως η πιο δημοφιλής εφαρμογή διαστημικής γεωδαισίας. Λειτουργεί αξιοποιώντας δεδομένα που λαμβάνονται από μια ομάδα δορυφόρων που έχουν τεθεί σε διάφορες τροχιές γύρω από τη Γη, ώστε να καλύπτουν, κατά το δυνατόν, όλη τη γήινη επιφάνεια. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ΗΜ κύματα συχνότητας 1200-1500MHz, που διαπερνούν την ιονόσφαιρα και συλλαμβάνονται από δέκτες GPS στην επιφάνεια της Γης. Τα ΗΜ κύματα εκπέμπονται ανά γνωστά και σταθερά χρονικά διαστήματα, τα οποία ελέγχονται από χρονόμετρα υψηλής ακρίβειας (ατομικά χρονόμετρα) που είναι τοποθετημένα μέσα στους δορυφόρους. Στο δέκτη GPS, ένα άλλο χρονόμετρο καταγράφει το χρόνο Δt , που μεσολαβεί από τη στιγμή της εκπομπής μέχρι τη στιγμή της λήψης. Η ακρίβεια χρόνου που καταγράφεται στο δέκτη, είναι της τάξης του nsec ($1 \text{ nsec} = 10^{-9} \text{ sec}$).



Σχ. 1. Εντοπισμός Θέσης με GPS

Η απόσταση s δορυφόρου-δέκτη είναι:

$$S = c \cdot \Delta t$$

c είναι η ταχύτητα του ΗΜ κύματος, επομένως και του φωτός.

Η αρχή όπου βασίζεται η διαδικασία προσδιορισμού στίγματος με δέκτη GPS, αναπαριστάται στο(σχ. 1).

Ο δέκτης GPS, που βρίσκεται σε σημείο της γήινης επιφάνειας με διάνυσμα θέσης \mathbf{x}_σ , θα πρέπει να λάβει σήμα από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους για να προσδιοριστεί το στίγμα του. Έστω λοιπόν ότι οι δορυφόροι $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$, εκπέμπουν σήματα που λαμβάνει ο δέκτης σε χρόνους $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$, αντίστοιχα.

Οι αποστάσεις s_1, s_2, \dots, s_n των δορυφόρων από το δέκτη είναι:

$$s_1 = c\Delta t_1$$

$$s_2 = c\Delta t_2$$

$$s_3 = c\Delta t_3$$

.....

$$s_n = c \Delta t_n$$

Τα s_1, s_2, \dots, s_n συνδέονται με τη θέση \mathbf{x}_σ του δέκτη και τις γνωστές θέσεις $\mathbf{x}_{\delta_1}, \mathbf{x}_{\delta_2}, \dots, \mathbf{x}_{\delta_n}$, μέσω των εξισώσεων:

$$|\mathbf{x}_{\delta_1} - \mathbf{x}_\sigma| = s_1$$

$$|\mathbf{x}_{\delta_2} - \mathbf{x}_\sigma| = s_2$$

$$|\mathbf{x}_{\delta_3} - \mathbf{x}_\sigma| = s_3$$

.....

$$|\mathbf{x}_{\delta_n} - \mathbf{x}_\sigma| = s_n$$

Σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων xyz, οι παραπάνω εξισώσεις διατυπώνονται ως:

$$(x_{\delta_1} - x_\sigma)^2 + (y_{\delta_1} - y_\sigma)^2 + (z_{\delta_1} - z_\sigma)^2 = s_1^2$$

$$(x_{\delta_2} - x_\sigma)^2 + (y_{\delta_2} - y_\sigma)^2 + (z_{\delta_2} - z_\sigma)^2 = s_2^2 \quad (1)$$

$$(x_{\delta_3} - x_\sigma)^2 + (y_{\delta_3} - y_\sigma)^2 + (z_{\delta_3} - z_\sigma)^2 = s_3^2$$

.....

$$(x_{\delta_n} - x_\sigma)^2 + (y_{\delta_n} - y_\sigma)^2 + (z_{\delta_n} - z_\sigma)^2 = s_n^2$$

Το παραπάνω σύστημα εξισώσεων (1), μπορεί να επιλυθεί ως προς τους αγνώστους x_{σ} , y_{σ} , z_{σ} (οι οποίοι προσδιορίζουν το στίγμα του δέκτη), με μεθόδους της αριθμητικής ανάλυσης.

Με βάση το παραπάνω σύστημα εξισώσεων, χρειάζεται σήμα από δυο τουλάχιστον δορυφόρους για να προσδιοριστούν οι οριζόντιες συντεταγμένες x_{σ} , y_{σ} και από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους για να προσδιοριστεί και το ύψος z_{σ} του δέκτη GPS ως προς τη στάθμη της θάλασσας. Ωστόσο, επειδή ανακύπτει η ανάγκη απαλοιφής σφαλμάτων στον προσδιορισμό των χρόνων άφιξης Δt_i , το πλήθος των δορυφόρων θα πρέπει να είναι αυξημένο κατά ένα (τουλάχιστον τρεις δορυφόροι για x_{σ} , y_{σ} και τουλάχιστον τέσσερεις δορυφόροι για x_{σ} , y_{σ} , z_{σ}).

Ως τώρα έγινε συζήτηση για προσδιορισμό στίγματος με ένα μόνο δέκτη, δηλαδή για **σημειακό εντοπισμό θέσης**. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό των x_{σ} , y_{σ} , z_{σ} πραγματοποιείται ο **σχετικός εντοπισμός θέσης**, κατά τον οποίο υπολογίζονται οι διαφορές συντεταγμένων μεταξύ δυο σταθμών με δέκτη GPS, ακολουθώντας την ίδια κατά βάση μεθοδολογία, όπως και στο σημειακό εντοπισμό θέσης. Οι δυο σταθμοί με δέκτη GPS, καθώς αξιοποιούνται στον υπολογισμό διαφορών συντεταγμένων, αποτελούν ένα **διαφορικό σύστημα GPS**.

Η ακρίβεια ενός συστήματος GPS, με έναν ή περισσότερους δέκτες, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τον τύπο του δέκτη, τη διαδικασία εντοπισμού θέσης, από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και από την παρουσία επιφανειακών αντικειμένων πάνω στα οποία μπορεί να ανακλαστεί το ΗΜ κύμα.

Όσον αφορά τον τύπο δέκτη λήψης σήματος, οι δέκτες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: **Δέκτες κώδικα** (coarse acquisition C/A για κάθε είδους εφαρμογές ή Precision Code P για στρατιωτικές εφαρμογές μεγάλης ακρίβειας), **δέκτες φάσης** και **δέκτες διπλής συχνότητας**.

Οι δέκτες κώδικα C/A λαμβάνουν σήμα μέσω του ομώνυμου C/A, ο οποίος μεταδίδεται στη φέρουσα συχνότητα L1, που έχει μήκος κύματος 19,029cm. Για σημειακό εντοπισμό θέσης, το σφάλμα εντοπισμού θέσης (ακρίβεια) είναι της τάξης των 10m. Για σχετικό εντοπισμό θέσης με διαφορικό GPS, το σφάλμα είναι μικρότερο του 1m.

Οι δέκτες φάσης υπολογίζουν την απόστασή τους από τους δορυφόρους μετρώντας τη μετατόπιση φάσης του δορυφορικού σήματος, η οποία οφείλεται στο φαινόμενο Doppler. Η ακρίβειά τους, για σχετικό εντοπισμό θέσης, είναι 10-30cm.

Οι δέκτες διπλής συχνότητας λαμβάνουν δορυφορικό σήμα σε δυο φέρουσες συχνότητες L1 και L2, με μήκη κύματος 19,029cm και 24,421cm, αντίστοιχα. Η ακρίβειά τους είναι καλύτερη από 1cm, για σχετικό εντοπισμό θέσης.

Πέρα όμως από τον τύπο του δέκτη και τον τρόπο λήψης δορυφορικού σήματος, η ακρίβεια του GPS εξαρτάται επίσης από τις **ατμοσφαιρικές συνθήκες** και από το φαινόμενο της **πολλαπλής διαδρομής**.

Τα σφάλματα λόγω ατμοσφαιρικής παρεμβολής προκαλούνται από τη διάθλαση του σήματος GPS μέσα από την ιονόσφαιρα και την τροπόσφαιρα. Κατά τη διάθλαση αλλάζει η ταχύτητα και η διεύθυνση διάδοσης του ΗΜ κύματος, με αποτέλεσμα οι καταγραφόμενοι χρόνοι λήψης σήματος Δt_i να είναι διαφορετικοί από αυτούς που αντιστοιχούν σε διάδοση σήματος στο κενό.

Με τον όρο «πολλαπλή διαδρομή» υποδηλώνεται η κατάσταση κατά την οποία το σήμα ανακλάται σε επίγεια αντικείμενα πριν φτάσει στο δέκτη, με αποτέλεσμα τη χρονική καθυστέρησή του, επομένως και τον περιορισμό της ακρίβειας στον εντοπισμό θέσης.

Η επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και της πολλαπλής διαδρομής μπορεί να εξαλειφθεί σε μεγάλο βαθμό κατά το σχετικό εντοπισμό θέσης με διαφορικό GPS, με το οποίο εξασφαλίζονται καλύτερες ακρίβειες από αυτές του σημειακού εντοπισμού θέσης.

Το σύστημα GPS μπορεί να αξιοποιηθεί στους παρακάτω τομείς:

1. **Γεωεπιστήμες:** Ατμοσφαιρικές μελέτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, ωκεανογραφικές μελέτες (βαθυμετρία), δίκτυα παρακολούθησης γεωδυναμικών παραμορφώσεων, μετρήσεις τεκτονικών μικρομετακινήσεων, υδρογραφικές μελέτες, σύνδεση παλιρροιογράφων, μελέτες εδαφομηχανικής, γεωφυσικές μελέτες, συνεχής προσδιορισμός θέσης για κάμερες, σαρωτές και συνθετικά ραντάρ.
2. **Περιβαλλοντική τηλεπισκόπηση:** Εντοπισμός και άμεση επέμβαση σε πυρκαγιές, ρύπανση ακτών, ατυχήματα πετρελαιοφόρων, παρακολούθηση βιοτόπων.
3. **Τεχνικά έργα-χωροταξία:** Συνεχείς μετρήσεις μικρομετακινήσεων σε κατασκευές, οδικά δίκτυα, χάραξη οδεύσεων, πολεοδομικός προγραμματισμός, αποτύπωση-καταγραφή-διαχείριση δικτύων κοινής ωφελείας, αστικά τοπογραφικά δίκτυα, τοποθέτηση σιδηροδρομικών γραμμών,
4. **Τοπογραφία:** συντήρηση κλασσικών γεωδαιτικών δικτύων, σύνδεση δικτύων διαφορετικών τάξεων, χωροσταθμικά δίκτυα, αεροτριγωνισμός.
5. **Στρατιωτικές εφαρμογές:** τακτικές επιχειρήσεις, πλοήγηση ακι στόχευση, κατασκοπία, νυχτερινές αποστολές, υποστήριξη στρατευμάτων, αναγνωριστικές πτήσεις, αποστολές έρευνας και διάσωσης, εναέριες συναντήσεις ανεφοδιασμού, ανθυποβρυχιακές επιχειρήσεις.
6. **Αρχαιολογία:** Μετρική αποτύπωση μνημείων, αποτυπώσεις χώρων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, δίκτυα αναφοράς και ελέγχου.
7. **Μεταφορές:** πλοήγηση αεροσκαφών-πλοίων, επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης ναυαγών, έλεγχος κυκλοφορίας αεροσκαφών-πλοίων, εντοπισμός θέσης οχημάτων, διαχείριση στόλου οχημάτων, προγραμματισμός διανυόμενων αποστάσεων, δραστηριότητες αναψυχής.
8. **Περιβάλλον, Γεωργία και Δασοπονία:** Ψεκασμοί και λίπανση αγρών-δασών υπο καθορισμένες προδιαγραφές, αυτοματοποίηση θεριστικών εργασιών, διαχείριση και προστασία δασών, εντοπισμός και παρακολούθηση ζώων.
9. **Διαστημικές εφαρμογές:** Προσδιορισμός τροχιών και πλοήγηση δορυφόρων.
10. **Εθνικό Κτηματολόγιο:** Καταγραφή γαιών και φυσικών πόρων με σκοπό την αποδοτικότερη ακι ορθολογικότερη διαχείριση και αξιοποίηση αυτών. Τόσο στο Εθνικό Κτηματολόγιο, όσο και σε πολλές άλλες εφαρμογές, εξυπηρετεί η χρήση του GPS σε συνδυασμό με την τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών 2014. Γεώργιος Σκιάνης.
«Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Αρχές Τηλεπισκόπησης. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL5/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων

- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Σχήμα 1, Σελίδα 4: Εντοπισμός Θέσης με GPS / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

