



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**Συστήματα Εντοπισμού Θέσης και Εφαρμογές σε  
Συγκοινωνιακά Συστήματα: Χρήση γεωαναφερμένων  
εικόνων ως χαρτογραφικό υπόβαθρο**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**ΚΑΤΕΡΙΝΑΣ Ι. ΡΟΥΣΣΟΥ**

**Επιβλέπων :** Μπαλλής Αθανάσιος  
Επικουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2009

## Περίληψη

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους του αντίστοιχου εξοπλισμού επιτρέπουν την αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών σε πολλές εφαρμογές στα συγκοινωνιακά συστήματα όπως στην πλοήγηση, στον εντοπισμό θέσης και στη διαχείριση στόλου μεταφορικών μέσων.

Ένα φορητό σύστημα εντοπισμού θέσης περιλαμβάνει ένα δέκτη δορυφορικού σήματος κι ένα λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και χαρτογράφησης το οποίο υποστηρίζει ψηφιακούς χάρτες υποδομών/κτιρίων. Ορισμένες συσκευές συνδυάζουν και λογισμικό πλοήγησης.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη και ο έλεγχος μίας τεχνικής για την εισαγωγή μίας γεωαναφερμένης εικόνας (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτης από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε φορητή μονάδα GPS για εφαρμογές παρακολούθησης και προσδιορισμού θέσης οχημάτων.

Για την ανάπτυξη της τεχνικής αυτής διερευνήθηκαν συστηματικά θέματα που αφορούν στα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς τα οποία χρησιμοποιούνται στους δέκτες GPS, την λειτουργία των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης, τον τρόπο επικοινωνίας τους με τους δέκτες GPS και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Η ακρίβεια που μια τέτοια τεχνική μπορεί να προσφέρει διαπιστώθηκε μετά από έλεγχο με μετρήσεις πεδίου (καταγραφή συντεταγμένων θέσης κινούμενου οχήματος και προβολή της αποτυπωθείσας διαδρομής πάνω σε ορθοφωτοχάρτη και σε γεωαναφερμένη εικόνα από το Google Earth).

Τα κύρια συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας είναι τα εξής: (α) Είναι τεχνικώς εφικτό με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού να ληφθεί από τη διαδικτυακή εφαρμογή του Google Earth μία γεωαναφερμένη εικόνα/χάρτης και να εισαχθεί ως χαρτογραφικό υπόβαθρο μίας φορητής συσκευής GPS. Στην περίπτωση αυτή η ακρίβεια απεικόνισης των καταγραφών του δέκτη GPS εμφανίζει αποκλίσεις της τάξης των 10 έως 20 μέτρων. (β) Αντίστοιχα όταν χρησιμοποιείται ως χαρτογραφικό υπόβαθρο ένας ορθοφωτοχάρτης σε ψηφιακή μορφή, η ακρίβεια απεικόνισης των καταγραφών πάνω σε αυτόν διαπιστώνεται ότι είναι καλύτερη των 3 μέτρων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Συστήματα προσδιορισμού θέσης, γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, διαδικτυακό λογισμικό Google Earth, εφαρμογές GPS σε συγκοινωνιακά συστήματα.

## Abstract

The technological developments in the sector of navigation satellite systems and Geographic Information Systems in combination with the reduction of cost of **corresponding** equipment allow the utilization of these technologies in a lot of applications in the transportation systems as in navigation, in outdoor location estimation and in transportation fleet management.

A portable system for outdoor location estimation includes a receptor of satellite signal and a geographic information system software for field mapping which supports digital maps of infrastructures /buildings. Certain appliances combine also navigation software.

The aim of the present dissertation is the development and trial of a technique of importing georeferenced image (digital map, image from the Google's Earth software) as cartographic background in handheld GPS receiver for track and trace applications.

For the development of this technique there has been a systematic investigation in subjects that concern geodetic systems which are used in GPS receivers, the operation of navigation satellite systems, their way of communication with GPS receivers and the Geographic Information Systems. The precision that such technique can offer was realized after tests and measurements of field (recording longitude/latitude of a moving vehicle and projection of trace on a map and on a georeferenced image from Google Earth).

The main conclusions of this dissertation are the following: (a) It is technically feasible with the help of suitable software to have a georeferenced image taken from Google Earth a geotagged picture/map and to be imported as cartographic background of portable GPS receiver. In this case the accuracy of measurements from GPS receiver presents an error of 10 to 20 meters. (b) Respectively when a digital map is used as cartographic background, the accuracy of recordings is less than 3 meters.

**Words Keys:** Navigation Systems, geodetic system, Google's Earth software, GPS applications in transportation.

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επίκουρο καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπαλλή για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του και την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια της Διπλωματικής μου Εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου για την υποστήριξη, τις πολύτιμες γνώσεις και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ΕΔΠ Φ. Μερτζάνη (ΕΜΠ) και τον λέκτορα κ. Γ. Πανταζή (ΣΑΤΜ) για την καίριες παρατηρήσεις και διευκρινίσεις τους πάνω σε θέματα Γεωδαισίας και Χαρτογραφίας.

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

|                     |                                                                                                                 |            |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b>            | <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>                                                                                            | <b>1</b>   |
| <b>2</b>            | <b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....</b>                                                     | <b>2</b>   |
| 2.1                 | Επιφάνειες Αναφοράς.....                                                                                        | 5          |
| 2.2                 | Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς.....                                                                              | 12         |
| 2.3                 | Προβολικά Συστήματα.....                                                                                        | 18         |
| 2.4                 | Χαρτογραφικό Υπόβαθρο.....                                                                                      | 26         |
| <b>3</b>            | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....</b>                                                              | <b>39</b>  |
| 3.1                 | Τεχνικές βασιζόμενες σε Δορυφορικό Δίκτυο.....                                                                  | 42         |
| 3.2                 | Τεχνικές βασιζόμενες σε Επίγειο Δίκτυο.....                                                                     | 55         |
| 3.3                 | Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης – GPS.....                                                             | 60         |
| 3.4                 | Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....                                                                           | 96         |
| 3.5                 | Εφαρμογές των Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης σε<br>συγκοινωνιακά συστήματα.....                        | 107        |
| <b>4</b>            | <b>ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΑΝΑΦΕΡΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΩΣ<br/>ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΕΣ GPS.....</b> | <b>123</b> |
| 4.1                 | Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Έλεγχος ακρίβειας οργάνων.....                                                   | 123        |
| 4.2                 | Σύγκριση ορθοφωτοχαρτών και γεωαναφερμένων εικόνων Google<br>Earth.....                                         | 131        |
| 4.3                 | Έλεγχος ακρίβειας προσδιορισμού θέσης κινούμενου οχήματος.....                                                  | 136        |
| <b>5</b>            | <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>                                                                                             |            |
| <b>6</b>            | <b>ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ</b>                                                                          |            |
| <b>Βιβλιογραφία</b> |                                                                                                                 |            |
| Παράρτημα Α         | Τροχιές γύρω από τη γη: GEO, MEO, LEO.....                                                                      | A1         |
| Παράρτημα Β         | Ρύθμιση δέκτη GPS στο ΕΓΣΑ΄87.....                                                                              | B1         |
| Παράρτημα Γ         | Διαδικασία Εισαγωγής εικόνας Google Earth σε δέκτη GPS.....                                                     | Γ1         |
| Παράρτημα Δ         | Όροι χρήσης της Google Earth.....                                                                               | Δ1         |
| Παράρτημα Ε         | Οδηγίες Συνεχούς Καταγραφής Διανυσματικών δεδομένων με<br>δέκτη GPS.....                                        | E1         |





## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο εντοπισμός της θέσης ενός ανθρώπου σε σχέση με τη Γη είναι ένα πρόβλημα που αναζητεί λύση από την αρχαιότητα. Στο πέρασμα του χρόνου, οι τεχνικές εντοπισμού θέσης εξελίχθηκαν σημαντικά και από τον αστερισμό της Μικρής Άρκτου, οδηγηθήκαμε στον εξάντα και μετά στο GPS. Πλέον, ο εντοπισμός ενός χρήστη είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τρόπους αρκετά πιο εύχρηστους από την αναζήτηση των άστρων, όμως οι απαιτήσεις σε ακρίβεια έχουν αυξηθεί σημαντικά, με ζητούμενο πλέον την επίτευξη ακρίβειας ενός μέτρου ή ακόμη και μικρότερης.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους του αντίστοιχου εξοπλισμού για προσδιορισμό θέσης και πλοήγηση μας επιτρέπουν την αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών σε τομείς όπως η χωροταξία, η τοπογραφία (αποτυπώσεις, κτηματογράφηση, αποτύπωση των ορίων μίας περιοχής, κ.λπ.), η γεωργία και η διαχείριση των αλιευτικών πόρων, η αειφόρος ανάπτυξη και η περιβαλλοντική προστασία. Εφαρμογές των συστημάτων αυτών συναντάμε ακόμη σε τομείς ενδιαφέροντος Πολιτικού Μηχανικού όπως η **πλοήγηση και ο προσδιορισμός θέσης οχήματος**, η διαχείριση στόλου οχημάτων, αλλά και η παρακολούθηση της μικρομετακίνησης τεκτονικών πλακών σε σεισμογενείς περιοχές, η παρακολούθηση μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων και η παρακολούθηση παραμορφώσεων τεχνικών έργων κ.λπ.

Ένα φορητό σύστημα εντοπισμού θέσης περιλαμβάνει ένα δέκτη δορυφορικού σήματος κι ένα λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και χαρτογράφησης το οποίο υποστηρίζει ψηφιακούς χάρτες υποδομών/κτιρίων. Ορισμένες συσκευές συνδυάζουν και λογισμικό πλοήγησης.

**Αντικείμενο** αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει όλο το θεωρητικό υπόβαθρο που σχετίζεται με τους δέκτες GPS, την λειτουργία των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης, τον τρόπο επικοινωνίας τους με τους δέκτες GPS και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. **Στόχος** είναι η ανάπτυξη και ο έλεγχος μίας τεχνικής για την εισαγωγή μίας γεωαναφερμένης εικόνας (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτης από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε φορητή μονάδα GPS για εφαρμογές παρακολούθησης και προσδιορισμού θέσης οχημάτων.

Η διάρθρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ως εξής:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο είναι η εισαγωγή με το αντικείμενο και τον στόχο της εργασίας.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία της χαρτογράφησης που περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των γεωγραφικών θέσεων των στοιχείων πάνω στη γη και τον μετασχηματισμό των θέσεων αυτών σε θέσεις πάνω σε ένα επίπεδο χάρτη. Όροι, όπως προβολικό σύστημα και γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων που συναντάει κανείς χρησιμοποιώντας έναν δέκτη GPS, περιγράφονται αναλυτικά. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το χαρτογραφικό υπόβαθρο που υπάρχει συμπεριλαμβανομένων και των χαρτών που λαμβάνουμε από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σημαντικότερες υπάρχουσες τεχνικές εντοπισμού θέσης, καθώς και κάποιες τεχνικές οι οποίες βρίσκονται στην παρούσα χρονική στιγμή σε φάση κατασκευής και πρόκειται να είναι διαθέσιμες στο κοινό σύντομα. Επιπλέον, γίνεται μία σύντομη αναφορά του τρόπου λειτουργίας του Παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης καθώς επίσης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, πάνω στα οποία θα βασιστούμε στην πορεία της διπλωματικής εργασίας. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζονται και επιλεγμένες εφαρμογές των δορυφορικών συστημάτων σε συγκοινωνιακά συστήματα.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται η ανάπτυξη της τεχνικής για χρήση γεωσυσχετισμένων εικόνων του Google Earth σε φορητή μονάδα GPS, ώστε να αποτελέσουν το χαρτογραφικό υπόβαθρο εφαρμογών παρακολούθησης και προσδιορισμού θέσης οχημάτων. Επιπλέον περιγράφονται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για την αξιοπιστία της ακρίβειας της εικόνας Google Earth συγκρινόμενη με έναν ορθοφωτοχάρτη και για την αξιοπιστία του δέκτη GPS στον προσδιορισμό θέσης μέσω μετρήσεων πεδίου. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ακόμη έλεγχοι που έγιναν για την εμπορική εφαρμογή προσδιορισμού θέσης που προσφέρεται από εταιρίες κινητής τηλεφωνίας και που αποτελεί μία εναλλακτική τεχνική

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τους παραπάνω ελέγχους ως προς την αξιοπιστία της τεχνικής.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πιθανά πεδία για περαιτέρω έρευνα τα οποία μπορούν να αποτελέσουν έναυσμα για μελλοντική επέκταση της διπλωματικής εργασίας.

## 2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Για τη μελέτη των προβλημάτων που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες σε σχέση με το γεωγραφικό χώρο, όπως είναι οι μελέτες και οι κατασκευές έργων υποδομής, είναι απαραίτητη η κατασκευή χαρτών, δηλαδή η απεικόνιση υπό κλίμακα ενός τμήματος (ή και του συνόλου) της επιφάνειας της γης σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή. Ο χάρτης είναι ένα πρακτικό μέσον για την αποτύπωση γεωγραφικών στοιχείων και φαινομένων και ένα ισχυρό βοήθημα για την γνωριμία με έναν τόπο και για τον εντοπισμό της θέσης ενός ατόμου ή ενός αντικειμένου.

Βασικό στοιχείο του χάρτη αποτελεί το τοπογραφικό υπόβαθρο, που αναπαριστά με τη βοήθεια γραμμών και συμβόλων τη μορφολογία του εδάφους, το υδρογραφικό δίκτυο και άλλα γεωμορφολογικά στοιχεία (σπηλιές, πηγές κλπ). Στο τοπογραφικό υπόβαθρο αποτυπώνονται επίσης τα βασικά ανθρωπογενή στοιχεία του χώρου (δρόμοι, οικισμοί, μεμονωμένα κτίσματα). Οι χάρτες διακρίνονται σε γενικής χρήσεως (όταν περιλαμβάνουν ένα πλήρες τοπογραφικό υπόβαθρο και ένα εύρος γενικών πληροφοριών) και σε θεματικούς χάρτες (όταν μεγάλο μέρος των γενικών πληροφοριών ή και το υπόβαθρο λείπουν ή αποδίδονται αφαιρετικά και δίνεται έμφαση σε ειδικές πληροφορίες).



**Σχήμα 2. 1** Με τη διαδικασία της προβολής, η γεωγραφική πραγματικότητα αναπαρίσταται στον χάρτη.<sup>[1]</sup>

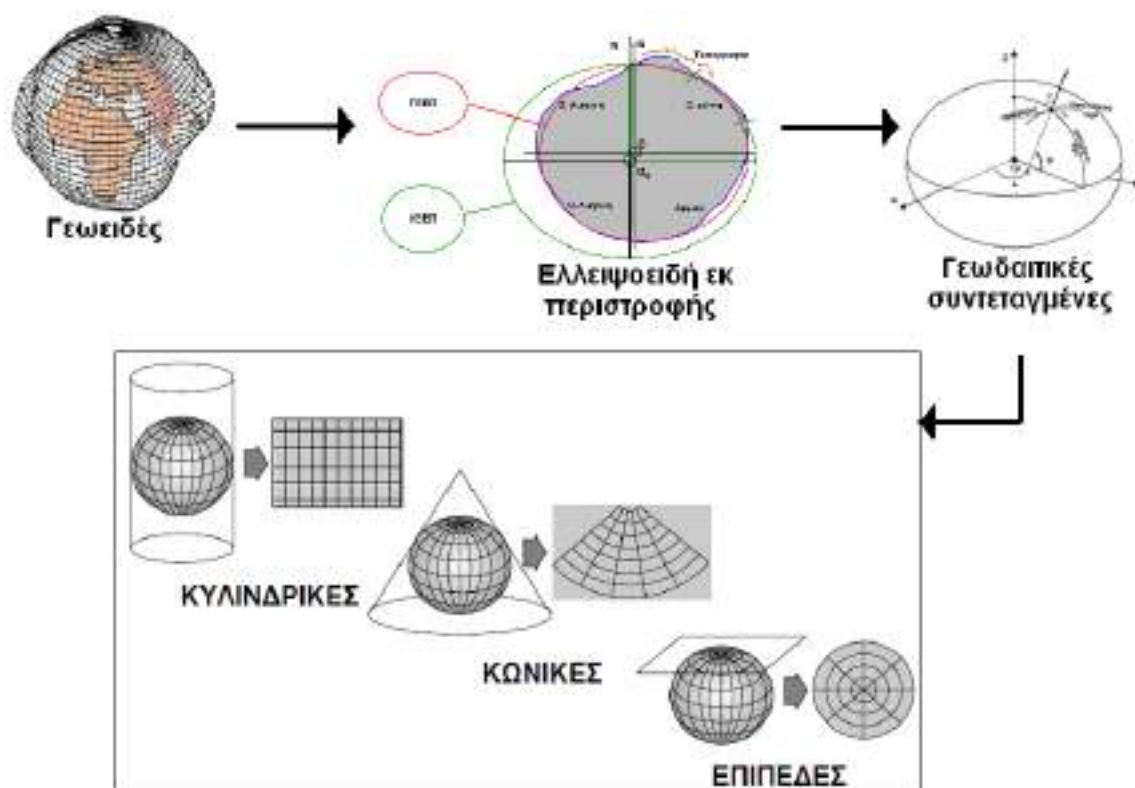
Η διαδικασία με την οποία η τρισδιάστατη και ανώμαλη μορφή της επιφάνειας της γης αναπαριστάται συστηματικά σε ένα δισδιάστατο σχέδιο που έχει την μορφή χάρτη καλείται προβολή ή απεικόνιση. Η διαδικασία της προβολής περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Την επιλογή ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής, δηλαδή μίας επιφάνειας αναφοράς που να προσεγγίζει ικανοποιητικά το σχήμα και το μέγεθος της γης. Κάθε κράτος επιλέγει το ελλειψοειδές αναφοράς που προσεγγίζει καλύτερα το φυσικό μοντέλο της γης (γεωειδές) στην περιοχή που βρίσκεται. Το κέντρο αυτού του ελλειψοειδούς δε συμπίπτει με το κέντρο μάζας της γης.
2. τον προσδιορισμό της θέσης των στοιχείων πάνω στο ελλειψοειδές εκ περιστροφής με την εύρεση των γεωδαιτικών τους συντεταγμένων (γεωδαιτικό μήκος και πλάτος). Κάθε

κράτος έχει το γεωδαιτικό του σύστημα αναφοράς (γεωδαιτικό datum) το οποίο ορίζεται από τον τύπο του μετατοπισμένου ως προς το κέντρο μάζας της γης ελλειψοειδούς και από κάποιες τιμές που δείχνουν πόση είναι αυτή η μετατόπιση.

3. Την επιλογή ενός προβολικού συστήματος το οποίο επιτρέπει την απεικόνιση του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής σε ένα επίπεδο, στο επίπεδο του χάρτη. Το προβολικό σύστημα ορίζεται από ένα σύνολο συναρτήσεων που επιτρέπουν τον μετασχηματισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων σε επίπεδες συντεταγμένες (καρτεσιανές ή πολικές). Επειδή η επιφάνεια του ελλειψοειδούς δεν είναι αναπτυσκόμενη επιφάνεια, η απεικόνιση πάντα συνοδεύεται από παραμορφώσεις. Έτσι λοιπόν, υπάρχει η ανάγκη δημιουργίας απεικονίσεων που να μην παραμορφώνουν τα εμβαδά ή τις γωνίες ή τα μήκη σε κάποια διεύθυνση ωστόσο είναι αδύνατο να διατηρούνται όλα τα γεωμετρικά στοιχεία αναλλοίωτα. Η απεικόνιση αντί να γίνει απ' ευθείας στην επιφάνεια ενός επιπέδου, μπορεί να γίνει πρώτα πάνω σε μια αναπτυσκόμενη επιφάνεια και στην συνέχεια η τελευταία να αναπτυχθεί στο επίπεδο. Τέτοιες κατάλληλες αναπτυσκόμενες επιφάνειες είναι π.χ. η παράπλευρη επιφάνεια ενός κυλίνδρου ή ενός κώνου.

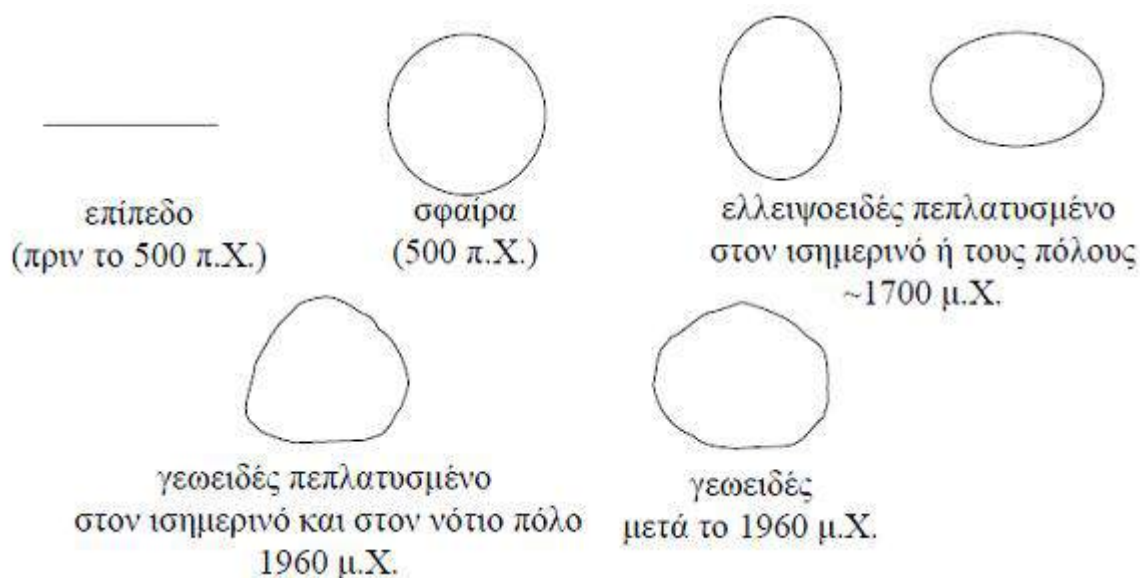
Όλα αυτά τα στάδια παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.2, ενώ όλες οι έννοιες επεξηγούνται εκτενώς στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.



**Σχήμα 2. 2** Διαδικασία προβολής (ΓΕΕΠ: Γήινο ελλειψοειδές εκ περιστροφής και όταν το κέντρο δεν ταυτίζεται με το γεώκεντρο είναι γΕΕΠ: γεωδαιτικό ελλειψοειδές εκ περιστροφής)<sup>[2][3][4][5]</sup>

## 2.1 Επιφάνειες Αναφοράς

Η μορφή και το μέγεθος της γης απασχόλησε τον άνθρωπο από την αρχαιότητα, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η επιστήμη της Γεωδαισίας. Πατέρας της Γεωδαισίας θεωρείται ο Ερατοσθένης (276-192 μ.Χ.), ο οποίος κατάφερε να μετρήσει την ακτίνα της Γης με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Η επιστήμη αυτή αναπτύσσεται από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα από αστρονόμους, μαθηματικούς και φυσικούς. Ωστόσο ραγδαίες εξελίξεις σημειώνονται μετά το 1950 με την τεχνολογική εξέλιξη των μικροκυμάτων, την κατασκευή οργάνων μεγάλης ακρίβειας, την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την ανάπτυξη της τεχνολογίας των δορυφόρων και της φωτογραμμετρίας.

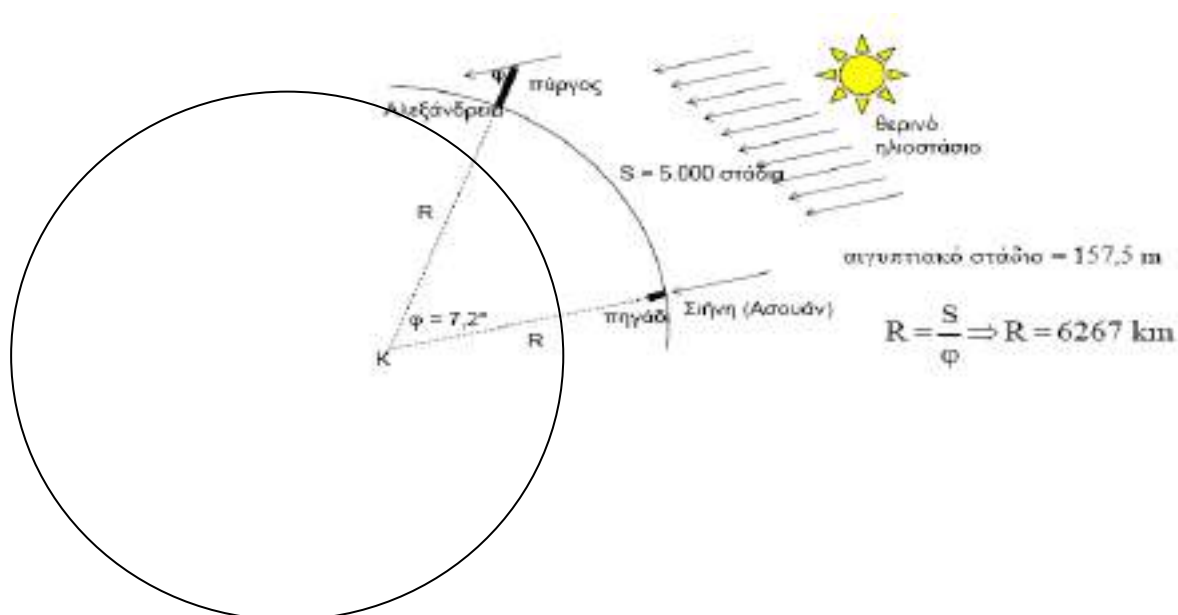


Σχήμα 2. 3 Εξέλιξη της αντίληψης του σχήματος της γης στους αιώνες. <sup>[3]</sup>

Η αντίληψη για το σχήμα της *Φυσικής γήινης επιφάνειας (Φ.Γ.Ε.)*, δηλαδή της πραγματικής επιφάνειας της Γης που περιλαμβάνει την τοπογραφική επιφάνεια, καθώς και την επιφάνεια ή τον πυθμένα των ωκεανών, που θεωρείται το όριο μεταξύ της συμπαγούς και της υδάτινης επιφάνειας της γης, άλλαζε με το πέρασμα των αιώνων. Σήμερα η επιστήμη της Γεωδαισίας χρησιμοποιεί τρεις βασικές επιφάνειες προκειμένου να περιγράψει τη γήινη επιφάνεια, οι οποίες καλούνται *επιφάνειες αναφοράς* και είναι οι εξής:<sup>[6]</sup>

- Η σφαίρα
- Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής
- Το γεωειδές

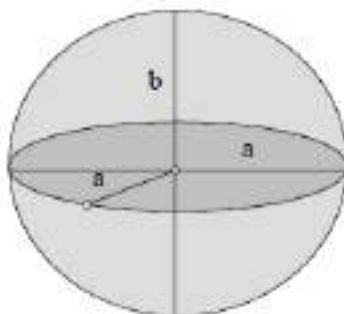
Αναλυτικότερα, η σφαίρα είναι το πιο απλό μαθηματικό σχήμα που προσεγγίζει τη γη κι αυτό γιατί πρόκειται για μία επιφάνεια με σταθερή καμπυλότητα και άρα όχι πολύπλοκους υπολογισμούς. Χρησιμοποιείται όταν δεν επιζητούνται υψηλά επίπεδα ακριβειών και αναφέρεται σε μικρής έκτασης περιοχές. Η ακτίνα της σφαίρας έχει μετρηθεί ότι είναι 6371 km. Ο Ερατοσθένης ( 276-196 π. Χ ) βιβλιοθηκονόμος στη βιβλιοθήκη Αλεξάνδρειας θεωρείται ο πρώτος γεωδαίτης που υπολόγισε την ακτίνα μιας σφαιρικής Γης επινοώντας τρόπο που βασιζόταν στη μέτρηση μήκους ενός μικρού τόξου της γήινης σφαίρας από τη σκιά σε δύο διαφορετικά πλάτη  $\varphi$  κατά τη μεσουράνηση του Ήλιου. Η τιμή ακτίνας που υπολογίσθηκε ήταν 6267 km (αποκλίνει από τη σημερινή μέση ακτίνα της σφαιρικής Γης μόνο περίπου 2%. Η μέθοδος βασίστηκε σε υπολογισμό μήκους σφαιρικού τόξου ( $S = R\theta$ ). Η ακτίνα της Γης είναι  $R=S/\theta$  όπου  $\theta$  είναι η επίκεντρη γωνία. [3]



**Σχήμα 2.4** Η σφαίρα ως επιφάνεια αναφοράς και η μέτρηση της ακτίνας της από τον Ερατοσθένη. [3]

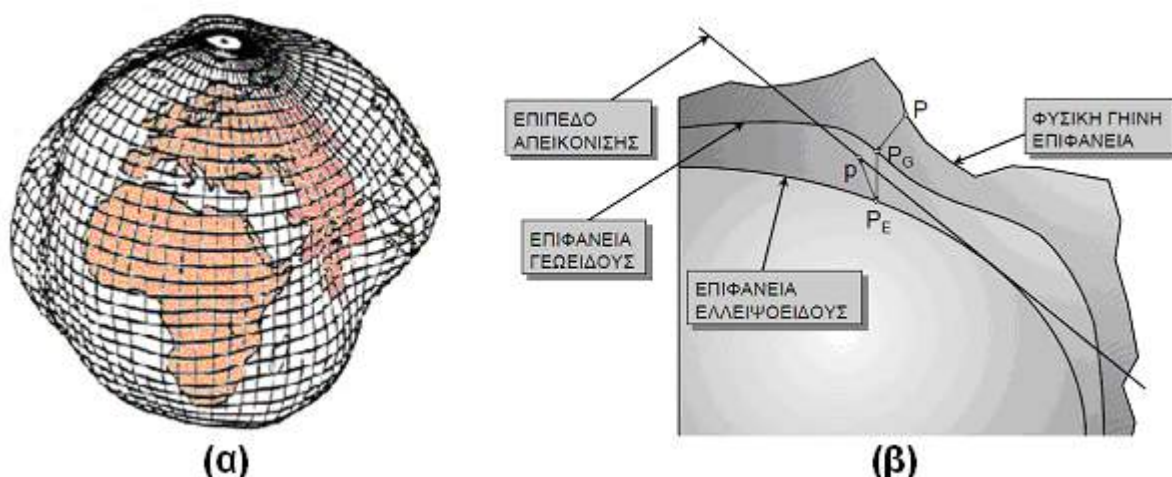
Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής αποτελεί μία καλύτερη προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η γη έχει πάρει το σχήμα ενός σφαιροειδούς πεπλατυσμένου στους πόλους σχήματος, λόγω της περιστροφής της γύρω από τον άξονά της. Ένας πιο σχηματοποιημένος τρόπος για να περιγράψουμε αυτήν την ομαλή επιφάνεια είναι να θεωρήσουμε μία σφαίρα από ελαστικό μέσο (π.χ. μία μπάλα) την οποία πιέζουμε κατά τη διεύθυνση ενός άξονα (τον άξονα περιστροφής της Γης). Οι τομές της επιφάνειας του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής με επίπεδα που περιέχουν τον άξονα περιστροφής της Γης (κατακόρυφα επίπεδα) είναι ελλείψεις, ενώ οι τομές με επίπεδα κάθετα στον άξονα είναι κύκλοι. Πρόκειται για μία

μαθηματική επιφάνεια, η μελέτη της γεωμετρίας της οποίας είναι αρκετά πολύπλοκη γιατί πρόκειται για επιφάνεια με μεταβαλλόμενη διπλή καμπυλότητα και αντιμετωπίζεται από τον τομέα των μαθηματικών της διαφορικής γεωμετρίας και της θεωρίας επιφανειών.<sup>[7]</sup>

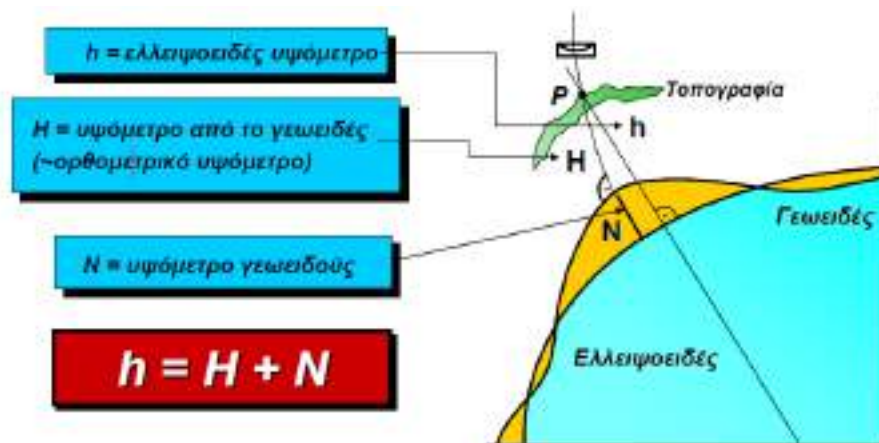


χήμα 2. 5 Ελλειψοειδές εκ περιστροφής με τους δύο άξονες του <sup>[8]</sup>

Το γεωειδές, που είναι μία φανταστική επιφάνεια, προσεγγίζει ακριβέστερα το σχήμα της γης. Η χρήση αυτής της επιφάνειας γίνεται διότι, λόγω του ανομοιογενούς υλικού και της ανομοιόμορφης κατανομής των μαζών, το σχήμα της γης διαφέρει από το ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Το γεωειδές είναι η ισοδυναμική επιφάνεια του γήινου πεδίου βαρύτητας, που προσαρμόζεται καλύτερα στη μέση στάθμη της θάλασσας. Με πιο απλό τρόπο, μπορεί να ορισθεί ως η επιφάνεια που διαμορφώνεται από τη μέση στάθμη της θάλασσας και την προέκτασή της στο χώρο που καταλαμβάνουν οι ήπειροι. Το σχήμα του είναι «ανώμαλο», αφού παρουσιάζει διακυμάνσεις σε σχέση με τα άλλα κανονικά στερεά που προσομοιώνουν τη γη. Ας σημειωθεί ότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών του ελλειψοειδούς και του γεωειδούς είναι πάντοτε μικρότερη από 100 χιλιόμετρα .



Σχήμα 2. 6 (α) Η γεωειδής επιφάνεια (15000:1), (β) Φυσική γήινη επιφάνεια, γεωειδές και επιφάνεια αναφοράς (ελλειψοειδές εκ περιστροφής). <sup>[2][5]</sup>



**Σχήμα 2. 7** Το υψόμετρο του γεωειδούς (N), το ορθομετρικό υψόμετρο (H) (υψόμετρο από το γεωειδές) και το γεωμετρικό υψόμετρο (h). <sup>[9]</sup>

Η μαθηματική σχέση που συνδέει το υψόμετρο του γεωειδούς (N), το ορθομετρικό υψόμετρο (H) (υψόμετρο από το γεωειδές) και το γεωμετρικό υψόμετρο (h) είναι:

$$h = H + N$$

Όπου:

(N): υψόμετρο του γεωειδούς σε ένα σημείο καλείται η αποχή του γεωειδούς ως προς κάποιο ελλειψοειδές αναφοράς στο σημείο αυτό και μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό,

(H): ορθομετρικό υψόμετρο σε ένα σημείο καλείται η απόστασή του από το γεωειδές (μέση στάθμη της θάλασσας)

(h): γεωμετρικό υψόμετρο καλείται το άθροισμα αυτών των δύο καλείται

(θ): απόκλιση της κατακορύφου καλείται η γωνία θ που σχηματίζει η κάθετη στο ελλειψοειδές και η κατακόρυφος (η κάθετη στο γεωειδές)

### 2.1.1 Χαρτογραφική χρήση της σφαίρας, του ελλειψοειδούς και του γεωειδούς

Η έκταση της περιοχής & η ακρίβεια στους υπολογισμούς καθορίζουν την επιφάνεια αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί.<sup>[6]</sup>

Η *ισοδύναμη σφαίρα* (σφαίρα με ακτίνα 6371km και εμβαδόν ίσο με του ελλειψοειδούς) αποτελεί την επιφάνεια αναφοράς για μικρής κλίμακας χάρτες χωρών, ηπείρων και μεγαλύτερων περιοχών. Αυτό συμβαίνει διότι η διαφορά ανάμεσα σε σφαίρα και ελλειψοειδές είναι αμελητέα όταν χαρτογραφούμε ευρείες περιοχές με γενικό τρόπο, σε χάρτες μεγέθους σελίδας. Επίσης, αυξάνεται σημαντικά η πολυπλοκότητα των εξισώσεων των χαρτογραφικών προβολών για το ελλειψοειδές. Επιπρόσθετα, οι σφαιρικές και οι σφαιροειδείς εξισώσεις για μια συγκεκριμένη χαρτογραφική προβολή δίνουν ουσιαστικά τα ίδια αποτελέσματα για χάρτες μικρής κλίμακας.

Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής χρησιμοποιείται στους λεπτομερείς, μεγάλης κλίμακας, χάρτες μικρών περιοχών, όπως οι τοπογραφικοί χάρτες και τα ναυτικά διαγράμματα, όπου οι διαφορές ανάμεσα στις σφαιρικές και ελλειψοειδείς προσεγγίσεις μπορεί να είναι σημαντικές και πρέπει να λάβουμε υπόψη την επιπλάτυνση της Γης. Οι αποστάσεις, οι διευθύνσεις και τα εμβαδά που μετρώνται σε αυτούς τους λεπτομερείς χάρτες θα ήταν λάθος σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, αν χρησιμοποιούνταν η ισοδύναμη σφαίρα. Η χρήση του ελλειψοειδούς συμφωνεί επίσης με τις σύγχρονες μεθόδους συλλογής στοιχείων για χαρτογράφηση μεγάλης κλίμακας. Δείκτες δορυφόρων παγκόσμιου εντοπισμού, για παράδειγμα, υπολογίζουν μήκος, πλάτος και ύψος χρησιμοποιώντας το ελλειψοειδές WGS 84 (βλέπε **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**) (προσδιορισμένο βάσει των δεδομένων από τροχιές δορυφόρων και πιο ακριβές) ως επιφάνεια αναφοράς.

Το γεωειδές είναι η επιφάνεια αναφοράς στις επίγειες αποτυπώσεις για τον προσδιορισμό των οριζοντίων και κατακόρυφων συντεταγμένων. Ωστόσο, οι οριζόντιες θέσεις προσαρμόζονται στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς, αφού οι ανωμαλίες στο γεωειδές θα καθιστούσαν τη χαρτογραφική προβολή (βλέπε 2.3 *Προβολικά Συστήματα*) και άλλους μαθηματικούς υπολογισμούς εξαιρετικά πολύπλοκους. Από την άλλη, τα υψόμετρα προσδιορίζονται σε σχέση με το γεωειδές της μέσης θαλάσσιας επιφάνειας.

### 2.1.2 Ελλειψοειδή Αναφοράς

Με τη διαχρονική εξέλιξη των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν για τη προσέγγιση της γήινης επιφάνειας ερευνήθηκαν και όλοι οι δυνατοί τρόποι απεικόνισης της επιφάνειας της Γης πάνω σε ένα επίπεδο, το επίπεδο του χάρτη, πράγμα που αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης για την επιστήμη της χαρτογραφίας. Για το σκοπό αυτό αρχικά προσομοιώνεται η - ακανόνιστη και με μορφολογικές ανωμαλίες - γήινη επιφάνεια συνήθως με ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής και στη συνέχεια τμήμα αυτής της επιφάνειας προβάλλεται στο επίπεδο. Υπάρχουν πολλά ελλειψοειδή αναφοράς που προσομοιώνουν τη γήινη επιφάνεια. Ανάλογα με την περιοχή που θέλουμε να απεικονίσουμε επιλέγεται και το καταλληλότερο ελλειψοειδές. Τα ελλειψοειδή φέρουν κάποια ονομασία που προσδιορίζει τις διαστάσεις τους.

| Ελλειψοειδή<br>Παράμετροι                                                                                                                                                                    | Bessel<br>1840 | Hayford<br>1909 | Krassowsky<br>1942 | G.R.S. 67<br>1967 | G.R.S. 80<br>1980 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| $\alpha$                                                                                                                                                                                     | 6.377.397,15   | 6.378.388,00    | 6.378.245          | 6.378.160,00      | 6.378.137         |
| $\beta$                                                                                                                                                                                      | 6.356.078,96   | 6.356.911,94    | 6.356.863          | 6.356.774,51      | 6.356.752         |
| $f = (\alpha - \beta) / \alpha$                                                                                                                                                              | 1 : 299,2      | 1 : 297,0       | 1 : 298,3          | 1 : 298,2         | 1 : 298,257       |
| πλάτυνση $f = 1:300$ σημαίνει ότι σε ομοίωμα του γήινου ελλειψοειδούς με ακτίνα ισημερινού $\alpha = 30 \text{ cm}$ , ο πόλος απέχει από το επίπεδο του ισημερινού $\beta = 29,9 \text{ cm}$ |                |                 |                    |                   |                   |

**Πίνακας 2. 1 Τα ελλειψοειδή αναφοράς που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα <sup>[3]</sup>**

### 2.1.3 Γεωμετρία Ελλειψοειδούς

Το ελλειψοειδές παρουσιάζει τρεις καμπυλότητες σε κάθε θέση P, όπως αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Καμπυλότητα της  
μεσημβρινής τομής  $K_p$

$$K_p = -\frac{\alpha(1-e^2)}{\sqrt[3]{1-e^2 \sin^2 \phi}}$$

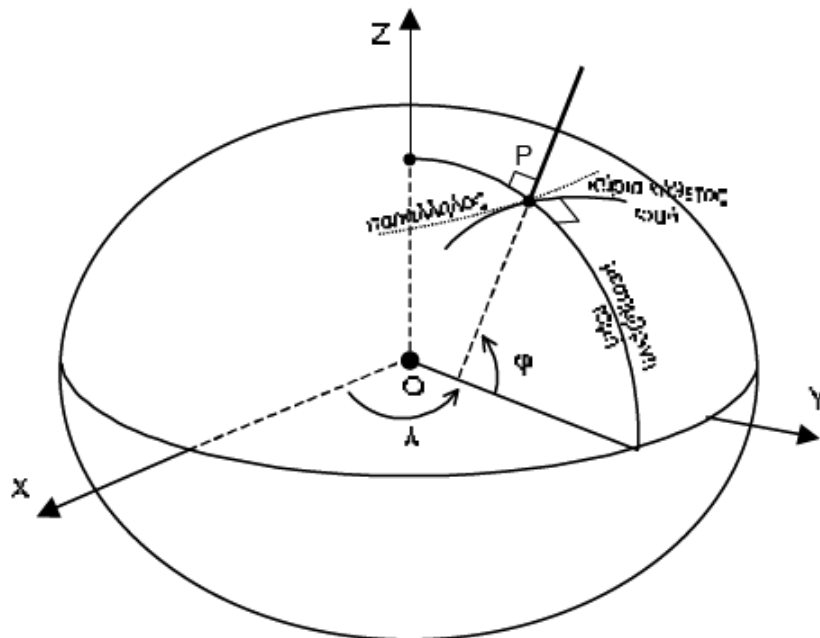
Καμπυλότητα του  
παράλληλου κύκλου που  
περνάει από το P,  $K_r$

$$K_r = \sqrt{\frac{\alpha^2 \cos^2 \phi}{1-e^2 \sin^2 \phi}}$$

Καμπυλότητα της κύριας  
κάθετης τομής  $K_N$  στη  
μεσημβρινή τομή

$$K_N = \frac{\alpha}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}}$$

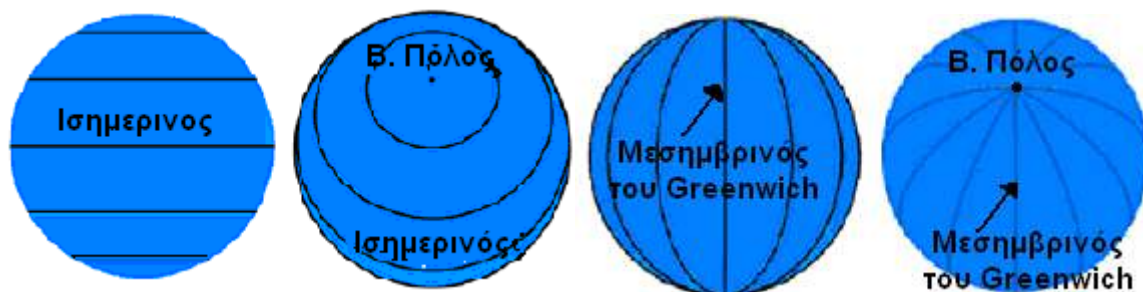
Πίνακας 2. 2 Οι τρεις καμπυλότητες που παρουσιάζει το ελλειψοειδές σε κάθε θέση P. <sup>[3]</sup>



Σχήμα 2. 8 Η μεσημβρινή τομή, ο παράλληλος κύκλος που περνάει από το P και η κύρια κάθετη τομή στη μεσημβρινή τομή ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. <sup>[3]</sup>

## 2.2 Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς

Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στη χαρτογραφία είναι το σύστημα των γεωδαιτικών συντεταγμένων\* το οποίο αναφέρεται σε κάποιο από τα ελλειψοειδή που χρησιμοποιούνται στην πράξη. Ουσιαστικά αποτελεί ένα σύστημα επιφανειακών συντεταγμένων για την επιφάνεια αναφοράς. Το δίκτυο των συντεταγμένων αυτών (σχήμα 2) πάνω στο ελλειψοειδές είναι ένα δίκτυο μεσημβρινών και παράλληλων. Οι *μεσημβρινοί* (*Meridian*) κάθε σημείου είναι οι τομές της επιφάνειας του ελλειψοειδούς με επίπεδα που περιλαμβάνουν την κάθετο στο σημείο προς την επιφάνεια αναφοράς και τον άξονα περιστροφής, ενώ αντίστοιχα, οι *παράλληλοι* (*Parallels*) είναι οι τομές της επιφάνειας του ελλειψοειδούς με επίπεδα που περιλαμβάνουν το σημείο και είναι κάθετα στον άξονα περιστροφής. Στην περίπτωση του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής οι μεσημβρινοί αποτελούν ελλείψεις ίσες μεταξύ τους, έχουν για άκρα τους πόλους και είναι βαθμονομημένοι σε μοίρες, με το μηδέν στο *μεσημβρινό του Greenwich* (*Prime Meridian*) και αρίθμηση από 0 έως 180 μοίρες. Οι παράλληλοι αποτελούν κύκλους των οποίων η ακτίνα μειώνεται όσο πλησιάζουμε στους πόλους. Ο παράλληλος που διέρχεται από το κέντρο της Γης και είναι σε μέγεθος μεγαλύτερος από όλους τους άλλους, ονομάζεται *ισημερινός* (*Equator*). Οι παράλληλοι, λοιπόν, είναι και αυτοί βαθμονομημένοι σε μοίρες με το μηδέν στον Ισημερινό και το 90 στο Βόρειο και το Νότιο πόλο.<sup>[5]</sup>

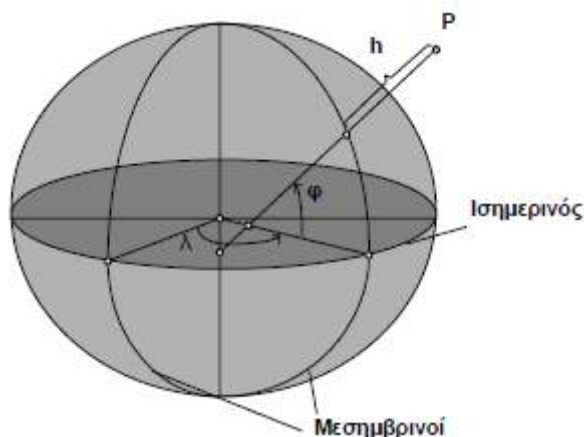


Σχήμα 2. 9 Ο Ισημερινός και ο Μεσημβρινός του Greenwich.<sup>[10]</sup>

Κάθε σημείο του οποίου θέλουμε να προσδιορίσουμε τη θέση προβάλλεται από τη φυσική γήινη επιφάνεια πάνω στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς κατά τη διεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια αυτή. Το μήκος της καθέτου, δηλαδή η απόσταση του σημείου από το ελλειψοειδές, ονομάζεται γεωμετρικό υψόμετρο ή απλά υψόμετρο. Η θέση της προβολής του σημείου πάνω στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς προσδιορίζεται με την βοήθεια δύο γωνιών. Η γωνία που σχηματίζει η κάθετος από το σημείο στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς με το επίπεδο του ισημερινού ονομάζεται *γεωδαιτικό πλάτος* ( $\phi$ ) (*Latitude*). Η διέδρος γωνία που

\* Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ως επιφάνεια αναφοράς μία σφαίρα, τότε το σύστημα αναφοράς καλείται σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων.

σχηματίζεται από το επίπεδο του μεσημβρινού που διέρχεται από το σημείο και από έναν αυθαίρετα επιλεγμένο μεσημβρινό ονομάζεται *γεωδαιτικό μήκος ( $\lambda$ ) (Longitude)*. Ο αυθαίρετα επιλεγμένος μεσημβρινός συνήθως είναι ο μεσημβρινός που διέρχεται από το Greenwich. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες μετρώνται σε μοίρες. Το γεωδαιτικό πλάτος κυμαίνεται από  $0^\circ$  ως  $90^\circ$  στο βόρειο ημισφαίριο και από  $0^\circ$  ως  $-90^\circ$  στο νότιο ημισφαίριο ενώ το γεωδαιτικό μήκος κυμαίνεται από  $0^\circ$  ως  $360^\circ$ .



**Σχήμα 2. 10 Σύστημα γεωδαιτικών συντεταγμένων ενός σημείου P.**

Η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα στον  $34^\circ$  και τον  $42^\circ$  παράλληλο (βόρειο πλάτος) και τον  $19^\circ$  και  $29^\circ$  μεσημβρινό (ανατολικό μήκος).

Οι μεσημβρινοί είναι γραμμές με σταθερό γεωδαιτικό μήκος ( $\lambda=c$ ) και οι παράλληλοι γραμμές με σταθερό γεωδαιτικό πλάτος ( $\varphi=c$ ). Η θέση ενός σημείου πάνω στην επιφάνεια αναφοράς ή ακόμα και ενός σημείου που βρίσκεται μεν πάνω στην φυσική γήινη επιφάνεια αλλά έχει προβληθεί πάνω στην επιφάνεια αναφοράς, μπορεί να προσδιοριστεί με την βοήθεια του δικτύου των μεσημβρινών και παραλλήλων, δηλαδή με γραμμικά μεγέθη και όχι γωνιακά. Το αντίστοιχο του γεωδαιτικού μήκους θα μετρηθεί σαν απόσταση πάνω στον ισημερινό και το αντίστοιχο του γεωδαιτικού πλάτους σαν απόσταση πάνω στον μεσημβρινό. Όλες αυτές οι αποστάσεις μετρώνται πάνω στην επιφάνεια αναφοράς.

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, κάθε κράτος επιλέγει το ελλειψοειδές αναφοράς που προσεγγίζει καλύτερα το αντίστοιχο γεωειδές ορίζοντας έτσι το **γεωδαιτικό του σύστημα αναφοράς** (γεωδαιτικό datum). Στο ελλειψοειδές αυτό το κέντρο δεν συμπίπτει με το κέντρο μάζας της γης ενώ ο μικρός άξονας εκλέγεται παράλληλος στον άξονα περιστροφής της γης με ακρίβεια καλύτερη του 1 ppm. Αντίθετα, το γήινο ελλειψοειδές έχει ως κέντρο το κέντρο μάζας της γης κι έτσι το σύστημα αναφοράς του είναι ένα **γεωκεντρικό σύστημα συντεταγμένων**.

Ας σημειωθεί ακόμη ότι ενώ σε ένα παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων, όπως το WGS84 μπορεί κανείς να προσαρμόσει την προβολή που εξυπηρετεί καλύτερα, στα εθνικά

συστήματα επιλέγεται πάντα μία συγκεκριμένη προβολή, η οποία παραμετροποιείται κατάλληλα, ώστε να αποδίδει με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση μετρήσεις μηκών και εμβαδών σε όλη την επικράτεια.

Ένα *Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ)* είναι η βάση για την κατασκευή ενός χάρτη και προσδιορίζεται από:

- τον τύπο του ελλειψοειδούς. Έχουν δημιουργηθεί πολλά και διαφορετικά ελλειψοειδή που το καθένα προσαρμόζεται καλύτερα σε συγκεκριμένη περιοχή της γης. Σήμερα τείνει να γενικευτεί η χρήση του ελλειψοειδούς GRS80 (ένα σύγχρονο γεωκεντρικό ελλειψοειδές), του οποίου οι διαστάσεις έχουν υπολογιστεί από δορυφόρους - σε αντίθεση με τα παλαιότερα που βασίζονταν σε επίγειες μετρήσεις - και το οποίο τροποποιείται ώστε να αποδίδει καλύτερα μια συγκεκριμένη περιοχή. Μαζί με τον τύπο του ελλειψοειδούς αναφέρονται και οι παράμετροι τροποποίησης του, που συνίσταται σε μικρές μεταβολές των ημιαξόνων ή της επιπλάτυνσης του ελλειψοειδούς (εκφράζονται ως διαφοροποιήσεις από το ελλειψοειδές βάσης  $\Delta a$  και  $\Delta b$  για τους άξονες και  $\Delta f$  για την επιπλάτυνση).
- το DATUM, δηλαδή μια σειρά τιμών που προσδιορίζουν το πόσο μετατοπίζεται το τροποποιημένο ελλειψοειδές του συστήματος από το γεωκεντρικό ελλειψοειδές που χρησιμοποιεί ως βάση, ώστε να εφαρμόζει καλύτερα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή - συνήθως μια χώρα). Η μετατόπιση μετριέται σε μέτρα από το κέντρο του γεωκεντρικού ελλειψοειδούς ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$  και  $\Delta z$ ).

Ας σημειωθεί ότι το γεωδαιτικό πλάτος ( $\varphi$ ) και η τεταγμένη ( $\psi$ ) αυξάνουν στους χάρτες από κάτω προς τα πάνω, δηλαδή από Νότο προς Βορρά, ενώ το γεωδαιτικό μήκος ( $\lambda$ ) και η τετμημένη ( $\chi$ ) αυξάνουν στους χάρτες από αριστερά προς τα δεξιά, δηλαδή από Δύση προς Ανατολή. Τονίζεται ότι τα  $\lambda$ ,  $\varphi$ ,  $h$  ενός σημείου διαφέρουν από το ένα σύστημα αναφοράς στο άλλο, ενώ ακόμη και για το ίδιο σύστημα αναφοράς, αν χρησιμοποιηθεί διαφορετική προβολή παίρνουμε διαφορετικά  $\chi$ ,  $\psi$  για το ίδιο σημείο. Γι' αυτό είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε το σύστημα αναφοράς του χάρτη που χρησιμοποιούμε όταν αναφερόμαστε σε γεωδαιτικές συντεταγμένες  $\lambda$ ,  $\varphi$  και επιπλέον την προβολή του, όταν αναφερόμαστε σε επίπεδες συντεταγμένες  $\chi$ ,  $\psi$ .

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες στους χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού 1:50.000 αναγράφονται με μαύρα στοιχεία στις γωνίες του χάρτη και υπάρχει βαθμονόμηση ανά 1' στο περιθώριο του χάρτη (μαύρες γραμμές) αλλά και ανά 5' στο εσωτερικό του (μαύροι σταυροί). Κάθε φύλλο χάρτη (βλέπε υποκεφάλαιο 2.3) της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000 καλύπτει 15' γεωδ. μήκους και 15' γεωδ. πλάτους.

Τα σημαντικότερα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς είναι τα ακόλουθα <sup>[11]</sup>:

### 1. Ελληνικό Datum

Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε ευρέως και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα το λεγόμενο Ελληνικό Datum που ορίστηκε στα τέλη του περασμένου αιώνα για τις πρώτες γεωδαιτικές εργασίες. Χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές Bessel 1841 και αρχή συντεταγμένων το βάθρο του αστεροσκοπείου Αθηνών με γεωγραφικό μήκος  $\lambda=0^0$  και πλάτος  $\varphi$  το αστρονομικό πλάτος. Συνδυάζεται με διάφορες προβολές για τη μεταφορά του ελλειψοειδούς στο επίπεδο :

- Την αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή (HATT)
- Την εγκάρσια μερκατορική προβολή (Transverse Mercator) σε σύστημα 3 μοιρών (γνωστή και ως TM3<sup>0</sup>)

### 2. Ευρωπαϊκό Datum ED50

Το σύστημα ED50 είναι ένα ηπειρωτικό σύστημα, αφορά δηλαδή όλη την Ευρώπη και υπήρξε το αποτέλεσμα της ενοποίησης όλων των ευρωπαϊκών δικτύων, με μετρήσεις της προπολεμικής και πολεμικής περιόδου. Χρησιμοποιεί ως ελλειψοειδές αναφοράς το International (ή Hayfford) και αρχή συντεταγμένων το Potsdam της Γερμανίας. Συνεχίσθηκε η βελτίωσή του με νεότερες μετρήσεις και τεχνικές τα επόμενα χρόνια, με τελευταία έκδοσή του το ED89, που όμως δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ γιατί τα δορυφορικά συστήματα το είχαν ήδη ξεπεράσει.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και οι γεωγραφικές συντεταγμένες του  $\lambda$ ,  $\varphi$  αναγράφονται στα πλαίσια των περισσότερων χαρτών της Γ.Υ.Σ. από κλίμακα 1/100.000 έως και 1/5.000. Επειδή οι χάρτες της Γ.Υ.Σ. είναι και το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο της χώρας για κάθε χρήση, οι περισσότεροι ελληνικοί τουριστικοί και οδικόι χάρτες απεικονίζουν  $\lambda$  και  $\varphi$  του ED50. Επίσης είναι δυνατή η συνδυασμένη χρήση τους με GPS, αφού το ED50, ως ευρέως αποδεκτό datum, συμπεριλαμβάνεται στα διαθέσιμα συστήματα αναφοράς όλων των φορητών ερασιτεχνικών δεκτών. Για την μεταφορά του ελλειψοειδούς στο επίπεδο χρησιμοποιείται η (υιοθετηθείσα και από πολλές άλλες χώρες) παγκόσμια εγκάρσια μερκατορική προβολή (Universal Transverse Mercator, UTM).

### 3. Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (World Geodetic System 1984, WGS84)

Το σύστημα αυτό που έχει επικρατήσει παγκοσμίως και χρησιμοποιείται ευρύτατα, ιδρύθηκε από τις ένοπλες Δυνάμεις των Η.Π.Α. και υλοποιείται μέσω των δορυφόρων του συστήματος

GPS. Όλοι οι δέκτες GPS το υποστηρίζουν και τα λ, φ που απεικονίζουν με τις αρχικές (default) ρυθμίσεις τους αναφέρονται σε αυτό το σύστημα. Το WGS84 χρησιμοποιεί δικό του ελλειψοειδές με το ίδιο όνομα και, με την διάδοση των δεκτών GPS, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως σύστημα αναφοράς σε διεθνείς χάρτες, κυρίως στη ναυσιπλοΐα.

#### 4. Ενιαίο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ'87)

Το ΕΓΣΑ'87 είναι σήμερα το πιο ολοκληρωμένο σύστημα αναφοράς για τον Ελληνικό χώρο. Ιδρύθηκε το 1987 με τη συνεργασία της Γ.Υ.Σ. και του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.) και συνδυάζει datum και προβολικό σύστημα που έχουν επιλεγεί έτσι ώστε αφενός να υπάρχει ένα ενιαίο σύστημα για όλη την Ελλάδα με τις μικρότερες δυνατές παραμορφώσεις και αφετέρου να είναι εύκολη η σύνδεσή του με τα παγκόσμια δορυφορικά γεωδαιτικά συστήματα όπως το WGS84.

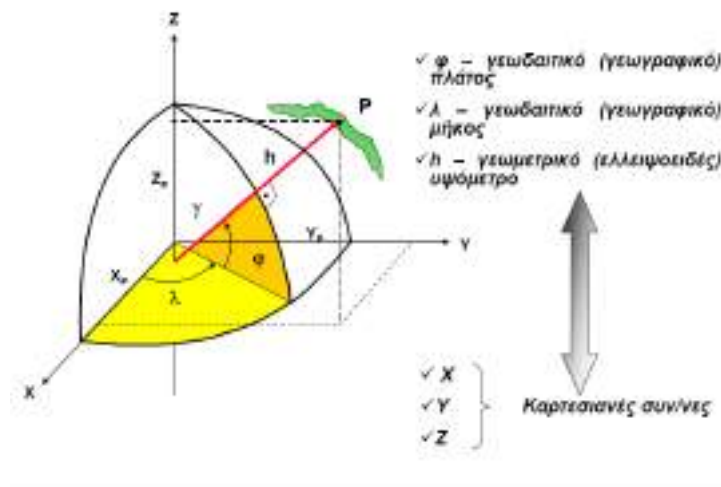
Το datum χρησιμοποιεί ως ελλειψοειδές το διεθνώς παραδεκτό GRS80, προσανατολισμένο παράλληλα με το WGS84. Το γεγονός αυτό καθιστά πολύ εύκολη τη μετατροπή γεωδαιτικών συντεταγμένων λ, φ από το ένα datum προς το άλλο. Σε ένα δέκτη GPS που εγγενώς υπολογίζει συντεταγμένες στο datum WGS84, αρκεί να εισαχθούν οι παράμετροι μετατόπισης των ελλειψοειδών ( $DX=-200$ ,  $DY=+74$ ,  $DZ=+246$ ) για να δίνει απ' ευθείας τη θέση του στο datum του ΕΓΣΑ'87. Το ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί ως προβολή την εγκάρσια μερκατορική προβολή (transverse mercator) TM'87.

Οι αναθεωρημένοι έγχρωμοι χάρτες της Γ.Υ.Σ. με κλίμακες από 1/100.000 έως 1/25.000 εμφανίζουν στο πλαίσιό τους και τις επίπεδες συντεταγμένες του ΕΓΣΑ'87. Οι συντεταγμένες αυτές έχουν αρχίσει να εμφανίζονται και σε άλλους πρόσφατους χάρτες ειδικού ενδιαφέροντος (όπως η νέα σειρά Τοπο της Ανάβασης).

Στο τέλος του κεφαλαίου 2.3, στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται όλα τα Γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο.

### 2.2.1 Μετασχηματισμός Γεωδαιτικών σε Καρτεσιανές Συντεταγμένες

Οι σχέσεις που συνδέουν τις γωνίες και τις αποστάσεις στο ελλειψοειδές με τις καμπυλόγραμμες συντεταγμένες  $(\phi, \lambda)$  είναι πολύπλοκες και δύσχρηστες. Γι αυτό γίνεται αντικατάσταση των  $(\phi, \lambda)$  των τριγωνομετρικών σημείων με ορθογώνιες επίπεδες συντεταγμένες  $(X, Y)$ . Οι σχέσεις που συνδέουν τις  $(X, Y)$  με τις γωνίες και τις αποστάσεις πάνω στο επίπεδο είναι της επίπεδης αναλυτικής γεωμετρίας και είναι πολύ απλές και εύχρηστες. <sup>[3]</sup>



Σχήμα 2. 11 Μετασχηματισμός γεωδαιτικών συντεταγμένων σε καρτεσιανές και αντίστροφα.

Για τη μετατροπή των  $(\phi, \lambda, h)$  συντεταγμένων σε  $(X, Y, Z)$  εφαρμόζουμε <sup>[3]</sup>:

$$X = (K_N + h) \cos \phi \cdot \cos \lambda$$

$$Y = (K_N + h) \cos \phi \cdot \sin \lambda$$

$$Z = [K_N(1 - e^2) + h] \sin \phi$$

Για τον αντίστροφο μετασχηματισμό χρησιμοποιούμε τις εξής σχέσεις:

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X}$$

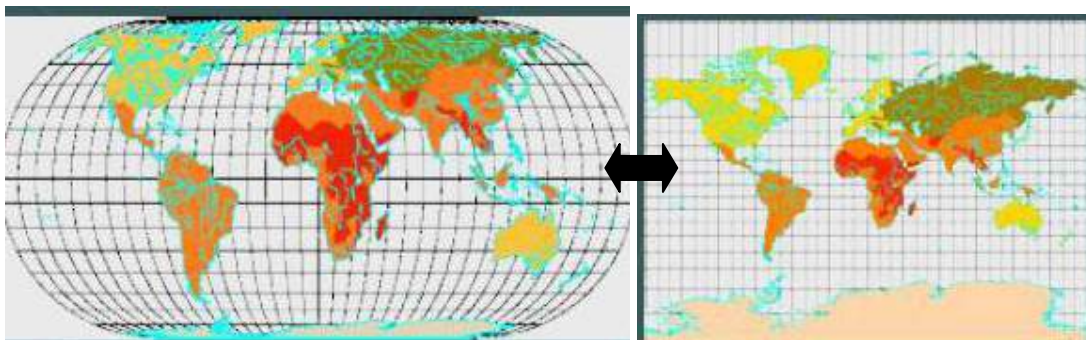
$$\tan \phi = \frac{Z + e^2 K_N \sin \phi}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$h = \begin{cases} X \sec \lambda \cdot \sec \phi - K_N \\ Y \cos \lambda \cdot \sec \phi - K_N \end{cases}$$

## 2.3 Προβολικά Συστήματα

Η απεικόνιση και η παραμόρφωση: Με όποιο τρόπο κι αν απεικονισθεί η γη (όλη ή μέρος της) σε ένα χάρτη δηλαδή το ελλειψοειδές σε ένα επίπεδο, το βέβαιο είναι ότι θα υπάρξει παραμόρφωση των σημάτων στο ελλειψοειδές, αφού αυτό είναι μια μη αναπτυσσόμενη επιφάνεια. Για αυτόν τον λόγο, η διαδικασία απεικόνισης (δηλ. η συνάρτηση) πρέπει να παρέχει πληροφορία για το πόσο παραμορφώνονται τα μεγέθη (διαστάσεις, γωνίες και εμβαδόν) ενός σχήματος στο ελλειψοειδές όταν απεικονίζεται στο επίπεδο.

Προβολικό Σύστημα - Ο Συνδετικός Κρίκος: Προβολικό σύστημα ή και απλά προβολή ονομάζεται ένα σύστημα που επιτρέπει την απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. Ορίζεται από μια σειρά συναρτήσεων που παρέχουν το βαθμό παραμόρφωσης των σχημάτων όταν απεικονίζονται στο ελλειψοειδές και που συνδέουν αμφιμονοσήμαντα τις θέσεις σημείων στο ελλειψοειδές με αυτές που τους αντιστοιχούν στο επίπεδο. Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα σημεία στο ελλειψοειδές με τα σημεία στο επίπεδο του χάρτη, χρησιμοποιείται για την μετατροπή από γεωγραφικές σε καρτεσιανές συντεταγμένες και αντίστροφα.<sup>[2]</sup>

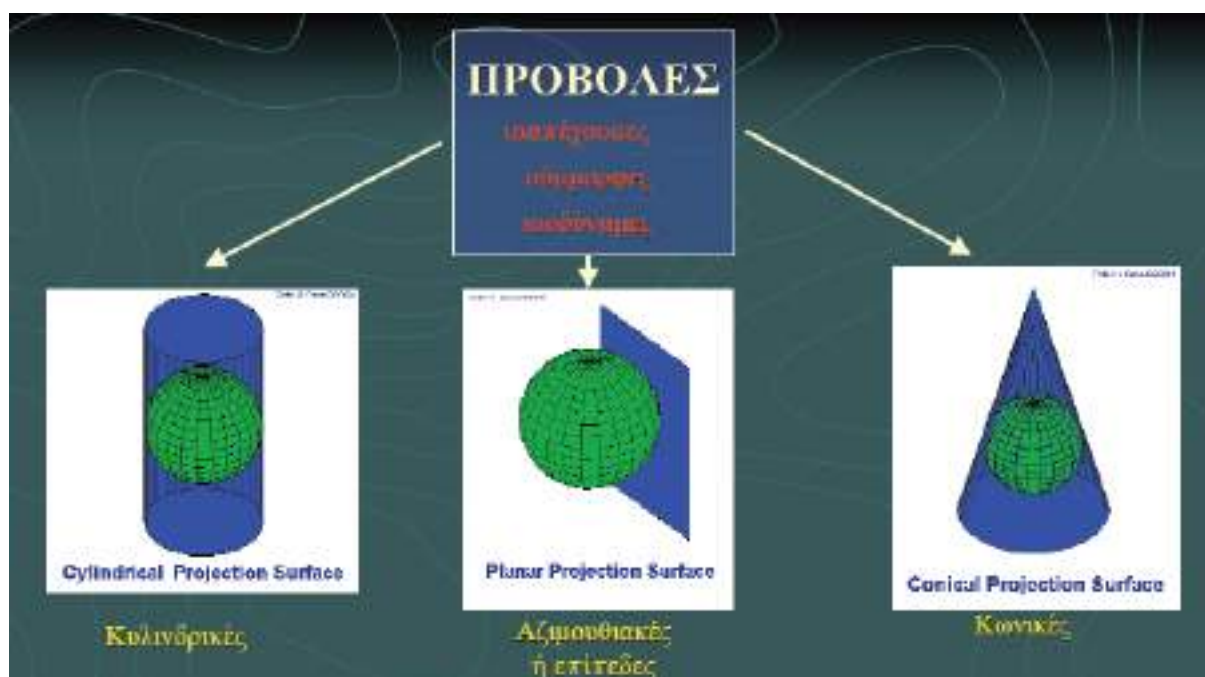


**Σχήμα 2. 12** Ο μετασχηματισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων σε καρτεσιανές και αντίστροφα.<sup>[12]</sup>

Μια προβολή ή αλλιώς απεικόνιση μπορεί να παραμορφώνει τουλάχιστον μία από τις ιδιότητες ενός σχήματος του ελλειψοειδούς (διαστάσεις, μορφή και εμβαδά). Οι προβολές που διατηρούν κάποια από τα παραπάνω μεγέθη ( δηλ. δεν τα παραμορφώνουν) έχουν και ιδιαίτερο όνομα ανάλογα με το ποια χαρακτηριστικά διατηρούν. Πιο συγκεκριμένα:

- Μια *ισαπέχουσα προβολή* διατηρεί ανέπαφες τις διαστάσεις, και πιο συγκεκριμένα τις αποστάσεις από κάποια σημεία. Η προβολή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν η απόσταση αποτελεί καθοριστικό μέγεθος σε μία ανάλυση.

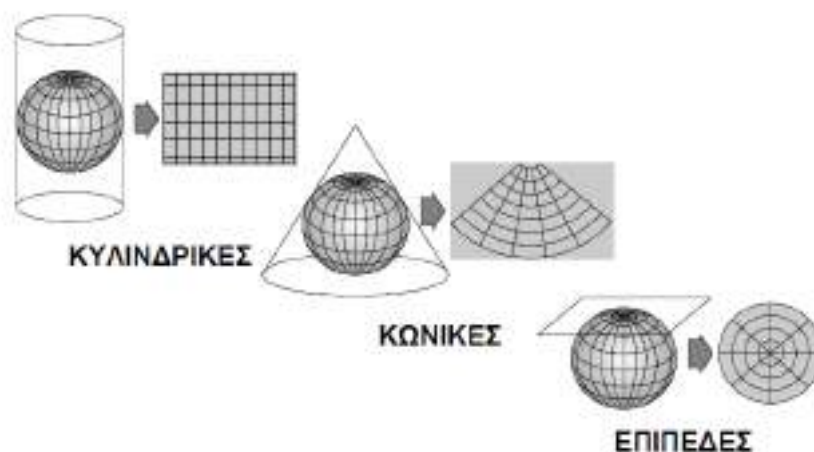
- Μια *σύμμορφη προβολή* διατηρεί την μορφή (δηλ. τις γωνίες) των σχημάτων. Η προβολή αυτή έχει εφαρμογή κυρίως σε χάρτες που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση διευθύνσεων, αφού διατηρεί τη διεύθυνση γύρω από κάθε δοσμένο σημείο.
- Μια *ισοδύναμη προβολή* διατηρεί το εμβαδό των σχημάτων. Αυτό το είδος της προβολής χρησιμοποιεί και το σύνολο των Γ.Σ.Π. που απαιτεί οι περιοχές ανάλυσης να έχουν επιφάνειες που έχουν χαρτογραφηθεί με τρόπο που να μην παρουσιάζουν παραμορφώσεις σε σχέση με το εμβαδό τους. <sup>[12]</sup>



Σχήμα 2. 13 Προβολές<sup>[12]</sup>

Μια προβολή χρησιμοποιεί μια γεωμετρική επιφάνεια, η οποία οφείλει να είναι αναπτυσκόμενη. *Αναπτυσκόμενες επιφάνειες* είναι απλά γεωμετρικά σχήματα που είναι δυνατόν να μετασχηματιστούν σε επίπεδα χωρίς παραμόρφωση. Αναλόγως του είδους της επιφάνειας που χρησιμοποιείται, μια προβολή μπορεί να χαρακτηριστεί ως:

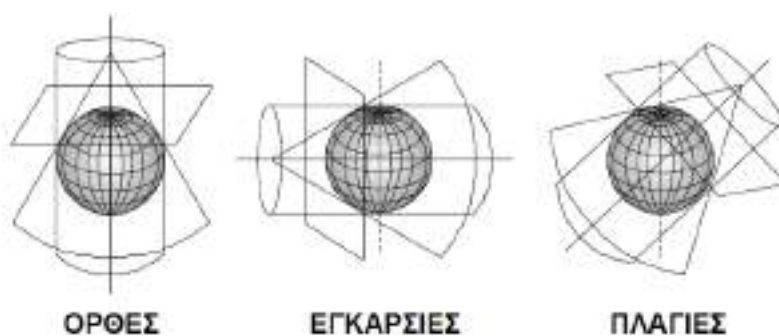
- *Κυλινδρική*, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κύλινδρος
- *Αζιμουθιακή ή επίπεδη*, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένα επίπεδο
- *Κωνική*, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κώνος.



Σχήμα 2. 14 Κυλινδρικές, κωνικές και επίπεδες απεικονίσεις.<sup>[5]</sup>

Με τον προσανατολισμό του κυλίνδρου, του κώνου ή του επιπέδου σε σχέση με την επιφάνεια αναφοράς διακρίνονται οι απεικονίσεις σε **ορθές**, **εγκάρσιες** και **πλάγιες** (Βλέπε Σχήμα 2.15).

- **Ορθές** ονομάζονται οι απεικονίσεις που ο άξονας συμμετρίας της αναπτυσσόμενης επιφάνειας ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής της γης.
- **Εγκάρσιες** ονομάζονται οι απεικονίσεις που ο άξονας συμμετρίας της αναπτυσσόμενης επιφάνειας είναι κάθετος με τον άξονα περιστροφής της γης.
- **Πλάγιες** ονομάζονται οι απεικονίσεις που ο άξονας συμμετρίας της αναπτυσσόμενης επιφάνειας σχηματίζει τυχαία γωνία με τον άξονα περιστροφής της γης.



Σχήμα 2. 15 Ορθές, εγκάρσιες και πλάγιες απεικονίσεις

Συνήθως, επιλέγεται μια απεικόνιση με βασικό κριτήριο την απλότητα του συστήματος, όμως πολλές φορές το είδος του χάρτη που πρόκειται να δημιουργηθεί είναι δυνατό να επιβάλλει την επιλογή συγκεκριμένου συστήματος για την απεικόνιση. Έτσι, για τους θεματικούς χάρτες χρησιμοποιούνται συνήθως ισοδύναμες απεικονίσεις, ενώ για τους τοπογραφικούς χάρτες αποκλειστικά σύμμορφες. Πολλές φορές, χρησιμοποιούνται πλάγιες απεικονίσεις για ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων σε μια περιορισμένης έκτασης περιοχή.<sup>[5]</sup>

### 2.3.1 Προβολικά Συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα

#### 1. Σύστημα Hatt

Το σύστημα Hatt εφαρμόζεται στην πλάγια αζιμουθιακή ισαπέχουσα απεικόνιση και στο ελλειψοειδές Bessel. Η απεικόνιση αυτή όπως φαίνεται και από την ονομασία της είναι ισαπέχουσα, διατηρεί δηλαδή αναλλοίωτα τα μήκη στοιχειωδών γραμμών από το ελλειψοειδές στο επίπεδο κατά ορισμένες μόνο διευθύνσεις. Ολόκληρη η χώρα στο σύστημα αυτό έχει χωριστεί σε 130 περίπου σφαιροειδή τραπέζια διαστάσεων 30'x30', κάθε ένα από τα οποία έχει το δικό του σύστημα συντεταγμένων, με την αρχή των αξόνων το Κ.Φ.Χ. Η αφετηρία του συστήματος είναι το Αστεροσκοπείο Αθηνών από τον μεσημβρινό του οποίου μετράται το γεωγραφικό μήκος. Τα κέντρα των σφαιροειδών τραπεζίων ονομάζονται κέντρα φύλλου, των οποίων οι γεωγραφικές συντεταγμένες βρίσκονται σε ακέραιες μοίρες και 15' ή 45'. Το κάθε κέντρο φύλλου έχει συντεταγμένες  $(\chi, \psi) = (0,0)$  και ο συντελεστής κλίμακας είναι  $K_0=1$ . Η προβολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι οι παραμορφώσεις των γωνιών, των αζιμουθίων καθώς και των εμβαδών διατηρούνται μικρές (αμελητέες) μέσα στο ίδιο Φ.Χ. και αυξάνονται ανάλογα με την απόσταση από το Κ.Φ.Χ., ενώ οι αποστάσεις που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου Φ.Χ. δεν παραμορφώνονται (για αυτό και η προβολή ονομάζεται ισαπέχουσα). Στην έκταση του κάθε σφαιροειδούς τραπεζίου οι παραμορφώσεις μηκών φθάνουν τα 5 ppm (parts per million), δηλαδή οι παραμορφώσεις είναι της τάξης του 1:200000. Για τυχαίες αποστάσεις και στα άκρα ενός φύλλου HATT (όπου η απόσταση από το κέντρο του είναι περίπου 34χλμ) η παραμόρφωση των αποστάσεων είναι της τάξης του 1,000005, με άλλα λόγια δεν απαιτείται ο υπολογισμός της παραμόρφωσης για αποστάσεις που δεν ξεπερνούν το 1 χλμ. Με την επιλογή πολλαπλών κέντρων αποφεύγονται οι αναγωγές και οι διορθώσεις των γεωμετρικών μεγεθών. Αρκετά συχνά απαιτούνται περισσότερα του ενός Φ.Χ. για την κάλυψη μιας γεωγραφικής περιοχής όπου απαιτείται η μετατροπή των συντεταγμένων σε ένα ενιαίο Φ.Χ. (αλλαγή κέντρου φύλλου χάρτου). Στην περίπτωση αυτή οι παραμορφώσεις των γεωμετρικών μεγεθών αυξάνονται οπότε και απαιτείται η αναγωγή τους στα πραγματικά πάνω στο ελλειψοειδές. Το σύστημα Hatt αποτελούσε το επίσημο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς της χώρας και την ευθύνη της διαχείρισής του είχε η ΓΥΣ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). Σήμερα το σύστημα αυτό βρίσκεται σε φθίνουσα χρήση λόγω των μειονεκτημάτων του, μεταξύ των οποίων ξεχωρίζει και η ασυμβατότητά του με τις σύγχρονες τεχνολογίες. Στις εφαρμογές αντικαθίσταται πλέον από το σύστημα ΕΓΣΑ'87.



**Σχήμα 2. 16 Τα 130 Φύλλα Χάρτη της διανομής HATT. Σε κάθε φύλλο ορίζεται διαφορετικό σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων.** <sup>[2]</sup>

## 2. Σύστημα UTM-6° (Universal Transverse Mercator)

Το σύστημα UTM εφαρμόζεται στην εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση και αρχικά στο ελλειψοειδές Hayford. Σήμερα στο σύστημα αυτό, σε παγκόσμια κλίμακα το ελλειψοειδές Hayford αντικαταστάθηκε από το ελλειψοειδές GRS-80. Η εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση είναι σύμμορφη απεικόνιση, και σχηματικά αντιστοιχεί στην απεικόνιση του ελλειψοειδούς με την βοήθεια ενός κυλίνδρου (ελλειπτικής διατομής) που εφάπτεται στον μεσημβρινό της ζώνης. Στο σύστημα UTM ολόκληρη η επιφάνεια της γης χωρίζεται σε 60 ζώνες (τοπικά συστήματα) 6° η κάθε μία (δηλαδή γεωγραφικού μήκους 6°). Η μέγιστη διαφορά μέσα στην ίδια ζώνη δεν υπερβαίνει τις 3°. Η Ελλάδα απεικονίζεται σε δύο ζώνες με κεντρικούς μεσημβρινούς αντίστοιχα  $\lambda^{\circ}=21^{\circ}$  (ζώνη 34) και  $\lambda^{\circ}=27^{\circ}$  (ζώνη 35) από τον μεσημβρινό του Greenwich. Ο συντελεστής κλίμακας της απεικόνισης είναι 0.9996. Οι κεντρικοί μεσημβρινοί θεωρείται ότι έχουν  $x=500.000$  για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές στα  $x$ . Ως αρχή των τεταγμένων ( $\psi=0$ ) για κάθε ζώνη θεωρείται η τομή των κεντρικών μεσημβρινών με τον ισημερινό. Οι παραμορφώσεις αυξάνονται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον κεντρικό μεσημβρινό και είναι της τάξης των 500ppm (δηλαδή 1:2000). Το σύστημα UTM έχει παγκόσμια χρήση και στην Ελλάδα το διαχειρίζεται αποκλειστικά η ΓΥΣ.

### 3. Σύστημα ΕΜΠ-3° (Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή)

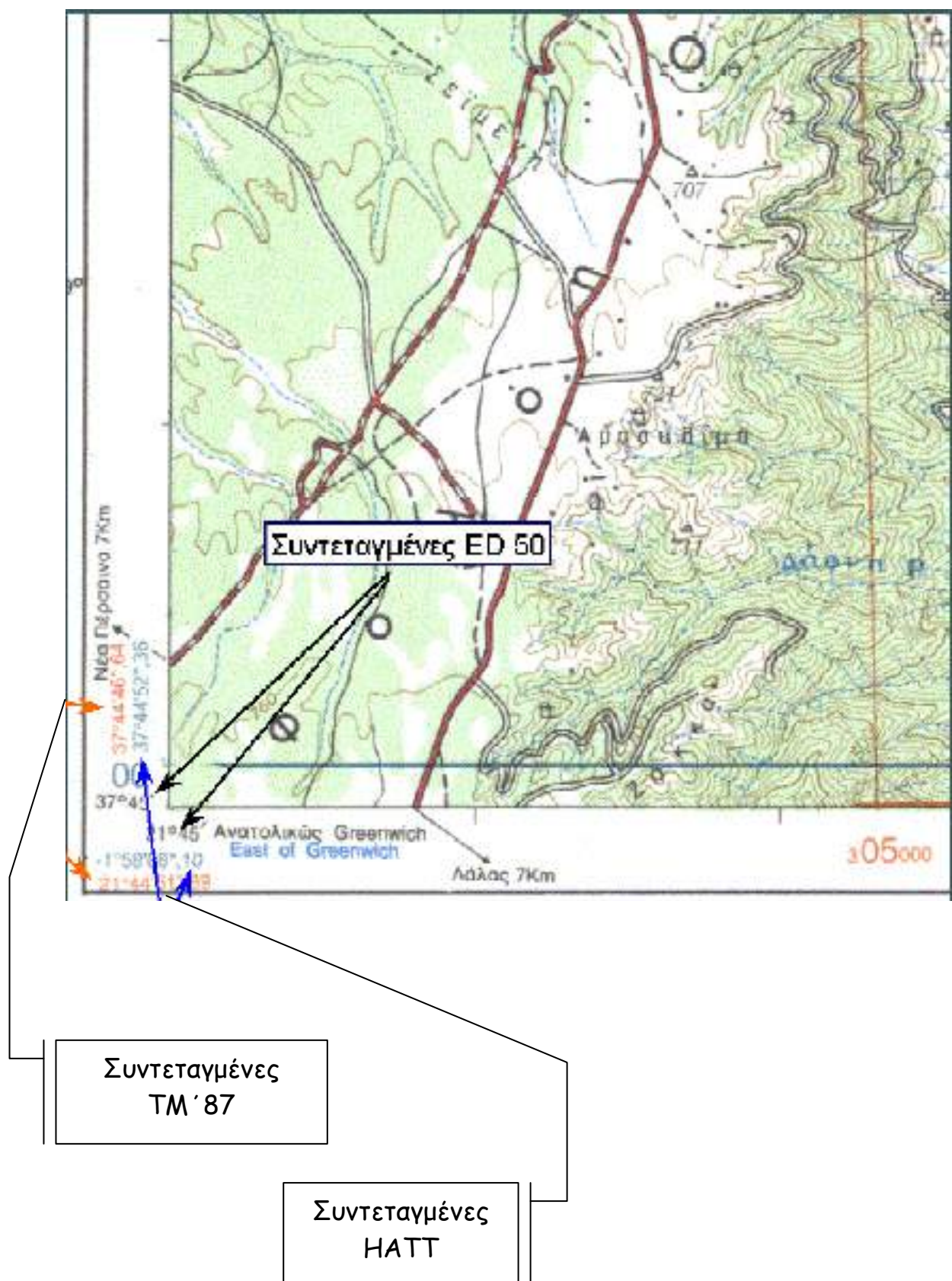
Το σύστημα ΕΜΠ εφαρμόζεται στην εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση και στο ελλειψοειδές Bessel. Η απεικόνιση έχει την ιδιότητα της συμμορφίας. Με το σύστημα ΕΜΠ η χώρα χωρίζεται σε τρεις «κατακόρυφες ζώνες» πλάτους 3° η κάθε μία, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών. Ο κεντρικός μεσημβρινός της πρώτης ζώνης είναι ο μεσημβρινός με  $\lambda^{\circ} = -3^{\circ}$ , της δεύτερης ζώνης  $\lambda^{\circ} = 0^{\circ}$  και της τρίτης  $\lambda^{\circ} = 3^{\circ}$ . Οι κεντρικοί μεσημβρινοί θεωρείται ότι έχουν  $\chi = 200.000$  για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές στα  $\chi$ . Ως αρχή των τεταγμένων ( $\psi = 0$ ) για κάθε ζώνη θεωρείται η τομή των τριών κεντρικών μεσημβρινών με τον παράλληλο  $\varphi^{\circ} = 34^{\circ}$ . Οι παραμορφώσεις και στο σύστημα αυτό αυξάνονται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον κεντρικό μεσημβρινό. Σε κάθε ζώνη οι παραμορφώσεις είναι της τάξης των 100 ppm (δηλαδή 1:10000). Το σύστημα της ΕΜΠ δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του Υπουργείου Δημοσίων Έργων λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσίαζε το σύστημα Hatt. Η Επιχείρηση Πολεοδομική Ανασυγκρότηση (ΕΠΑ'83) βασίστηκε σε αυτό ως σύστημα αναφοράς. Σήμερα, παρουσιάζει και αυτό φθίνουσα χρήση καθώς αντικαθίσταται από το TM'87.<sup>[5]</sup>

### 4. Σύστημα TM'87

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών -Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Συνήθως καλείται ΕΓΣΑ'87 από το ομώνυμο Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς το οποίο το χρησιμοποιεί.

Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda^{\circ} = 24^{\circ}$  και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1 χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000 μέτρα. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ( $\varphi = 0^{\circ}$ )

Το σύστημα χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες.<sup>[2]</sup>



Σχήμα 2. 17 Τρία διαφορετικά Προβολικά Συστήματα σε τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:50.000. <sup>[12]</sup>

Γεωδαιτικά και Προβολικά Συστήματα Αναφοράς, με ενδιαφέρον για τον χρήστη Γ.Σ.Π. στον Ελληνικό χώρο

| Γ.Σ.Α.                                                                                                               | Χρήση από / Προβολή                                                        | αστρικά μέτρησης               |        | Γεωδαιτικό μήκος από Greenwich του Πρώτου ή Κεντρικού Μεσημβρινού | Κλίμακα (Κ0) στον κεντρικό μεσημ-βρινό | προσθέτουμε σε μέτρα |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                                                                                                                      |                                                                            | Ανατολική                      | Βόρεια |                                                                   |                                        | προς Βόρρα (false N) | προς Ανατολικός (false E) |
|                                                                                                                      |                                                                            |                                |        |                                                                   |                                        |                      |                           |
| ΠΑΛΑΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ: Αρχικό σημείο Αστροσκοπίου Αθηνών (φ0=37°58'20.132", λ0=23°42'58.815"), ελλειψοειδές Bessel 1841    | Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού & Γενική Χρήση                                 | 0" = Αστρο-σκέπη               | 0"     | 23° 42' 58.815"                                                   | -                                      | -                    | -                         |
|                                                                                                                      | Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού & Γενική Χρήση                                 | κέντρο Φ.Χ. (30' X 30')        |        | 1.00000                                                           | 0.00                                   | 0.00                 | 0.00                      |
|                                                                                                                      | Υπουργείο Γεωργίας (πρό ΕΓΣΑ)                                              | κέντρο Φ.Χ. (5' X 5')          |        | 1.00000                                                           | 0.00                                   | 0.00                 | 0.00                      |
|                                                                                                                      | ΥΠΕΧΩΔΕ - Ε.Μ.Π. 3" - ΔΥΤ.ΖΩΝΗ                                             | -3"                            | 34"    | 20° 42' 58.815"                                                   | 0.9999                                 | 0.00                 | 200000.00                 |
|                                                                                                                      | ΥΠΕΧΩΔΕ - Ε.Μ.Π. 3" - ΚΕΝΤΡ.ΖΩΝΗ                                           | 0"                             | 3"     | 23° 42' 58.815"                                                   |                                        |                      |                           |
| ED50 - εφαρμογή στον Ελληνικό χώρο: Αρχικό σημείο Potsdam (φ0=52° 22' 51.45", λ0=13°03'58.74"), ελλειψοειδές Hayford | ΥΠΕΧΩΔΕ - Ε.Μ.Π. 3" - ΑΝΑΤ. ΖΩΝΗ                                           | 3"                             |        | 26° 42' 58.815"                                                   |                                        |                      |                           |
|                                                                                                                      | Γ.Υ.Σ., Υδρογραφική Υπ. Π.Ν., ΝΑΤΟ                                         | 0" = Greenwich                 | 0"     | 0"                                                                | -                                      | -                    | -                         |
|                                                                                                                      | ΖΩΝΗ 34 Βόρεια                                                             | Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα | 21"    | 0"                                                                | 21°                                    | 0.9996               | 0.00                      |
| ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ '84 - WGS84: Αρχικό σημείο Γεωκέντρο, ελλειψοειδές WGS84                                                   | ΖΩΝΗ 35 Βόρεια                                                             | 27"                            |        | 27°                                                               | 0.9996                                 | 0.00                 | 500000.00                 |
|                                                                                                                      | Υπ. Άρμεας U.S.A., στρατιωτικοί και μη δορυφορικοί δεκτές παγκοσμίας (GPS) | 0" = Greenwich                 | 0"     | 0"                                                                | -                                      | -                    | -                         |
|                                                                                                                      | ΖΩΝΗ 34 Βόρεια                                                             | Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα | 21"    | 0"                                                                | 21°                                    | 0.9996               | 0.00                      |
| ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΕΓΣΑ): Αρχικό σημείο με μετάθεση γεωκέντρου του ITRF89, ελλειψοειδές GRS80     | ΖΩΝΗ 35 Βόρεια                                                             | 27"                            |        | 27°                                                               | 0.9996                                 | 0.00                 | 500000.00                 |
|                                                                                                                      | Γενική Χρήση                                                               | 0" = Greenwich                 | 0"     | 0"                                                                | -                                      | -                    | -                         |
|                                                                                                                      | Μονοζωνικό                                                                 | Εγκάρσια Μερκατορική, σε μέτρα | 24"    | 0"                                                                | 24°                                    | 0.9996               | 0.00                      |

Πίνακας 2.3 Γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο.<sup>[12]</sup>

## 2.4 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Χαρτογραφικό υπόβαθρο σε εφαρμογές που σχετίζονται με εντοπισμό θέσης με φορητό GPS (όπως αυτή που παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής) μπορούν να αποτελέσουν αεροφωτογραφίες, ορθοφωτογραφίες αλλά και δορυφορικές φωτογραφίες.

Πολλοί είναι οι δημόσιοι οργανισμοί, με κυριότερο την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.), οι οποίοι παρέχουν τοπογραφικά διαγράμματα και χάρτες, όπως παρουσιάζονται και στον Πίνακα 5.1 της επόμενης σελίδας. Επίσης, πολλοί εκδότες κατασκευάζουν (συνήθως χωρίς προδιαγραφές και κατάλληλο επιστημονικό προσωπικό) και εκδίδουν χάρτες διαφόρων κλιμάκων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, χρησιμοποιούν άνευ σχετικής έγκρισης τα υπόβαθρα της ΓΥΣ, στα οποία προσθέτουν χωρίς τη χρήση ειδικού λογισμικού νεώτερα στοιχεία (δρόμους, τουριστικές υποδομές κλπ). Εξάιρεση αποτελούν οι χάρτες που δημοσιεύει το περιοδικό ΚΟΡΦΕΣ (πρόκειται για αναπαραγωγή των χαρτών της ΓΥΣ με συμπληρώσεις) και οι χάρτες της εταιρείας ΑΝΑΒΑΣΗ (πρόκειται για εξ' αρχής κατασκευή διανυσματικών υποβάθρων σε ειδικό λογισμικό, όπου τα νεώτερα στοιχεία προέρχονται από συστηματικές αποτυπώσεις με GPS και τοποθετούνται με τη βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού).

Όσον αφορά στις δορυφορικές φωτογραφίες, αυτές μπορούμε να τις πάρουμε από το Google Earth.

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.)</b><br>(Οι χάρτες της Γ.Υ.Σ. αποτελούν το υπόβαθρο και άλλων χαρτών που συντάσσονται από άλλες υπηρεσίες και φορείς) | Χάρτες μικρής κλίμακας, σειρά χαρτών γενικής χρήσης κλίμακας 1:50.000 από αεροφωτογραφίες, αρκετά Φ.Χ. σε ψηφιακή μορφή.<br>Χάρτες κλίμακας 1:5.000 από αεροφωτογραφίες, ορισμένοι και σε ψηφιακή μορφή. Δεν καλύπτονται αρκετές ορεινές κυρίως περιοχές. Τα δεδομένα σύνταξης των χαρτών έχουν ηλικία τουλάχιστον δέκα ετών. |
| <b>Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού (Υ.Υ.Π.Ν.)</b>                                                                                                    | Υδρογραφικοί χάρτες και χάρτες λιμανιών, χάρτες καθορισμού αιγιαλού.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Διεύθυνση Κτηματογραφήσεων και Απαλλοτριώσεων)</b>                                                                                          | Χάρτες σε μεγάλες κλίμακες από τοπογραφήσεις και κτηματογραφήσεις οικισμών (ΕΠΑ) και πράξεις εφαρμογής ρυμοτομικών σχεδίων.                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Διεύθυνση Πολεοδομίας)</b>                                                                                                                  | Χάρτες ρυμοτομικών σχεδίων και πράξεων τακτοποιήσεως οικοπέδων και αναλογισμού σε μεγάλες κλίμακες, χάρτες απαλλοτριώσεων για εκτέλεση δημοσίων έργων σε διάφορες κλίμακες.                                                                                                                                                   |
| <b>Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.)</b>                                                                                                     | Φ.Χ. σε κλίμακα 1:200.000 και 1:5.000                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Κτηματική Εταιρία του Δημοσίου (Κ.Ε.Δ.)</b>                                                                                                               | Χάρτες και τοπογραφικά διαγράμματα ακίνητης περιουσίας του Δημοσίου για όλη την Ελλάδα σε διάφορες κλίμακες.                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεως Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.)</b>                                                                                        | Χάρτες μεγάλης κλίμακας (συνήθως 1:1000) για αστικές περιοχές και κλίμακας 1:5000 για τις αγροτικές περιοχές από όλες τις κτηματογραφήσεις για το Εθνικό Κτηματολόγιο.                                                                                                                                                        |
| <b>Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.)</b>                                                                                                                | Χάρτες αεροδρομίων σε μεσαίες και μεγάλες κλίμακες, χάρτες διαδρόμων σε μικρές κλίμακες.                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Οργανισμοί Κοινής Ωφελείας</b>                                                                                                                            | Χάρτες δικτύων σε διάφορες κλίμακες, μερικές φορές σε ψηφιακή μορφή.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Τοπογραφική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας</b>                                                                                                              | Χάρτες διανομών και αναδασμών σε όλη την Ελλάδα κλίμακας 1:5000 και χάρτες ρυμοτομικών σχεδίων αγροτικών οικισμών σε μεγάλες κλίμακες (συνήθως 1:1000 και 1:500).<br>Αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:20.000 & 1:40.000.<br>Ορθοφωτοχάρτες κλίμακας 1:5.000.                                                                        |
| <b>Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠ.ΓΕ.)</b>                                                                                                                           | Χάρτες δασών και δασικών περιοχών για όλη την Ελλάδα σε μικρές κλίμακες.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Περιφέρειες, νομαρχιακή και τοπική αυτοδιοίκηση</b>                                                                                                       | Διάφοροι χάρτες από αποτυπώσεις και ψηφιοποιήσεις, μερικοί σε ψηφιακή μορφή από πιλοτικές εφαρμογές ΓΠΣ                                                                                                                                                                                                                       |

Πίνακας 2. 4 Οι κυριότεροι δημόσιοι οργανισμοί παροχής χαρτογραφικών, γεωδαιτικών και τοπογραφικών δεδομένων στην Ελλάδα. <sup>[16]</sup>

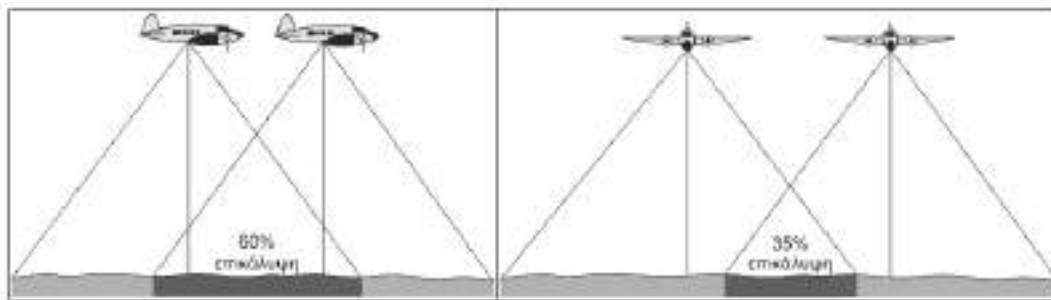
### 2.4.1 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Προτού αναλυθεί η διαδικασία λήψης, τα είδη μίας αεροφωτογραφίας κ.λπ. κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένες βασικές έννοιες:

- α) *Σημείο λήψης* λέγεται το σημείο από το οποίο έχει ληφθεί η αεροφωτογραφία.
- β) *Κύριο σημείο* λέγεται η ορθή προβολή του σημείου λήψης στην αεροφωτογραφία.
- γ) *Άξονας λήψης αεροφωτογραφίας* λέγεται η ευθεία που ενώνει το σημείο λήψης με το κύριο σημείο της αεροφωτογραφίας.
- ε) *Ύψος λήψης αεροφωτογραφίας* λέγεται το ύψος του σημείου λήψης από το έδαφος.
- στ) *Ύψος πτήσης* λέγεται το ύψος του σημείου λήψης από την επιφάνεια της θάλασσας.

#### Λήψη αεροφωτογραφιών

Η λήψη των αεροφωτογραφιών γίνεται με ειδικές κάμερες που βρίσκονται στη βάση ειδικού αεροσκάφους και επιτρέπουν την φωτογράφιση τμημάτων της γήινης επιφάνειας. Επιπλέον οι κάμερες αυτές είναι εξοπλισμένες με ειδικά όργανα τα οποία δίνουν τα απαραίτητα στοιχεία για την χρησιμοποίηση των αεροφωτογραφιών, όπως π.χ. ύψος πτήσης, ημερομηνία και ώρα λήψης κ.λπ. Η μετακίνηση του φιλμ και η λήψη έχουν ρυθμιστεί έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή *επικάλυψη* μεταξύ των αεροφωτογραφιών. Μία μερική επικάλυψη είναι πάντοτε απαραίτητη, γιατί με αυτήν είναι δυνατή στη συνέχεια η λήψη *στερεοσκοπικής εικόνας (ειδώλου)*. Το ποσοστό επικάλυψης καθορίζεται από το ύψος και την ταχύτητα του αεροσκάφους, από τον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αεροφωτογραφιών και από την γωνία λήψης της κάμερας. Οι φακοί είναι μεγάλης ακρίβειας, χωρίς σφάλματα και μεγάλης γωνίας, (ευρυγώνιοι). Το αεροσκάφος φωτογραφίζει μια περιοχή κατά ζώνες.<sup>[17]</sup>



**Σχήμα 2. 18 Τρόπος λήψεως των αεροφωτογραφιών προκειμένου να εξασφαλιστεί η λήψη του στερεοσκοπικού ειδώλου της περιοχής που φωτογραφήθηκε. (Scholz κ.ά. 1983).<sup>[17]</sup>**

Το ύψος πτήσης του αεροσκάφους από το έδαφος καθορίζεται από τον σκοπό που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι αεροφωτογραφίες. Παρακάτω δίνεται σχετικός πίνακας.

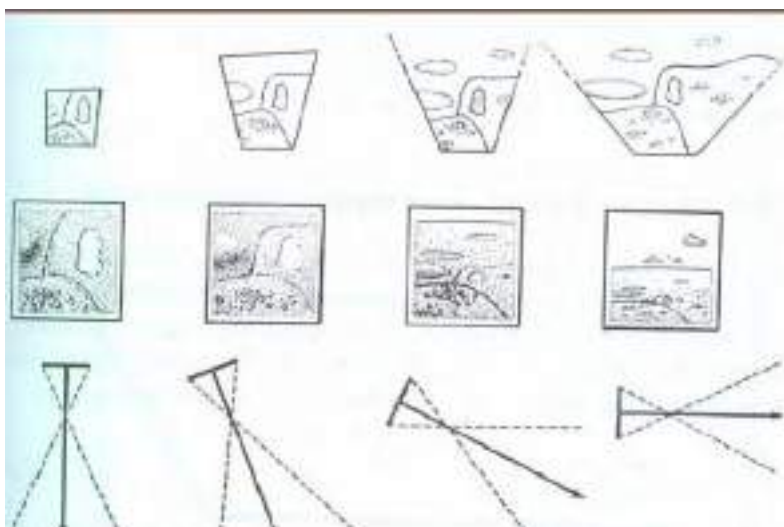
Σχέση μεταξύ κλίμακας των αεροφωτογραφιών και ύψους πτήσης του αεροσκάφους.

| Κλίμακα αεροφωτογραφιών                                     | Ελάχιστο ύψος πτήσης του αεροσκάφους |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Για κτηματολόγια κλίμακας 1:5.000                           | 1.000 m                              |
| Για τοπογρ. διαγράμ. κλίμακας 1:5.000 και κλίμακας 1:10.000 | 2.000 μέχρι 4.000 m                  |
| Για τοπογρ. χάρτες κλίμακας 1:25.000                        | 5.000 μέχρι 6.000 m                  |
| Για τοπογρ. χάρτες κλίμακας 1:100.000                       | 8.000 m                              |

**Πίνακας 2.5** Σχέση μεταξύ κλίμακας των αεροφωτογραφιών και ύψους πτήσης του αεροσκάφους.<sup>[17]</sup>

### Είδη Αεροφωτογραφιών

Οι αεροφωτογραφίες διακρίνονται σε:(α) Κατακόρυφες: για γωνία λήψης ακριβώς  $0^\circ$  και σε (β) Κεκλιμένες: για γωνία λήψης μικρότερη από  $5^\circ$ , μεταξύ  $5^\circ$  και  $50^\circ$  και μεγαλύτερη από  $50^\circ$



**Σχήμα 2. 19** Η μορφολογία του εδάφους φαίνεται διαφορετικά ανάλογα με τη γωνία λήψης της αεροφωτογραφίας.<sup>[18]</sup>

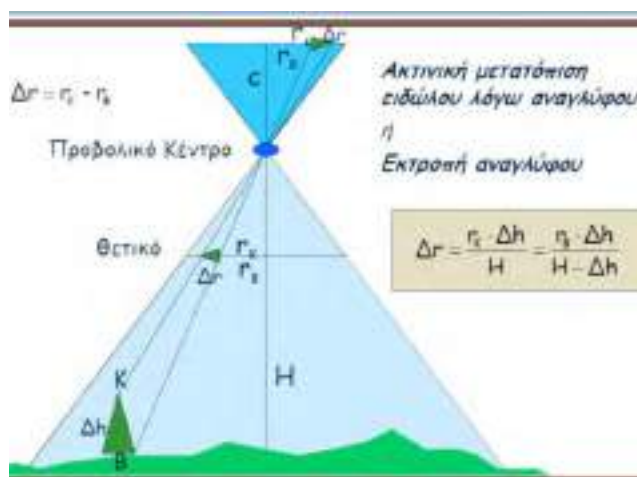
Στις κατακόρυφες αεροφωτογραφίες, δεν μπορεί να διακρίνει κανείς εύκολα με γυμνό μάτι τη μορφολογία της περιοχής που καλύπτουν. Αντίθετα, με στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών έχει την ανάγλυφη εικόνα της περιοχής. Στις κεκλιμένες αεροφωτογραφίες, η μορφολογία της περιοχής φαίνεται όπως τη βλέπει ένας παρατηρητής που βρίσκεται στο έδαφος.

### Κλίμακα Αεροφωτογραφιών

Σε αντίθεση με την κλίμακα των τοπογραφικών χαρτών, η κλίμακα των αεροφωτογραφιών δεν είναι σταθερή. Μόνο κατακόρυφες αεροφωτογραφίες που καλύπτουν επίπεδα τμήματα της επιφάνειας της Γης χαρακτηρίζονται από μια σταθερότητα της κλίμακας. Αντίθετα, οι κεκλιμένες σε καμιά περίπτωση δεν έχουν σταθερή κλίμακα. Έτσι, λοιπόν:

- Αντικείμενα που βρίσκονται πλησιέστερα στη μηχανή απεικονίζονται σε μεγαλύτερη κλίμακα.
- Η κλίση του άξονα λήψης μεταβάλλει την απόσταση λήψης κι έτσι προκαλεί διαφορές στην κλίμακα απεικόνισης.

Όλα αυτά συνδέονται με το γεγονός ότι η αεροφωτογραφία αποτελεί μία κεντρική προβολή. Το γεγονός αυτό έχει και ως αποτέλεσμα, λόγω του αναγλύφου του εδάφους, να απεικονίζονται τα διάφορα αντικείμενα παραμορφωμένα (σχήμα 5.3).



**Σχήμα 2. 20** Η αεροφωτογραφία αποτελεί κεντρική προβολή. <sup>[18]</sup>

Η κλίμακα των αεροφωτογραφιών μπορεί να υπολογιστεί με τους εξής τρόπους:

α) Από τη σύγκριση ενός γνωστού μήκους στο έδαφος, με το αντίστοιχο της φωτογραφίας.

β) Από τα στοιχεία λήψης της φωτογραφίας, τα οποία όταν υπάρχουν είναι γραμμένα στο περιθώριο της: το ύψος πτήσης που είχε το αεροσκάφος τη στιγμή της λήψης της φωτογραφίας, η εστιακή απόσταση του φακού της φωτογραφικής μηχανής, και το υψόμετρο

του τμήματος της Γης που απεικονίζεται στη φωτογραφία. Τα παραπάνω στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

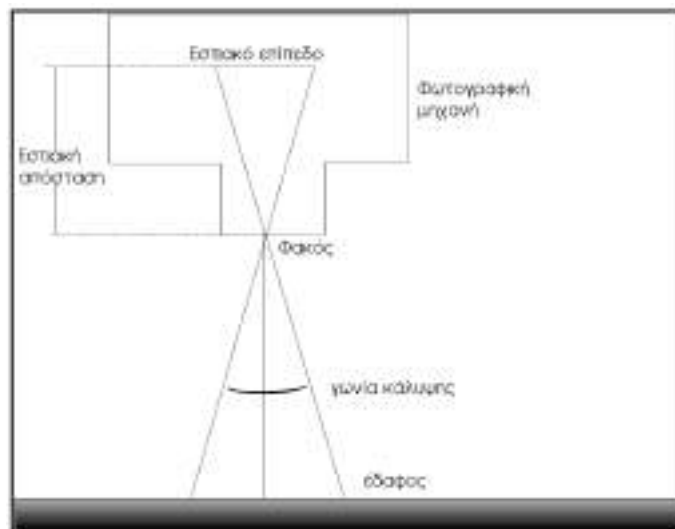
$$\frac{l}{K_A} = \frac{f}{H.h}$$

Όπου:  $K_A$  = Κλίμακα αεροφωτογραφίας.

$f$  = Εστιακή απόσταση του φακού της φωτογραφικής μηχανής.

$H$  = Ύψος πτήσης του αεροσκάφους,

$h$  = Υψόμετρο της περιοχής που φωτογραφήθηκε.



**Σχήμα 2. 21 Εστιακή απόσταση του φακού της φωτογραφικής μηχανής.**

#### Εμβαδά της επιφάνειας που καλύπτουν οι αεροφωτογραφίες

Η έκταση που καλύπτει μια αεροφωτογραφία εξαρτάται από το ύψος λήψης της και από την εστιακή απόσταση της φωτογραφικής μηχανής. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος λήψης της αεροφωτογραφίας που χρησιμοποιήσαμε, τόσο μεγαλύτερη είναι η έκταση που καλύπτει, εφόσον η εστιακή απόσταση της φωτογραφικής μηχανής διατηρείται σταθερή. Το ύψος όμως λήψης καθορίζει την κλίμακα της αεροφωτογραφίας, και κατά συνέπεια το εμβαδό της καλυπτόμενης έκτασης εξαρτάται από την κλίμακα της αεροφωτογραφίας. Για τον υπολογισμό της έκτασης που καλύπτει στο έδαφος η αεροφωτογραφία, χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση:

$$E = \varepsilon * K_A^2$$

Όπου:  $E$  = Καλυπτόμενη έκταση

$\varepsilon$  = εμβαδό αεροφωτογραφίας

$K_A$  = Κλίμακα αεροφωτογραφίας

### Μελέτη των αεροφωτογραφιών

Μερικά σημαντικά στοιχεία για τη μελέτη των αεροφωτογραφιών:

- πρέπει να γνωρίζει κανείς τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζονται σ' αυτές τα διάφορα αντικείμενα του εδάφους.
- Στις κατακόρυφες αεροφωτογραφίες τα αντικείμενα απεικονίζονται σε κάτοψη.
- Η απεικόνιση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, από τη θέση των αντικείμενων στην αεροφωτογραφία, από την ποιότητα του φωτογραφικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε κ.λπ.
- Στις αεροφωτογραφίες που δεν είναι έγχρωμες, τα διάφορα αντικείμενα απεικονίζονται με διάφορες διαβαθμίσεις του λευκού, μαύρου και καφέ χρώματος. Ο τόνος καθορίζεται από την ποσότητα του φωτός, το οποίο δέχεται η φωτογραφική πλάκα κατά τη στιγμή λήψης της φωτογραφίας. Ο τόνος δεν είναι ο ίδιος για όλα τα αντικείμενα που απεικονίζονται σ' αυτήν, αλλά και για το ίδιο αντικείμενο δεν είναι πάντοτε ο ίδιος. Εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, από την εποχή του έτους, και γενικότερα από τις συνθήκες με τις οποίες πάρθηκε η αεροφωτογραφία.
- Σε μία αεροφωτογραφία οι λείες επιφάνειες απεικονίζονται με μαύρο χρώμα (π.χ. μία λίμνη). Οι ανώμαλες επιφάνειες απεικονίζονται με καφέ χρώμα (π.χ. μπορούμε να διακρίνουμε τη θέση ενός λατομείου ή ορυχείου).<sup>[17]</sup>

### Στερεοσκοπική παρατήρηση

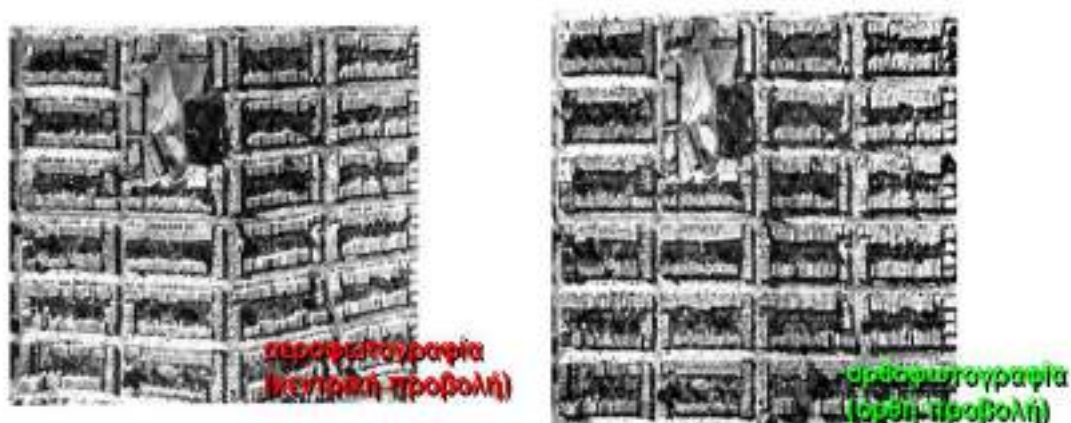
Η τέχνη της στερεοσκοπίας συνίσταται στην χρήση της διοφθαλμικής όρασης, ώστε να βλέπουμε (από αεροφωτογραφίες) τρισδιάστατα αντικείμενα. Ένα στερεοσκοπικό ζεύγος αεροφωτογραφιών (στερεο-ζεύγος) αποτελείται από δύο συνεχόμενες, επικαλυπτόμενες φωτογραφίες που έχουν παρθεί στην ίδια ευθεία πτήσης. Εάν κόψουμε κατάλληλα την μια από τις δύο φωτογραφίες του στερεοσκοπικού ζεύγους και την τοποθετήσουμε δίπλα στην άλλη, ώστε να μπορούμε να δούμε στερεοσκοπικά, λέμε ότι έχουμε ένα στερεόγραμμα.

Για να πάρουμε μια στερεοσκοπική εικόνα, χρησιμοποιούμε το στερεοσκόπιο, που είναι ένα διοφθαλμικό οπτικό όργανο, που με την κατάλληλη τοποθέτηση αεροφωτογραφιών, μας δημιουργεί την νοητή εντύπωση μιας τρισδιάστατης εικόνας.<sup>[19]</sup>

### 2.4.2 ΟΡΘΟΦΩΤΟΧΑΡΤΕΣ

Ορθοφωτογραφία είναι μία φωτογραφία που έχει διορθωθεί από κεντρική προβολή σε ορθή. Δηλαδή, όλα τα σημεία της αποτελούν ορθές προβολές των σημείων του εδάφους πάνω στο επίπεδο-χάρτης.\*

Πρόκειται για μία φωτογραφία που είναι απαλλαγμένη από τις παραμορφώσεις που δημιουργεί η οπτική γωνία λήψης και η μορφολογία, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα άντλησης αξιόπιστης οριζοντιογραφικής πληροφορίας και την άμεση πραγματοποίηση μετρήσεων αφού όλα τα τμήματά της έχουν την ίδια κλίμακα.



**Σχήμα 2. 22** Η ορθοφωτογραφία προκύπτει από μία αεροφωτογραφία η οποία έχει αναχθεί από κεντρική προβολή σε ορθή. <sup>[20]</sup>

Η διαδικασία δημιουργίας τη ορθοφωτογραφίας διευκολύνεται πολύ με τη χρήση λογισμικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Ως στοιχεία εισόδου στη ψηφιακή διαδικασία παραγωγής ορθοφωτογραφίας, χρησιμοποιούνται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM – Digital Terrain Model), η αεροφωτογραφία και ο προσανατολισμός της.

Η ορθοφωτογραφία συγκεντρώνει τα θετικά στοιχεία της αεροφωτογραφίας και στερείται παραμορφώσεων. Ένας ορθοφωτοχάρτης περιέχει αξιόπιστη μετρητικά οριζοντιογραφική πληροφορία, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί και τον πλούτο πληροφοριών της αεροφωτογραφίας. Συγκρινόμενος ο ορθοφωτοχάρτης με έναν απλό, είναι σαφές ότι περιέχει περισσότερη πληροφορία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο διανυσματικής πληροφορίας ή ακόμη και για απευθείας ψηφιοποίηση. Η ακρίβεια του ορθοφωτοχάρτη είναι φυσικά ανάλογη της κλίμακας της αεροφωτογραφίας. Η απευθείας ψηφιοποίηση από μία ορθοφωτογραφία δεν

\* Ορθή προβολή ενός σημείου Α πάνω σε μια ευθεία (ε), λέγεται το ίχνος Α' της κάθετης που φέρεται από το σημείο Α πάνω στην ευθεία (ε)

είναι πανάκεια δεδομένου ότι οι πολύ μικρές μορφές δεν είναι εύκολο και μερικές φορές είναι αδύνατο να φανούν. <sup>[21]</sup>

| Πίνακας 11: Ακρίβεια ορθοφωτοχαρτών και DTM (Mikhail, 1992) |                       |                                                                |                                        |                     |                                    |                                       |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Κλίμακα αρχικής Α/Φ                                         | Μέγεθος ρίχει σάρωσης | Τυπικό σφάλμα ορθοφωτοχάρτη                                    | Μέγεθος ρίχει ορθοφωτοχάρτη στο έδαφος | Μέγεθος κανάβου DTM | Τυπικό σφάλμα DTM χωρίς διορθώσεις | Τυπικό σφάλμα DTM μετά από διορθώσεις |
| 1: 6.000                                                    | 15 $\mu$ m            | $\sigma_x = 6$ cm<br>$\sigma_y = 8$ cm<br>$\sigma_z = 16$ cm   | 15 cm                                  | 3 m                 | 30 - 50 cm                         | 40 cm<br>(0.33 % h)                   |
| 1: 6.000                                                    | 30 $\mu$ m            | $\sigma_x = 19$ cm<br>$\sigma_y = 26$ cm<br>$\sigma_z = 19$ cm | 30 cm                                  | 3 m                 | 40 - 60 cm                         | 45 cm<br>(0.25 % h)                   |
| 1: 16.000                                                   | 25 $\mu$ m            | $\sigma_x = 42$ cm<br>$\sigma_y = 62$ cm<br>$\sigma_z = 82$ cm | 50 cm                                  | 12 m                | 50 - 90 cm                         | 70 cm                                 |
| 1: 16.000                                                   | 50 $\mu$ m            | $\sigma_x = 77$ cm<br>$\sigma_y = 70$ cm<br>$\sigma_z = 82$ cm | 80 cm                                  | 12 m                | 50-100 cm                          | 90 cm                                 |

Πίνακας 2. 6 Ακρίβεια ορθοφωτοχαρτών και Ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DTM) <sup>[20]</sup>

### 2.4.3 Διαδικτυακό Λογισμικό Google Earth

Google Earth ονομάζεται ένα πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της γης το οποίο είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο. Αποτελεί ένα χαρτογραφικό πρόγραμμα διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων που καλύπτουν όλη τη γη με πολλές δυνατότητες. Κατασκευάστηκε από την εταιρεία Keyhole Inc. με το όνομα Earth Viewer. Όταν η εταιρεία αγοράστηκε από την Google το 2004, πήρε το σημερινό του όνομα.

Το πρόγραμμα συνθέτει εικόνες και πληροφορίες από δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, στοιχείων GIS και από πολλές πηγές σε επάλληλα στρώματα. Παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες του να μεταφερθούν, να εστιάσουν και να δουν την εικόνα ενός οποιουδήποτε μέρους της γης, καθώς επίσης και περιγραφικές πληροφορίες και φωτογραφίες μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα. Το Google Earth εισήγαγε ένα νέο όρο, τον λεγόμενο «Δορυφορικό Τουρισμό».

Η ανάλυση και η ηλικία των εικόνων ποικίλλουν. Οι φωτογραφίες είναι συνήθως από το 2004 ή και νωρίτερα με την ανάλυση να κυμαίνεται από 15 μέτρα για μεγάλο μέρος των ΗΠΑ, το ένα μέτρο (για πολλές Ευρωπαϊκές χώρες) μέχρι και 15-30 εκατοστά για πόλεις όπως το Βερολίνο ή η Ζυρίχη .

Η αριθμητική ακρίβεια μια μέτρησης σε δεκαδικές μοίρες και τα μέτρα ακρίβειας στα οποία αντιστοιχεί η παράλειψη ενός δεκαδικού ψηφίου στο έδαφος:

1 δεύτερο (1 arc second) κατά μήκος ενός μεσημβρινού αντιστοιχεί σε 30 περίπου μέτρα ενώ κατά μήκος ενός οποιαδήποτε παράλληλου είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους αφού αντιστοιχεί σε  $30 \cdot \sin(\varphi)$  όπως  $\varphi$  το πλάτος. Άρα η χειρότερη περίπτωση ακρίβειας είναι 1 δεύτερο = 30 m. Εάν το 1 δεύτερο μετατραπεί σε δεκαδικές μοίρες τότε αντιστοιχεί σε 0.000277777.

Έστω ότι πραγματοποιούνται μετρήσεις σε δορυφορικές εικόνες της Google Earth. Οι εικόνες αυτές είναι διαθέσιμες σε δύο αναλύσεις. Στην υψηλή ανάλυση υπάρχουν εικόνες είτε με χωρική διακριτική ικανότητα 2 μέτρα είτε με χωρική διακριτική ικανότητα 0.5 μ. Στην χαμηλή ανάλυση υπάρχουν εικόνες με χωρική διακριτική ικανότητα 5.8 μ. Οι ρύσικες έχουν καλύτερη γεωμετρία (κεντρική προβολή) άρα η γεωαναφορά τους επιφέρει σφάλμα από 1 έως 2 φορές την χωρική διακριτική ικανότητα. Οι εικόνες του Ινδικού είναι εικόνες ενός διανυσματικού σαρωτή και το σφάλμα γεωαναφοράς είναι 6 με 7 φορές την χωρική διακριτική ικανότητα. Άρα η γεωμετρική ακρίβεια προσδιορισμού μιας θέσης σε εικόνες Google Earth υψηλής ανάλυσης φθάνει από 0.5 έως 4 μέτρα. Έστω ότι επιλέγουμε την χειρότερη περίπτωση (4 μέτρα) άρα θα κρατήσουμε 0.00004 ψηφία (ακρίβεια 5 δεκαδικού ψηφίου). Ενώ η γεωμετρική ακρίβεια προσδιορισμού μιας θέσης σε εικόνες Google Earth

**χαμηλής ανάλυσης φθάνει από 34. 8 έως 40.6 μέτρα.** Έστω ότι επιλέγουμε την χειρότερη περίπτωση (41 μέτρα) άρα θα κρατήσουμε 0.0004 (ακρίβεια 4 δεκαδικού ψηφίου).

Η ακρίβεια της μέτρησης αφορά την θέση ενός εικονοστοιχείου (pixel, τετραγωνάκι της εικόνας). Δηλαδή πρέπει να αντιστοιχηθεί ένα αντικείμενο/σημείο/θέση στην επιφάνεια της γης σε ένα τετραγωνάκι της οθόνης και σε αυτό το τετραγωνάκι (στο κέντρο του) να μετρηθούν οι συντεταγμένες. <sup>[22]</sup>



**Σχήμα 2. 23 Αντιστοίχιση σημείου της επιφάνεια της γης με ένα εικονοστοιχείο.** <sup>[22]</sup>

Υπάρχουν και άλλες δυσκολίες που έχουν σχέση με την πλεγματική δομή της δορυφορικής εικόνας (την δειγματοληψία του φυσικού χώρου με ένα τετραγωνικό πλέγμα). Σε γενικές γραμμές οι διαστάσεις ενός φυσικού αντικειμένου προκειμένου να αναγνωρισθεί το κέντρο του σε δορυφορική εικόνα πρέπει να είναι  $3\alpha^2$  όπου  $\alpha$  η χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας. Έστω ότι ενεργοποιείται η εφαρμογή Google Earth.



**Σχήμα 2. 24 Διαδικτυακή εφαρμογή Google Earth: εικόνες χαμηλής και υψηλής ανάλυσης.** <sup>[22]</sup>

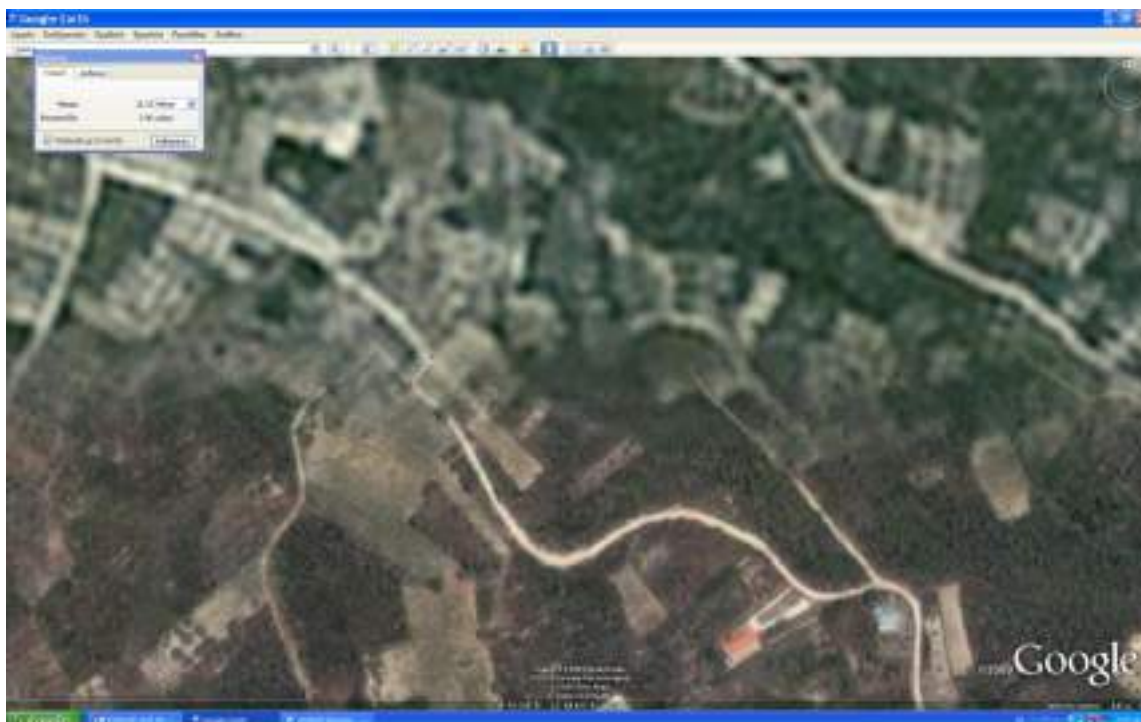
Η ένδειξη «missing data» υπονοεί ότι λείπουν υψηλής ανάλυσης (available data/διαθέσιμα δεδομένα) δεδομένα.

Αυξάνω την μεγέθυνση και επικεντρώνοντας το παράθυρο στον ελληνικό χώρο, μπορεί να εξεταστεί η διαθεσιμότητα υψηλής ανάλυσης δεδομένων όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 2. 25 Ο ελληνικός χώρος στο Google Earth. <sup>[22]</sup>

Σε περιοχές με διαθεσιμότητα χαμηλής ανάλυσης δεδομένων οι δυνατότητες αναγνώρισης αντικειμένων είναι περιορισμένες όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.26. Συγκεκριμένα στην οθόνη του σχήματος υπάρχει στο πάνω μέρος υψηλή ανάλυση ενώ στο κάτω χαμηλή ανάλυση. Παρατηρούμε ακόμη ότι ο δρόμος που φαίνεται στην οθόνη, από την μεγάλη ανάλυση συνεχίζεται στην μικρή ανάλυση με μετατόπιση 15 μέτρων, όπως μετρήθηκε με εργαλείο που παρέχει το Google Earth. Τέλος, διαπιστώνεται ασύμμετρη παραμόρφωση στα σημεία επαφής των περιοχών που έχουν μεγάλη και μικρή ανάλυση όπου φαίνεται μια μετάθεση της τάξεως των 15 μέτρων.



Σχήμα 2. 26 Εικόνα από Google Earth που περιλαμβάνει περιοχές με διαθεσιμότητα χαμηλής ανάλυσης δεδομένων και περιοχές με υψηλής ανάλυσης δεδομένων.







---

[1] sgtdfhgfhfg  
2 kjkjkjlkjkjk  
3 dfsdfsdx  
4 sdfsdffasfsf  
5 jbkjbkjh  
6 jhhjgghjg  
7 DFSDFVSDV  
8 FDHGFDB

### 3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ

Ο εντοπισμός της θέσης ενός αντικειμένου στο χώρο αποτελεί ένα διαχρονικό ζητούμενο του ανθρώπου. Απλοϊκές τεχνικές εντοπισμού και πλοήγησης δημιουργήθηκαν από τη λίθινη εποχή κατά την οποία εισήχθηκε η έννοια «σημείο αναφοράς» στην πλέον απλή της μορφή. Προκειμένου, λοιπόν, τότε να θυμηθεί κάποιος μία διαδρομή άφηνε πέτρες, σημάδευε δέντρα και είχε σαν αναφορά (διεύθυνση) τα βουνά.

Την πρώτη σοβαρή λύση αποτέλεσε η ουράνια πλοήγηση κατά την οποία ο άνθρωπος μπορούσε να εκτιμήσει τη θέση του στη γη και να υπολογίσει την κατεύθυνση την οποία έπρεπε να ακολουθήσει για να πάει στον προορισμό του παρατηρώντας τη γεωμετρία των αστρικών σχηματισμών. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αστρικών σχηματισμών είναι η Μεγάλη κι η Μικρή Άρκτος. Αργότερα, με την ανακάλυψη ειδικών οπτικών οργάνων, η γεωμετρία των αστρικών σχηματισμών, ανάλογα με τη θέση παρατήρησης, προσδιορίστηκε με μεγαλύτερη ακρίβεια μετρώντας σχετικές γωνίες.

Ωστόσο, η διαδικασία των γωνιομετρήσεων με τα οπτικά όργανα ήταν πολύ επίπονη και χρονοβόρα. Ταυτόχρονα δεν παρείχε καλές ακρίβειες ενώ δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της, ούτε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ούτε τις νύχτες που είχε συννεφιά. Οι μετρημένες γωνίες έπρεπε να μεταφερθούν σε ειδικούς χάρτες και μετά από επίπονη υπολογιστική διαδικασία το τελικό αποτέλεσμα παρείχε περιορισμένη ακρίβεια της τάξης μερικών μιλίων.

Η μέθοδος επίλυσης βασιζόταν στην κλασσική τριγωνομετρία, όπου τα αστέρια αποτελούν τα γνωστά σημεία αναφοράς και οι μετρούμενες γωνίες μεταξύ των αστεριών και του παρατηρητή θα επίλυαν τα τρίγωνα και θα προσδιόριζαν τη θέση του παρατηρητή. Η όλη διαδικασία θα ήταν πολύ πιο απλή, εάν υπήρχε και η δυνατότητα μέτρησης των αποστάσεων προς τα αστέρια. Η διαδικασία του τριπλευρισμού θα μπορούσε κάλλιστα να αντικαταστήσει τον τριγωνισμό, αλλά τέτοιου είδους μετρήσεις δεν ήταν δυνατόν να γίνουν.

Η παραπάνω ιδέα της μέτρησης αποστάσεων προς τα σημεία αναφοράς τέθηκε σε εφαρμογή μόλις πρόσφατα, με την χρησιμοποίηση των ραδιοκυμάτων και η εποχή του ραδιοεντοπισμού άρχισε. Στα μέσα περίπου του 20ου αιώνα, οι επιστήμονες βρήκαν τον τρόπο να μετρούν αποστάσεις χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στη μέτρηση του χρόνου που έκανε το κύμα να μεταδοθεί (ταξιδέψει) από την πηγή του (πομπός) στη ειδική συσκευή που έχει τη δυνατότητα λήψης του. Πολλαπλασιάζοντας τον χρόνο μετάδοσης με την ταχύτητα που ταξιδεύει το κύμα παίρνουμε την απόσταση. Η ταχύτητα μετάδοσης ισούται με την ταχύτητα του φωτός (περίπου 300.000.000 m/sec). Το κρίσιμο σημείο στη διαδικασία αυτή είναι η όσο το δυνατό ακριβέστερη μέτρηση του χρόνου,

μια που σφάλμα στη μέτρηση του της τάξης του 1μsec, εισάγει σφάλμα 300 m στη μέτρηση της απόστασης. Για ακριβή προσδιορισμό της θέσης κατά συνέπεια, η συσκευή μέτρησης του χρόνου πρέπει να παρέχει ακρίβεια τάξης 1 nsec.

Τα συστήματα εντοπισμού που βασίζονται στα ραδιοκύματα για την μέτρηση των αποστάσεων προς διάφορους πομπούς που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε σημεία με γνωστές συντεταγμένες, ονομάζονται συστήματα ραδιοεντοπισμού.

Ένα τέτοιο σύστημα με το όνομα LORAN (LONg RANge Navigation) τέθηκε σε λειτουργία το 1950. Παρόλο που το σύστημα LORAN ήταν μια μεγάλη καινοτομία στη διαδικασία του εντοπισμού και της πλοήγησης, είχε τα ακόλουθα μειονεκτήματα.

- Η κάλυψη που παρείχε το σύστημα ήταν μόλις στο 5% της Γήινης επιφάνειας. Το LORAN δεν ήταν ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού.
- Το σύστημα LORAN παρείχε μόνο δυσδιάστατη πληροφορία (γεωγραφικό πλάτος και μήκος). Δεν παρείχε πληροφορία για το υψόμετρο και κατά συνέπεια δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως η αεροπλοΐα.

Σε γενικές γραμμές πάντως και η παρεχόμενη ακρίβεια ήταν μειωμένη, της τάξης των 250m.

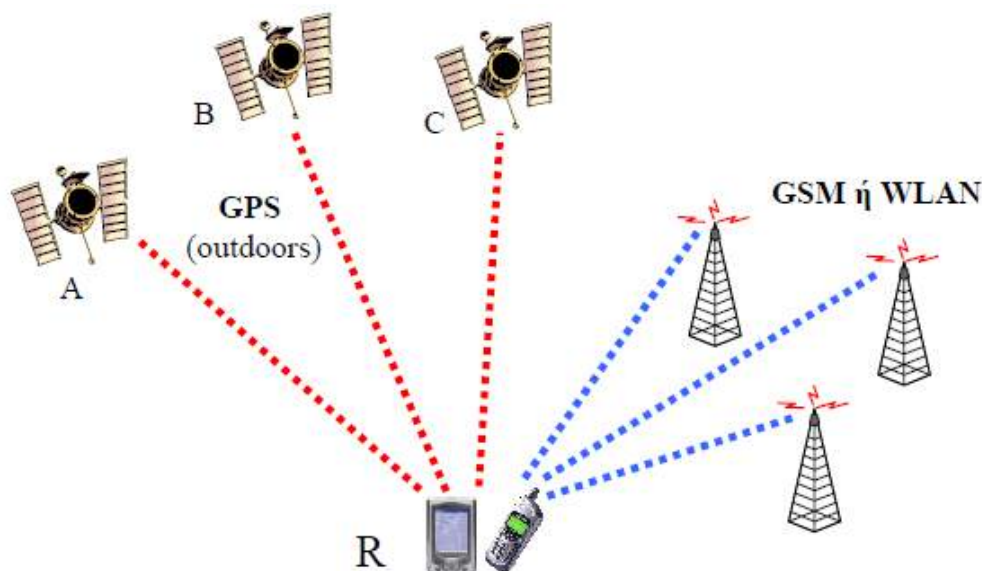
Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί του LORAN και να υπάρξει ένα σύστημα που να παρέχει παγκόσμια κάλυψη, εφαρμόστηκε η ιδέα της τοποθέτησης βελτιωμένων ραδιοπομπών σε δορυφόρους, σε τροχιά γύρω από τη Γη σε αρκετά μεγάλο υψόμετρο. Ήρθε δηλαδή η δορυφορική εποχή.

Με το πέρασμα των χρόνων, λοιπόν, και τις απαιτήσεις των χρηστών για μεγαλύτερη ακρίβεια της μέτρησης ολοένα και να αυξάνονται, ο εντοπισμός ενός χρήστη είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τρόπους αρκετά πιο εύχρηστους από την αναζήτηση των άστρων.

Σήμερα, υπάρχουν πάρα πολλές τεχνικές εντοπισμού θέσης οι οποίες χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζουν τη θέση του χρήστη:

- Οι τεχνικές που βασίζονται σε αστερισμό δορυφόρων
- Οι μέθοδοι που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο
- Οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης

Όλες αυτές οι τεχνικές είναι προσεγγιστικές, αφού προσδιορίζουν ένα διάστημα μέσα στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης και όχι την ακριβή του θέση. Το μέγεθος αυτού του διαστήματος και συνεπώς η ακρίβεια της υπολογιζόμενης θέσης, εξαρτάται άμεσα από την εκάστοτε τεχνική, αν και τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης είναι συνήθως ακριβέστερα από τις επίγειες μεθόδους.



**Σχήμα 3. 1 Δορυφορικά και επίγεια συστήματα<sup>[24]</sup>**

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι, με εξαίρεση τις αδρανειακές, βασίζονται σε φάρους (beacons), οι οποίοι είναι τοποθετημένοι είτε στην επιφάνεια της γης, είτε σε τροχιά γύρω από αυτήν και εκπέμπουν συνεχώς κάποιου είδους αναγνωριστικό σήμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον εντοπισμό της θέσης του τελικού χρήστη, είναι η γνώση της θέσης των φάρων με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια. Ο κινητός χρήστης επιχειρεί τον υπολογισμό είτε της απόστασης μεταξύ του ιδίου και των φάρων – σημείων αναφοράς, είτε της γωνίας της ευθείας που τους ενώνει ως προς τον ορίζοντα. Γνωρίζοντας την ακριβή θέση των σημείων αναφοράς καθώς και την απόσταση ή την γωνία, το φορητό τερματικό έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την δική του θέση είτε στον τρισδιάστατο, είτε στον δισδιάστατο χώρο.

Αντίθετα με τις υπόλοιπες μεθόδους, οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης είναι πλήρως αυτόνομες, αφού δεν απαιτούν κανενός είδους φάρου. Η χρήση τέτοιων μεθόδων έχει ατονήσει στις μέρες μας, αφού είναι ακριβότερες για τον τελικό χρήστη από τις υπόλοιπες μεθόδους που βασίζονται σε φάρους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η πλοήγηση ρομποτικών συσκευών (οικιακής χρήσης, διαστημική εξερεύνησης, κτλ).<sup>[23]</sup>

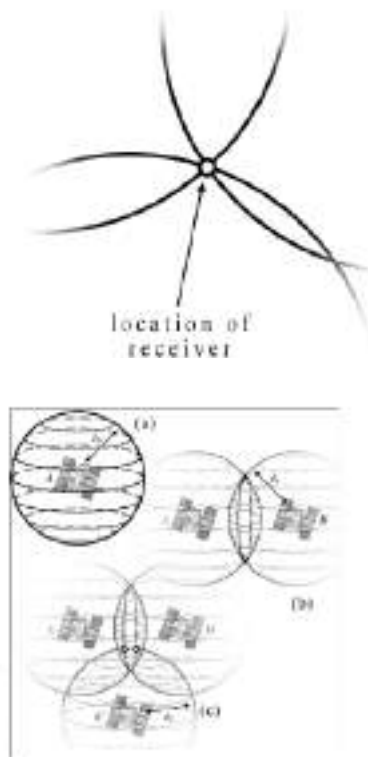
### 3.1 Τεχνικές Βασιζόμενες σε Δορυφορικό Δίκτυο

Η αρχή λειτουργίας ενός συστήματος εντοπισμού θέσης και πλοήγησης βασισμένο σε δορυφόρους είναι η εξής: Τοποθετούνται δορυφόροι σε τροχιά γύρω από τη γη και εκπέμπουν κάθε στιγμή τη θέση τους και τη χρονική στιγμή εκπομπής του μηνύματος. Ο δέκτης λαμβάνει τα σήματα που εκπέμπουν οι ορατοί σε αυτόν δορυφόροι και υπολογίζει την χρονική καθυστέρηση του σήματος. Με βάση την χρονική καθυστέρηση, υπολογίζει την απόσταση μεταξύ του δορυφόρου  $i$  και της συσκευής, πολλαπλασιάζοντάς τη με την ταχύτητα του φωτός.

$$L_i = c \cdot \Delta t_i,$$

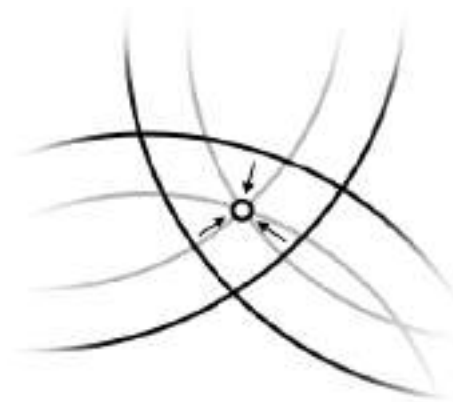
όπου  $L_i$  η απόσταση του δορυφόρου  $i$  από την φορητή συσκευή

Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων με απόσταση  $L_i$  από τον δορυφόρο  $i$  είναι στην πραγματικότητα μία σφαίρα με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα  $L_i$ . Συνεπώς η συσκευή βρίσκεται στην τομή των σφαιρών. Αν υπάρχουν τουλάχιστον 3 ορατοί δορυφόροι, η τομή των σφαιρών είναι ακριβώς 1 σημείο στο χώρο, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 3.2** Θέση του φορητού τερματικού, όπως υπολογίζεται από την τομή των σφαιρών<sup>[25]</sup>

Ο υπολογισμός του ακριβούς χρόνου στην συσκευή GPS, που απαιτείται για τον υπολογισμό της χρονικής διαφοράς του σήματος, γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: Η συσκευή αρχικά θεωρεί ως δικό της χρόνο έναν αυθαίρετο χρόνο σχετικά κοντά στις χρονοσφραγίδες των σημάτων που λαμβάνει. Όσο οι σφαίρες που υπολογίζει δεν τέμνονται, γυρνάει προς τα πίσω το ρολόι της. Αν, αντίθετα, οι σφαίρες τέμνονται αλλά ορίζουν ολόκληρη περιοχή και όχι σημείο, πηγαίνει προς τα μπροστά το ρολόι της. Τελικά, μόλις οι σφαίρες τέμνονται σε ακριβώς ένα σημείο, έχει συγχρονίσει το ρολόι της με τους δορυφόρους, και υπολογίζει την θέση της στον χώρο. Θετική παρενέργεια αυτού είναι το γεγονός ότι έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το GPS ως ακριβές ρολόι και να συγχρονίσουμε συσκευές σε διάφορα σημεία της γης, με απειροελάχιστο σφάλμα.



**Σχήμα 3.3** Συγχρονισμός της συσκευής GPS. Ο συγχρονισμός είναι σωστός όταν οι σφαίρες τέμνονται σε ένα σημείο.<sup>[25]</sup>

Πλέον λειτουργούν ή θα λειτουργήσουν τα εξής συστήματα

- **Navigation Signal Timing and Ranging** – NAVSTAR (το γνωστό Global Positioning System ή απλώς GPS) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής,
- Galileo Positioning System, Ευρωπαϊκό,
- **Global Navigation Satellite System** (GLONASS) της Ρώσικης Ομοσπονδίας (ημιλειτουργικό)
- Beidou Navigation System/ Compass (Compass navigation system), που υπάγεται στην Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας.

### 3.1.1 Global Positioning System ( GPS)

Το όνομά του GPS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων **Global Positioning System**, το οποίο σημαίνει σύστημα προσδιορισμού θέσης (στίγματος) στη γη.

Το GPS χρηματοδοτείται και ελέγχεται από το αμερικανικό DOD (U.S. Department of Defense). Ενώ υπάρχουν πολλές χιλιάδες αστικοί χρήστες του GPS παγκοσμίως, το σύστημα σχεδιάστηκε από τον αμερικανικό στρατό.

Παρέχει ειδικά κωδικοποιημένα δορυφορικά σήματα που μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία σε έναν δέκτη GPS, επιτρέποντας στο δέκτη να υπολογίσει τη θέση, τη ταχύτητα και το χρόνο. Τέσσερα δορυφορικά σήματα GPS χρησιμοποιούνται για να υπολογιστούν θέσεις σε τρεις διαστάσεις και το χρονικό offset στο ρολόι των δεκτών.

Οι δορυφόροι του GPS λέγονται και δορυφόροι NAVSTAR κάθε ένας από τους οποίους εκπέμπει σε δύο διαφορετικές συχνότητες, στην συχνότητα **L1: 1575.42 MHz** και στην **L2: 1227.6 MHz** και χρησιμοποιεί τέτοια τεχνολογία ούτως ώστε τουλάχιστον θεωρητικά, να μην επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες, ούτε από άλλα ηλεκτρονικά όργανα, ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις ξηράς, από εκκινητήρες μηχανών ή ασυρμάτους. Οι στρατιωτικές συσκευές GPS χρησιμοποιούν και τις δύο συχνότητες ενώ οι συσκευές που διατίθενται στο εμπόριο εργάζονται συνήθως μόνο στην συχνότητα L1 (1575.42 MHz).

Οι τροχιές των δορυφόρων GPS περνούν από περίπου 60 μοίρες βόρεια μέχρι 60 μοίρες νότια. Αυτό σημαίνει ότι κάποιος μπορεί να έχει σήμα από τους δορυφόρους σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στη γη, οποιαδήποτε στιγμή. Καθώς πηγαίνουμε προς τους πόλους οι δορυφόροι δε θα περνούν πλέον από πάνω μας, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προσφέρει το σύστημα GPS σε σχέση με τα προηγούμενα συστήματα προσδιορισμού θέσης μέσω σταθμών εδάφους, είναι ότι το GPS δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες.

Επειδή αυτό το σύστημα θα χρησιμοποιηθεί ως βασική μέθοδος εντοπισμού θέσης για την παρούσα διπλωματική εργασία, θα αναπτυχθεί περαιτέρω σε επόμενο κεφάλαιο.<sup>[26]</sup>

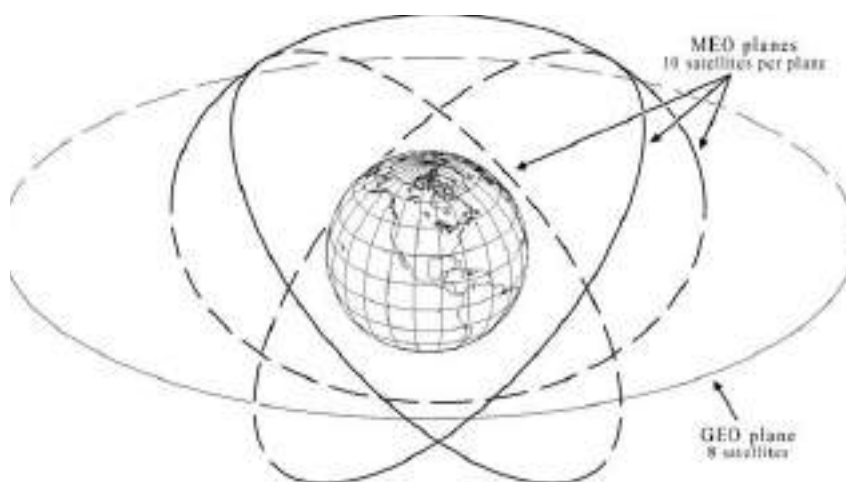


Σχήμα 3. 4 Δορυφόρος GPS

### 3.1.2 Galileo Positioning System

Μία σημαντική εξέλιξη στον τομέα των συστημάτων προσδιορισμού θέσης αποτελεί η προσπάθεια της Ευρώπης να προχωρήσει στη δημιουργία ενός παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης, του Galileo. Το νέο σύστημα θα έχει πολιτικό χαρακτήρα και θα καλύπτει με μεγάλη ακρίβεια σχεδόν το 99% της γήινης επιφάνειας.

Λόγω του ότι τα συστήματα GPS και GLONASS έχουν κατά βάση στρατιωτικό χαρακτήρα και τα κράτη που έχουν τον έλεγχό τους επιβάλλουν κατά καιρούς επιλεκτική διαθεσιμότητα (βλέπε υποκεφάλαιο 3.2.3), δεν παρέχουν την εγγύηση μίας σίγουρης και αξιόπιστης λειτουργίας σε πολιτικές εφαρμογές. Για τους λόγους αυτούς αναπτύσσεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (European Space Agency - ESA) το σύστημα Galileo που πήρε το όνομα του από το διάσημο ιταλό αστρονόμο Galileo Galilei. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει αναλάβει την πολιτική ευθύνη και τον έλεγχο της δομής του συστήματος και η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος την κατασκευή και εφαρμογή του προγράμματος. Το σύστημα θα αποτελείται συνολικά από 30 δορυφόρους σε μέση γήινη τροχιά (MEO – medium earth orbit), 27 κύριους και 3 εφεδρικούς, σε ύψος 23.222 m και ένα δίκτυο επίγειων σταθμών παρακολούθησης. Ο χρόνος ζωής κάθε δορυφόρου εκτιμάται να είναι 12 χρόνια. <sup>[26]</sup>



Σχήμα 3. 5 Χωρική κατανομή των δορυφόρων του Galileo

Θα υπάρχουν τεσσάρων ειδών διαφορετικές υπηρεσίες κάλυψης.

1. Η ελεύθερη **Open service (OS)** , θα είναι διαθέσιμη χωρίς χρέωση σε όλους τους χρήστες και θα έχει ακρίβεια μικρότερη των 4ων μέτρων οριζοντίως και 8 μέτρων καθέτως (βασικό σήμα).
2. Η κωδικοποιημένη **Commercial Service (CS)**, η εμπορική εφαρμογή δηλαδή , θα έχει ακρίβεια καλύτερη απο ένα μέτρο. Όσοι απαιτούν ένα ακριβέστερο σύστημα με εγγυημένη

διαθεσιμότητα θα πρέπει να πληρώνουν ένα επιπλέον ποσό προκειμένου να έχουν πρόσβαση σε ένα σύστημα δεδομένων προσαρμοσμένο στο βασικό σήμα.

### 3. Οι κωδικοποιημένες **Public Regulated Service (PRS)** και

4. **Safety of Life Service (SoL)** θα έχουν υψηλή ακριβεία και θα είναι διαθέσιμες στις δημόσιες αρχές για διάφορες εφαρμογές ασφαλείας, όπως για παράδειγμα η διεύθυνση των εναέριων, θαλάσσιων και χερσαίων μεταφορών. Το καλό είναι ότι θα ενεργοποιούνται μόλις σε δέκα δευτερόλεπτα.

Ο σχεδιασμός του δικτύου ξεκίνησε στις 26 Μαΐου του 2003 και η ολοκλήρωση του και η διάθεση του αναμένεται το 2013. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο μέλλον σχεδιάζεται να προστεθούν και 8 γεωδαιτικοί δορυφόροι για ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια κοντά στον Ισημερινό.

|                                           | Βασικό σήμα           | Σήμα υψηλής ακριβείας |
|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Γωνία αποκοπής του χρήστη (Masking Angle) | 25°                   | 5°                    |
| Ακρίβεια (95%)                            | 10 Οριζοντιογραφικά   | 4 Κατακόρυφη          |
| Κάλυψη                                    | Παγκόσμια             | Παγκόσμια             |
| Διαθεσιμότητα                             | Καλύτερη από 70%      | Καλύτερη από 99%      |
| Άδεια χρήσης                              | Δεν απαιτείται γενικά | Υποχρεωτικά           |

Πίνακας 3. 1 Προβλεπόμενες ακρίβειες του συστήματος Galileo<sup>[26]</sup>



Σχήμα 3. 6 Δορυφόρος Galileo

### 3.1.3 Σύστημα GLONASS (Global Navigation Satellite System)

Η πρώην Σοβιετική Ένωση, θέλοντας να αντιπαρατεθεί στο GPS της Αμερικής, προχώρησε στη δημιουργία ενός παρόμοιου συστήματος προσδιορισμού θέσης μέσω δορυφόρου, με την ονομασία GLONASS.



Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε συγκεκριμένα από τη Russian Space Forces και ο χαρακτήρας του ήταν στρατιωτικός, αντίστοιχα με το GPS, καλύπτοντας τις ανάγκες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και των συμμαχικών αυτής χωρών. Ο σχεδιασμός του ξεκίνησε το 1976 στην εποχή του ψυχρού πολέμου και ολοκληρώθηκε το 1991. Στις 12 Οκτωβρίου 1982 ξεκίνησε μια σειρά εκτοξεύσεων πυραύλων και τερματίστηκε το 1995. Δυστυχώς λόγω της οικονομικής κατάστασης της Ρωσικής Ομοσπονδίας αποτελείται από μόνο 12 δορυφόρους με αποτέλεσμα να μην προσφέρει παγκόσμια κάλυψη, αλλά να επικεντρώνεται μόνο σε ευαίσθητες περιοχές της Ρωσικής επικράτειας. Παρόλα αυτά και με τη βοήθεια της Ινδίας, το πρόγραμμα συνεχίζεται και αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2009 για να καλύψει τη Ρωσία και αργότερα όλο τον κόσμο. <sup>[29]</sup>

Το σύστημα GLONASS αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει του εξής σκοπούς:

- Διαχείριση των εναέριων και θαλάσσιων συγκοινωνιών με έμφαση στη ασφάλεια.
- Χαρτογράφηση.
- Παρακολούθηση των επίγειων μεταφορών
- Οικολογικούς σκοπούς

Από ένα δορυφόρο GLONASS εκπέμπονται δυο είδη σημάτων:

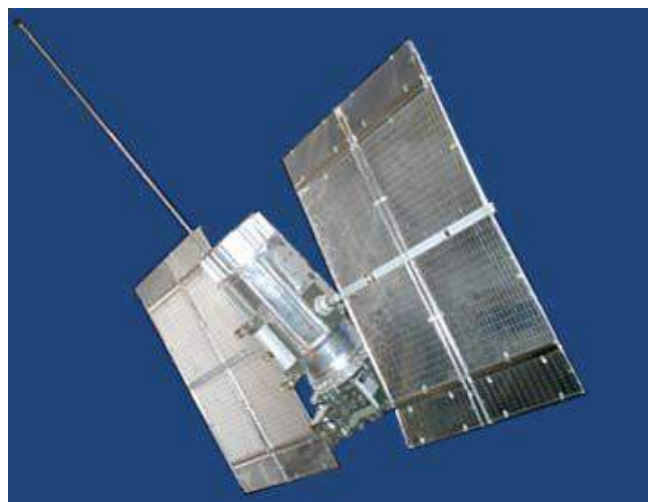
1. Το SP (**S**tandard **P**recision navigation signal) σήμα είναι δυνατό να το χρησιμοποιήσουν όλοι όσοι βρίσκονται υπό την κάλυψη του δικτύου του GLONASS καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και οποιαδήποτε στιγμή. Η ακρίβεια του συστήματος, για το SP σήμα κυμαίνεται από 57 έως 70 μέτρα οριζόντιος, κατακόρυφα φθάνει τα 70 μέτρα, ενώ ο εντοπισμός της ταχύτητας και του χρόνου προσδιορίζεται σε ποσοστό 99,7% αποτελεσματικότητας. Φυσικά τα δεδομένα αυτά μπορούν να αλλάξουν με τη χρήση μεθόδων όπως διαφορικός εντοπισμός κλπ. Το SP σήμα εκπέμπεται στη συχνότητα L1 των 1602 MHz από κάθε

δορυφόρο. Κάθε δορυφόρος έχει την δικιά του ταυτότητα η οποία χαρακτηρίζεται ως εξής:  $P_{\text{ch}} 1062 + n \cdot 0.562 \text{ MHz}$  όπου “n” είναι η συχνότητα από την οποία εκπέμπει ο κάθε δορυφόρος. Αξίζει να πούμε πως στη πράξη υπάρχουν δορυφόροι που εκπέμπουν απ’ την ίδια συχνότητα και παρόλ’ αυτά δεν τίθεται θέμα παρεμβολών. Αυτό συμβαίνει γιατί οι δορυφόροι οι οποίοι έχουν την ίδια συχνότητα βρίσκονται αντιδιαμετρικά και έτσι είναι αδύνατο ένας δεκτής GPS να λάβει σήμα και από του δυο αυτούς δορυφόρους την ίδια στιγμή.

2. Το HP (**H**igh **P**recision navigation signal) σήμα προφανώς αναφέρεται σε στρατιωτικούς σκοπούς και για αυτό δεν είναι δυνατό να βρεθούν αρκετές πληροφορίες.

Κάθε δεκτής είναι δυνατό να πιάσει το λιγότερο τέσσερις δορυφόρους και να υπολογίσει με το γνωστό τρόπο την θέση του και την ταχύτητα του.

Δορυφορικό σύστημα του GLONASS: Οι δορυφόροι που στελεχώνουν το GLONASS είναι 24 ενώ 4 είναι για εφεδρικούς σκοπούς. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τρία διαφορετικά επίπεδα και κάθε επίπεδο έχει 8 δορυφόρους. ( $3 \cdot 8 = 24$  δορυφόροι). Τα επίπεδα μεταξύ τους απέχουν 15 μοίρες σε γεωγραφικό πλάτος, ενώ κάθε δορυφόρος απέχει απ’ τον επόμενο του 45 μοίρες πάλι σε γεωγραφικό πλάτος. Το υψόμετρο που βρίσκονται είναι τα 19100 km ενώ κάθε δορυφόρος ολοκληρώνει μια περιστροφή της Γης σε 11 ώρες και 15 λεπτά.



Σχήμα 3. 7 Δορυφόρος GLONASS

| Χαρακτηριστικά δορυφόρου |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Βάρος:                   | 1300 kg (aprox.)                      |
| Διάμετρος:               | 2,35 m                                |
| Μήκος:                   | 7,84 m                                |
| Πλάτος:                  | 7,23 m                                |
| Τύπος σήματος:           | Pseudorandom με δυαδικούς χαρακτήρες. |
| Ταχύτητα μετάδοσης:      | 50 bps                                |

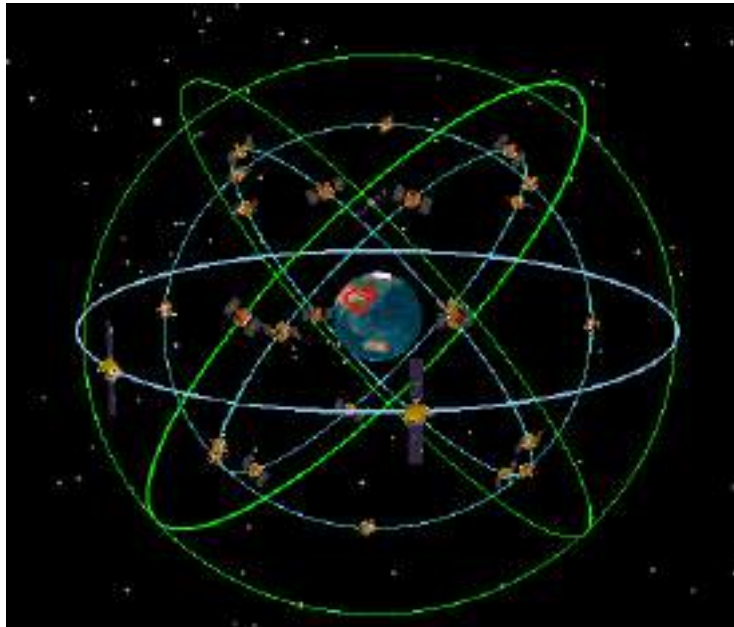
Πίνακας 3. 2 Χαρακτηριστικά δορυφόρου GLONASS

Επίγειο σύστημα του GLONASS: Για την ορθή λειτουργία του χρειάζεται έλεγχο και παρακολούθηση από επίγειους σταθμούς. Τέτοιοι σταθμοί βρίσκονται σε όλη την έκταση της Ρωσίας ενώ στη Μόσχα υπάρχει ένα κεντρικός σταθμός έλεγχου όλων των παραπάνω. Με λίγα λόγια από τους διασκορπισμένους σταθμούς συλλέγονται πληροφορίες για την κατάσταση των δορυφόρων οι οποίες μεταδίδονται στο κεντρικό για επεξεργασία και διόρθωση. Στη συνέχεια οι νέες πληροφορίες μεταδίδονται πίσω στους δορυφόρους. Οι διάφορες εντοπίζονται στις ονομασίες κυρίως του κύριου σταθμού και των βοηθητικών. Αξίζει να πούμε πως για τον έλεγχο των σταθμών παρακολούθησης (CTS Command Tracking Stations) χρησιμοποιείται ένα σύστημα laser σε συνεργασία με ειδικούς ανακλαστήρες οι οποίοι βρίσκονται στους δορυφόρους του GLONASS.

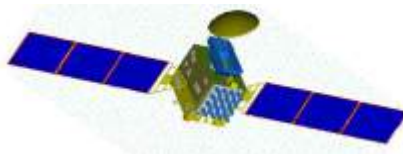
Σύμφωνα με τους ιθύνοντες του προγράμματος, η ακρίβεια του θα ξεπερνάει το αντίστοιχο αμερικάνικο GPS. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μία σημαντική προσπάθεια για τη συνεργασία των συστημάτων GPS και GLONASS, η οποία θα δίνει μεγαλύτερη κάλυψη στην επιφάνεια της γης για τους χρήστες των συστημάτων αυτών και μεγαλύτερο πλήθος παρατηρήσεων λόγω του μεγάλου αριθμού των παρατηρούμενων δορυφόρων. Ήδη από το 1999, που είναι σε εξέλιξη το πιλοτικό πρόγραμμα συνεργασίας των δύο συστημάτων, οι νέοι δείκτες έχουν τη δυνατότητα υποστήριξης και των δύο συστημάτων.

### 3.1.4 Compass (Compass navigation system) / Beidou system

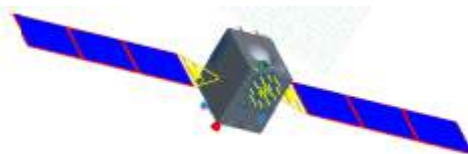
Από την άλλη, μια ακόμη υπερδύναμη προσπαθεί να δείξει την ισχύ της στο διάστημα με αρκετά καλές προσπάθειες. Το Compass navigation system, που ανέπτυξε στα χαρτιά προς το παρόν η Κίνα, βασίζεται σε ένα σύστημα 35 δορυφόρων, εκ των οποίων οι 5 θα είναι γεωστατικής τροχιάς (GEO) και οι 30 μέσης τροχιάς (MEO) , με απώτερο σκοπό να καλύψουν όλη τη γη.



Σχήμα 3. 8 Αστερισμός Δορυφόρων Compass/Beidou System<sup>[27]</sup>



Σχήμα 3. 9 Δορυφόροι Γεωστατικής Τροχιάς(GEO)<sup>[27]</sup>



Σχήμα 3. 10 Δορυφόροι Μέσης Τροχιάς (MEO)<sup>[27]</sup>

Η χρήση του παγκοσμίως θα είναι σε δύο επίπεδα:

1. Στην ανοιχτή (Open), η οποία θα χρησιμοποιείται από όλους τους πολίτες ελεύθερα με:
  - Ακρίβεια θέσης: 10 m
  - Χρονική ακρίβεια: 20 ns
  - Ακρίβεια ταχύτητας: 0.2 m/s και
2. Στην περιορισμένη (Restricted) για στρατιωτικούς σκοπούς.

Θα προσφέρει δύο ειδών περιφερειακές υπηρεσίες

1. Ευρείας περιοχής διαφορικής υπηρεσίας: Ακρίβεια προσδιορισμού θέσης: 1m
2. Περιορισμένη υπηρεσία μηνυμάτων

Η εξέλιξη του συστήματος COMPASS ακολούθησε τα εξής βήματα::

- 1<sup>ο</sup> Βήμα: Σύστημα επίδειξης

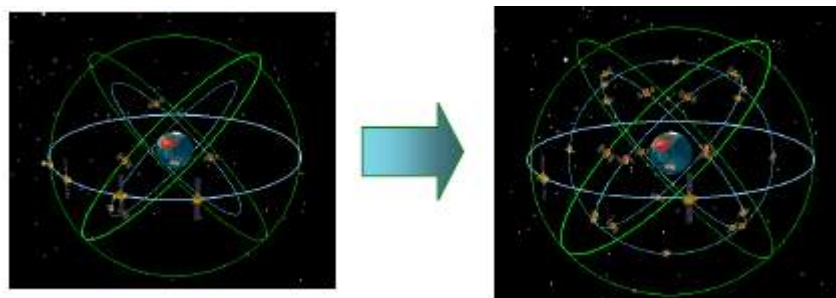
Μετά από 3 δορυφόρους GEO που προωθούνται από το 2000, το σύστημα επίδειξης μπορεί να παρέχει τις βασικές υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένου του προσδιορισμού θέσης, του συγχρονισμού και των τηλεπικοινωνιών περιορισμένης υπηρεσίας μηνυμάτων στην περιφερειακή περιοχή.



Σχήμα 3. 11 Η προώθηση τριών δορυφόρων το 2000. <sup>[27]</sup>

- 2<sup>ο</sup> Βήμα: Παγκόσμιο Σύστημα

Τα COMPASS/Beidou θα καλύψουν την ειρηνικο-ασιατική περιοχή αρχικά περίπου το 2010, και θα καλύψουν όλο τον κόσμο γύρω στο 2015.



Σχήμα 3. 12 Το δορυφορικό σύστημα Beidou system γύρω στο 2010 και γύρω στο 2015 αντίστοιχα. <sup>[27]</sup>

- 3<sup>ο</sup> Βήμα: Ο πρώτος δορυφόρος μέσης τροχιάς (ΜΕΟ)

Ο πρώτος δορυφόρος ΜΕΟ προωθήθηκε τον Απρίλιο του 2007.



**Σχήμα 3. 13 Προώθηση δορυφόρου ΜΕΟ τον Απρίλιο του 2007<sup>[27]</sup>**

Κατά τη διάρκεια του 2009, 3-4 δορυφόροι θα προωθηθούν, και περισσότεροι από 10 δορυφόροι θα τεθούν στη χρήση στα επόμενα δύο έτη. Περίπου το 2010, το σύστημα μπορεί να προσφέρει τις υπηρεσίες του περιφερειακά.

|                                                  |                  |
|--------------------------------------------------|------------------|
| Προσδιορισμός τροχιάς και χρονικός συγχρονισμός: |                  |
| Ακρίβεια προσδιορισμού τροχιάς:                  | < 5m             |
| ακρίβεια πρόβλεψης τροχιάς:                      | < 10m (24 hours) |
| ακρίβεια χρονικού συγχρονισμού:                  | < 2ns            |

**Πίνακας 3. 3 Προσδιορισμός τροχιάς και χρονικός συγχρονισμός για τους δορυφόρους του Compass.<sup>[27]</sup>**

### 3.1.5 Συγκριτικοί Πίνακες των Συστημάτων GNSS

| Παράμετροι                   | GPS                                    | GLONASS                      | Galileo                                                | Beidou/Compass (Meo)                                                    |
|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Πρώτη προώθηση               | 22-02-1978                             | 12-10-1982                   | 28-12-05                                               | 13-04-07                                                                |
| Πλήρης λειτουργική ικανότητα | 17-07-95                               | 18-01-96                     | 2012                                                   | 2013                                                                    |
| Υπηρεσίες                    | -στρατιωτική<br>-πολιτική              | -στρατιωτική<br>-πολιτική    | -εμπορική<br>-ελεύθερη                                 | -περιορισμένη<br>-ανοιχτη/εμπορική                                      |
| Αριθμός SV                   | 31                                     | 24                           | 27                                                     | 27                                                                      |
| Τροχιακά επίπεδα             | 6                                      | 3                            | 3                                                      | 3                                                                       |
| Κλίση                        | 55°                                    | 64,8°                        | 56°                                                    | 55°                                                                     |
| Δευτερεύων άξονας (Km)       | 26560                                  | 25508                        | 29601                                                  | 278402                                                                  |
| Περίοδος περιστροφής         | 11h58m                                 | 11h15m                       | 14h05m                                                 | 12h50m                                                                  |
| Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς  | WGS 84                                 | PZ 90                        | GTRF                                                   | Beijing 1954                                                            |
| Χρονικό σύστημα              | GPTC                                   | UTC(SU)                      | GST                                                    | China UTC                                                               |
| Κωδικοποίηση                 | CDMA                                   | FDMA                         | CDMA                                                   | CDMA                                                                    |
| Συχνότητες (MHz)             | L1:1575.42<br>L2:1227.60<br>L5:1176.45 | G1:1602<br>G2:1246<br>G3:TBD | E1:1575.42<br>E5a:1176.45<br>E5b:1207.14<br>E6:1278/75 | B1-2:1589.74(E1)<br>B-1:1561.1(E2)<br>B2:1207.14(E5b)<br>B3:1268.52(E6) |

Πίνακας 3. 4 Παράμετροι των συστημάτων GNSS<sup>[28]</sup>

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η ακρίβεια του κάθε συστήματος αλλά και η απόδοση των συνδυασμών των συστημάτων GNSS.

| MA=10          | NVS<br>[Min-Max] | HDOP<br>[Min-Max] | VDOP<br>[Min-Max] | GDOP<br>[Min-Max] |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <i>GPS</i>     | 8-10             | 0.82-1.13         | 1.53-1.85         | 1.96-2.76         |
| <i>Galileo</i> | 8-9              | 0.91-1.09         | 1.56-1.94         | 2.07-2.55         |
| <i>Compass</i> | 11-17            | 0.77-1.02         | 1.32-1.79         | 1.73-2.34         |
| <i>2G</i>      | 16-19            | 0.58-0.72         | 1.03-1.18         | 1.36-1.53         |
| <i>GPS/C</i>   | 20-27            | 0.54-0.69         | 0.95-1.14         | 1.24-1.48         |
| <i>3G</i>      | 23-26            | 0.50-0.58         | 0.85-0.99         | 1.13-1.29         |
| <i>2G/C</i>    | 28-36            | 0.42-0.49         | 0.71-0.83         | 1.06-1.22         |

Πίνακας 3.5 Η απόδοση των συστημάτων σε διάφορους συνδυασμούς (όπου 2G: GPS/Galileo, 3G: GPS/GLONASS/Galileo, C: Compass)<sup>[28]</sup>

| <u>ΌΝΟΜΑ</u>   | <u>ΧΩΡΑ</u><br><u>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ</u> | <u>ΑΚΡΙΒΕΙΑ σε</u><br><u>μέτρα</u><br><u>(ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ)</u> |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>GPS</b>     | ΗΠΑ                              | 16                                                       |
| <b>GLONASS</b> | Ρωσία                            | 57-70                                                    |
| <b>COMPASS</b> | Κίνα                             | 10                                                       |
| <b>Galileo</b> | Ευρώπη/ESA                       | 4                                                        |

Πίνακας 3.6 Χώρα προέλευσης και ακρίβεια συστημάτων GNSS

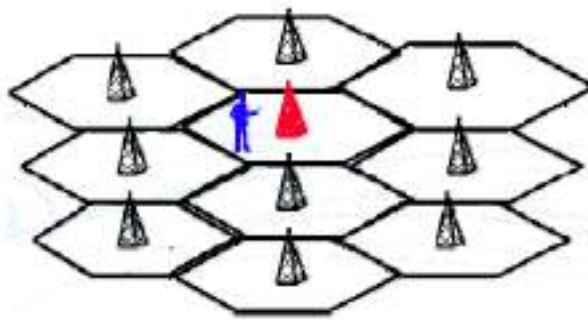
## 3.2 Τεχνικές βασιζόμενες σε Επίγειο Δίκτυο

Ο προσδιορισμός της θέσης ενός χρήστη μπορεί να επιτευχθεί και χρησιμοποιώντας επίγειους πομπούς. Οι πομποί μπορούν να ανήκουν είτε στο κυψελοειδές σύστημα της κινητής τηλεφωνίας, είτε σε κάποιο άλλου είδους ασύρματο δίκτυο, όπως το Wifi. Έρευνες έχουν δείξει ότι το σήμα που εκπέμπουν τα σημεία πρόσβασης Wifi δεν είναι αρκετά σταθερό με την πάροδο του χρόνου, ώστε να βασιστεί πάνω του κάποιο σύστημα εντοπισμού. Λόγω αυτού καθώς και δεδομένου του ποσοστού διείσδυσης της κινητής τηλεφωνίας, προκύπτει ότι ενδείκνυται η χρήση του κυψελοειδούς συστήματος.

Λειτουργία του Κυψελοειδούς Δικτύου της Κινητής Τηλεφωνίας: Το σύστημα κινητών επικοινωνιών [GSM06] αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: τους σταθμούς βάσης, και τα φορητά τερματικά. Κάθε σταθμός βάσης εκπέμπει στην περιοχή εμβέλειάς του σήμα για να είναι συνεχώς ορατός από τα κινητά τηλέφωνα. Η περιοχή εμβέλειας του σταθμού βάσης ονομάζεται κυψέλη, και το σύμπλεγμα όλων των κυψελών, κυψελοειδές δίκτυο. Σε κάθε κυψέλη έχει αντιστοιχιστεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το Παγκόσμιο Αναγνωριστικό της Κυψέλης (CGI – Cell Global Identifier), το οποίο εκπέμπεται συνεχώς. Το CGI αποτελείται από 4 πεδία:

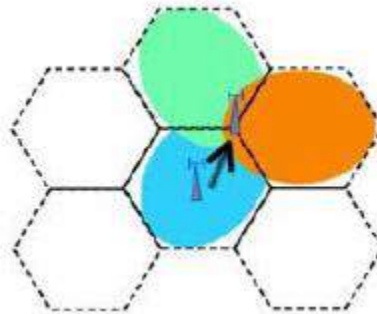
1. Mobile Country Code – MNC – Κωδικός Παρόχου
2. Mobile Network Code – MNC – Κωδικός Παρόχου
3. Location Area Code – LAC – Κωδικός Περιοχής
4. Cell ID, το οποίο είναι υποσύνολο του Cell Global Identifier.

Το κινητό τηλέφωνο, όσο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, συνδέεται με την κυψέλη από την οποία λαμβάνει την μεγαλύτερη ισχύ, και είναι σε θέση να γνωρίζει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης, καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dbm. Κάθε φορά που μειώνεται η λαμβανόμενη ισχύς από την συνδεδεμένη κυψέλη, το κινητό συνδέεται με την κυψέλη με την μέγιστη ισχύ, ενώ αν πραγματοποιείται κλήση εκείνη την στιγμή γίνεται διαπομπή της κλήσης στην νέα κυψέλη. Ένα πιθανό στιγμιότυπο φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



**Σχήμα 3. 14** Το κινητό είναι συνδεδεμένο στην κυψέλη από όπου λαμβάνει την μέγιστη ισχύ

Συνήθως οι πάροχοι συγχωνεύουν τρεις σταθμούς βάσεις σε έναν κοινό σταθμό, ο οποίος ελέγχει τρεις κυψέλες ταυτόχρονα, οι οποίες πλέον αποτελούνται τομείς της νέας κυψέλης, και τοποθετείται στην κοινή γωνία των τριών κυψελών. Αυτό γίνεται για οικονομικούς λόγους. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραίες με άνοιγμα από  $65^\circ$  μέχρι  $85^\circ$ , όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Αυτού του είδους η τοπολογία δεν επηρεάζει με κανένα τρόπο την παρούσα διπλωματική ενασσία, και συνεπώς θα αγνοηθεί.



**Σχήμα 3. 15** Συγχώνευση τριών σταθμών βάσης σε έναν. <sup>[21]</sup>

Το μέγεθος της κυψέλης ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέτρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (μικροκυψέλες) σε μεγαλύτερο από 10 χιλιόμετρα σε αραιοκατοικημένες περιοχές (μακροκυψέλες). Η απόφαση για το μέγεθος της κυψέλης επαφίεται στον πάροχο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών ο οποίος συνυπολογίζει την ανάγκη για μικρές κυψέλες, ώστε να αναχρησιμοποιείται το πολύτιμο φάσμα σε γειτονικές κυψέλες, και την αντικρουόμενη ανάγκη για μεγάλες κυψέλες, ώστε να περιορίζονται τα κόστη δημιουργίας και συντήρησης του δικτύου. Εξάλλου υπερβολικά μικρές κυψέλες αυξάνουν την πιθανότητα της διαπομπής μιας κλήσης σε νέα κυψέλη, αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος. Το μέγεθος της κυψέλης είναι αρκετά σημαντικό γιατί, όπως θα δούμε αργότερα, επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια των επίγειων μεθόδων. <sup>[21]</sup>

Η εκτίμηση της θέσης ενός φορητού τερματικού μπορεί να πραγματοποιηθεί:

- είτε από τον πάροχο
- είτε από το ίδιο το κινητό τηλέφωνο.

### 3.2.1 Εκτίμηση Θέσης από τον Πάροχο Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου μπορεί να γίνει από τον ίδιο τον πάροχο. Το τελευταίο χρονικό διάστημα δόθηκε ώθηση στην μελέτη αυτών των τεχνικών, κυρίως λόγω νόμου της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, ο οποίος υποχρεώνει τους παρόχους να είναι σε θέση να εντοπίσουν ένα κινητό τηλέφωνο, με ακρίβεια 50 ως 100 m, όταν πραγματοποιήσει επείγουσα κλήση προς τον αριθμό 911. Αυτή η δυνατότητα είναι ευρύτερα γνωστή ως e-911.<sup>[21]</sup>

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου από την μεριά του παρόχου, μπορεί να γίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

1. *Time (Difference) of Arrival, χρόνος άφιξης*

Λαμβάνεται υπ' όψιν η χρονική καθυστέρηση στην λήψη του σήματος που εξέπεμψε το κινητό τηλέφωνο από τις γειτονικές κυψέλες. Όπως στο GPS, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του κινητού και των κεραιών και από εκεί υπολογίζεται η θέση του. Αντίθετα όμως από το GPS, οι κεραίες υπολογίζουν την θέση του κινητού, και όχι το ίδιο το κινητό.

2. *Angle of Arrival, γωνία άφιξης*

Αντίστοιχα με το TOA, υπολογίζεται η γωνία άφιξης του σήματος στις κυψέλες. Η γωνία προκύπτει από την χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα διαδοχικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας της κυψέλης. Με βάση την γωνία άφιξης υπολογίζεται η θέση του κινητού ως το σημείο τομής.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο τρόποι ταυτόχρονα.

Οι παραπάνω μέθοδοι όμως παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα που καθυστερούν αρκετά την εφαρμογή τους.

- Είναι οικονομικά ασύμφοροι, καθώς απαιτείται αλλαγή ή αναβάθμιση τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού των σταθμών βάσης, με απαγορευτικό κόστος για τους παρόχους.
- Απαιτούν εκπομπή σήματος από το κινητό τηλέφωνο για να είναι δυνατός ο εντοπισμός του, σπαταλώντας το εύρος ζώνης.
- Δημιουργούνται ζητήματα προστασίας της ιδιωτικότητας των χρηστών, καθώς ο πάροχος θα πρέπει να παράσχει τις απαραίτητες εγγυήσεις για το σε ποιον και το πότε θα δίνεται πρόσβαση στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα των χρηστών. Από την στιγμή που ο πάροχος θα αποκτήσει την δυνατότητα να εντοπίζει την θέση των τερματικών στο δίκτυό του, ο χρήστης δεν θα έχει τρόπο να απαγορέψει άμεσα την οποιαδήποτε προσπάθεια εντοπισμού του, και θα πρέπει να εμπιστευθεί τον πάροχο για την ορθή χρήση των δεδομένων αυτών.

- Τέλος προβλήματα τεχνικής φύσεως δημιουργούν η έλλειψη οπτικής επαφής με τον πομπό, καθώς και το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής λήψης (multipath propagation), τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητα των μετρήσεων, φαινόμενο που παρατηρείται σε όλους του τρόπους εντοπισμού θέσης που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο, αλλά όχι σε αστερισμό δορυφόρων.

### 3.2.2 Εκτίμηση Θέσης από το Φορητό Τερματικό

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου είναι δυνατή και από το ίδιο το φορητό τερματικό. Σε αντίθεση με τις μεθόδους εκτίμησης θέσης από τον πάροχο, απαιτούνται ασήμαντες ή και καθόλου αλλαγές στην υποδομή του δικτύου, κάνοντας τέτοιου είδους λύσεις αρκετά πιο ελκυστικές από τις προηγούμενες. Επιπροσθέτως προάγεται ο σεβασμός της προσωπικότητας, αφού ο χρήστης έχει άμεσο έλεγχο πάνω στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που τον αφορούν.

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη επεξεργαστικής ισχύος από το κινητό, το οποίο, σε αντίθεση με τους σταθμούς βάσης, έχει εξαιρετικά περιορισμένους πόρους τόσο σε θέματα επεξεργαστή, όσο και σε θέματα μνήμης και χώρου αποθήκευσης γενικότερα. Επιβάλλεται δε οι αλγόριθμοι να είναι αρκετά απλούστεροι, ώστε να είναι υλοποιήσιμοι σε τέτοιου είδους συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων. Άμεση συνέπεια του τελευταίου είναι η, συνήθως, υποδεέστερη ποιότητα της εκτίμησης.<sup>[21]</sup>

Το φορητό τερματικό έχει την δυνατότητα να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο με μία από τις ακόλουθες μεθόδους.

#### 1. Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)

Πρόκειται για μία επίγεια υλοποίηση του GPS. Οι σταθμοί βάσης συγχρονίζονται και εκπέμπουν ταυτόχρονα, όπως και στο GPS, την θέση τους στον χώρο, και την χρονοσφραγίδα εκπομπής. Το κινητό τηλέφωνο, λαμβάνοντας το σήμα από τις κοντινές σε αυτό κεραίες, υπολογίζει την χρονική καθυστέρηση του σήματος την οποία ανάγει σε απόσταση. Με βάση την απόσταση από τους σταθμούς βάσεις, εξάγει την δική του θέση στο χώρο.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει δύο βασικά μειονεκτήματα:

- Δεν υποστηρίζεται από την συντριπτική πλειονότητα των φορητών συσκευών, και συνεπώς απαιτεί αντικατάσταση του υλικού από την μεριά του χρήστη.
- Όπως όλες οι ασύρματες ζεύξεις, έτσι και η ζεύξη σταθμού βάσης – κινητού τηλεφώνου υποφέρει από φαινόμενα διαλείψεως και πολυδιαδρομικής λήψης, τα οποία εισάγουν

σημαντική καθυστέρηση στο λαμβανόμενο σήμα. Επιπλέον η καθυστέρηση αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τοπολογία της περιοχής. Συνεπώς ενδέχεται σε κάθε σήμα που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο από τις κοντινές κεραίες, να έχει εισαχθεί διαφορετική καθυστέρηση από την ασύρματη ζεύξη, αλλοιώνοντας έτσι την εκτίμηση.

## 2. Cell of Origin (COO)

Σε αντίθεση με την E-OTD, το κινητό λαμβάνει υπ' όψιν μόνο την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένο καθώς και την λαμβανόμενη ισχύ από αυτήν την κυψέλη, και επιχειρεί να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο.

Η αρχή λειτουργίας της COO είναι η εξής: Για να είναι δυνατή η εκτίμηση της θέσης του κινητού, θα πρέπει το σύστημα να γνωρίζει από πριν την κατανομή της κάλυψης του δικτύου και ειδικότερα: ποια κυψέλη είναι ορατή σε κάθε σημείο και με ποια ισχύ σε dbm. Στη συνέχεια, πάνω σε αυτά τα δεδομένα, που συνιστούν τον *χάρτη κάλυψης* της υπό εξέτασης περιοχής, είναι δυνατή η εκτέλεση ερωτημάτων εντοπισμού του χρήστη. Η χαρτογράφηση γίνεται με ένα κινητό τηλέφωνο το οποίο είναι συνδεδεμένο με συσκευή GPS. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, η απόσταση των οποίων ορίζεται από τον χρήστη, το κινητό καταγράφει τη συνδεδεμένη κυψέλη και τη μετρούμενη ισχύ και αποθηκεύει τις μετρήσεις στην κάρτα μνήμης της συσκευής. Στη συνέχεια οι μετρήσεις αυτές εισάγονται σε σχεσιακή βάση δεδομένων.



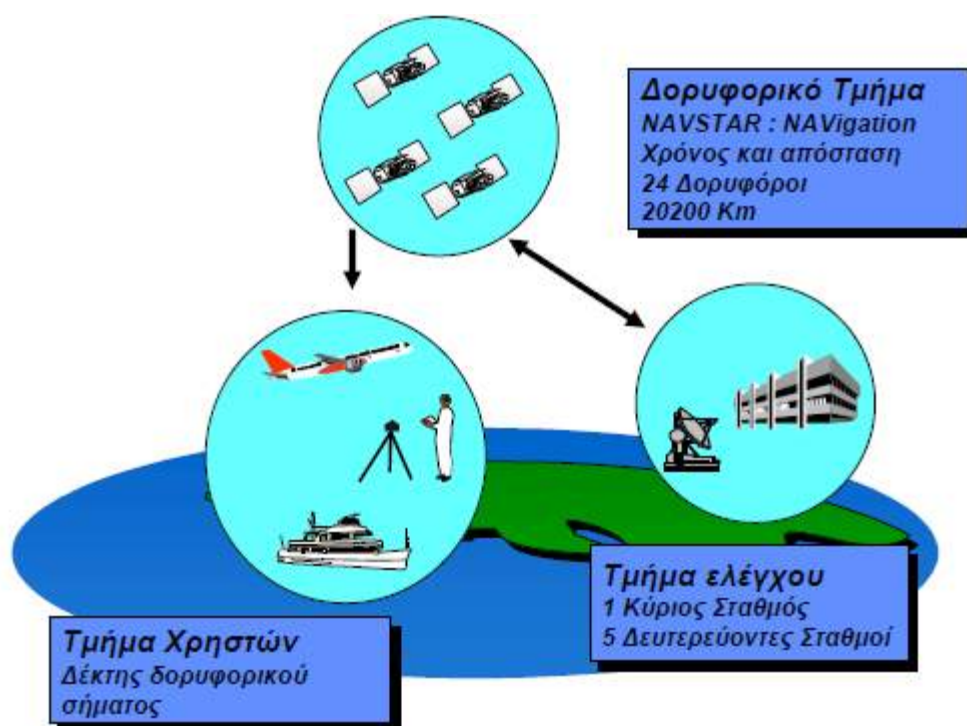
Σχήμα 3. 16 Χαρτογράφηση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας

Αξίζει να σημειωθεί ότι η χαρτογράφηση της περιοχής γίνεται εφ' άπαξ, πριν από οποιοδήποτε ερώτημα εντοπισμού, μετά το πέρας της οποίας δεν είναι απαραίτητη η συσκευή GPS, παρά μόνο για την επαλήθευση των εκτιμήσεων.

### 3.3 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (G.P.S.) και η Λειτουργία του

Η λειτουργία του συστήματος G.P.S (Global Positioning System), η αλλιώς NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging) όπως είναι η κανονική του ονομασία σύμφωνα με το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α, βασίζεται σε 3 τμήματα. Τα τρία αυτά τμήματα είναι:

1. Διαστημικός ή Δορυφορικό Τμήμα (Space Segment)
2. Τμήμα Έλεγχου (Control Segment)
3. Τμήμα χρηστών (User Segment)

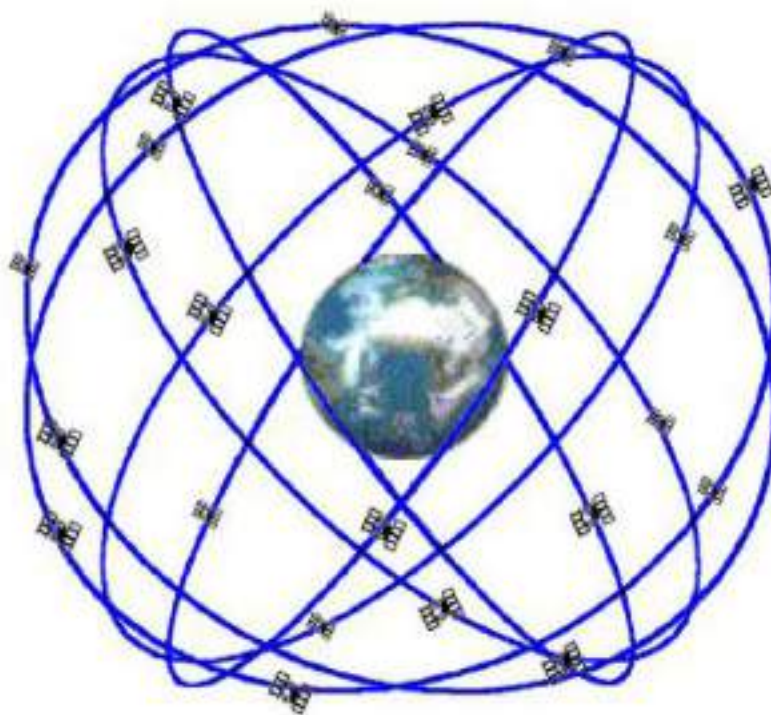


Σχήμα 3.1 Τα τρία τμήματα του συστήματος GPS <sup>[26]</sup>

#### Δορυφορικό τμήμα (Space Segment)

Το τμήμα αυτό έχει σχέση με τους δορυφόρους οι οποίοι απαρτίζουν το σύστημα G.P.S. Σήμερα οι δορυφόροι που απαρτίζουν το σύστημα G.P.S είναι 28. Από αυτούς, οι 24 είναι ενεργοί και οι υπόλοιποι 4 παραμένουν σε εφεδρεία. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε υψόμετρο από 11,000 έως 12,000 Km και η περίοδος περιστροφής τους γύρω απ' τη Γη είναι 12 ώρες. Αυτό σημαίνει ότι κάθε δορυφόρος περιστρέφεται 2 φορές κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου με ταχύτητα 7000 μιλίων την ώρα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους χρηστές να βρίσκονται υπό την κάλυψη τεσσάρων τουλάχιστον δορυφόρων οποιαδήποτε στιγμή. Απ'

όσο περισσότερους δορυφόρους λαμβάνεται σήμα τόσο πιο ακριβές είναι το στίγμα για το οποίο γίνεται λόγος.



**Σχήμα 3. 17      Χωρική κατανομή των δορυφόρων του GPS<sup>[26]</sup>**

Οι δορυφόροι τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια η οποία προέρχεται από τη μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική χάρις στους ειδικούς συλλέκτες, και αποθηκεύεται σε μπαταρίες έτσι ώστε να μην υπάρξει σχεδόν ποτέ ενεργειακό πρόβλημα. Η επιφάνεια των συλλεκτών είναι της τάξης των  $7,3 \text{ m}^2$ . Η διάρκεια ζωής ενός τέτοιου δορυφόρου είναι περίπου 10 χρόνια. Παρά το μεγάλο μέγεθος των δορυφόρων (840 kg, 17 feet μήκος) η κατανάλωση βρίσκεται στα επίπεδα των 50 Watt (ισχύς του πομπού). Σε κάθε δορυφόρο υπάρχουν προωθητήρες για τη διόρθωση της θέσης του.

Κάθε δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με ένα πολύ ακριβές ρολόι 0.000000003, ή 3 δισεκατομμυριοστά του δευτερόλεπτου!!! Η ακρίβεια αυτή είναι ζωτικής σημασίας για το στίγμα που παίρνουμε αφού όπως αναφέρθηκε παραπάνω η απόσταση του δέκτη από το δορυφόρο υπολογίζεται βάση του χρόνου που κάνει το σήμα να ταξιδέψει από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη. Το σήμα ή τα σήματα που εκπέμπονται είναι χαμηλής ισχύος, από 20 έως 50 Watt, και τοποθετούνται στη U.H.F band (**Ultra High Frequency**). Οι συχνότητες των σημάτων φέρουν τις ονομασίες L1, L2 κλπ.

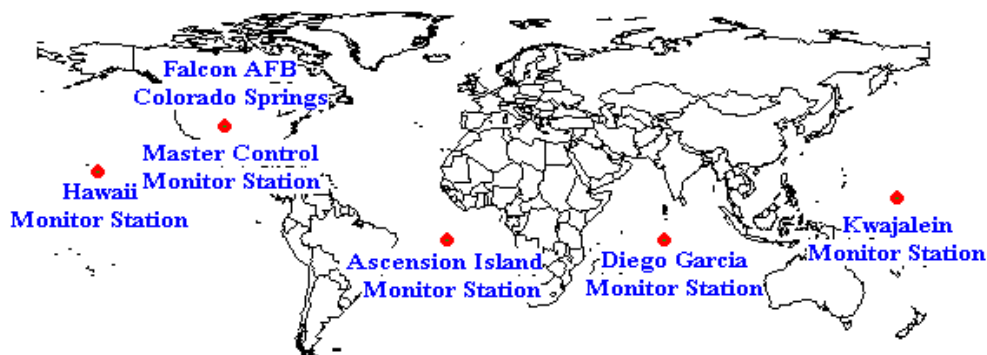
Ο πρώτος δορυφόρος που εκτοξεύθηκε για χρήση G.P.S ήταν το 1978 και ήταν αμερικανικής προέλευσης. Από το 1989 έως το 1993 εκτοξεύθηκαν άλλοι δέκα δορυφόροι με το όνομα Block 1. Το 1994 οι δορυφόροι έγιναν 24 ενώ σήμερα ο αριθμός τους αυξήθηκε σε 28. Από 1978 έως σήμερα το υπουργείο άμυνας των Η.Π.Α κυρίως, ξοδεύει αμέτρητα ποσά για τη συντήρηση και την ανανέωση του στόλου των δορυφόρων.

### Τμήμα Ελέγχου (Control Segment)

Στο Τμήμα Έλεγχου γίνεται ο έλεγχος της κατάστασης των δορυφόρων από επίγειους σταθμούς. Συνολικά οι σταθμοί είναι πέντε, εκ των οποίων τέσσερις από αυτούς λειτουργούν χωρίς την παρουσία προσωπικού. Οι σταθμοί αυτοί καλούνται «monitor stations» και σκοπός τους είναι να λαμβάνουν συνεχώς πληροφορίες από τους δορυφόρους και να τους μεταδίδουν στον κεντρικό σταθμό. Ο κεντρικός σταθμός ο οποίος καλείται «master station» λαμβάνει πληροφορίες από τους άλλους τέσσερις για τη θέση και την κατάσταση των δορυφόρων και αναμεταδίδει πίσω στους δορυφόρους διορθωμένες πληροφορίες. Οι πληροφορίες που μεταδίδει ο «master station» αφορούν τη διόρθωση της θέσης και τη διόρθωση του χρόνου στο ρολοι των δορυφόρων.

Οι σταθμοί βρίσκονται σε διάφορα μέρη του κόσμου όπως:

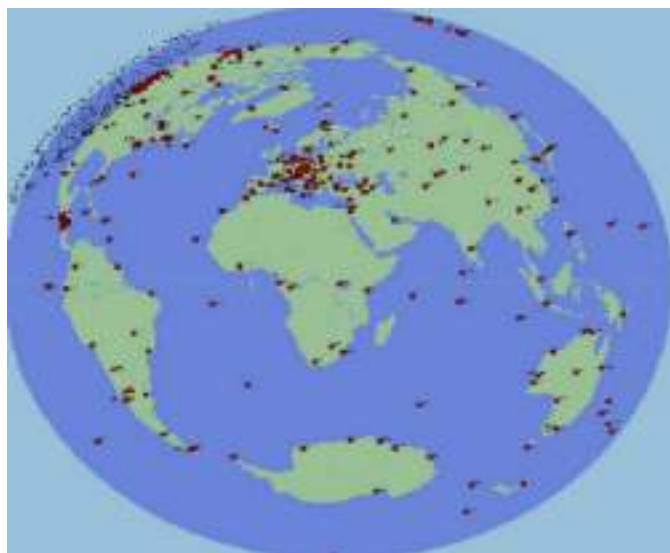
1. Ειρηνικός Ωκεανός (Hawaii & Kwajalein)
2. Ινδικός Ωκεανός (Diego Garcia)
3. Ατλαντικός Ωκεανός (Ascension Island)
4. Αεροπορική Βάση Colorado Η.Π.Α [Colorado Springs (master station)]



**Σχήμα 3. 18 Οι τοποθεσίες των σταθμών ελέγχου του Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης.<sup>[29]</sup>**

Ας σημειωθεί ότι υπάρχουν τέσσερις κεραίες ανά τον κόσμο, οι οποίες συνεργάζονται με τους σταθμούς για τη επιτήρηση των δορυφόρων.

Λόγω του περιορισμένου αριθμού των σταθμών παρακολούθησης η ακρίβεια που παρέχει το δίκτυο είναι επαρκής για τη ναυτιλία και την πλοήγηση αλλά ανεπαρκής για γεωδαιτικές εφαρμογές. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν και ανεξάρτητα δίκτυα παρακολούθησης με σκοπό να εμπλουτίσουν με ακριβέστερες παρατηρήσεις το δίκτυο GPS. Το σημαντικότερο ρόλο στον τομέα διαχείρισης και παρακολούθησης ανέλαβε από το 1995 η Διεθνής Υπηρεσία GPS (IGS, International GPS Service) με ένα εκτεταμένο δίκτυο σε όλο τον κόσμο και υπηρεσίες διάθεσης δεδομένων μέσω του διαδικτύου.



**Σχήμα 3.2** Κατανομή των σταθμών παρακολούθησης της IGS σε παγκόσμια κλίμακα<sup>[26]</sup>

#### Τμήμα Χρηστών (User Segment)

Στον τομέα αυτόν κατατάσσονται όλοι όσοι κάνουν χρήση των δυνατοτήτων και υπηρεσιών που προσφέρει το G.P.S. Είναι κατανοητό πως στον τομέα των χρηστών κατατάσσονται τόσο ο Στράτος ο οποίος έχει στη διάθεση του εξελιγμένα συστήματα, όσο και οι απλοί πολίτες οι οποίοι διαθέτουν από ένα απλό φορητό δεκτή G.P.S έως ένα πιο σύνθετο σύστημα (Plotter G.P.S). Το plotter G.P.S είναι συνδυασμός ενός δεκτή G.P.S και ενός ηλεκτρονικού χάρτη πάνω στον οποίο εμφανίζεται το στίγμα. Τέτοια συστήματα τοποθετούνται σε σκάφη αναψυχής, αεροσκάφη κλπ.

### **3.3.1 Δομή σήματος δορυφόρου GPS**

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS εκπέμπουν σε δύο φέρουσες συχνότητες (carrier frequencies), την L1 και την L2, που παράγονται από τη θεμελιώδη συχνότητα των 10,23 MHz :

$$\mathbf{L1: 154 \times 10,23 \text{ MHz} = 1575,42 \text{ MHz} (\approx 19,05 \text{ cm})}$$

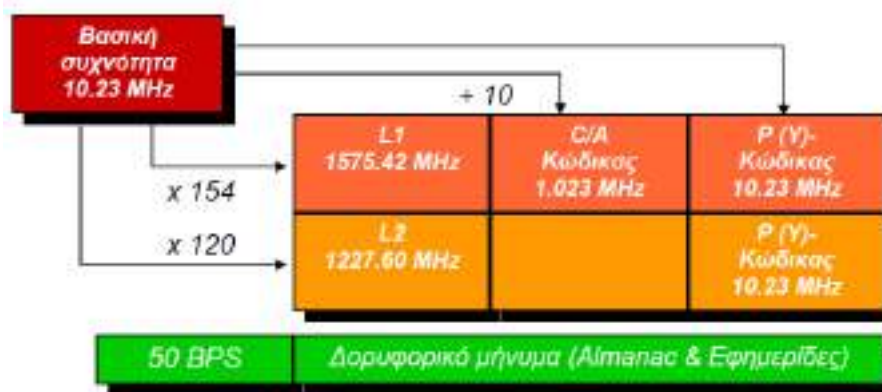
$$\mathbf{L2: 120 \times 10,23 \text{ MHz} = 1227,60 \text{ MHz} (\approx 24,45 \text{ cm})}$$

Τα σήματα αυτά, όπως αναφερθήκαμε και προηγουμένως είναι της τάξης των 50 Watt γι αυτό και είναι σχεδόν απαραίτητο να υπάρχει εκτός από καθαρός ουρανός χωρίς νέφωση, απουσία εμποδίων (πχ κτήρια...) και γενικότερα δεν πρέπει να παρεμβάλλεται τίποτα, είτε φυσικό είτε τεχνητό εμπόδιο ανάμεσα στο δορυφόρο και στο δεκτή, για την επικοινωνία δεκτή- δορυφόρου για όσο το δυνατό καλύτερη επικοινωνία μεταξύ τους.

Η διαμόρφωση των φερουσών συχνοτήτων L1 και L2 (εκπεμπόμενων σημάτων) γίνεται με τον λεγόμενο «ψευδο-τυχαίο» κωδικό (PRN=Pseudo Random Noise Code). από το 1 μέχρι το 32. Αυτός ο αριθμός φαίνεται και στην οθόνη του GPS για να καταλαβαίνουμε ποιος ή ποιοι δορυφόροι είναι στην εμβέλειά μας. Ας σημειωθεί ότι ενώ υπάρχουν μόνο 24 δορυφόροι οι αναγνωριστικοί κωδικοί είναι 32. Ο λόγος για αυτό έχει σχέση με τη διευκόλυνση της διαχείρισης του δικτύου και αναλύεται διεξοδικά στην πηγή [8] . Όταν ένας νέος δορυφόρος εισάγεται στο δίκτυο, ξεκινάει τη λειτουργία του πριν ο παλιότερος που θα αντικατασταθεί σταματήσει. Με αυτό τον τρόπο είναι σίγουρο ότι θα υπάρχει ο ελάχιστος αριθμός δορυφόρων εν λειτουργία. Ο νέος δορυφόρος χρησιμοποιεί ένα νέο κωδικό αναγνώρισης ώστε να μην δημιουργείται σύγχυση στο δίκτυο.

Συγκεκριμένα οι διαθέσιμοι κώδικες για τις συχνότητες είναι οι P (ή Y) και C/A.

- Ο «P» κώδικας (Precision code) είναι υψηλής ακριβείας κώδικας ο οποίος περιλαμβάνεται και στις δυο συχνότητες. Έχει συχνότητα ίση με την θεμελιώδη  $f=10.23 \text{ MHz}$ , μήκος παλμού 30 m. και επαναλαμβάνεται κάθε περίπου 267 ημέρες. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο από το Στράτο και γενικότερα η χρήση του είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση εσκεμμένης παρέμβασης για μείωση της ακρίβειας στην κατάσταση «Anti-Spoofing», δηλαδή κατάσταση «μη-παρεμβολής», ο κώδικας πολλαπλασιάζεται με έναν άγνωστο κώδικα W και μετατρέπεται σε ένα κρυπτογραφημένο κώδικα Y, στον οποίο έχουν πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να αποτρέψει η πρόσβαση σε άτομα χωρίς ειδική εξουσιοδότηση.
- C/A (Coarse Acquisition Code ή (Clear Acquisition Code) κώδικας περιλαμβάνεται μόνο στην L1 συχνότητα. Είναι πολύ χαμηλότερης ακριβείας από τον P (10 φορές χαμηλότερη), έχει συχνότητα  $f=1.023 \text{ MHz}$  και επαναλαμβάνεται κάθε 1 msec (1 χιλιοστό του δευτερόλεπτου).



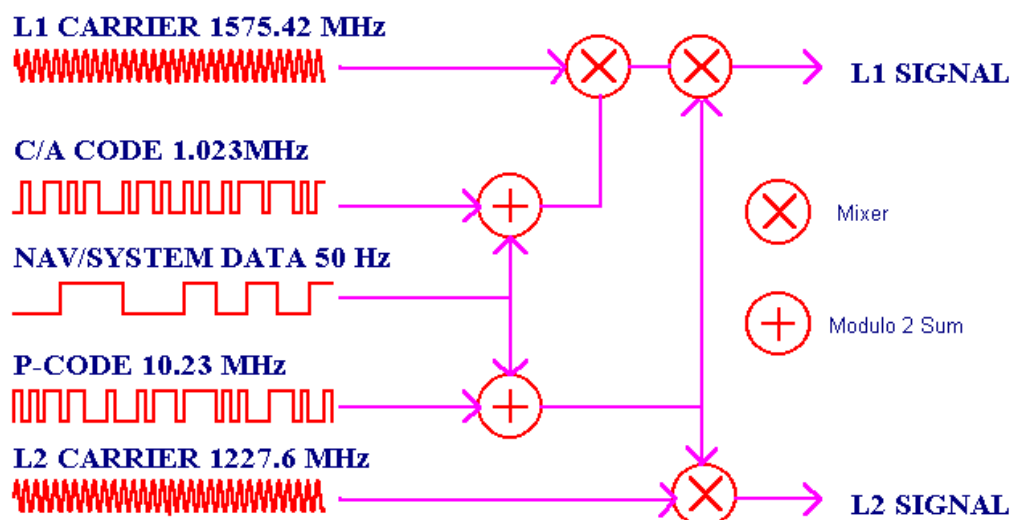
Σχήμα 3. 19 Οι φέρουσες συχνότητες L1 και L2 και οι διαθέσιμοι κώδικες γι αυτές P (ή Y) και C/A. <sup>[26]</sup>

Τέλος από το σήμα του δορυφόρου παίρνουμε και άλλες δυο πληροφορίες.:

- Δεδομένα Almanac (Almanac Data)
- Δεδομένα Ephemeris (Ephemeris Data)

Τα Δεδομένα Almanac (Almanac Data) εκπέμπονται από ένα οποιονδήποτε G.P.S δορυφόρο και περιλαμβάνουν τροχιακές πληροφορίες για όλους τους δορυφόρους. Ακόμη δίνουν πληροφορίες για την κατάσταση στο ρολόι των δορυφόρων, για τις παραμέτρους της ατμόσφαιρας που επηρεάζουν το σήμα του δορυφόρου και γενικότερα για την κατάσταση των δορυφόρων. Εδώ να αναφέρουμε ότι οι πληροφορίες που παίρνουμε και αφορούν την θέση των δορυφόρων είναι λιγότερο ακριβείς απ' ό,τι οι αντίστοιχες πληροφορίες που παίρνουμε από τα Ephemeris Data.

Από τα Δεδομένα Ephemeris (Ephemeris Data) παίρνουμε παρόμοιες πληροφορίες όπως και στα Almanac Data αλλά με περισσότερη ακρίβεια. Τα Ephemeris Data εκπέμπονται συνεχώς από κάθε δορυφόρο και περιέχουν σημαντικές πληροφορίες όπως η κατάσταση του δορυφόρου (αν είναι σε λειτουργία ή όχι, αν έχει προβλήματα και που, κτλ.), η ημερομηνία και η ώρα, δηλαδή πληροφορίες ημεροδεικτών που είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό της θέσης του. Διαφέρουν από τα Almanac στο ότι τα τελευταία έχουν διαρκεία από ένα έως δυο χρόνια. Τέλος τα Ephemeris Data τα συναντούμε και σαν Broadcast Ephemeris ή Post Processed Ephemeris.



**Σχήμα 3. 20** Οι L1 και L2 συχνότητες καθώς και οι δυο κώδικες για τις εν λόγω συχνότητες.

Οι δορυφόροι παράγουν δύο είδη σήματος – προτύπων. Το πρώτο, που στην ορολογία του δορυφορικού εντοπισμού ονομάζεται “carrier” ή φέρουσα συχνότητα, έχει μήκος περίπου 20 εκατοστά και διαβάθμιση περίπου 1 χιλιοστό. Το δεύτερο, που ονομάζεται “code” ή κώδικας, έχει ουσιαστικά άπειρο μήκος και διαβάθμιση περίπου 1 μέτρο. Με τη χρησιμοποίηση των δύο εκπεμπόμενων σημάτων μπορούμε να υπολογίσουμε δύο αποστάσεις προς τον ίδιο δορυφόρο.

Χρησιμοποιώντας τη φέρουσα συχνότητα, η απόσταση που υπολογίζεται ονομάζεται “carrier phase”, ενώ χρησιμοποιώντας τον κώδικα, η απόσταση που υπολογίζεται ονομάζεται “code phase”. Λόγω της μεγάλης διάρκειας του σήματος του κώδικα, η μέτρηση αυτή δεν πάσχει από ασάφεια και η μέτρηση της απόστασης προς τον δορυφόρο είναι άμεση (πχ 19.234.763 μέτρα). Αντίθετα, το πρότυπο της φέρουσας συχνότητας (ή φάσης για συντομία) έχει ασάφεια .

Οι έννοιες του κώδικα και της φέρουσας συχνότητας είναι πολύ σημαντικές. Ένας τρόπος για καλύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών είναι να θεωρήσουμε τον κώδικα σαν ένα ρολόι που έχει μόνο τον ωροδείκτη (ας το ονομάσουμε ρολόι κώδικα). Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή κοιτώντας το ρολόι αυτό ξέρει κανείς την ώρα της ημέρας. Ακόμη ας θεωρήσουμε τη φέρουσα σαν ένα ρολόι που έχει μόνο το δείκτη των δευτερολέπτων (ας το ονομάσουμε ρολόι φέρουσας). Με το ρολόι αυτό μπορεί κανείς να ξέρει με ακρίβεια δευτερολέπτου το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γεγονότων, αρκεί να το παρακολουθεί συνεχώς, ώστε να «μετρά» τα ακέραια λεπτά. Αν με κάποιο τρόπο μπορέσουμε να προσδιορίσουμε το πλήθος των αρχικών λεπτών (τον αρχικό άγνωστο ακέραιο αριθμό όταν κοιτάξαμε το ρολόι

φέρουσας), τότε μπορούμε να παρακολουθήσουμε το χρόνο με μεγάλη ακρίβεια. Αν για κάποιο λόγο αποσπαστεί η προσοχή σας και χάσετε το μέτρημα των ακέραιων λεπτών, τότε έχετε να επαναπροσδιορίσετε το νέο «αρχικό άγνωστο ακέραιο αριθμό». Σε αντίθεση με τα παραπάνω, με το ρολόι κώδικα έχετε πάντα την εκτίμηση της ώρας, αλλά με μειωμένη ακρίβεια (ενός 10λέπτου περίπου), εκτιμώντας από τη θέση του ωροδείκτη. Το ρολόι κώδικα μπορεί να δώσει μια καλή εκτίμηση του άγνωστου αριθμού των λεπτών του ρολογιού της φέρουσας. Είναι εμφανής όμως η έλλειψη του λεπτοδείκτη από τα ρολόγια μας.

Οι κατασκευάστριες εταιρείες δεκτών GPS έχουν αναπτύξει διάφορες τεχνικές έτσι ώστε οι μετρήσεις κώδικα και φάσης που γίνονται να είναι σαφείς και ακριβείς, με αποτέλεσμα να εξάγεται γρήγορα η σωστή μέτρηση της απόστασης προς τους δορυφόρους.

Ο άγνωστος ακέραιος αριθμός της φέρουσας, που ονομάζεται ασάφεια φάσης, μπορεί να προσδιοριστεί αν έχουμε παρατηρήσεις προς τους δορυφόρους για κάποιο χρονικό διάστημα. Αυτή ακριβώς είναι και η θεμελιώδης αρχή για όλες τις εφαρμογές ακριβείας του GPS, όπως η γεωδαισία.

Η ακρίβεια με την οποία προσδιορίζουμε την απόσταση μας προς τους δορυφόρους, κυμαίνεται ανάλογα με το παρατηρούμενο μέγεθος. Έτσι, αν χρησιμοποιούμε μετρήσεις κώδικα, η ακρίβεια στον προσδιορισμό της απόστασης είναι της τάξης του ενός (1) μέτρου, ενώ με χρήση φάσης είναι της τάξης του ενός (1) χιλιοστού. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι μπορούμε να υπολογίσουμε τη θέση μας χρησιμοποιώντας ένα δέκτη GPS με ακρίβεια ενός (1) μέτρου ή ενός (1) χιλιοστού.

Υπάρχουν πολλές πηγές που εισάγουν σφάλματα στις μετρήσεις μας, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ακρίβεια προσδιορισμού.

### 3.3.2 Αρχή λειτουργίας του G.P.S.

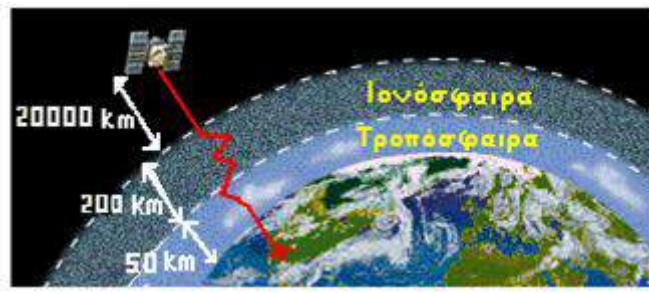
Στο δέκτη G.P.S. γίνεται η λήψη και η ανάλυση του λαμβανόμενου σήματος και μέσω μετρήσεων αποστάσεων μεταξύ δορυφόρων-δέκτη, προσδιορίζεται η θέση του δέκτη. Επειδή οι δέκτες G.P.S. διαθέτουν κατά κανόνα χρονόμετρα χαμηλής ή μέσης ακρίβειας και όχι ατομικά χρονόμετρα (ρουβιδίου ή καισίου) όπως οι δορυφόροι του συστήματος, εκτός των ατμοσφαιρικών χρονικών καθυστερήσεων έχουμε και τις χρονικές καθυστερήσεις που οφείλονται κυρίως στο χρονόμετρο του δέκτη, αλλά και δευτερεύοντος, του δορυφόρου(βλέπε υποκεφάλαιο 3.3.3). Έτσι, κατά τον προσδιορισμό θέσης ενός δέκτη, στις άγνωστες ποσότητες εκτός από τις τρεις συντεταγμένες του δέκτη ( $X, Y, Z$  ή  $\varphi, \lambda, h$ ) προστίθεται και ένας επιπλέον άγνωστος  $Dt$ , που αντιπροσωπεύει τη χρονική καθυστέρηση του δέκτη σε σχέση με το χρόνο αναφοράς του G.P.S. Ο χρόνος αναφοράς του G.P.S. έχει έναρξη την  $0^h$  U.T.C. της 5<sup>ης</sup> Ιανουαρίου του 1980. Η προσδιοριζόμενη θέση ( $X, Y, Z$ ) αναφέρεται στο Παγκόσμιο Γεωκεντρικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (WGS 84).

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει διεξαγωγή μετρήσεων με διάφορους δέκτες G.P.S. όπου θα επεξηγηθεί πλήρως η λειτουργία του συστήματος

### 3.3.3 Σφάλματα

Στην πράξη όμως η απόδοση του GPS δεν είναι τόσο καλή και το σίγμα που παίρνουμε δεν είναι τόσο ακριβές όσο περιγράφηκε παραπάνω: Στην πραγματικότητα, υπάρχουν αρκετά πράγματα που μπορούν να συμβούν σε ένα GPS σήμα. Ένας καλός GPS δέκτης, για να αξιοποιήσει στο μέγιστο τις δυνατότητες του συστήματος, θα πρέπει να λάβει υπόψη ένα πλήθος λαθών που ενδεχομένως προκύψουν.

Κατ' αρχάς, μία από τις βασικές υποθέσεις που κάνουμε, η οποία αφορά την εύρεση της απόστασης από έναν δορυφόρο πολλαπλασιάζοντας το χρόνο μετάδοσης ενός σήματος επί την ταχύτητα του φωτός, δεν ισχύει ακριβώς. Αυτό ισχύει μόνο στο κενό, όπου η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή. Καθώς ένα GPS σήμα περνά μέσω των φορτισμένων σωματιδίων της ιονόσφαιρας αυτό αναπηδά δεξιά-αριστερά με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η ταχύτητά του. Ειδικά την ημέρα όπου η θερμοκρασία είναι ψηλότερη το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο. Κατόπιν, το GPS σήμα διέρχεται από την τροπόσφαιρα (σχήμα 8), όπου και εδώ μπορεί να επηρεαστεί η ταχύτητά του από τους υδρατμούς και τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν στο στρώμα αυτό. Καθώς διέρχεται το σήμα από τα δύο αυτά στρώματα μπορεί να προκληθεί σε αυτό ένα σφάλμα παρόμοιο με αυτό που προκαλείται από τα ρολόγια μικρής ακρίβειας.

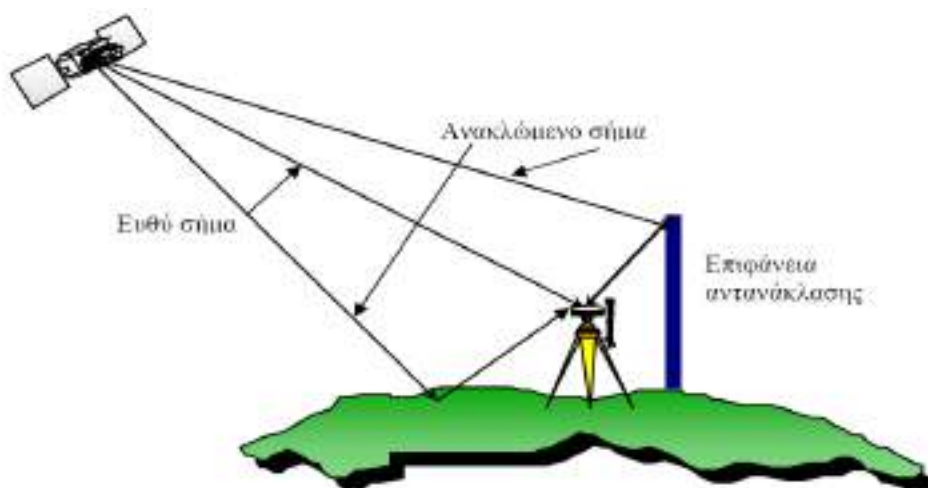


Σχήμα 3. 21 Η διαδρομή του σήματος του δορυφόρου μέσω της απόστασης. <sup>[30]</sup>

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να ελαχιστοποιηθεί αυτό το είδος σφάλματος. Ένα μεγάλο μέρος της καθυστέρησης που προκαλείται από τη διάδοση ενός σήματος μέσω της ατμόσφαιράς μας μπορεί να προβλεφθεί με τη μαθηματική μοντελοποίηση, με την προϋπόθεση ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι ιδανικές κάτι το οποίο συμβαίνει σπάνια. Τα μαθηματικά μοντέλα της ατμόσφαιρας λαμβάνουν υπόψη τα φορτισμένα σωματίδια της ιονόσφαιρας και το μεταβαλλόμενο αεριώδες περιεχόμενο της τροπόσφαιρας. Επίσης, το μοντέλο της ιονόσφαιρας ενημερώνεται συνεχώς με νέα στοιχεία, τα οποία μεταδίδονται από τους δορυφόρους. Ένας GPS δέκτης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη γωνία με την οποία το κάθε σήμα μπαίνει στην ατμόσφαιρα, καθώς αυτή η γωνία καθορίζει το μήκος της απόστασης που καλύπτει το σήμα μέσα στο μέσο που μεταδίδεται.

Ένας άλλος τρόπος για να απαλειφθούν τα σφάλματα που προκαλούνται από την ατμόσφαιρα, είναι να συγκριθούν οι σχετικές ταχύτητες δύο διαφορετικών σημάτων. Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται ο τρόπος αυτός, είναι ότι τα χαμηλής συχνότητας σήματα διαθλώνται ή επιβραδύνονται περισσότερο από τα υψηλής συχνότητας σήματα όταν αυτά περνάνε μέσα από ένα δεδομένο μέσο. Συγκρίνοντας τις καθυστερήσεις δύο φερόντων συχνοτήτων L1 και L2, στο GPS σήμα, μπορούμε να συμπεράνουμε το είδος του μέσου μέσω του οποίου περνάει το σήμα (π.χ. ατμόσφαιρα), και μπορούμε να προβούμε στις διορθώσεις που χρειάζονται. Δυστυχώς, όμως, αυτός ο τρόπος είναι δύσκολο να εφαρμοστεί διότι, αφ' ενός απαιτεί έναν πολύ πολύπλοκο δέκτη και, εφ' ετέρου, μόνο ο στρατός έχει πρόσβαση σε τέτοιου είδους σήματα με "δυσικές συχνότητες". Οι κατασκευαστικές εταιρείες έχουν εργαστεί γύρω από αυτό το πρόβλημα με κάποιες στρατηγικές οι οποίες είναι απόλυτα μυστικές.

Τα σφάλματα που μπορούν να προκληθούν στο σήμα GPS δεν τελειώνουν όταν αυτό φτάνει κάτω στο έδαφος. Το σήμα μπορεί να αναπηδήσει επάνω σε διάφορα τοπικά εμπόδια (βραχώδεις περιοχές, σπίτια, κ.λ.π.), προτού φτάσει στο δέκτη μας. Έτσι, ο δέκτης θα λάβει πρώτα το απευθείας σήμα, και κατόπιν μία δέσμη από καθυστερούμενα σήματα που δημιουργούνται από τις αντανάκλασεις του σήματος σε διάφορα σημεία στο έδαφος. Αυτό δημιουργεί μία δέσμη συγκεχυμένων σημάτων. Εάν τα ανακλώμενα σήματα είναι αρκετά ισχυρά τότε μπορεί να μπερδέψουν το δέκτη και να προκαλέσουν λανθασμένες μετρήσεις. Αυτό καλείται σφάλμα πολλαπλών διαδρομών (multipath error) και είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει στο σήμα της τηλεόρασης όταν βλέπετε διπλό ή πολλαπλό είδωλο. Οι καλοί δέκτες χρησιμοποιούν περίπλοκες τεχνικές επεξεργασίας σήματος για να απορρίψουν τα σήματα που προέρχονται από τις αντανάκλασεις και να επεξεργαστούν μόνο τα απευθείας σήματα (αυτά που έρχονται πρώτα), ελαχιστοποιώντας έτσι αυτό το πρόβλημα.



**Σχήμα 3. 22** Το φαινόμενο της πολυδιαδρομής (multipath) <sup>[26]</sup>

Ακόμα, οι θέσεις των δορυφόρων ελέγχονται συνεχώς από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όχι όμως και κάθε δευτερόλεπτο. Έτσι, είναι δυνατόν μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων, να συμβεί κάποιο σφάλμα στο δορυφόρο, το οποίο αφορά τη θέση του στον ουρανό.

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος καθορίζει την ακρίβεια στις μετρήσεις ενός δέκτη, είναι η γεωμετρία που έχει η ομάδα των δορυφόρων από την οποία δέχεται ο δέκτης τα σήματα. Ένας δείκτης της ποιότητας της γεωμετρίας του δορυφορικού αστερισμού είναι η "Γεωμετρική Απώλεια της Ακρίβειας" ή GDOP (Geometric Dilution of Precision). Το GDOP εξαρτάται από το πλήθος των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις. Βασικά, όμως, εξαρτάται από τη θέση των δορυφόρων, δηλ. από το ύψος και τη θέση που βρίσκονται αυτοί στον ουρανό. Αυτό αναφέρεται συχνά και ως *γεωμετρία των δορυφόρων*.

Ανάλογα με τη γεωμετρία που έχουν οι δορυφόροι, είναι δυνατόν να αυξηθεί ή να ελαττωθεί το λάθος θέσης στις μετρήσεις. Μία μεγάλη γωνία μεταξύ των δορυφόρων χαμηλώνει το GDOP, και παρέχει μία καλύτερη μέτρηση. Αντίθετα, μία μικρή γωνία μεταξύ των δορυφόρων δίνει υψηλότερο GDOP (κακή γεωμετρία δορυφόρων) με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να είναι χειρότερες. Εάν ο δέκτης επιλέξει δορυφόρους οι οποίοι είναι ευρέως διασκορπισμένοι στον ουρανό τότε το GDOP είναι χαμηλό, ενώ αν επιλέξει δορυφόρους οι οποίοι βρίσκονται κοντά ο ένας στον άλλον, τότε το GDOP είναι υψηλό (σχήμα 9). Οι καλοί δέκτες προσδιορίζουν τους δορυφόρους που θα δώσουν το χαμηλότερο GDOP.

Ουσιαστικά, το GDOP ή DOP (Dilution of precision) είναι ένα μέτρο της ποιότητας των δεδομένων που λαμβάνονται από τους δορυφόρους και μετρά τη συνολική απόκλιση από την πραγματική θέση ενός GPS συστήματος. Μία αποδεκτή τιμή του GDOP είναι **μικρότερη από 5**.

Το GDOP αναλύεται σε κάποιους όρους. Οι όροι αυτοί μετράνε την ακρίβεια του συστήματος GPS, η οποία συνεχώς μεταβάλλεται καθώς οι δορυφόροι κινούνται και έτσι αλλάζει η γεωμετρία τους. Οι όροι αυτοί είναι:

- **TDOP** (Time Dilution of Precision - Χρόνου DOP) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο η γεωμετρία του δορυφόρου επηρεάζει τη δυνατότητα του GPS δέκτη να βρίσκει το χρόνο με ακρίβεια.

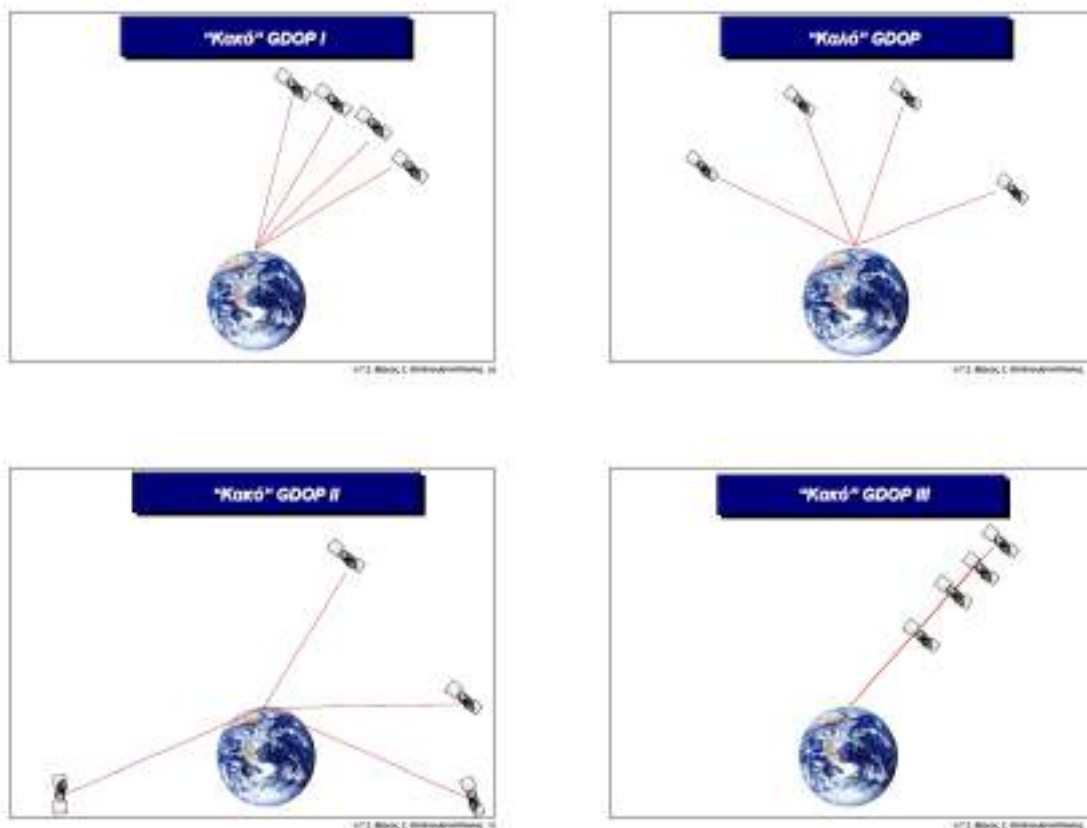
- **HDOP** (Horizontal Dilution Of Precision - Οριζόντιας θέσης DOP ) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο οι θέσεις των δορυφόρων είναι καλά διευθετημένες στον ουρανό, ώστε ο υπολογισμός του γεωγραφικού μήκους και πλάτους να γίνεται με ακρίβεια. Ένα HDOP με τιμή μικρότερη από 4 δίνει την καλύτερη ακρίβεια, μεταξύ 4 και 8 δίνει αποδεκτή ακρίβεια και μεγαλύτερη από 8 δίνει φτωχή, μη αποδεκτή ακρίβεια. Οι μεγάλες τιμές στο HDOP είναι δυνατόν να προκληθούν εάν οι δορυφόροι βρίσκονται σε πολύ μεγάλα ύψη.

• **VDOP** (Vertical Dilution Of Precision - Κατακόρυφης θέσης - υψομέτρου DOP) είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει κατά πόσο οι θέσεις των δορυφόρων είναι καλά διευθετημένες στον ουρανό, ώστε ο υπολογισμός της κάθετης απόστασης να γίνεται με ακρίβεια. Ψηλές τιμές του VDOP σημαίνουν μικρή ακρίβεια και μπορεί να προκληθούν εάν οι δορυφόροι βρίσκονται σε χαμηλά ύψη.

Ο μαθηματικός τύπος που δίνει το GDOP είναι:

$$GDOP = (TDOP^2 + HDOP^2 + VDOP^2)^{1/2}$$

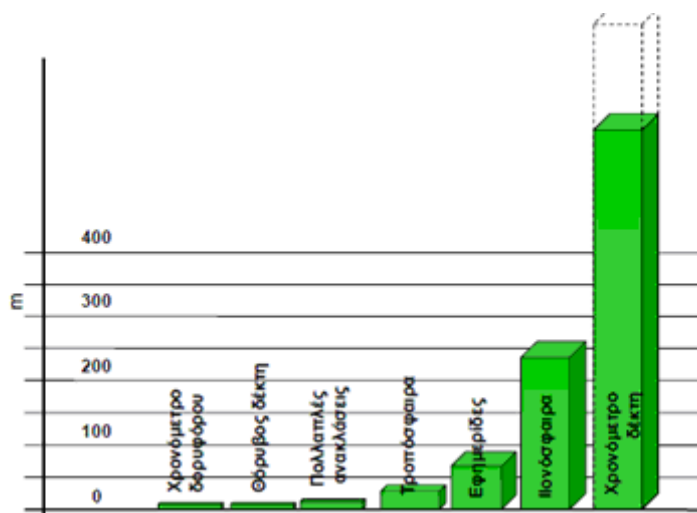
Καλό GDOP (μικρή τιμή), προκύπτει όταν οι γωνίες που σχηματίζονται από το δέκτη προς τους δορυφόρους είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Αντίθετα, φτωχό GDOP (μεγάλη τιμή), προκύπτει όταν οι γωνίες που σχηματίζονται από το δέκτη προς τους δορυφόρους είναι παρόμοιες μεταξύ τους.



Σχήμα 3.3 Οι θέσεις των δορυφόρων και το GDOP <sup>[26]</sup>

Η ακρίβεια του GPS επίσης είναι μικρότερη όταν κινούμαστε με μεγάλη ταχύτητα ή όταν βρισκόμαστε ανάμεσα σε ψηλά βουνά ή άλλα εμπόδια. Όταν το σήμα δεν φτάνει μέχρι το GPS λόγω των φυσικών εμποδίων, οι δορυφόροι υπολογίζουν τη θέση τους σε σχέση με τους υπόλοιπους και το GPS μπορεί τότε να καταλάβει εάν είναι σε θέση να δώσει ένα ακριβές στίγμα. Ένα καλό GPS μπορεί να δώσει ένδειξη όχι μόνο ποιοι δορυφόροι είναι εντός εμβέλειας και εν λειτουργία, αλλά και που ακριβώς βρίσκονται (αζιμούθιο και υψόμετρο), ώστε ο χρήστης του GPS να καταλάβει τι βαθμό αξιοπιστίας έχει το στίγμα που του δίνει το όργανο.

Αξίζει να σημειωθεί, τέλος ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον οποίο οφειλόταν κυρίως η μείωση της ακρίβειας των μετρήσεων μέχρι το 2000. Αναφερόμαστε στην «εκλεκτική διαθεσιμότητα» ή SA (Selective Availability). Συγκεκριμένα η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών η οποία ξόδεψε 12 δισεκατομμύρια δολάρια για να αναπτύξει το ακριβέστερο σύστημα πλοήγησης στον κόσμο, σκόπιμα υποβίβασε την ακρίβειά του εισάγοντας εσκεμμένα σφάλματα στο σύστημα. Ο βασικότερος λόγος για αυτό ήταν να εξασφαλιστεί ότι καμία εχθρική δύναμη ή τρομοκρατική ομάδα δε θα μπορέσει να χρησιμοποιήσει το GPS για την κατασκευή όπλων ακριβείας. Το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών, εισήγαγε κάποιο "θόρυβο" στα στοιχεία ρολογιών του δορυφόρου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ανακρίβειες στους υπολογισμούς θέσης. Επίσης, έστελνε εσκεμμένα ελαφρώς λανθασμένα τροχιακά στοιχεία ή αποκλίσεις θέσης στους δορυφόρους, οι οποίοι με τη σειρά τους τα διαβίβαζαν πίσω στους δέκτες στη γη. Οι στρατιωτικοί δέκτες χρησιμοποιούσαν ένα κλειδί αποκρυπτογράφησης για να αφαιρέσουν τα εσκεμμένα αυτά σφάλματα και έτσι μπορούσαν να κάνουν τις μετρήσεις με μεγάλη ακρίβεια. Η τακτική αυτή όπως είπαμε ονομάστηκε "εκλεκτική διαθεσιμότητα" ή SA (Selective Availability) και ίσχυε μέχρι το 2000 οπότε και καταργήθηκε. Με την κατάργηση του SA τα συστήματα GPS άρχισαν πια να χρησιμοποιούνται παντού.<sup>[30]</sup>



Σχήμα 3. 23 Τάξη μεγέθους των διαφόρων σφαλμάτων των μετρήσεων GPS.<sup>[26]</sup>

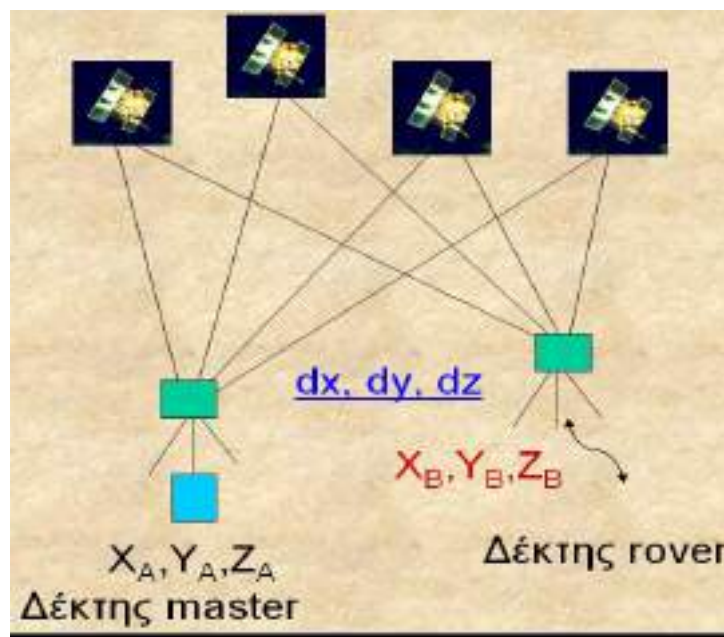
### 3.3.4 Λύσεις για τη μείωση των σφαλμάτων

Η ακρίβεια εντοπισμού των 100 m (SA On, δηλαδή με ενεργή την Επιλεκτική διαθεσιμότητα) αλλά ακόμα και εκείνη των 20 m (SA Off) είναι αρκετή για πολλές από τις πολιτικές εφαρμογές. Σχεδόν με την εμφάνιση του GPS, άρχισαν να αναπτύσσονται διάφορες τεχνικές μείωσης των σφαλμάτων και βελτίωσης της παρεχόμενης ακρίβειας, ακόμη και υπό την παρουσία της επιλεκτικής διαθεσιμότητας (SA On) αλλά και της μη εξαπάτησης (AS, Anti-Spoofing). Παρακάτω παρουσιάζονται:

- η βασική τεχνική απαλοιφής των σφαλμάτων που καλείται *Διαφορικός Εντοπισμός* (Differential Mode) καθώς και τεχνικές που βασίζονται σε αυτήν ο
  1. DGPS (που διακρίνεται σε *real-time DGPS* και *real-time DGPS*) και
  2. RTK (Real Time Kinematic)
- Ο Ψευδο-GPS Δορυφόρος που χρησιμοποιεί έναν επίγειο πομπό ως επιπλέον σήμα σε περιπτώσεις που το σήμα των δορυφόρων παρεμποδίζεται.
- δύο συστήματα εντοπισμού θέσης που ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των Δορυφορικών συστημάτων αύξησης SBAS (**S**atellite **B**ased **A**ugmentation **S**ystems), σκοπός των οποίων είναι να βελτιωθεί η αξιοπιστία και η ακρίβεια στο στίγμα που λαμβάνουμε παρέχοντας γεωστατικούς δορυφόρους:
  1. WAAS (Wide Area Augmentation System) , που είναι Αμερικάνικο και
  2. EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ,που είναι Ευρωπαϊκό<sup>[31]</sup>

### 3.3.4.1 Διαφορικός Εντοπισμός (Differential Mode)

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο δέκτες όχι πολύ απομακρυσμένους μεταξύ τους. Τα σφάλματα των δορυφορικών χρονομέτρων, των δορυφορικών τροχιών, της ιονόσφαιρας, της τροπόσφαιρας και της επιλεκτικής διαθεσιμότητας, επηρεάζουν και τους δύο δέκτες κατά τον ίδιο τρόπο και βαθμό. Εάν γνωρίζαμε την ακριβή θέση ενός από τους δύο δέκτες θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την πληροφορία ώστε να υπολογίσουμε τα σφάλματα στις μετρήσεις. Στη συνέχεια μεταφέροντας αυτά τα σφάλματα (ή καλύτερα διορθώσεις) στον άλλο δέκτη, επιτυγχάνουμε την απαλοιφή τους. Αυτή η τεχνική ονομάζεται διαφορικός εντοπισμός.



Σχήμα 3. 24 Διαφορικός Εντοπισμός (Differential Mode) <sup>[32]</sup>

Ο δέκτης που βρίσκεται σε θέση γνωστών συντεταγμένων ονομάζεται διεθνώς “base”, ενώ ο άλλος που είναι σε άγνωστη θέση ονομάζεται “rover”. Ο base δέκτης υπολογίζει τη στιγμιαία απόστασή του προς κάθε δορυφόρο, βασιζόμενος στη γνωστή του θέση και τη στιγμιαία θέση κάθε δορυφόρου. Η διαφορά της υπολογισμένης με τη μετρημένη απόσταση είναι η τιμή της διόρθωσης για κάθε ένα δορυφόρο. Μεταδιδόμενες οι διορθώσεις αυτές στον rover, επιτρέπουν στον τελευταίο να ανάγει τις δικές του μετρημένες αποστάσεις προς όλους τους δορυφόρους, υπολογίζοντας τελικά τη θέση του με πολύ καλύτερη ακρίβεια.

Εξαιτίας της διαρκούς κίνησης των δορυφόρων αλλά και των ολισθήσεων των χρονομέτρων τους, οι παραγόμενες διορθώσεις αλλάζουν ραγδαία σε συνάρτηση με το χρόνο. Επομένως

ο base δέκτης πρέπει να παράγει τις διορθώσεις και να τις μεταδίδει στο rover όσο το συντομότερο δυνατό.

Αυτονόητο είναι ότι η ορθότητα των συντεταγμένων του base επηρεάζει άμεσα τις συντεταγμένες του rover. Εάν εισαχθεί η θέση του base λανθασμένα προς κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση, τότε όλες οι διορθώσεις που θα υπολογίσει ο base και θα μεταδώσει στο rover θα είναι κατά τέτοιο τρόπο λανθασμένες ώστε να προσδίνουν στο rover εντοπισμό θέσης που θα έχει το ίδιο λάθος σε μέγεθος και διεύθυνση όπως ο base.

Το διάνυσμα μεταξύ του base και του rover ονομάζεται βάση (baseline). Όταν η βάση είναι μικρή, τότε τα σφάλματα απόστασης των δύο δεκτών προς τους δορυφόρους είναι σχεδόν ίδια, επιτρέποντας τη χρήση των παραγόμενων διορθώσεων από το base για τον προσδιορισμό της θέσης του rover. Όσο αυξάνεται το μήκος της βάσης, τόσο ελαττώνεται η συνοχή των σφαλμάτων απόστασης. Με άλλα λόγια θα προκύπτουν υπολείπονται σφάλματα στον προσδιορισμό της θέσης του rover τα οποία αυξάνονται με την αύξηση του μήκους της βάσης.

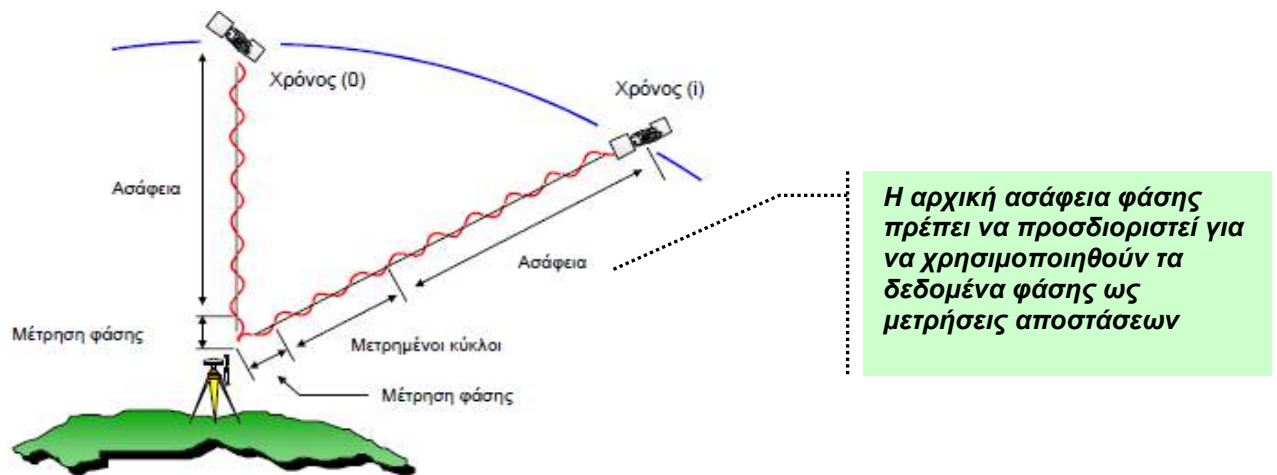
Σαν γενικός κανόνας, θα πρέπει να προστίθεται επιπλέον ασάφεια ενός χιλιοστού για κάθε χιλιόμετρο αύξησης στο μήκος της βάσης, δηλαδή 1 ppm. Στη περίπτωση δεκτών μίας συχνότητας, το σφάλμα αυτό αυξάνει στα 2 ppm.

Ο διαφορικός εντοπισμός εξαλείφει σχεδόν όλα τα σφάλματα εκτός από αυτά του “multipath” και των σφαλμάτων των δεκτών. Αυτά τα σφάλματα υπεισέρχονται για κάθε δέκτη χωριστά και δεν μπορούν να εξαλειφθούν με τον διαφορικό εντοπισμό. Το σφάλμα του δέκτη (εσωτερικός θόρυβος) είναι όπως αναφέρθηκε προηγούμενος περίπου 10 cm για τον κώδικα του φέροντος κύματος και περίπου 1 mm για την φάση. Σε δέκτες υψηλής ακρίβειας και ποιότητας αυτά τα σφάλματα είναι αρκετές φορές μικρότερα. Το σφάλμα που υπεισέρχεται από το “multipath” όμως μπορεί να είναι αρκετά μέτρα για τον κώδικα και αρκετά εκατοστά για την φάση του φέροντος κύματος. Ως εκ’ τούτου, αν με κάποιο τρόπο αντιμετωπίσουμε το “multipath” θα μπορούμε να επιτύχουμε ακρίβεια χιλιοστού για μετρήσεις φάσης και ακρίβεια εκατοστού για μετρήσεις κώδικα. Εδώ υποθέτουμε ότι τα σφάλματα του “multipath” έχουν εξαλειφθεί με κάποιο τρόπο.

Ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση του κώδικα του φέροντος κύματος ονομάζεται **DGPS (Differential GPS)**, ενώ με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος ονομάζεται **CPD (Carrier Phase Differential)**. Ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση φάσης σε πραγματικό χρόνο ονομάζεται **RTK (Real-Time kinematic)**.

Στο διαφορικό εντοπισμό με χρήση φάσης φέροντος κύματος (CPD), οι υπολογισμοί είναι αρκετά πιο πολύπλοκοι επειδή προστίθενται άγνωστοι που αφορούν τον αριθμό των αρχικών ακεραίων κύκλων (ασάφεια φάσης). Είναι πιθανό να χρειαστούν αρκετά λεπτά για

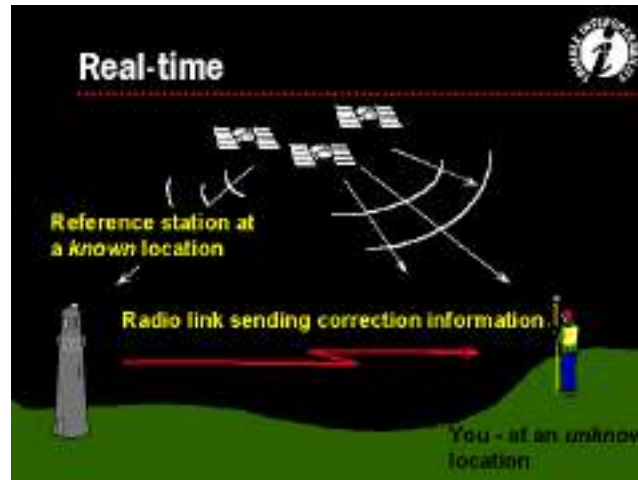
να επιλυθεί η ασάφεια φάσης και να προσδιοριστεί ο αριθμός των ακεραίων κύκλων. Άπαξ και επιλυθεί η αρχική ασάφεια φάσης, τότε κάθε συμπληρωματικός υπολογισμός θέσης είναι άμεσος. Όταν όμως ο αριθμός των ορατών από το δέκτη δορυφόρων πέσει κάτω από 4, τότε πρέπει να επαναυπολογιστεί η ασάφεια φάσης μόλις ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων το επιτρέψει, δηλαδή μόλις ο δέκτης αποκτήσει πάλι τουλάχιστον 4 ορατούς δορυφόρους (5 για αξιοπιστία). Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά. Μια DGPS λύση όμως, είναι άμεση, δεν πάσχει από ασάφεια, αλλά ταυτόχρονα είναι λιγότερο ακριβής.



Σχήμα 3.4 Αρχική ασάφεια φάσης<sup>[26]</sup>

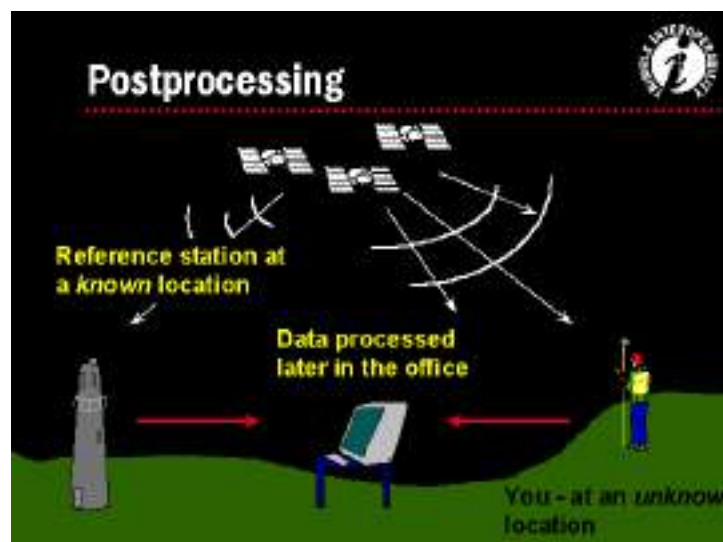
## 1) DGPS

Στις DGPS εφαρμογές αν οι διορθώσεις εκπέμπονται από τον “base” δέκτη στον “rover” σε πραγματικό χρόνο (μέσω ενός radio-link), τότε η μέθοδος εντοπισμού ονομάζεται **real-time DGPS** κατά την οποία μπορούμε να πάρουμε ακριβή αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η μέθοδος απαιτείται για εφαρμογές χάραξης ή για κάθε είδους εφαρμογή που απαιτούνται συντεταγμένες ακριβείας σε πραγματικό χρόνο.



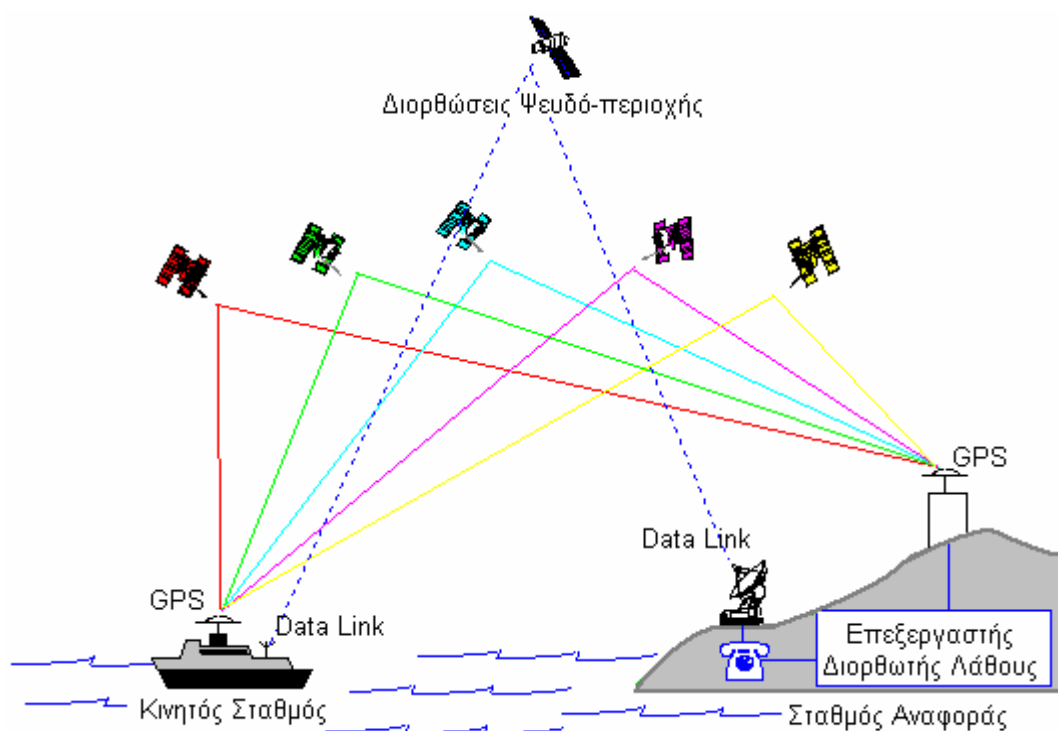
Σχήμα 3. 25 Real time DGPS

Αν δεν απαιτούνται αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο (αποτυπώσεις) τότε μπορούν να γίνουν ταυτόχρονες παρατηρήσεις και να καταγραφούν τα δεδομένα στους δέκτες (base και rover) και να μεταφερθούν τα δεδομένα σε υπολογιστή ώστε να υπολογιστούν οι ακριβείς συντεταγμένες εκ’ των υστέρων. Αυτή η μεθοδολογία ονομάζεται **post-processed DGPS**.



Σχήμα 3. 26 Post – processed DGPS

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η DGPS μεθοδολογία βασίζεται στις μετρήσεις των αποστάσεων προς τους δορυφόρους με χρήση του κώδικα του φέροντος κύματος. Οι μετρήσεις με χρήση του κώδικα είναι σαν μια μετροταινία η οποία έχει διαβαθμίσεις μέτρου και μόνο. Οι διαβαθμίσεις εμφανίζονται αυτόματα όταν εγκλωβίσουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας, επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε τις αποστάσεις ως προς τους δορυφόρους άμεσα αλλά όχι με μεγάλη ακρίβεια.



Σχήμα 3. 27 Differential GPS<sup>[30]</sup>

## 2) Real Time Kinematic (RTK)

Το RTK όπως προαναφέρθηκε είναι ο διαφορικός εντοπισμός με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος σε πραγματικό χρόνο. Οι μετρήσεις με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος είναι σαν μια μετροταινία με διαβαθμίσεις χιλιοστού. Σε αυτή την μετροταινία οι διαβαθμίσεις των μέτρων δεν φαίνονται άμεσα όταν λαμβάνουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας. Πρέπει να περιμένουμε κάποιο χρονικό διάστημα για να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων και να ολοκληρώσουμε τις μετρήσεις (όπως μια φωτογραφία στιγμής Polaroid). Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης. Όσο περισσότερο χρόνο περιμένουμε τόσο και πιο καθαρές γίνονται οι διαβαθμίσεις των μέτρων (όπως στις φωτογραφίες Polaroid). Όταν οι διαβαθμίσεις των μέτρων εμφανιστούν, παραμένουν ξεκάθαρες και μπορούμε να κάνουμε άμεσες μετρήσεις ασταμάτητα όσο ο δέκτης μας λαμβάνει σήματα από τους δορυφόρους. Όταν χαθεί η επαφή με τους δορυφόρους οι διαβαθμίσεις των μέτρων εξαφανίζονται και χρειάζεται να περιμένουμε πάλι για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης και να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων.

Σε περίπτωση που η επαφή με τους δορυφόρους διακόπτεται για μικρό χρονικό διάστημα, ο δέκτης μπορεί να βασιστεί στον υπολογισμό των ακεραίων κύκλων από τις προηγούμενες μετρήσεις.

Σε περίπτωση που ο υπολογισμός των ακεραίων κύκλων είναι ανακριβής ή έχουμε απώλειες κύκλων, είναι σαν να έχουμε διαβάσει λάθος διαβάθμιση μέτρου στην μετροταινία που προαναφέραμε. Δηλαδή είναι σαν να έχουμε υπολογίσει μια απόσταση 4.784 μέτρων ως 3.784. Ενώ διαβάσαμε σωστά την διαβάθμιση των χιλιοστών κάναμε λάθος στην ανάγνωση των μέτρων.

Όταν ένας δέκτης έχει επιλύσει την ασάφεια φάσης, η ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης είναι μεταξύ 0.5 cm και 2 cm οριζοντιογραφικά και μεταξύ 1 cm με 5 cm υψομετρικά (εξαρτώμενη από την ικανότητα της κεραίας να εξαλείφει το "multipath") συν 1 ppm για δέκτες δύο συχνοτήτων και 2 ppm για δέκτες μίας συχνότητας.

Το κλειδί στις μετρήσεις RTK είναι η επίλυση της ασάφειας φάσης. Η μεγάλη ερώτηση είναι πόσο χρόνο χρειάζεται για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης αξιόπιστα από την στιγμή που ο δέκτης λαμβάνει σήματα από τους δορυφόρους (min 4 δορυφόρους). Σε περίπτωση που δεν επιλυθεί σωστά η ασάφεια φάσης τότε είναι σαν να έχουμε διαβάσει λάθος της διαβαθμίσεις των μέτρων και να συγκεντρωνόμαστε στην ανάγνωση των χιλιοστών.

Για μικρές βάσεις (<10 Km) ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για την επίλυση της ασάφειας φάσης εξαρτάται από τις επόμενες παραμέτρους:

- 1) Το επίπεδο εμπιστοσύνης που έχει τεθεί για τον υπολογισμό του αριθμού των ακεραίων κύκλων
- 2) Τον αριθμό των δορυφόρων
- 3) Το είδος των δεκτών (μιας ή δύο συχνοτήτων)
- 4) Την επίδραση του σφάλματος πολλαπλών διαδρομών “multipath” (συντελεστής ανακλασιμότητας του εδάφους)
- 5) Την ικανότητα εξάλειψης του “multipath” από την κεραία

Ο χρόνος που απαιτείται για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης περιγράφεται στην συνέχεια για κάθε παράμετρο ξεχωριστά για να κατανοηθεί η σημασία της κάθε παραμέτρου:

Αν για όλες τις άλλες παραμέτρους ισχύουν τα ίδια, είναι πιθανό να χρειάζονται 10 sec για την επίλυση της ασάφειας φάσης με επίπεδο εμπιστοσύνης 99% και 100 sec για επίπεδο εμπιστοσύνης 99.9%.

Αν για όλες τις άλλες παραμέτρους ισχύουν τα ίδια, είναι πιθανό να χρειάζεται 1 sec για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης με 15 δορυφόρους αλλά να χρειάζεται 100 sec με 8 δορυφόρους. Στην ίδια περίπτωση μπορεί να χρειάζεται 10 min για να επιλυθεί με 6 δορυφόρους.

Αν για όλες τις άλλες παραμέτρους ισχύουν τα ίδια, είναι πιθανό να χρειάζονται 10 sec χρησιμοποιώντας δέκτες δύο συχνοτήτων και 2 min χρησιμοποιώντας δέκτες μιας συχνότητας. Χρησιμοποιώντας δέκτες δύο συχνοτήτων για μικρές βάσεις είναι σαν να χρησιμοποιούμε 50% περισσότερους δορυφόρους από ότι αν ήταν μιας συχνότητας. Δηλαδή 6 δορυφόροι με δέκτες δύο συχνοτήτων είναι σαν 9 με δέκτες μιας συχνότητας.

Αν για όλες τις άλλες παραμέτρους ισχύουν τα ίδια, είναι πιθανό να χρειάζονται 10 sec για μετρήσεις σε στεγνό έδαφος και 20 sec σε βρεγμένο έδαφος. Στο βρεγμένο έδαφος οι αντανakλάσεις είναι τόσο ισχυρές όσο και το απευθείας σήμα.

Αν για όλες τις άλλες παραμέτρους ισχύουν τα ίδια, είναι πιθανό να χρειάζονται 10 sec για την επίλυση της ασάφειας φάσης με μια κεραία που εξαλείφει αρκετά το “multipath” (-35 db down/up ratio) και 200 sec με μια συνηθισμένη κεραία (-15 db down/up ratio). Το “multipath” είναι κύριος λόγος της κακής εκτίμησης του ακριβούς αριθμού των ακεραίων κύκλων.

Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων δορυφόρων είναι η κυριότερη παράμετρος για την αξιόπιστη και γρήγορη επίλυση της ασάφειας φάσης. Σαν κανόνα μπορούμε να πούμε ότι χρειάζονται τουλάχιστον 8 δορυφόροι για μικρές βάσεις. Σε αυτές τις βάσεις οι δύο συχνότητες παίζουν ρόλο πολλαπλασιαστή των δορυφόρων επί 1.5.

Για μεγάλες βάσεις απαιτούνται τουλάχιστον 8 δορυφόροι από δύο συχνότητες.

- Μόνο του το GPS παρέχει το 32% της ημέρας 8 δορυφόρους και μόνο το 5% της ημέρας 9 δορυφόρους.
- Μόνο του το GPS παρέχει 6 δορυφόρους για το 96% της ημέρας. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των δορυφόρων είναι ικανοποιητικός για RTK μικρών βάσεων αφού αντιστοιχεί με δέκτη μιας συχνότητας που λαμβάνει 9 δορυφόρους.
- Το GPS+GLONASS παρέχει το 99% της ημέρας τουλάχιστον 9 δορυφόρους και περισσότερους από 11 το 10.96% της ημέρας.
- RTK με δέκτες μιας συχνότητας που λαμβάνουν μόνο GPS δορυφόρους μπορεί να γίνει σπάνια για μικρές βάσεις (5% της ημέρας) και ποτέ για μεγάλες.
- RTK με δέκτες που λαμβάνουν GPS+GLONASS μιας συχνότητας μπορεί να γίνει ικανοποιητικά για το 99% της ημέρας για μικρές βάσεις αλλά ποτέ για μεγάλες.
- RTK με δέκτες δύο συχνοτήτων που λαμβάνουν μόνο GPS μπορεί να γίνει ικανοποιητικά για το 96% της ημέρας για μικρές βάσεις αλλά σπάνια για μεγάλες.
- Το μόνο σύστημα το οποίο μπορεί να δουλέψει πάντα ικανοποιητικά RTK για μικρές και μεγάλες βάσεις είναι το GPS+GLONASS δύο συχνοτήτων. <sup>[29]</sup>

#### 3.3.4.2 Ο Pseudo-GPS Δορυφόρος

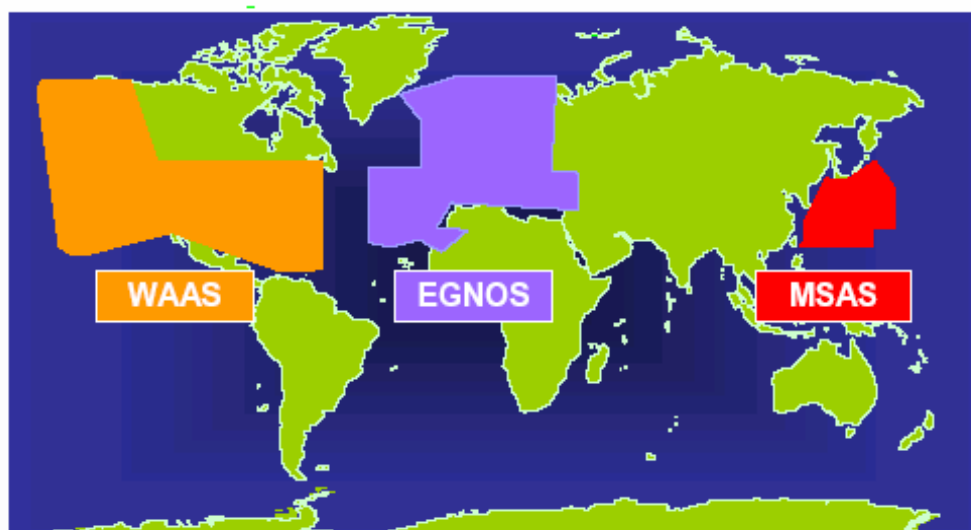
Ένας άλλος τύπος εξελιγμένου GPS συστήματος χρησιμοποιεί έναν επίγειο πομπό ο οποίος μεταδίδει σήματα ίδια με αυτά που μεταδίδουν οι δορυφόροι. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί σαν ένας ψευδο-GPS δορυφόρος (pseudolite) και είναι χρήσιμος στις περιπτώσεις όπου τα GPS σήματα από τους δορυφόρους παγιδεύονται ή παρεμποδίζονται σε μέρη όπως χαράδρες, φαράγγια, σε πυκνά δάση, σε οροπέδια κ.λ.π. Έτσι, ο πομπός αυτός λειτουργεί ως μία επιπλέον πηγή μετάδοσης GPS σημάτων με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι υπηρεσίες που προσφέρει το GPS. Οι πομποί αυτοί μπορούν να τοποθετηθούν σε σταθερά ή σε κινητά σημεία, και ανάλογα με τις συνθήκες που υπάρχουν τοπικά, μπορούν να μεταδίδουν τα σήματα σε συχνότητες παρόμοιες ή διαφορετικές από τις συχνότητες του GPS σήματος. <sup>[30]</sup>

### 3.3.4.3 Δορυφορικά Συστήματα Αύξησης SBAS (Satellite Based Augmentation Systems)

Πάνω στη δομή και στη λειτουργία του G.P.S και συγκεκριμένα στο Διαφορικό G.P.S (Differential G.P.S) έχουν «χτιστεί» αλλά συστήματα δορυφορικής παρακολούθησης και εντοπισμού.

Αυτή τη στιγμή, τα Δορυφορικά Συστήματα Αύξησης SBAS αναπτύσσονται για να καλύψουν τις ακόλουθες περιοχές.

- **Ευρώπη:** Η ευρωπαϊκή τριμελής ομάδα, που αποτελείται από την ESA, την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Eurocontrol, αναπτύσσει το **EGNOS**. Το EGNOS θα καλύψει την περιοχή της ευρωπαϊκής πολιτικής αεροπορίας (European Civil Aviation Conference-ECAC).
- **Ηνωμένες Πολιτείες:** Η United States Federal Aviation Administration οδηγεί την ανάπτυξη του Wide Area Augmentation System-**WAAS** (ευρέος συστήματος αύξησης περιοχής). Αυτό θα καλύψει τις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά.
- **Ιαπωνία:** Το ιαπωνικό γραφείο πολιτικής αεροπορίας εφαρμόζει το MTSAT Satellite-Based Augmentation System (**MSAS**), το οποίο θα καλύψει την οργανική περιοχή πτήσης της Ιαπωνίας.



Σχήμα 3. 28 Οι περιοχές κάλυψης των 3 Δορυφορικών Συστημάτων Αύξησης SBAS (Satellite Based Augmentation Systems): WAAS (ΗΠΑ), EGNOS (Ευρώπη) & MSAS (Ιαπωνία) <sup>[33]</sup>

### 1) Σύστημα WAAS (Wide Area Augmentation System)

Το σύστημα WAAS, που ανήκει στη κατηγορία των συστημάτων SBAS (Satellite Based Augmentation Systems), απαρτίζεται από 25 επίγειους σταθμούς οι οποίοι καλούνται W.R.S (Wide area Reference Stations).



Σχήμα 3. 29 Σχηματική απεικόνιση των W.R.S στις Η.Π.Α

Καλύπτοντας μια αρκετά μεγάλη έκταση και τοποθετημένοι σε μια ακριβή θέση, λειτουργούν ως εξής:

Όλοι οι W.R.S συλλέγουν πληροφορίες από τους G.P.S δορυφόρους και αναγνωρίζουν τυχόν σφάλματα ή ασάφειες αυτών. Οι πληροφορίες από τους σταθμούς αναφοράς (W.R.S) στέλνονται σε ένα κεντρικό σταθμό W.M.S (*Wide area Master Station*) στον οποίο γίνεται αξιολόγηση των σφαλμάτων και διόρθωση τους. Στη συνέχεια τα νέα δεδομένα αποστέλλονται σε 2 σύγχρονους δορυφόρους οι οποίοι καλούνται **GEOS (Geostationary Satellites)**, μέσω ενός G.U.S συστήματος (*Ground Uplink System*) και από κει γίνεται επανεκπομπή τους σε επίγειους φορητούς δεκτές G.P.S ή σε οποιονδήποτε άλλο δεκτή. Αυτονόητη προϋπόθεση είναι, οι δεκτές που θα λάβουν το σήμα του σύγχρονου δορυφόρου να βρίσκονται εντός του πεδίου κάλυψης του συστήματος WAAS. Η επανεκπομπή του σήματος στους επίγειους δεκτές γίνεται στην L1 συχνότητα (1575,42 MHz).

Η χρήση του WAAS εντοπίζεται κυρίως στις περιπτώσεις όπου είναι από δύσκολη έως αδύνατη η πλοήγηση τους, ή ακόμη και η προσγείωση τους. Στα σχέδια των υπεύθυνων του WAAS ήταν να εξελίξουν ένα σύστημα το οποίο θα παρέχει παγκόσμια κάλυψη και θα φέρει την ονομασία GNSS (*Global Navigation Satellite System*) G.L.S (*Global Landing System*). Το GNSS έχει επιτευχθεί αφού ήδη από το Σεπτέμβριο του 2002 έχει επιβεβαιωθεί ότι η **ακρίβεια του WAAS φθάνει τα 1 έως 2 μέτρα οριζόντια και 2 έως 3 μέτρα κατακόρυφα**. Τα πειράματα αυτά καθώς και οι μετρήσεις, διεξήχθησαν σε όλη την επικράτεια των Η.Π.Α και σε ορισμένες περιοχές στην Αλάσκα.

Μέχρι στιγμής καλύπτονται οι εξής περιοχές των Η.Π.Α:

a) Περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού, POR (**P**acific **O**cean **R**egion)

b) Δυτική Περιοχή Ατλαντικού Ωκεανού AOR-W (**A**tlantic **O**cean **R**egion- **W**est)

Η Ευρώπη καλύπτεται από 2 δορυφόρους (Inmarsats) οι οποίοι καλύπτουν τις εξής περιοχές:

a) Ανατολική Περιοχή Ατλαντικού Ωκεανού AOR-E (**A**tlantic **O**cean **R**egion- **E**ast)

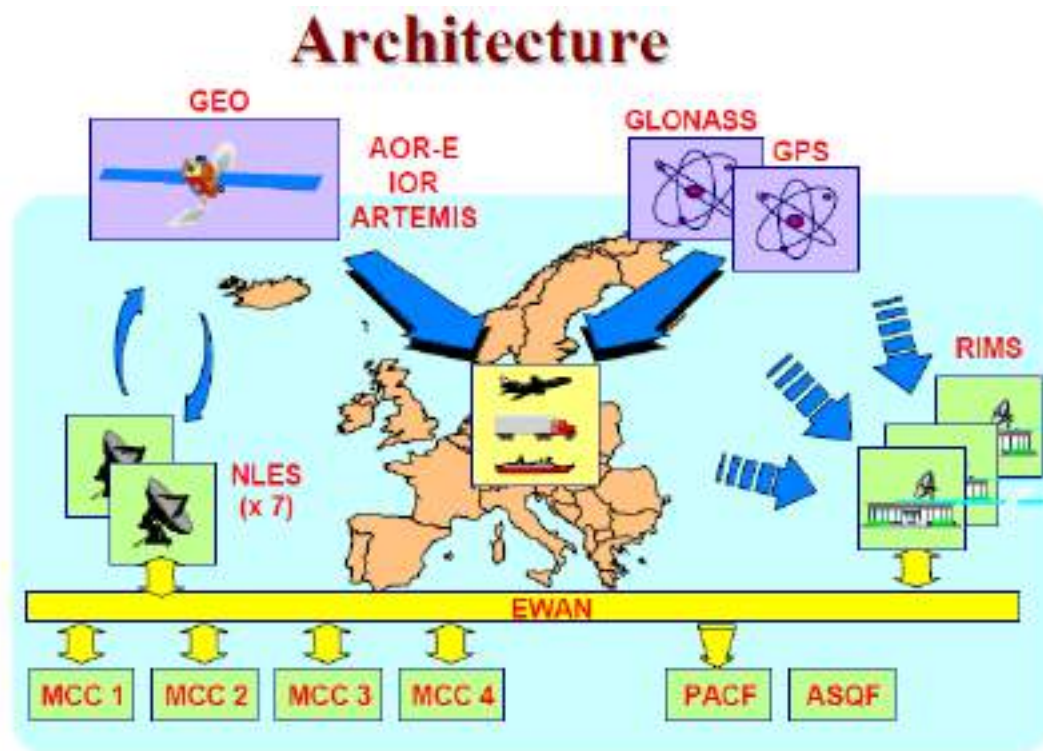
b) Περιοχή Ινδικού Ωκεανού IOR (**I**ndian **O**cean **R**egion)

## 2) Σύστημα EGNOS

Το EGNOS είναι μια από τρεις δορυφορικές υπηρεσίες αύξησης SBAS (Satellite-Based Augmentation Services). Ανήκει στην 1<sup>η</sup> γενιά των Παγκόσμιων Συστημάτων Δορυφορικής ναυσιπλοΐας GNSS-1 (Global Navigation Satellite System of the 1<sup>st</sup> generation ) και αποτελεί το πρώτο βήμα της Ευρώπης προς το Galileo.

Η κάλυψη του EGNOS είναι αρχικά η περιοχή ECAC (European Civil Aviation Conference), και αργότερα θα επεκταθεί για να περιλάβει άλλες περιοχές όπως η Αφρική, οι ανατολικές χώρες, και η Ρωσία. Στόχος είναι να καλύψει, σε συνδυασμό με το GPS και το GLONASS, πολλές απαιτήσεις ταχύτητας και συγχρονισμού των επίγειων, θαλάσσιων και αεροναυτικών τρόπων μεταφοράς, στην περιοχή της Ευρώπης.

Το EGNOS εφαρμόστηκε σε δύο βήματα. Η πρώτη φάση οδήγησε σε Αρχική Λειτουργική Ικανότητα (Initial Operational Capability-IOC) στα μέσα του 1999 και η δεύτερη φάση επέφερε την πλήρη λειτουργική ικανότητα του το 2004. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια τμήματα του μελλοντικού συστήματος EGNOS. Ταυτόχρονα δίνονται οι αντίστοιχες πληροφορίες για το υπάρχον σύστημα EGNOS Test Bed (ESTB), που αποτελεί προάγγελο του πρώτου και επιτρέπει στους χρήστες να δοκιμάσουν τις δυνατότητες του με πολύ καλά αποτελέσματα μέχρι τώρα.



Σχήμα 3. 30 Αρχιτεκτονική του EGNOS <sup>[33]</sup>

➤ Αρχιτεκτονική του EGNOS και περιγραφή του συστήματος<sup>[34]</sup>

Αποτελείται από τρία τμήματα:

1. το επίγειο τμήμα,
2. το διαστημικό τμήμα,
3. το τμήμα χρηστών

Αναλυτικότερα τα τμήματα αυτά δίνονται ακολούθως.

1. Το **επίγειο τμήμα** του EGNOS αποτελείται από:

- τα κύρια κέντρα ελέγχου (Master Control Centres-**MCC**) ⇒ EGNOS: 4, ESTB:1
- τους σταθμούς εμβέλειας και ελέγχου ακεραιότητας (Ranging and Integrity Monitoring Stations-**RIMS**) ⇒ EGNOS:34, ESTB:12 (+3 Κίνα)
- τους επίγειους σταθμούς ναυσιπλοΐας (Navigation Land Earth Stations-**NLES**) ⇒ EGNOS:6 (2 για κάθε γεωστατικό δορυφόρο), ESTB:1
- το δίκτυο ευρείας περιοχής EGNOS (Wide Area Network-**WAN**)
- και τις εγκαταστάσεις υποστήριξης.

2. Το **διαστημικό τμήμα** του EGNOS αποτελείται από 3 γεωστατικούς αναμεταδότες παγκόσμιας κάλυψης τύπου:

- INMARSAT AOR-E
- INMARSAT IOR,
- ARTEMIS της ESA.

Το αντίστοιχο τμήμα του ESTB έχει 1 δορυφόρο τύπου IOR.

3. Το **τμήμα χρηστών** του EGNOS αποτελείται από οποιονδήποτε διαθέτει δέκτη GPS με ικανότητα πρόσβασης σε δεδομένα SBAS (EGNOS μεταδίδεται στη συχνότητα L1). Κύριες εφαρμογές:

- Πολιτική αεροπορία
- Οδικές μεταφορές
- Θαλάσσιες μεταφορές
- Σιδηροδρομικές μεταφορές

#### ➤ Λειτουργία

Το EGNOS θα παρέχει πληροφορίες που απαιτούνται για να χρησιμοποιήσουν τα σήματα ναυσιπλοΐας από τους δορυφόρους GPS και GLONASS για κρίσιμες εφαρμογές ασφάλειας. Θα βελτιώσει την ακρίβεια των θέσεων από περίπου 20m σε 5m, θα ενημερώνει τους χρήστες για λάθη στις μετρήσεις θέσης και θα προειδοποιεί για τη διάσπαση ενός δορυφορικού σήματος μέσα σε έξι δευτερόλεπτα.

Τρεις γεωστατικοί δορυφόροι και ένα σύνθετο δίκτυο επίγειων σταθμών θα εκτελούν αυτές τις λειτουργίες. Οι τρεις δορυφόροι θα στέλνουν ένα κυμαινόμενο σήμα παρόμοιο με εκείνο που διαβιβάζεται από τους δορυφόρους GPS και GLONASS. Εντούτοις, τα σήματα θα είναι περισσότερα έτσι ώστε οι χρήστες να καθορίζουν την θέση τους με ακρίβεια. Θα παρέχουν επίσης πληροφορίες για την ακρίβεια των μετρήσεων θέσης που παραδίδονται από το GPS και το GLONASS έτσι ώστε ένας οδηγός τραίνων, παραδείγματος χάριν, να είναι σε θέση να αξιολογήσει εάν η θέση είναι αρκετά ακριβής έτσι ώστε να μπορεί να βασιστεί σε αυτή. Αυτές οι πληροφορίες, ή τα δεδομένα ακεραιότητας(integrity data), θα διαμορφωθούν επάνω στο κυμαινόμενο σήμα ,και τα οποία θα περιλαμβάνουν εξακριβωμένες πληροφορίες για τη θέση κάθε δορυφόρου GPS και GLONASS, την ακρίβεια των ατομικών ρολογιών στους δορυφόρους καθώς και πληροφορίες για διαταραχές μέσα στην ιονόσφαιρα οι οποίες μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ακρίβεια των μετρήσεων προσδιορισμού θέσης. Ο

δέκτης EGNOS, που είναι πολυπλοκότερος από έναν τυποποιημένο δορυφορικό δέκτη ναυσιπλοΐας, θα αποκωδικοποιεί το σήμα για να δώσει μια ακριβέστερη θέση σε σχέση με το GPS ή το GLONASS μόνο, καθώς και μια ακριβή εκτίμηση λαθών. Το σήμα EGNOS θα μεταδίδεται από δύο δορυφόρους Inmarsat III, ο ένας βρίσκεται πέρα από το ανατολικό μέρος του Ατλαντικού και ο άλλος πέρα από τον Ινδικό Ωκεανό, και από το δορυφόρο ESA Artemis που είναι στη γεωστατική τροχιά επάνω από την Αφρική. Αντίθετα από τους δορυφόρους GPS και GLONASS, αυτά τα τρία δεν θα έχουν τις γεννήτριες σημάτων 'εν πλώ'. Λειτουργεί στη συχνότητα GPS L1, και έτσι είναι συμβατό με το standard GPS [front - ends](#).

Τα πλεονεκτήματα του EGNOS είναι τα ακόλουθα:

- αντισταθμίζει την έλλειψη μιας επίγειας υποδομής που επιτρέπει στην υπηρεσία να παραδοθεί σε περιοχές που δεν καλύπτονται προς το παρόν από τα παραδοσιακά συστήματα ναυσιπλοΐας (πχ ωκεανοί),
- παρέχει ένα σύστημα ναυσιπλοΐας που προσαρμόζεται στη ναυσιπλοΐα επιφάνειας (RNAV) καλύπτοντας τις φάσεις εν πλώ και προσέγγισης,
- χρησιμοποιεί τα ίδια σήματα με εκείνα ενός δορυφόρου GPS, επιτρέποντας να χρησιμοποιηθεί το ίδιο hardware για να ληφθεί το σήμα με τους τρέχοντες δέκτες GPS, και χωρίς τροποποίηση της αερομεταφερόμενης αεροναυτικής ηλεκτρονικής αρχιτεκτονικής.

Μειονεκτήματα του GPS και του GLONASS

- Η έλλειψη διεθνούς αστικού ελέγχου παρουσιάζει ένα σοβαρό πρόβλημα από θεσμική άποψη.
- Το GPS ή το GLONASS δεν μπορεί να καλύψει όλες τις απαιτήσεις της πολιτικής αεροπορίας για τις φάσεις προσέγγισης ακρίβειας και μη-ακρίβειας των πτήσεων.
- Το ναυτικό και οι χρήστες εδάφους θα απαιτήσουν επίσης κάποιο είδος αύξησης για τη βελτίωση των αποδόσεων του GPS /GLONASS.

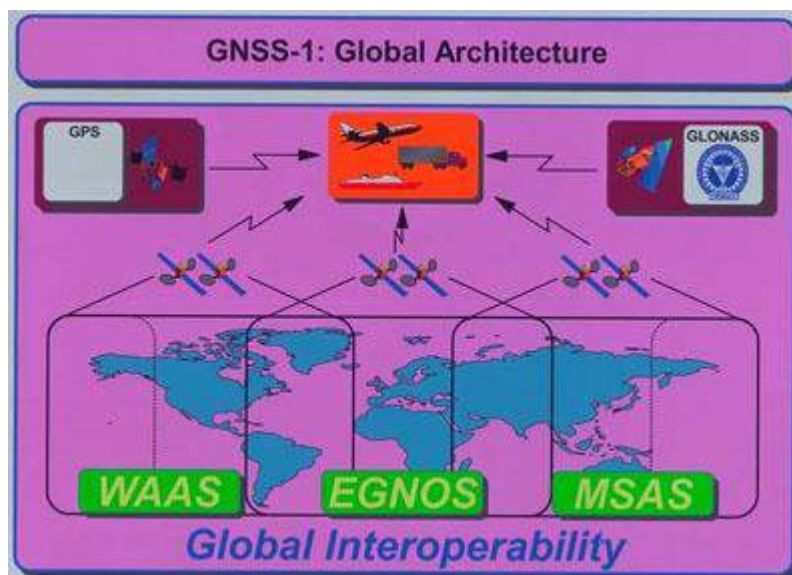
Το δορυφορικό σύστημα ναυσιπλοΐας πρώτης γενιάς GNSS-1, όπως καθορίζεται από τους εμπειρογνώμονες της επιτροπής ICAO/GNSS, σχεδιάζεται να καλύψει αυτά τα κενά.

### Διαλειτουργικότητα των συστημάτων SBAS

Η συμβατότητα θα καταστήσει κάθε σύστημα αποτελεσματικότερο και θα εξασφαλίσει ότι όλα τα συστήματα μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ενιαίο παγκόσμιο σύστημα ναυσιπλοΐας. Η συνεργασία των δορυφορικών συστημάτων αύξησης (SBAS) συντονίζεται αυτήν την περίοδο μέσω των Interoperability Working Groups (ομάδων εργασίας πάνω στην διαλειτουργικότητα) EGNOS/MSAS και EGNOS/WAAS. Η δοκιμή διαλειτουργικότητας πραγματοποιήθηκε επιτυχώς τα έτη 1998, 1999 και 2000.

Οι ομάδες ανάπτυξης των συστημάτων SBAS συνεδριάζουν τακτικά μέσω της IWG για να αναπτύξουν και να διατηρήσουν την κοινή κατανόηση των απαιτήσεων και των ικανοτήτων της διαλειτουργικότητας, και για να προσδιορίσουν τις απαραίτητες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των SBAS. Σαν αποτέλεσμα αυτών των εργασιών, το σύστημα EGNOS περιλαμβάνει συγκεκριμένες απαιτήσεις έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η διαλειτουργικότητα.

Εκτός από τη διαλειτουργικότητα, το EGNOS έχει την ικανότητα να επεκτείνει τις υπηρεσίες του σε περιοχές μέσα στην περιοχή γεωστατικής αναμετάδοσης των δορυφόρων GEO όπως στην Αφρική, στις ανατολικές χώρες, και στη Ρωσία.



**Σχήμα 3. 31** Η διαλειτουργικότητα των συστημάτων SBAS θα οδηγήσει σε ένα ενιαίο παγκόσμιο σύστημα ναυσιπλοΐας<sup>[31]</sup>

### 3.3.5 Πρωτόκολλο NMEA 0183 (National Marine Electronics Association)

Η National Marine Electronics Association (NMEA) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής δημοσιεύει τα πρωτόκολλα για τη διεπαφή ναυτικών ηλεκτρονικών συσκευών. Η χρήση αυτών των πρωτοκόλλων επεκτάθηκε και πλέον χρησιμοποιείται ως έξοδος από οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να προσφέρει δεδομένα καθοδήγησης ή εντοπισμού θέσης. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλό της είναι το NMEA 0183 έκδοση 3.01 που δόθηκε στη δημοσιότητα τον Ιανουάριο του 2002.

Η έξοδος του NMEA 0183 είναι συμβατή με το RS232 της σειριακής θύρας του υπολογιστή. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν ασύρματες συσκευές Bluetooth, οι οποίες δημιουργούν για την έξοδο NMEA σειριακή θύρα πάνω από την σύνδεση Bluetooth (Bluetooth Serial Port Protocol – BTSP)

Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων είναι 4800 bps, με 8 bits δεδομένων και κανένα bit ισοτιμίας. Όλες οι προτάσεις αποτελούνται από χαρακτήρες ASCII, ξεκινούν με το σήμα του δολαρίου («\$») και τερματίζονται με <CR><LF> (carriage return - line feed), ενώ ο διαχωρισμός των ορισμάτων γίνεται με το χαρακτήρα κόμμα («,»). Μετά το δολάριο ακολουθεί μία ακολουθία 5 χαρακτήρων, με τους 2 πρώτους να χαρακτηρίζουν την πηγή του σήματος (GP για συσκευές GPS) και τους 3 επόμενους το είδος της πρότασης.

Οι προτάσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.1.

| Αρχείο NMEA | Περιγραφή                               |
|-------------|-----------------------------------------|
| GGA         | Global positioning system fixed data    |
| GLL         | Geographic position- latitude/longitude |
| GSA         | GNSS DOP and active satellites          |
| GSV         | GNSS satellites in view                 |
| RMC         | Recommended minimum specific GNSS data  |
| VTG         | Course over ground and ground speed     |

**Πίνακας 3. 7 Προτάσεις NMEA**

## Προτάσεις NMEA

- **GGA** – Δεδομένα για την ποιότητα του κλειδώματος, της ακρίβειας και για την τοποθεσία.

\$GPGGA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,M,<11>,<12>,<13><CR><LF>

Παράδειγμα:

\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,\*47

Όπου:

GGA: Global Positioning System Fix Data

1) **hhmmss.ss**: Η ώρα UTC με h τις ώρες (2 ψηφία ακέραιος), m τα λεπτά (2 ψηφία ακέραιος) και s τα δευτερόλεπτα (δεκαδικός αριθμός, υπόλοιπα ψηφία μέχρι το

κόμμα). Π.χ. 123519 Ακριβής ώρα μέτρησης δηλαδή 12:35:19 UTC

2) **ddmm.mmmm**: Το γεωγραφικό πλάτος από 0 μέχρι 90 μοίρες. Τα 2 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός. Π.χ. 4807.038,N δηλαδή Γεωγραφικό πλάτος 48 deg 07.038'

3) **N** για Βόρεια, **S** για νότια.

4) **ddmm.mmmm**: : Το γεωγραφικό μήκος από 0 μέχρι 180 μοίρες. Τα 3 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός αριθμός. Π.χ. 01131.000,E δηλαδή Γεωγραφικό μήκος 11 deg 31.000' E

5) **E** για ανατολικά, **W** για δυτικά.

6) Ποιότητα κλειδώματος: 0 = άκυρο

1 = GPS κλείδωμα

2 = DGPS κλείδωμα

7) Αριθμός δορυφόρων σε χρήση από 00 έως 12, στο παράδειγμά μας 08

8) Ασάφεια στην οριζόντια θέση από 0.5 έως 99.9, στο παράδειγμά μας 0.9

9) Ύψος, σε μέτρα από τη μέση στάθμη της θάλασσας από -9999.9 έως 99999.9 μέτρα, στο παράδειγμά μας 545.4

10) Ύψος τους γεωειδούς πάνω από το ελλειψοειδές όπως αυτό ορίζεται από το WGS84, από -999.9 έως 9999.9 μέτρα. Στο παράδειγμά μας 46.9

M) *κενό πεδίο* Χρόνος σε sec από τη τελευταία ενημέρωση DGPS

Κενό πεδίο ID του σταθμού DGPS από 0000 έως 1023

11) Πεδίο ελέγχου, εδώ είναι \*47

- **GSA** – Δεδομένα για τους ενεργούς δορυφόρους και την ποιότητα του κλειδώματος.

\$GPGSA,<1>,<2>,<3>,<3>,,,,,<3>,<3>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7><CR><LF>

Παράδειγμα:

\$GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1\*39

Όπου:

GSA: GNSS DOP and active satellites (Satellite status)

1)**A**: Αυτόματη, **M**: Manual επιλογή κλειδώματος

2) Επιλογές κλειδώματος:

1 = άκυρο κλείδωμα

2 = 2D κλείδωμα

3 = 3D κλείδωμα

3) “Ψευδο-τυχαίο” κωδικό PRN των ενεργών δορυφόρων από 01 έως 32 (χώρος για 12) , στο παράδειγμά μας είναι 04,05...

4) PDOP (δείκτης ασάφειας της ακρίβειας) από 0.5 έως 99.9, στο παράδειγμά μας είναι 2.5

5) HDOP (δείκτης ασάφειας της οριζόντιας ακρίβειας) από 0.5 έως 99.9, στο παράδειγμά μας είναι 1.3

6) VDOP (δείκτης ασάφειας της κάθετης ακρίβειας) από 0.5 έως 99.9, στο παράδειγμά μας είναι 2.1

7) Πεδίο ελέγχου, εδώ είναι \*39

- **GSV** – Δεδομένα για τους ενεργούς δορυφόρους και την ποιότητα του κλειδώματος. Συνήθως, μεταδίδονται δύο προτάσεις αυτού του τύπου.

\$GPGSV,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,...<4>,<5>,<6>,<7>,<8><CR><LF>

Παράδειγμα:

\$GPGSV,2,1,08,01,40,083.46, 02,17,308.41, 12,07,344.39, 14,22,228.45\*75

Όπου:

GSV: Satellites in view

- 1)2 Αριθμός προτάσεων GSV που μεταδίδονται, 0~3. Στο παράδειγμα μας 2.
- 2) Αριθμός πρότασης, από 0~3. Στο παράδειγμά μας έχουμε την Πρόταση 1 από 2.
- 3) Αριθμός ενεργών δορυφόρων από 00 έως 12. Στο παράδειγμα μας έχουμε 08 δορυφόρους.
- 4) PRN αριθμός δορυφόρου από 01 έως 32. Στο παράδειγμα μας είναι 01.
- 5) Ανύψωση σε μοίρες, από 00 έως 90 μοίρες. Στο παράδειγμα μας είναι 40 μοίρες.
- 6) Αζιμούθιο σε μοίρες, από 000 έως 359 μοίρες. Στο παράδειγμα μας είναι 083.
- 7) Δείκτης σηματοθορυβικής σχέσης (C/No) από 00 έως 99 dB, εδώ είναι 46 dB. Υπάρχει χώρος για 4 δορυφόρους ανά πρόταση.
- 8) Πεδίο ελέγχου, εδώ είναι \*75

- **RMC** – Η πρόταση της NMEA που περιέχει τα pvt (position, velocity, time) δεδομένα, δηλαδή θέση, ταχύτητα, χρόνος.

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11><CR><LF>

Παράδειγμα:

\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W

Όπου:

**RMC:** Recommended Minimum sentence C

- 1) **hhmmss.ss**: Η ώρα UTC με h τις ώρες (2 ψηφία ακέραιος), m τα λεπτά (2 ψηφία ακέραιος) και s τα δευτερόλεπτα (δεκαδικός αριθμός, υπόλοιπα ψηφία μέχρι το κόμμα). Π.χ. 123519 Ακριβής ώρα μέτρησης δηλαδή 12:35:19 UTC
- 2) Κατάσταση **A** = ενεργός ή **V** = ανενεργός.
- 3) **ddmm.mmmm**: Το γεωγραφικό πλάτος από 0 μέχρι 90 μοίρες. Τα 2 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός. Π.χ. 4807.038,N δηλαδή Γεωγραφικό πλάτος 48 deg 07.038'
- 4) **N** για Βόρεια, **S** για νότια.
- 5) **ddmm.mmmm** : Το γεωγραφικό μήκος από 0 μέχρι 180 μοίρες. Τα 3 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός αριθμός. Π.χ. 01131.000,E δηλαδή Γεωγραφικό μήκος 11 deg 31.000'

6) **E** για ανατολικά, **W** για δυτικά

7) Ταχύτητα σε κόμβους, από 0.0 έως 1851.8 κόμβους. Στο παράδειγμά μας είναι 022.4 κόμβοι.

8) Γωνία πορείας κίνησης από 000.0 έως 359.9 μοίρες. Στο παράδειγμά μας είναι 084.4 μοίρες.

9) **ddmmyy**: Ημερομηνία όπου τα δύο πρώτα ψηφία είναι η μέρα σε διψήφιο αριθμό, τα δύο επόμενα είναι ο μήνας σε διψήφιο και στα τελευταία είναι οι τελευταίοι δύο αριθμοί της χρονιάς. Στο παράδειγμά μας είναι 230394, δηλαδή 23 Μαρτίου 1994.

10) Μαγνητική απόκλιση από 000.0 έως 180.0. Στο παράδειγμά μας είναι 003.1.

11) **E** για ανατολικά, **W** για δυτικά.

- **GLL**- Δεδομένα για τη γεωγραφική θέση δίνοντας το γεωγραφικό πλάτος και μήκος

\$GPGLL,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7><CR><LF>

**Όπου:**

**GLL**: Geographic Position with Latitude/Longitude

1) **ddmm.mmmm**: Το γεωγραφικό πλάτος από 0 μέχρι 90 μοίρες. Τα 2 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός. Π.χ. 4807.038,N δηλαδή Γεωγραφικό πλάτος 48 deg 07.038'

2) **N** για Βόρεια, **S** για νότια.

3)**ddmm.mmmm**: Το γεωγραφικό πλάτος από 0 μέχρι 90 μοίρες. Τα 2 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός. Π.χ. 4807.038,N δηλαδή Γεωγραφικό πλάτος 48 deg 07.038'

4) **E** για ανατολικά, **W** για δυτικά.

5) **hhmmss.ss**: Η ώρα UTC με h τις ώρες (2 ψηφία ακέραιος), m τα λεπτά (2 ψηφία ακέραιος) και s τα δευτερόλεπτα (δεκαδικός αριθμός, υπόλοιπα ψηφία μέχρι το κόμμα). Π.χ. 123519 Ακριβής ώρα μέτρησης δηλαδή 12:35:19 UTC

6) Κατάσταση **A** = ενεργός ή **V** = ανενεργός.

7) Πεδίο ελέγχου

- VTG- Δεδομένα σχετικά με την κατεύθυνση που κινείται ο χρήστης του δέκτη (και αφορά στη γωνία σε σχέση με τον πραγματικό ή τον μαγνητικό βορρά) και την ταχύτητά του.

\$GPVTG,<1>,T,<2>,M,<3>,N,<4>,K,<5><CR><LF>

**Όπου:**

VTG: Course Over Ground and Ground Speed

- 1) Γωνία σε σχέση με τον πραγματικό βορρά, από 000 έως 359 μοίρες.
- 2) Γωνία σε σχέση με τον μαγνητικό βορρά, από 000 έως 359 μοίρες.
- 3) Ταχύτητα, από 00.0 έως 999.κόμβους.
- 4) Ταχύτητα, από 00.0 έως 1851.8 χλμ/ώρα.
- 5) Πεδίο ελέγχου

### 3.4 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) είναι μία οργανωμένη συλλογή εξοπλισμού λογισμικού, γεωγραφικών (ή χαρτογραφικών ή χωρικών όπως καλούνται αλλιώς) δεδομένων και προσωπικού, σχεδιασμένη έτσι ώστε να συγκεντρώνει, αποθηκεύει, ενημερώνει, επεξεργάζεται, αναλύει και παρουσιάζει όλους τους τύπους γεωγραφικών πληροφοριών. Ας σημειωθεί ότι με τον όρο γεωγραφικά δεδομένα εννοούμε τα δεδομένα που έχουν ή μπορούν να έχουν γεωαναφορά, δηλαδή μπορούν να συσχετιστούν με ένα συγκεκριμένο σημείο στην επιφάνεια της γης. <sup>[35]</sup>

Σε γενικές γραμμές, ένα σύστημα GIS περιλαμβάνει:

- Τεχνικές για εισαγωγή γεωγραφικής πληροφορίας σε ηλεκτρονική μορφή, δηλ. μετατροπή της σε ψηφιακή μορφή,
- Τεχνικές για αποθήκευση αυτής της (μεγάλης σε όγκο) πληροφορίας σε συμπιεσμένη μορφή σε ψηφιακά αποθηκευτικά μέσα,
- Μεθόδους αυτοματοποιημένης ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων, αναζήτηση προτύπων, συνδυασμό διαφορετικών ειδών δεδομένων, δυνατότητα μετρήσεων, εύρεση των συντομότερων διαδρομών και πολλά άλλα,
- Μεθόδους πρόβλεψης των αποτελεσμάτων πιθανών σεναρίων, όπως π.χ. της επίδρασης της αλλαγής του κλίματος στη βλάστηση,
- Τεχνικές αναπαράστασης των δεδομένων σε μορφή χαρτών, εικόνων κλπ.
- Δυνατότητες για έξοδο των αποτελεσμάτων σε μορφή αριθμών και πινάκων.

Η αξιόπιστη λειτουργία ενός ΓΣΠ εξαρτάται από τέσσερα σημαντικά τμήματα:

- Τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό (Hardware)
- Το κατάλληλο λογισμικό (Software)
- Τα δεδομένα (Data)
- Την οργάνωση και το προσωπικό (χρήστες)

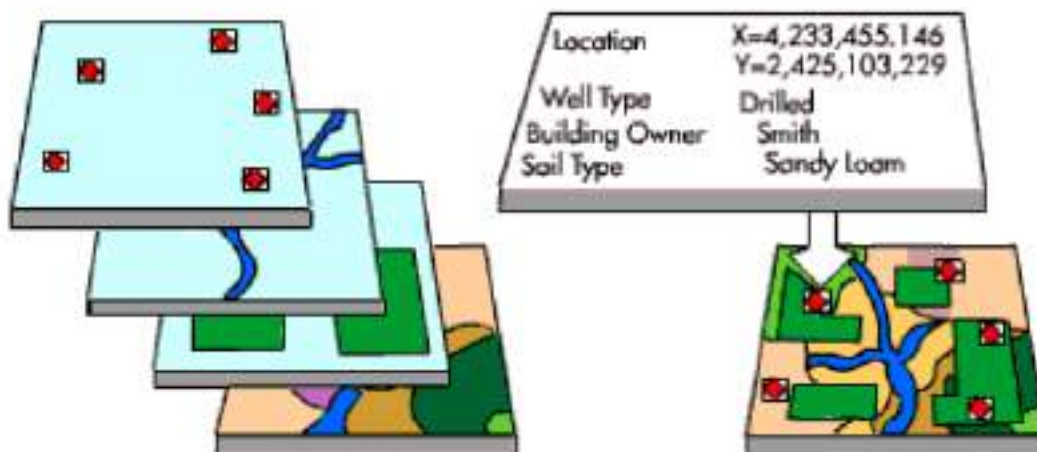


Σχήμα 3. 32 Τα τέσσερα σημαντικά τμήματα ενός ΓΣΠ.

### 3.4.1 Χωρικά και Περιγραφικά Δεδομένα

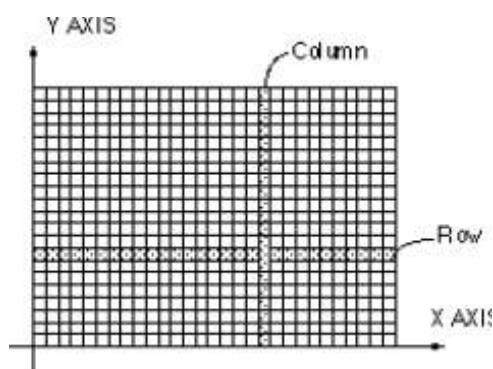
Με ένα Γ.Σ.Π. σε κάθε στοιχείο του χώρου αντιστοιχίζονται:

1. Τα χωρικά (γραφικά) δεδομένα (*spatial data*) και
2. Τα περιγραφικά δεδομένα ή μη χωρικά δεδομένα (*aspatial data* ή *attributes*).



Σχήμα 3. 33 Χωρικά και Περιγραφικά Δεδομένα

Αναλυτικότερα, τα χωρικά (γραφικά) δεδομένα (*spatial data*) προσδιορίζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου (θέση, διαστάσεις, σχήμα κ.λπ.) και έχουν άμεση σχέση με τον προσδιορισμό της θέσης του με βάση ένα σύστημα αναφοράς. Ορίζονται συνήθως από μαθηματικώς ορισμένα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν την ιδιότητα εντοπισμού: προβολικές συντεταγμένες  $x, y$  ή γεωγραφικές συντεταγμένες  $\phi, \lambda$ .



Σχήμα 3. 34 Σύστημα αναφοράς με συντεταγμένες ( $x, y$ ).

Οι χωρικές πληροφορίες αφορούν κατά κύριο λόγο το ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται το Γ.Σ.Π.. Οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να προκύψουν με διάφορους τρόπους, όπως π.χ. από επίγειες τοπογραφικές ή κτηματολογικές εργασίες, φωτογραμμετρικά δεδομένα, ψηφιοποίηση υπαρχόντων χάρτινων χαρτών κ.λπ..

Η χωρική πληροφορία αναπαρίσταται με δυο τρόπους:

- Ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων, ή
- Ως δικτυωτά (raster) δεδομένα, οργανωμένα συστηματικά σε κελιά (όπως π.χ. μια ψηφιακή εικόνα).

Από την άλλη μεριά τα περιγραφικά δεδομένα ή μη χωρικά δεδομένα (*aspatial data* ή *attributes*) αναφέρονται σε χαρακτηριστικά ή ιδιότητες που αποδίδονται στο συγκεκριμένο στοιχείο του χώρου και δεν σχετίζονται άμεσα με τον εντοπισμό του. Μπορεί να είναι μη χωρικά χαρακτηριστικά ενός χωρικού αντικειμένου όπως όνομα, ταξινόμηση, χρώμα, ενώ μπορεί να είναι ποσοτικά (π.χ. κατανομή του πληθυσμού στους νομούς της Ελλάδας) ή ποιοτικά (π.χ. κατανομή των χρήσεων γης μιας περιοχής σε ένα χάρτη). Οι περιγραφικές πληροφορίες συλλέγονται από υπάρχοντα ηλεκτρονικά ή συμβατικά αρχεία, εκθέσεις, συζητήσεις ή και από τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων. Πάνω στο χάρτη εμφανίζονται με τη μορφή συμβόλων και ετικετών.

Τα Γ.Σ.Π. στηρίζονται στη σύνδεση χωρικών (γραφικών) και περιγραφικών πληροφοριών που οδηγεί σε χωρικές αλληλοσυσχετίσεις, στην ανάπτυξη δηλαδή χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων. Για το λόγο αυτό έχει ενσωματωμένο ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Η έννοια της *βάσης δεδομένων* (βλέπε 3.4.3) είναι ένα δυναμικό στοιχείο και αποτελεί την κυριότερη διαφορά ανάμεσα σε ένα Γ.Π.Σ. και σε ένα απλό σχεδιαστικό πακέτο.

### 3.4.2 Τοπολογία

Προκειμένου αφενός να εξασφαλιστεί η ύπαρξη, η σύνδεση και η συσχέτιση των γραφικών (χωρικών) και περιγραφικών χαρακτηριστικών, σε ένα ενιαίο σύστημα και αφετέρου να καταστρωθεί η πληροφορία αυτή σε πινακοποιημένη και αναλυτικά διαχειρίσιμη μορφή, απαιτείται η εγκαθίδρυση της λεγόμενης *τοπολογίας*. Πρόκειται για μία μαθηματική διαδικασία βάση της οποίας ορίζονται οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών στοιχείων.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι τοπολογίας:

1. Η σημειακή τοπολογία, η οποία αναφέρεται σε φαινόμενα που αντιστοιχούν σε ένα ζεύγος συντεταγμένων  $(\chi, \psi)$ .
2. Η γραμμική τοπολογία, η οποία αντιστοιχεί σε μονοδιάστατα αντικείμενα, όπου υπάρχει σημείο εκκίνησης  $(\chi, \psi)$ , σημεία καμπής-κορυφές  $(\chi, \psi)$  και σημείο τερματισμού  $(\chi, \psi)$ . Πέρα από την καταγραφή των συντεταγμένων, η δόμηση τοπολογίας επιτρέπει την γνώση των σχέσεων μεταξύ των σημείων εκκίνησης-τερματισμού με οποιοδήποτε άλλο σημείο ή ευθύγραμμο τμήμα. Ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή γνώσης της σχέσης κάθε ευθύγραμμου τμήματος με οποιοδήποτε σημείο εκκίνησης-τερματισμού.
3. Η πολυγωνική τοπολογία, η οποία αντιστοιχεί στις κλειστές επιφάνειες που δημιουργούνται από συνεχόμενα γραμμικά τμήματα.

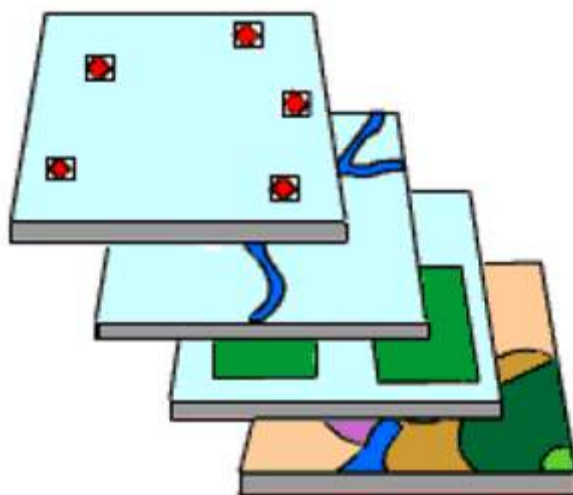
Με την τοπολογία, λοιπόν, ο ψηφιακός χάρτης μπορεί να δώσει, μέσω άμεσης επικοινωνίας με την πληροφορία που κρύβεται «πίσω» του, μια πίστη προσομοίωση των πραγματικών συνθηκών και συσχετισμών που επικρατούν στο γεωγραφικό χώρο.

Ακόμη, συνεισφέρει αποτελεσματικά στην οργανωμένη αποθήκευση της πληροφορίας, στην ταχύτητα των διαδικασιών διαχείρισης των δεδομένων και το σημαντικότερο, επιτρέπει λειτουργίες ανάλυσης και «μοντελοποίησης» της γεωγραφικής πληροφορίας (πχ πράξεις χαρτών).

### 3.4.3 Τρόποι οργάνωσης και αποθήκευσης των γεωγραφικών στοιχείων

Ο χρήστης ενός Γ.Π.Σ. καλείται να απεικονίσει τα γεωγραφικά στοιχεία χρησιμοποιώντας τρία βασικά γεωμετρικά στοιχεία: το σημείο, τη γραμμή και το πολύγωνο. Κι επειδή είναι αδύνατη μία τέλεια αντιστοίχιση της πραγματικότητας με την ψηφιακή καταγραφή της, με αφαίρεση και απλούστευση επιτυγχάνεται η όσο το δυνατόν πιστότερη μεταφορά της πραγματικότητας στις ψηφιακές βάσεις δεδομένων.

Ο βασικός τρόπος οργάνωσης των γεωγραφικών στοιχείων γίνεται σε θεματικά επίπεδα καθένα από τα οποία αποτελεί και μία *λογική οντότητα*. Πρέπει οπωσδήποτε τα στοιχεία που περιέχονται σε μία οντότητα να είναι είτε μόνο σημειακά, είτε μόνο γραμμικά, είτε μόνο πολυγωνικά. Από εκεί και πέρα κριτήριο αποτελεί και η ομοιογένεια, ωστόσο οι ανάγκες των χρηστών καθορίζουν τον τρόπο οργάνωσης και αποθήκευσης των δεδομένων. Έτσι για παράδειγμα, οι δρόμοι μίας περιοχής μπορεί να ανήκουν σε ένα θεματικό επίπεδο (αφού είναι γραμμικά στοιχεία) ή σε περισσότερα αν διαφοροποιούνται με βάση κάποια χαρακτηριστικά τους (αυτοκινητόδρομοι, κύριοι δρόμοι, δευτερεύοντες δρόμοι).



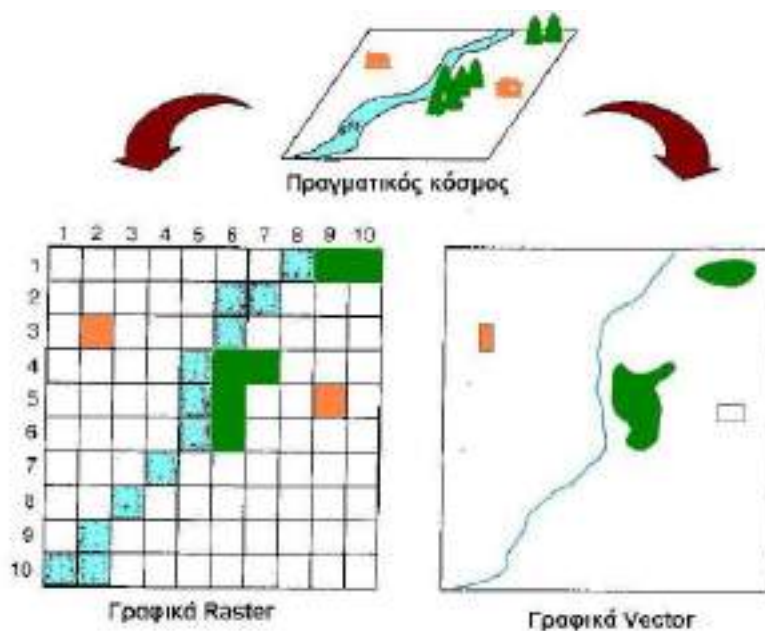
**Σχήμα 3. 35** Κάθε θεματικό επίπεδο περιλαμβάνει μόνο σημειακά , μόνο γραμμικά ή μόνο πολυγωνικά στοιχεία.

Σε κάθε θεματικό επίπεδο, αποθηκεύονται οι χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες των γεωγραφικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτό. Επιπλέον όμως αποθηκεύονται και πληροφορίες για την τοπολογία κάθε επιπέδου. Ένα ή περισσότερα θεματικά επίπεδα που περιέχουν μόνο σημειακά, μόνο γραμμικά ή μόνο πολυγωνικά στοιχεία, δηλαδή που έχουν κοινή τοπολογία, μπορούν να αποτελέσουν αντίστοιχα μία σημειακή, γραμμική ή πολυγωνική

κλάση (*Feature class*). Οι κλάσεις μεταξύ τους συχνά δεν έχουν σχέση μόνο λόγω της γεωγραφικής σύμπτωσης, αλλά συνδέονται και δυναμικά με τοπολογικές σχέσεις. Είναι δυνατόν να ομαδοποιηθούν κλάσεις στοιχείων σε ένα μεγαλύτερο σύνολο που ονομάζεται *συλλογή δεδομένων στοιχείων* (*Feature dataset*) αρκεί να έχουν το ίδιο σύστημα αναφοράς.

Τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν οντότητες του πραγματικού κόσμου μπορούν να αποθηκευτούν σε μία γεωγραφική βάση δεδομένων με διανυσματική ή πινακοειδή μορφή όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 3.1.1.

- Η αποθήκευση σε διανυσματική μορφή απαιτεί το σημείο, η γραμμή ή το πολύγωνο να είναι ρητά αναφερόμενα με συντεταγμένες θέσης (Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων). Σε κάθε σημείο αντιστοιχεί ένα  $(x,y)$  που να αναφέρεται στη θέση του. Κάθε γραμμή μπορεί να αποθηκευτεί σαν μία σειρά από  $(x,y)$  συντεταγμένες που ορίζουν τα σημεία μεταξύ τμημάτων της γραμμής. Τέλος, κάθε πολύγωνο συντίθεται από γραμμές που οριοθετούν μία κλειστή περιοχή.
- Η αποθήκευση σε πλεγματική μορφή χρησιμοποιεί τετράγωνα κελιά για να αναπαραστήσει σημεία, γραμμές ή πολύγωνα. Αντί του καθορισμού σχήματος με  $(x,y)$  συντεταγμένες, οι δικτυωτοί (*raster*) τύποι δεδομένων αποθηκεύουν ένα μοναδικό ζεύγος τιμών  $(x,y)$  (συνήθως αυτό που αντιστοιχεί κάτω αριστερή γωνία του στρώματος δεδομένων), τον αριθμό γραμμών και στηλών καθώς και το μέγεθος του κελιού. Με αυτές τις πληροφορίες, τα στοιχεία εντός μίας συλλογής δικτυακών δεδομένων λαμβάνουν τη θέση τους στο χώρο.



**Σχήμα 3. 36** Αποθήκευση στοιχείων σε μία γεωγραφική βάση δεδομένων με διανυσματική ή πινακοειδή μορφή.

Όταν αποθηκεύονται γεωγραφικές οντότητες σε μία κλάση ή σε μία συλλογή, δίνεται σε κάθε στοιχείο ξεχωριστά ένας μοναδικός αριθμητικός κωδικός αναγνώρισης (FID=Feature Identity). Επιπρόσθετα, το στοιχείο χαρακτηρίζεται από μία μοναδική θέση στο χώρο και μία αντίστοιχη εγγραφή (record) σε έναν πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών (attribute table).

Κάθε γεωγραφικό στοιχείο, λοιπόν, χαρακτηρίζεται από μία μοναδική θέση στο χώρο και συνδέεται μέσω ενός μοναδικού κωδικού με μία εγγραφή στον πίνακα της βάσης δεδομένων. Η σχέση μεταξύ των γεωγραφικών στοιχείων και των εγγραφών του πίνακα είναι ένα-προς-ένα. Αναλυτικότερα, ο πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών συνίσταται από στήλες που καλούνται πεδία και από γραμμές που καλούνται εγγραφές. Κάθε *πεδίο* αντιπροσωπεύει ένα είδος περιγραφικής πληροφορίας π.χ. εμβαδόν, περίμετρο κ.λπ. Κάθε εγγραφή περιέχει τις ιδιότητες ενός στοιχείου στο σύνολο των δεδομένων. Π.χ. ο πίνακας μίας Βάσης Δεδομένων πελατών θα περιέχει μια εγγραφή για κάθε πελάτη και θα περιέχει στήλες για το όνομα, τη διεύθυνση κλπ. του πελάτη. Ένα χαρακτηριστικό είναι απλά μια εγγραφή που συνδυάζει δεδομένα σε μορφή πίνακα και γεωγραφική πληροφορία.

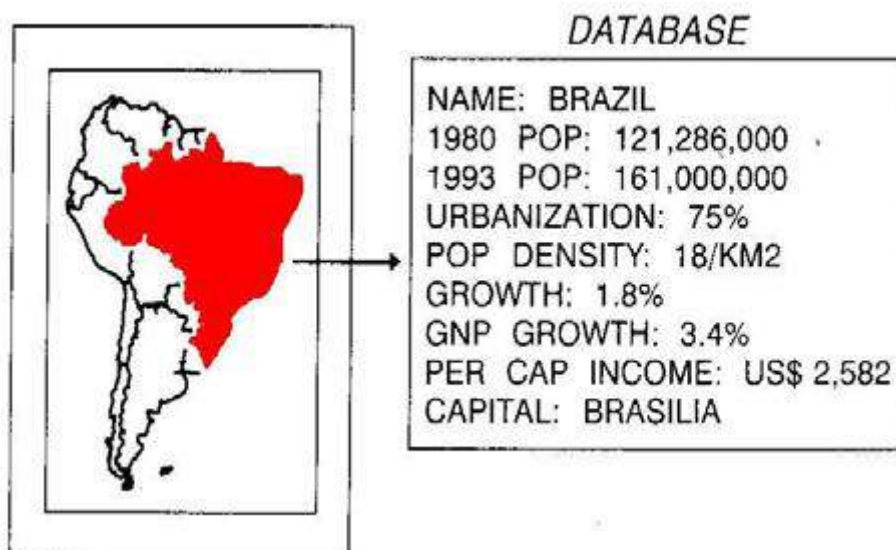
Κάθε πίνακας πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο στήλες: μία στήλη, η οποία αποθηκεύει ένα μοναδικό προσδιοριστικό γραμμών (ID), και μία στήλη που αποθηκεύει τη γεωμετρία των στοιχείων (SHAPE).

Ένα σύνολο από χαρακτηριστικά (π.χ. όλο το οδικό δίκτυο) θεωρούνται ως ένα στρώμα (layer). Στην πραγματικότητα οι ψηφιακοί χάρτες δεν είναι τίποτε άλλο από μια συλλογή από στρώματα. Τα στρώματα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και μας επιτρέπουν να δούμε όλες τις όψεις του χάρτη την ίδια χρονική στιγμή. Π.χ. ένα στρώμα θα μπορούσε να περιέχει τα σύνορα των χωρών της γης, ένα άλλο στρώμα να περιέχει σύμβολα που να αναπαριστούν τις πρωτεύουσες, ένα τρίτο στρώμα μπορεί να περιέχει τις εθνικές οδούς κλπ. Τοποθετώντας αυτά τα στρώματα το ένα πάνω στο άλλο δημιουργούμε έναν πλήρη χάρτη. Το GIS σύστημα συνδυάζει διάφορα στρώματα για να απαντήσει σε συγκεκριμένες χωρικές ερωτήσεις. Χαρακτηριστικά που σχετίζονται μεταξύ τους, όπως π.χ. ποτάμια και κανάλια, θα μπορούν να εμφανίζονται σε ένα στρώμα, ενώ υποδομή, όπως δρόμοι, να εμφανίζονται σε άλλο στρώμα. Όταν κάποια χαρακτηριστικά δεν ενδιαφέρουν το χρήστη σε κάποια χρονική στιγμή, θα μπορεί να τ' αποκρύπτει εμφανίζοντας μόνο την πληροφορία που τον ενδιαφέρει.

Επιπλέον ένα σύστημα GIS μπορεί να συνδέει εξωτερικές βάσεις δεδομένων με αντικείμενα που ανήκουν στο χάρτη. Αυτή η σύνδεση επιτρέπει σε όποιες αλλαγές γίνονται στις βάσεις δεδομένων να φαίνονται αμέσως στο χάρτη καθώς και να μπορούμε να κάνουμε ερωτήσεις στη βάσεις δεδομένων απευθείας από το χάρτη. Επίσης, διαθέτει ένα σύνολο από εργαλεία που μπορούν να διαχωρίσουν τα διάφορα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στις

εξωτερικές βάσεις δεδομένων, εμφανίζοντας π.χ. αντικείμενα ή περιοχές που ικανοποιούν συγκεκριμένα κριτήρια με διαφορετικά χρώματα ή σχήματα.

Μία χαρακτηριστική διαδικασία σε ένα GIS είναι αυτή κατά την οποία όταν ο χρήστης επιλέξει ένα γραφικό (χωρικό) στοιχείο, με έναν απλό χειρισμό λαμβάνει τις περιγραφικές πληροφορίες που αντιστοιχούν σε αυτό.



**Σχήμα 3. 37 Διαδικασία ανάγνωσης περιγραφικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου.**

Ακόμη, μια γραφική οντότητα (ένα χωρικό στοιχείο) εντοπίζεται μέσα στον ψηφιακό χάρτη και τίθεται υπόψη του χρήστη, όταν αυτός επιλέγει από τη βάση περιγραφικών δεδομένων τη μη – χωρική πληροφορία που σχετίζεται με το συγκεκριμένο γραφικό στοιχείο.

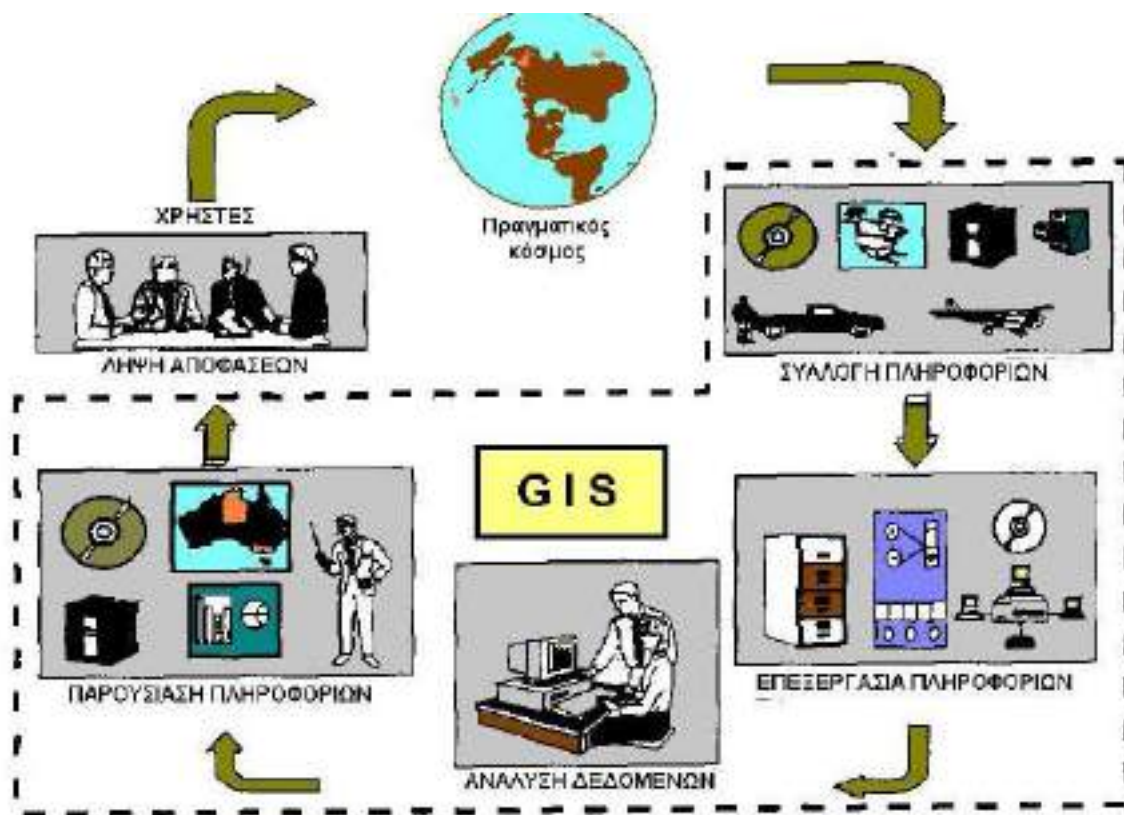


**"κλικ" στη βάση περιγραφικών δεδομένων**

**Σχήμα 3. 38 Διαδικασία εντοπισμού ενός στοιχείου μέσα από τη βάση δεδομένων.**

### 3.4.4 Χρησιμότητα των Γ.Σ.Π.

Οι δυνατότητες συνδυασμένης χρησιμοποίησης των χωρικών και των περιγραφικών πληροφοριών καθιστούν τα ΓΣΠ ισχυρότατα βοηθήματα για το σχεδιασμό ενεργειών και τη λήψη αποφάσεων. Αυτό ισχύει τόσο για αποφάσεις που βασίζονται σε αντικειμενικά στοιχεία, στατιστικές αξιολογήσεις και πραγματικούς αριθμούς, όσο και για αποφάσεις που βασίζονται σε αρχές πολιτικής. Οι αποφάσεις αυτής της κατηγορίας ακολουθούν διαφορετική λογική, όπου όμως ένα ΓΣΠ και πάλι μπορεί να δώσει τα υπάρχοντα στοιχεία και να προδιαγράψει τις επιπτώσεις των αποφάσεων σε θεωρητικό επίπεδο. Τα ΓΣΠ βοηθούν στη λήψη αποφάσεων που αφορούν ένα πρόσωπο, μια μικρή επιχείρηση μέχρι την άσκηση πολιτικής από ένα κυβερνητικό σχήμα σε ένα τόπο.



Σχήμα 3.5

Ένας άλλος τρόπος να κατανοήσουμε τη χρησιμότητα των ΓΣΠ είναι με την παράθεση του τύπου των ερωτημάτων στα οποία η τεχνολογία των ΓΣΠ μπορεί να απαντήσει. Οι ερωτήσεις αυτές κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες

- Τοποθεσία (Τι υπάρχει στην συγκεκριμένη τοποθεσία πχ ποια πόλη βρίσκεται σε αυτό το γεωγραφικό μήκος – πλάτος; Μια τοποθεσία μπορεί να περιγραφεί με πολλούς τρόπους πχ ταχυδρομικό κωδικό, όνομα, συντεταγμένες κλπ)
- Κατάσταση (Είναι παραλλαγή της πρώτης κατηγορίας. Περιλαμβάνει ερωτήσεις του τύπου εντόπισε τις τοποθεσίες που πληρούν την συνθήκη πχ εντόπισε όλα τα οικοδομικά τετράγωνα τα οποία έχουν εμβαδόν μεγαλύτερο από 2 στρέμματα σε απόσταση 1κμ από την εθνική οδό.)
- Διαδρομή (ποια είναι η ταχύτερη/ κοντινότερη διαδρομή για τον τάδε προορισμό)
- Αλλαγές-Τάσεις (τι έχει αλλάξει στην περιοχή του τάδε προαστίου τα τελευταία 10 έτη;)
- Σχέδια (Ποια είναι η διαδρομή διάδοσης της λάβας από την έκρηξη ενός ηφαιστείου; Ποιες είναι οι περιοχές - διαδρομές διάδοσης του ιού της γρίπης στην Ασία)
- Μοντέλα (Ποια θα είναι η επίδραση στο περιβάλλον εάν κατασκευαστεί η νέα λεωφόρος; Τα ερωτήματα αυτού του τύπου για να απαντηθούν απαιτούν τόσο γεωγραφικά όσο και άλλου τύπου δεδομένα όπως και την ύπαρξη κατάλληλων μοντέλων, κοινές εφαρμογές του modeling είναι η υποστήριξη λήψης αποφάσεων, η πρόβλεψη και η δημιουργία σεναρίων).
- Μη χωρικές ερωτήσεις (Ποιος είναι ο αριθμός των εργαζομένων στην βιομηχανία σε κάθε περιοχή; Η ερώτηση αυτή είναι μια μη χωρική ερώτηση διότι για την απάντηση της δεν απαιτείται η γνώση του που βρίσκεται η κάθε περιοχή, γενικά τα ΓΣΠ μπορούν να υποστηρίξουν και μη χωρικά ερωτήματα.)
- Χωρικές ερωτήσεις ( Είναι ερωτήματα τα οποία μπορούν να απαντηθούν μόνο με την χρήση δεδομένων τα οποία περιέχουν συντεταγμένες πχ πόσα ATM της τάδε τράπεζας υπάρχουν σε ακτίνα 5 κμ από το κέντρο του Βόλου; Ή πόσοι άνθρωποι ασχολούνται με ΓΣΠ στον Βόλο;.)<sup>[35]</sup>

### 3.4.5 Λογισμικό ArcGIS

Το Λογισμικό ArcGIS αποτελεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση της ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) στον χώρο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Δημιουργήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες των χρηστών των Γ.Σ.Π., προσφέροντας μία κλιμακωτή, περιεκτική και ενιαία πλατφόρμα εισαγωγής, ανάλυσης, επεξεργασίας, συντήρησης και διάχυσης των γεωγραφικών δεδομένων. Διαθέτει ένα βαθμωτό περιβάλλον εργασίας που παρέχει μία ολοκληρωμένη σειρά εργαλείων για χρήστες σε desktops, σε servers, στο διαδίκτυο και στην ύπαιθρο.

- Το **ArcMap** σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες που προκύπτουν από τη μεριά του χαρτογράφου, για την παραγωγή θεματικών χαρτών κάθε μορφής και περιεχομένου, όπως και εφαρμογών G.I.S. Αποτελεί μια εκ των τριών διεπαφών του G.I.S. πακέτου ArcGis. Οι επιμέρους δύο διεπαφές του είναι : το **ArcCatalog** και το **ArcToolbox**. Αναπτύχθηκε από την εταιρία ESRI
- Το **ArcPad** αποτελεί ένα από τα περιβάλλοντα εργασίας του ArcGIS, το οποίο και θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας. Πρόκειται για ένα λογισμικό GIS και χαρτογράφησης κατάλληλο για υπολογιστές χειρός και φορητά συστήματα. Χρησιμοποιείται για να εκτελεί μία ποικιλία από GIS εργασίες πεδίου, όπως συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω GPS (του Παγκόσμιου Συστήματος προσδιορισμού θέσης), πλοήγηση, εξέταση και δυνατότητα επέμβασης και διόρθωσης χαρακτηριστικών πληροφοριών των αντικειμένων στο χώρο. Κύρια προτερήματά του είναι η ακρίβεια και η ουσιαστική οικονομία χρόνου.<sup>[36]</sup>

### 3.5 Εφαρμογές Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης σε Συγκοινωνιακά Συστήματα

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους του αντίστοιχου εξοπλισμού για προσδιορισμό θέσης και πλοήγηση μας επιτρέπουν την αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών σε τομείς όπως η χωροταξία, η γεωργία και η διαχείριση των αλιευτικών πόρων, η αειφόρος ανάπτυξη και η περιβαλλοντική προστασία, οι εφαρμογές των συστημάτων αυτών σε τομείς ενδιαφέροντος του Πολιτικού/Τοπογράφου Μηχανικού (αποτυπώσεις, κτηματογράφηση, αποτύπωση των ορίων μίας περιοχής, κ.λπ.), η παρακολούθηση της μικρομετακίνησης τεκτονικών πλακών σε σεισμογενείς περιοχές, η παρακολούθηση μεγάλων γεωλογικών ρηγμάτων και η παρακολούθηση παραμορφώσεων τεχνικών έργων, η πλοήγηση και ο προσδιορισμός θέσης οχήματος, η διαχείριση στόλου οχημάτων κ.λπ.). Παρακάτω αναπτύσσονται ορισμένες εφαρμογές που αφορούν τα συγκοινωνιακά συστήματα.

#### 3.5.1 Πλοήγηση – ασφάλεια οδικού δικτύου

Η πλοήγηση και ο προσδιορισμός της θέσεως μέσω δορυφόρου (GPS): Οι σύγχρονες συσκευές GPS επιτρέπουν τον περιορισμό της διάρκειας των μετακινήσεων των επιβατών οι οποίοι, ανά πάσα στιγμή, είναι σε θέση να έχουν ακριβείς και αξιόπιστες πληροφορίες για τη θέση τους, γεγονός που τους επιτρέπει να βελτιστοποιήσουν την πορεία τους. Επιπλέον οι επιβάτες ενημερώνονται για διάφορα σημεία ενδιαφέροντος ανά περιοχές, επικίνδυνα σημεία δρόμων, διάφορα καταστήματα, κέντρα διασκέδασης, τράπεζες, σταθμούς βενζίνης, ξενοδοχεία, σχολεία, αθλητικά κέντρα, δημόσιες υπηρεσίες και πολλά άλλα ανάλογα με το πρόγραμμα και τις δυνατότητες του δέκτη τους. Ένα τέτοιο σύστημα πλοήγησης είναι το **GreenDrive** (του Άλεξ Άκερμαν και του Γιοσέφ Σίρι), το τροφοδοτείται με δορυφορικά στοιχεία για τη θέση του αυτοκινήτου στο χάρτη, τις συνθήκες του δρόμου, τον τύπο του οχήματος κλπ., συμβουλευοντας τον οδηγό για το πιο οικονομικό στίλ οδήγησης που μπορεί να ακολουθήσει, πότε να επιταχύνει, πότε να πατήσει φρένο, πότε να κρατήσει σταθερή ταχύτητα κ.ο.κ.

Εφαρμογές των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ασφάλεια στο οδικό δίκτυο. Τέτοιες εφαρμογές είναι:

- Η πρωτοβουλία «eSafety» περιλαμβάνει σειρά εφαρμογών με τη χρήση ακριβούς

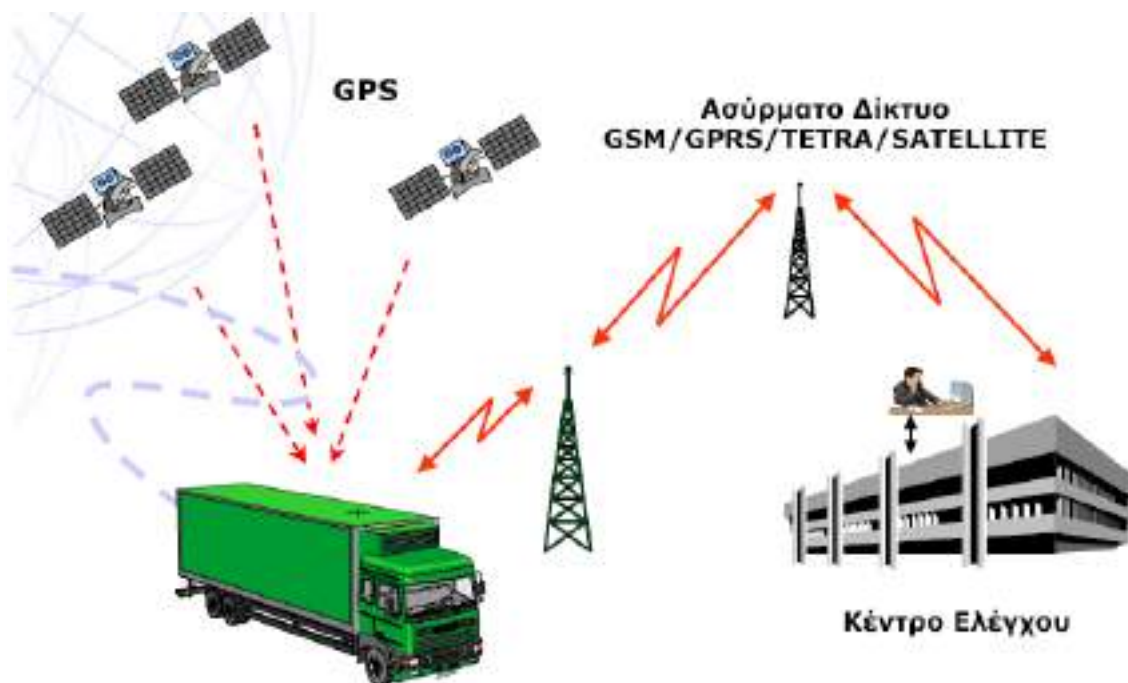
εντοπισμού του οχήματος, θέτοντας ως προτεραιότητα την καθιέρωση ενός πανευρωπαϊκού προτύπου κλήσης έκτακτης ανάγκης από το όχημα και παρέχοντας κατευθύνσεις για την οδήγηση και καθιστώντας δυνατό τον εντοπισμό του σημείου του αυτοκινητοδρόμου όπου σημειώνεται ένα ατύχημα, πληροφορίες που είναι πρωταρχικής σημασίας για ασθενοφόρα και σωστικά συνεργεία.

- Παρακολούθηση της μεταφοράς επικίνδυνων υλικών, επιτήρηση των συνόρων, ανταλλαγή ευαίσθητων πληροφοριών προς όφελος της ασφάλειας των πολιτών .
- Διαχείριση έκτακτων καταστάσεων (φυσικές καταστροφές, θαλάσσια ρύπανση, χημικά ατυχήματα, πολιτικές κρίσεις, κλπ). Επιπρόσθετα επιτρέπει την ιχνηλάτηση πόρων και εργατικού δυναμικού, βελτιώνει το σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση της διάθεσης πόρων για πραγματοποίηση έγκαιρης επέμβασης σε απομακρυσμένες περιοχές με δύσκολη πρόσβαση.<sup>[37]</sup>

### 3.5.2 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων

Το σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων είναι μια εφαρμογή που έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την ακριβή θέση οχήματος σε πραγματικό χρόνο (real time), να απεικονίζει στόλο οχημάτων σε ψηφιακούς χάρτες, να καταγράφει ιστορικό διαδρομών με όλες τις πληροφορίες συνδυάζοντας τεχνολογίες GPS, GPRS και GIS.

Η εφαρμογή είναι σχεδιασμένη να ελέγχει την κίνηση των οχημάτων και να βελτιώνει τον προγραμματισμό τους έτσι ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη χρήση τους. Ο εντοπισμός των οχημάτων γίνεται με βάση το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS (Global Positioning System). Οι τηλεπικοινωνιακές διασυνδέσεις επιτρέπουν τις λειτουργίες των υπηρεσιών on line. Η μεταφορά δεδομένων εξασφαλίζεται με την πρόσβαση στο δίκτυο GSM. Ο Σταθμός Βάσης είναι εγκατεστημένος στο κέντρο παρακολούθησης και διαχείρισης του στόλου. Ο διαχειριστής του στόλου χρησιμοποιεί το λογισμικό Σταθμού Βάσης προκειμένου να παρακολουθεί και να ελέγχει τα δεδομένα δρομολογίου οχημάτων και να λαμβάνει αποφάσεις σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση.



**Σχήμα 4.1** Αρχές λειτουργίας συστημάτων ανίχνευσης και παρακολούθησης στις συνδυασμένες μεταφορές <sup>[39]</sup>

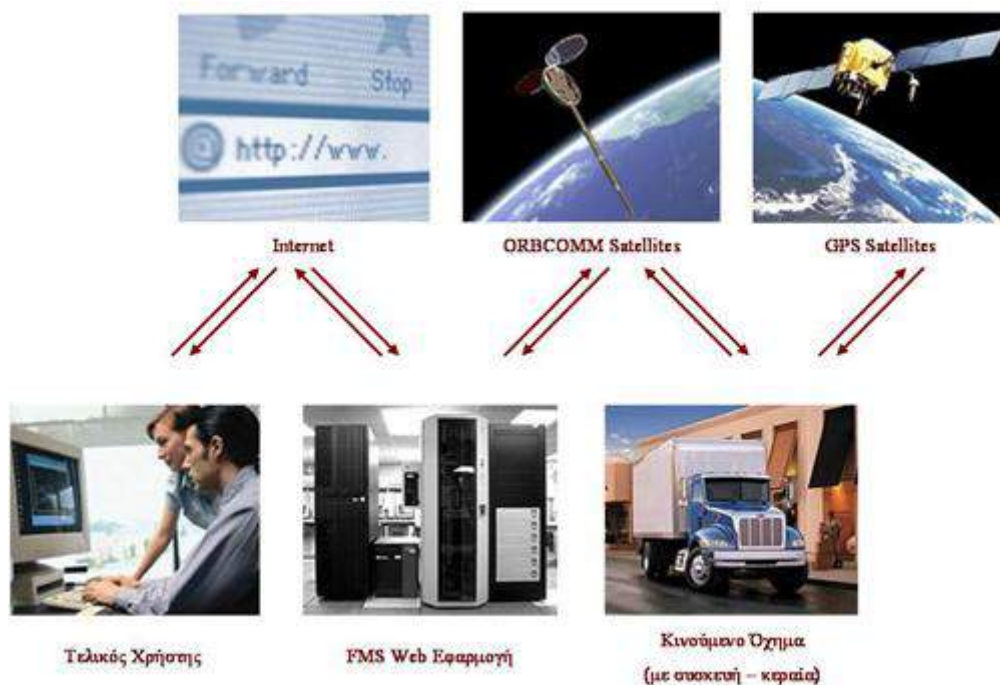
Η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα απεικόνισης και λειτουργίας σε ευρύ φάσμα χαρτών διαφορετικού τύπου και κλίμακας. Η μεταφορά των δεδομένων μπορεί να διασφαλιστεί με είτε με τη χρήση κινητής τηλεφωνίας, είτε με τη χρήση δορυφόρων:

- Διαχείριση Στόλου Οχημάτων με κινητή τηλεφωνία: Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G) κάνοντας χρήση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων χρησιμοποιώντας την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων. Το GSM δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων τα οποία επεξεργάζεται ένα σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων. Η διαχείριση του στόλου οχημάτων είναι ένα σύστημα αυτό προσφέρει παρακολούθηση στοιχείων κίνησης των οχημάτων μέσω προγράμματος φυλλομετρητή (web browser).

Το συγκεκριμένο σύστημα υλοποιείται έχοντας ως βασικό κορμό του την γεωγραφική βάση δεδομένων και τις συσκευές GPS/GPRS, οι οποίες θα είναι εγκατεστημένες στα οχήματα, συνεπώς, ο εντοπισμός και η διαχείριση των οχημάτων γίνεται με μεγάλη χωρική ακρίβεια και σε πραγματικό χρόνο. Η κύρια σελίδα της εφαρμογής παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να ανακτήσει πληροφορίες που αναφέρονται στο σύνολο των οχημάτων που του έχουν ανατεθεί από το σύστημα και στις αναφορές τους, ενώ έχει τη δυνατότητα να δει σε

ψηφιακό χάρτη σε πραγματικό χρόνο την απεικόνιση της θέσης των οχημάτων που επιλέγει.

- Διαχείριση Στόλου Οχημάτων με δορυφόρους. Ο τηλεματικός εξοπλισμός τοποθετείται σε οχήματα, με σκοπό την παρακολούθηση της θέσης τους και την αποτύπωσή της σε πραγματικό χρόνο σε ηλεκτρονικούς χάρτες. Ο τηλεματικός εξοπλισμός για κάθε ένα από τα οχήματα αποτελείται από μια συσκευή που ταυτόχρονα είναι δέκτης GPS και modem αμφίδρομης δορυφορικής επικοινωνίας που επιτρέπει: (α) την παρακολούθηση της θέσης κάθε οχήματος και (β) την αποστολή της θέσης του οχήματος στον ηλεκτρονικό χάρτη. Σε κάθε όχημα εγκαθίσταται και τίθεται σε λειτουργία από την εταιρεία (π.χ. anmap) ο εξοπλισμός Τηλεματικής ο οποίος μέσω του πομποδέκτη δορυφορικού εντοπισμού GPS που διαθέτει, υπολογίζει τη θέση του οχήματος. Στη συνέχεια με τη χρήση του δικτύου δορυφόρων χαμηλής τροχιάς, η θέση του οχήματος αποστέλλεται στον κεντρικό server ο οποίος είναι προσβάσιμος στους χρήστες του συστήματος μέσω του διαδικτύου και ενός browser (web based) με τη χρήση ενός κωδικού.



**Σχήμα 4. 2** Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος διαχείρισης στόλου οχημάτων.

Το Σύστημα Τηλεματικής Διαχείρισης προβλέπει την εγκατάσταση ειδικού εξοπλισμού τηλεματικής στις κινητές μονάδες των οχημάτων του στόλου. Πιο συγκεκριμένα σε κάθε όχημα εγκαθίσταται μία έξυπνη συσκευή η οποία ενσωματώνει σε μία ενιαία φυσική μονάδα τις λειτουργίες ενός δέκτη GPS, ενός modem αμφίδρομης δορυφορικής επικοινωνίας και ενός μικροϋπολογιστή. Η γεωγραφική θέση και τα άλλα στοιχεία κίνησης του οχήματος όπως κατεύθυνση, ταχύτητα, κ.ά. υπολογίζονται τοπικά σε κάθε όχημα με χρήση του δέκτη GPS, καταγράφονται και αποστέλλονται στο σταθμό βάσης για επεξεργασία. Όλες οι Μονάδες που εγκαθίστανται στα οχήματα είναι βαρέως τύπου και εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή λειτουργία τους σε σκληρές συνθήκες εργασίας και εξωτερικής παρέμβασης με σκοπό την κακή χρήση.

Το σύστημα είναι προστατευμένο με ασφάλεια ρεύματος, ώστε να αποφεύγονται βλάβες τόσο στο ίδιο σύστημα, όσο και στο ηλεκτρικό σύστημα του αυτοκινήτου. Η ηλεκτρική εγκατάσταση του συστήματος είναι συμβατή με την υπερκατασκευή του οχήματος. Το δίκτυο τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων χαμηλής τροχιάς επιτρέπει την επικοινωνία των τερματικών συσκευών με το κέντρο ελέγχου 24 ώρες το 24ωρο, χωρίς καμία διακοπή, ακόμη και σε ακραίες καιρικές συνθήκες, μεγάλες φυσικές καταστροφές, πυρκαγιές κλπ, διότι δεν εξαρτάται από επίγεια μέσα επικοινωνίας. Ακόμη και σε περιοχές που δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου κινητής τηλεφωνίας, είναι δυνατή η επικοινωνία του οχήματος με το κέντρο ελέγχου. Έτσι, ανά πάσα στιγμή τα δεδομένα που εκπέμπονται από τα οχήματα (Γεωγραφικό Μήκος και Πλάτος, Ταχύτητα, Κατεύθυνση) αποτυπώνονται στον ψηφιακό χάρτη που απεικονίζει την τρέχουσα θέση του οχήματος. Ο εξυπηρετητής διαχείρισης (Fleet Server), χειρίζεται την επικοινωνία με τα οχήματα, λαμβάνει τις αναφορές των οχημάτων, τις επεξεργάζεται και ενημερώνει την βάση δεδομένων.

Ο communication controller αποτελεί τον δίαυλο επικοινωνίας του κέντρου ελέγχου με τα οχήματα κάνοντας χρήση εξειδικευμένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας. διαχείριση του πρωτοκόλλου επιτρέπει την ενσωμάτωση «έξυπνων» διαδικασιών που απαιτούνται για τη λήψη συντεταγμένων, καταγραφή στην μνήμη και έλεγχο εσωτερικών συσκευών ή/και διακοπών του οχήματος.<sup>[38]</sup>

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ένα Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα σε συνεργασία με το Ε.Μ.Π., ερευνώντας και λαμβάνοντας υπόψη του όλες τις ανάγκες της Διαχείρισης στόλου σιδηροδρομικών οχημάτων, ανέπτυξε ένα πρωτοποριακό σύστημα για να ενισχύσει τους διαχειριστές στόλου στην διαδικασία της λήψης αποφάσεων. Το πρόγραμμα αυτό έρχεται για να αντιμετωπίσει εκτός των άλλων και φαινόμενα όπως:(α) Καθυστέρηση βαγονιών από προηγούμενους πελάτες. (β) Δεδομένης της ανυπαρξίας πληροφοριών σχετικά με τον εκτιμώμενο Χρόνο Άφιξης των βαγονιών(Time of Arrival - ETA), οι διαχειριστές του στόλου σιδηροδρομικών οχημάτων οργανώνουν τις δραστηριότητες τους

βασιζόμενοι στον αριθμό των βαγονιών που είναι διαθέσιμα, άδεια και σταθμευμένα στο σταθμό. Η αξιολόγηση του συστήματος αυτού (F-MAN) έγινε μέσω δοκιμών σε βαγόνια του Γαλλικού, Πορτογαλικού και Σλοβενικού Σιδηροδρόμου. Τα πρώτα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών είναι πολύ ενθαρρυντικά για την ενσωμάτωση της εξελιγμένης διαχείρισης στον τομέα των συνδυασμένων μεταφορών. Συγκεκριμένα έδειξαν ότι ο συνδυασμός της τεχνολογίας του GPS με κινητή επικοινωνία, τεχνολογίες Διαδικτύου και υπολογιστές μπορεί να προσφέρει ικανοποιητική υποστήριξη στον διαχειριστή στόλου ώστε να μπορέσει να βελτιώσει ουσιαστικά την παραγωγικότητα του στόλου των κενών του βαγονιών .

### **3.5.3 Διαχείριση Στόλου Τραμ στην Αθήνα**

Ένα έργο Τηλεματικής και Επικοινωνιών υλοποιήθηκε για το TPAM της Αθήνας, εξοπλίζοντας τους συρμούς με προηγμένα συστήματα τηλεματικής εποπτείας όπως υπολογιστή οχήματος, δορυφορικό σύστημα εντοπισμού, σύστημα αυτόματων αναγγελιών, εξοπλισμό ασύρματης επικοινωνίας TETRA, Σύστημα επείγουσας κλήσης, κλπ.

Κομβικό σημείο είναι το Κέντρο Ελέγχου από όπου ασκείται Τηλεματική εποπτεία της επιχειρησιακής λειτουργίας του TPAM, καθώς όλα τα οχήματα θα βρίσκονται υπό συνεχή παρακολούθηση γνωρίζοντας την θέση τους ανά πάσα στιγμή, ενώ μέσω TETRA γίνονται οι επικοινωνίες φωνής και δεδομένων.

Το Σύστημα Δυναμικής Πληροφόρησης Επιβατών, φροντίζει για την συνεχή ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο του κοινού για τις αφίξεις/αναχωρήσεις του TPAM, ενώ μέσω ειδικών οθονών προβάλλονται multimedia μηνύματα και αυτόματες αναγγελίες για τα δρομολόγια που είναι σε εξέλιξη.

Επιπλέον, το Ασύρματο Σύστημα αλλαγής σιδηροτροχιάς, προσφέρει την δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης του ελεγκτή διακλάδωσης των «ψαλιδιών» , κατά την προσέγγιση του οχήματος στον κόμβο, ενώ το Σύστημα παροχής προτεραιότητας στους φωτεινούς σηματοδότες, επιτρέπει στο TPAM να ενεργοποιεί ασύρματα τον πράσινο φωτεινό σηματοδότη.<sup>[40]</sup>

### **3.5.4 Σύστημα Τηλεματικής ΗΛΠΑΠ**

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Στόλου οχημάτων προβλέπεται να διαχειρίζεται ένα δίκτυο μαζικής μεταφοράς αποτελούμενο από 21 γραμμές με πάνω από 350 οχήματα μέσα στην Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Το σύστημα επιτρέπει την επίβλεψη του στόλου σε πραγματικό χρόνο και την παρακολούθηση των οχημάτων στο Κέντρο Διαχείρισης Οχημάτων (ΚΔΟ) ενώ διαχειρίζεται πληροφορία σχετικά με την τήρηση των δρομολογίων,

ακυρώσεις εισιτηρίων, την κατάσταση του οχήματος και την ταυτότητα των οδηγών. Το ΚΔΟ ενημερώνει επίσης τους επιβάτες για το δρομολόγιο και τις επερχόμενες στάσεις, μέσω ηλεκτρονικού πίνακα μεταβλητών μηνυμάτων (VMS), εγκατεστημένου μέσα στο όχημα.

Το Γεωγραφικό Σύστημα πληροφοριών (GIS) αποτελείται από ένα αστικό χαρτογραφικό υπόβαθρο όπου απεικονίζονται τα οικοδομικά τετράγωνα, οι δρόμοι, οι στάσεις και τα ονόματα οδών για όλες τις περιοχές που καλύπτονται από διαδρομές οχημάτων. Πάνω από το επίπεδο GIS, εμφανίζονται τα κινούμενα οχήματα με κατάλληλα σύμβολα. Το σύστημα παρέχει πλήθος λειτουργιών διαχείρισης και επεξεργασίας του Γεωγραφικού υποβάθρου στους χρήστες του ΚΔΟ ενώ νέες διεργασίες προβλέπεται να συμπεριληφθούν στο μέλλον. Έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές αναπαράστασης των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο και υψηλής ακρίβειας αλγόριθμοι matching ώστε να βελτιωθεί η ακρίβεια. Η n-topos έχει ένα συμβόλαιο συντήρησης και αναβάθμισης για αυτό το έργο, έως το 2014.<sup>[40]</sup>

### 3.5.5 Εσωτερικές λεωφορειακές γραμμές στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών

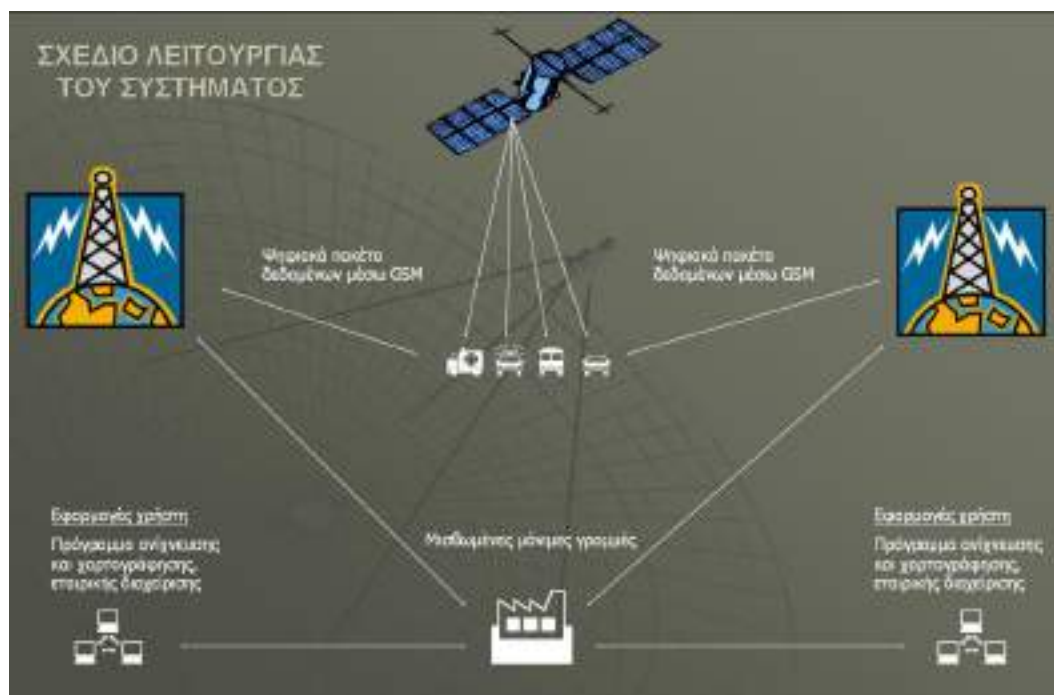
Ένα πρωτοποριακό έργο τηλεματικής σε ραδιοδίκτυο TETRA έχει ολοκληρωθεί στο Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών Ελευθέριος Βενιζέλος, εγκαθιστώντας ένα αυτόματο σύστημα πληροφόρησης «έξυπνων στάσεων» για τους επιβάτες των λεωφορειακών γραμμών που εξυπηρετούν τις μετακινήσεις του προσωπικού εντός του Αεροδρομίου. Το σύστημα επιτρέπει την παρακολούθηση και καταγραφή της θέσης των λεωφορείων σε 24ωρη βάση μέσω GPS. Οι «έξυπνες στάσεις» επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο και σε 24ωρη βάση μέσω του ασύρματου ραδιοδικτύου TETRA τόσο με τα λεωφορεία όσο και με ένα κεντρικό σύστημα εποπτείας, λαμβάνοντας πληροφορίες για τον πραγματικό χρόνο άφιξης κάθε δρομολογίου. Με αυτό τον τρόπο οι επιβάτες γνωρίζουν με ακρίβεια τον χρόνο αναμονής έως την άφιξη του λεωφορείου, ενώ σε περιπτώσεις ακύρωσης ή καθυστέρησης κάποιου δρομολογίου ενημερώνονται άμεσα για το γεγονός. Η εφαρμογή αυτή, μετά την απόλυτη επιτυχία της, επεκτάθηκε κατόπιν απαιτήσεως της διεύθυνσης του αεροδρομίου και στο parking του αεροδρομίου.<sup>[40]</sup>

### 3.5.6 Διαχείριση στόλου ραδιοταξί

Ένα σύστημα αυτοματοποιημένης διαχείρισης στόλου ραδιοταξί που ονομάζεται ΠΥΘΙΑ έχει αναπτυχθεί από εταιρείες του Τεχνολογικού Πάρκου Κρήτης στο Ηράκλειο. Αποτελεί ένα εξελιγμένο σύστημα τηλεματικής για ταξί και η ανάπτυξη του έχει διαρκέσει πάνω από δύο χρόνια. Το σύστημα βασίζεται σε τεχνολογίες ΓΣΠ και τηλεφωνικού κέντρου (ISDN/VoIP) και ήδη λειτουργεί στα ραδιοταξί ΚΑΝΤΙΑ στο Ηράκλειο Κρήτης.

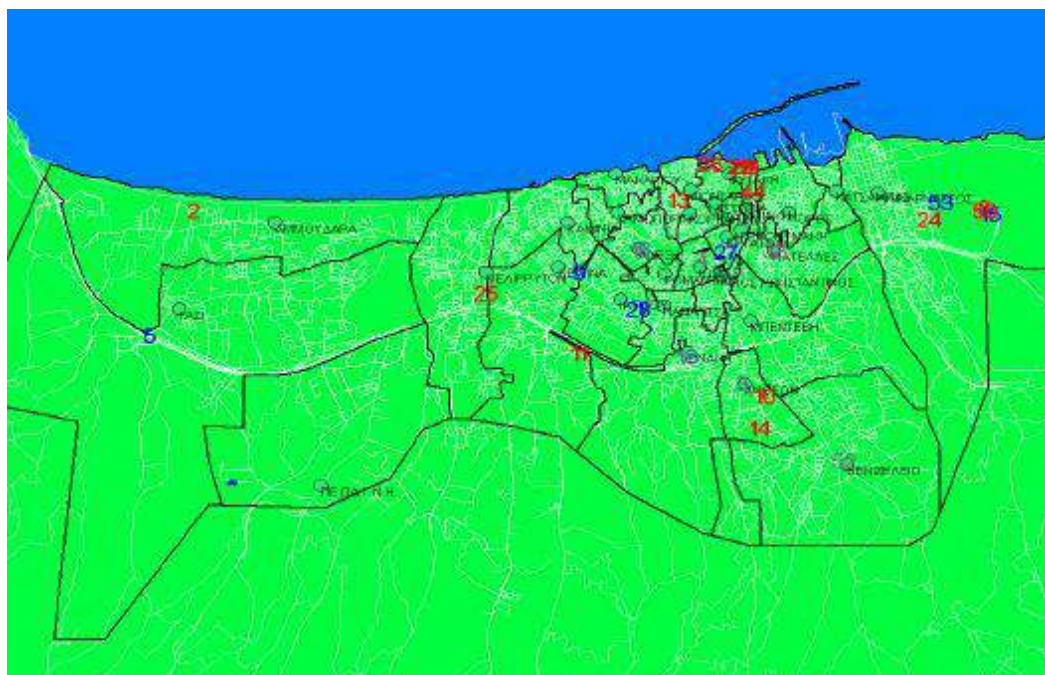
Στο ΠΥΘΙΑ κάθε ταξί είναι εφοδιασμένο με ένα τερματικό (υπολογιστή) με ενσωματωμένο δέκτη GPS και modem GSM. Μέσω του GPS γίνεται αυτόματα ο εντοπισμός της θέσης του ταξί και στη συνέχεια η πληροφορία αυτή στέλνεται στο Κέντρο Διαχείρισης Κλήσεων (ΚΔΚ). Όταν κάποιος πελάτης τηλεφωνήσει, τότε γίνεται αναγνώριση του τηλεφώνου (εάν είναι πελάτης) και το σύστημα αναθέτει την διαδρομή στο κοντινότερο ελεύθερο ταξί. Στο ΚΔΚ λειτουργεί εφαρμογή παρακολούθησης οχημάτων (Tracking application) που πάνω σε ψηφιακό χάρτη παρουσιάζει όλα τα ταξί, με τον αριθμό τους και χρωματισμένα ανάλογα με το εάν είναι ελεύθερα ή κατειλημμένα. Με αυτό τον τρόπο το Κ.Δ.Κ. είναι συνεχώς ενημερωμένο για την θέση και την κατάσταση (ελεύθερο / κατειλημμένο) όλων των ταξί του στόλου.

Διαγραμματικά η λειτουργία του συστήματος και η ροή των πληροφοριών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

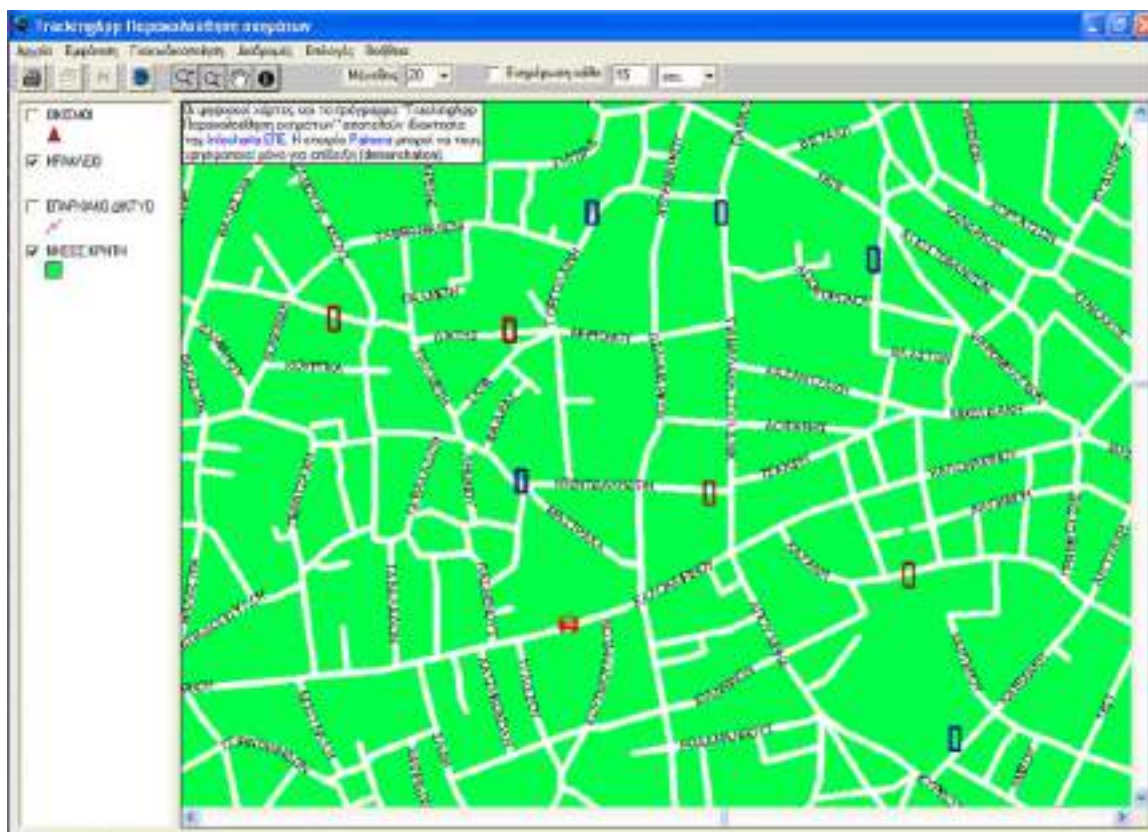


Σχήμα 3. 39 Σχέδιο λειτουργίας του συστήματος ΠΥΘΙΑ.

Οι ψηφιακοί χάρτες αποτελούν ένα βασικό στοιχείο του ΠΥΘΙΑ καθώς χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης του πελάτη αλλά και του ταξί που θα εξυπηρετήσει τον πελάτη. Οι χάρτες που χρησιμοποιεί το σύστημα περιέχουν ακριβή και ενημερωμένα δεδομένα για όλους τους δρόμους, την ονομασία τους, την αρίθμηση (δεξιά και αριστερά) καθώς και την επιτρεπόμενη κατεύθυνση των οχημάτων. Περιλαμβάνουν επίσης το εθνικό και επαρχιακό δίκτυο καθώς και διάφορα σημεία ενδιαφέροντος όπως νοσοκομεία, φαρμακεία, μουσεία, τράπεζες, ξενοδοχεία, και άλλα. Οι πόλεις είναι χωρισμένες σε πολύγωνα τα οποία αντιστοιχούν στις περιοχές κάλυψης που εξυπηρετούνται από τους σταθμούς (πιάτσες) που ορίζει η κάθε εταιρία ταξί. Στο ΠΥΘΙΑ οι χάρτες χρησιμοποιούνται και στο Κ.Δ.Κ. αλλά και στο τερματικό. Στο Κ.Δ.Κ. για να εντοπίζεται η θέση του επιβάτη βάσει της διευθύνσεως του και για να επιλέγεται το ταξί που θα παραλάβει τον πελάτη (Εικόνα 1). Αντίστοιχα στο τερματικό παρουσιάζεται ένας χάρτης που επιτρέπει στον οδηγό να εντοπίζει ακριβώς το σημείο από το οποίο θα παραλάβει τον πελάτη. Στον ίδιο χάρτη προβάλλονται διάφορα σημεία ενδιαφέροντος. Ο οδηγός έχει επίσης την δυνατότητα να αναζητήσει κάποια διεύθυνση χρησιμοποιώντας ένα εικονικό πληκτρολόγιο πάνω στην οθόνη αφής του τερματικού. Στην έκδοση του συστήματος που διατίθεται στη Κρήτη το ΠΥΘΙΑ περιλαμβάνει χάρτες για τις αστικές περιοχές: Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Αγίου Νικολάου καθώς και χάρτη που παρουσιάζει το υπεραστικό δίκτυο όλης της Κρήτης με την θέση όλων των πόλεων και οικισμών. <sup>[41]</sup>



**Σχήμα 3. 40** Ψηφιακοί χάρτες που χρησιμοποιεί το σύστημα ΠΥΘΙΑ, όπου οι πόλεις είναι χωρισμένες σε πολύγωνα.



Σχήμα 3. 41 Χάρτης της ευρύτερης περιοχής της πόλης του Ηρακλείου που απεικονίζεται στην οθόνη των Η/Υ των τηλεφωνητριών. Μέσω αυτού του χάρτη οι τηλεφωνήτριες ενημερώνονται την θέση αλλά και την κατάσταση των ταξί. Με μπλε χρώμα απεικονίζονται τα ελεύθερα ταξί, με κόκκινο τα κατειλημμένα και με γκρι αυτά που βρίσκονται σταθμευμένα σε πιάτσα.



Σχήμα 3. 42 Στιγμιότυπο από την οθόνη του τερματικού που βρίσκεται μέσα στο ταξί. Απεικονίζεται χάρτης της πόλης του Ηρακλείου και η θέση του οχήματος. Πάνω και αριστερά βρίσκονται κουμπιά εντολών που μπορεί να πιάσει ο οδηγός μέσω της οθόνης αφής ώστε να αλλάξει την κατάσταση του οχήματος ή να εκτελέσει διάφορες άλλες λειτουργίες.

### 3.5.7 Ψηφιακή Καταγραφή Σιδηροδρομικού Δικτύου

Στο 2<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο «Ανάπτυξη Σιδηροδρομικών Μεταφορών» παρουσιάστηκε η εργασία του Βασίλη Γκίκα, Λέκτορα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ και του Σταμάτη Δασκαλάκη, Μεταπτυχιακού Φοιτητή ( Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας). Η εργασία αυτή παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός πειραματικού συστήματος καταγραφής και υπολογισμού των γεωμετρικών στοιχείων χάραξης σιδηροδρομικών έργων με χρήση του δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσης GPS (Global Positioning System). Ειδικότερα, παρουσιάζονται οι διαδικασίες συλλογής των δεδομένων πεδίου, το λογισμικό και η μεθοδολογία εξαγωγής της γεωμετρίας της γραμμής με τη μορφή παραδοσιακών στοιχείων χάραξης. Η εφαρμογή του συστήματος GPS έγινε με γεωδαιτικούς δέκτες δύο συχνοτήτων με τη μέθοδο μέτρησης φάσεων του φέροντος κύματος σε εκ των υστέρων επεξεργασία (post-processed kinematic).

Οι εργασίες πεδίου περιελάμβαναν τη καταγραφή ενός τμήματος σιδηροδρομικής γραμμής μήκους περίπου 350 m. Για το σκοπό του πειράματος ο κινητός δέκτης GPS τοποθετήθηκε στο μεταλλικό σκελετό του φορείου κύλισης και η κεραία GPS στο άνω μέρος ειδικά κατασκευασμένου στυλεού, η θέση του οποίου ήταν τέτοια ώστε η κεραία του συστήματος GPS κατά τη κύλιση του οχήματος να καταγράφει τη θέση της μίας από τις δύο σιδηροτροχιές. Με αυτή τη διάταξη, η λειτουργία του οχήματος σε μετάβαση και επιστροφή για κάποιο τμήμα γραμμής, επιτρέπει την εξαγωγή της θέσης του άξονα με τη βοήθεια λογισμικού που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον C++ και Visual Basic 6.0 για τις ανάγκες της πειραματικής εφαρμογής. Προκειμένου να υπολογισθούν και να εξαλειφθούν σφάλματα στον υπολογισμό της θέσης της σιδηροτροχιάς λόγω υπερύψωσης της γραμμής τοποθετήθηκε στο όχημα και συγχρονίστηκε με το δέκτη GPS ψηφιακό κλισίμετρο που παρείχε τις αναγκαίες διορθώσεις για την αναγωγή της τροχιάς της κεραίας GPS στη θέση της σιδηροτροχιάς. Παράλληλα, το ύψος του στυλεού ρυθμίστηκε ώστε να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη ορατότητα της κεραίας του δέκτη GPS προς τον ανοιχτό ορίζοντα και να περιορίζονται τα σφάλματα πολλαπλών διαδρομών του σήματος (multipath) λόγω ανεπιθύμητων ανακλάσεων (Cross et al, 2003).

Η πλήρης εξαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων χάραξης περιλαμβάνει, αφενός τον υπολογισμό του μεγέθους των παραμέτρων των στοιχείων χάραξης (γωνία διεύθυνσης ευθυγραμμίων, ακτίνα κυκλικών τόξων και παράμετρος κλωθοειδών καμπυλών) και αφετέρου, της θέσης τους (χιλιομετρική θέση αφετηρίας και πέρατος κάθε στοιχείου). Συνολικά η διαδικασία, όπως εφαρμόστηκε, διακρίνεται σε δύο στάδια: αρχικά στη κατάτμηση της γραμμής στα επιμέρους γεωμετρικά στοιχεία, και στη συνέχεια, στον ποσοτικό προσδιορισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών τους. Κατά το πρώτο στάδιο της

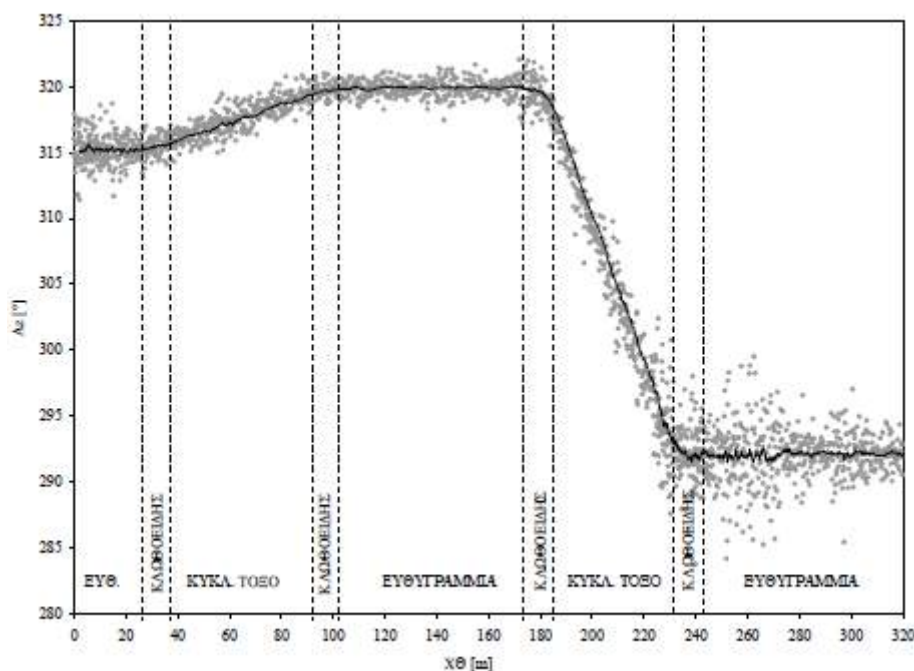
επεξεργασίας, βασικό εργαλείο για τον εντοπισμό και την οριοθέτηση της χιλιομετρικής θέσης των στοιχείων χάραξης αποτέλεσε το γωνιακό διάγραμμα της οριζοντιογραφίας - δηλαδή, το διάγραμμα αζιμουθίων των εφαπτόμενων διανυσμάτων στη γραμμή του άξονα ως προς τη χιλιομετρική τους θέση. Δεδομένου ότι στο διάγραμμα αζιμουθίων η ευθυγραμμία αναπαρίσταται ως ευθεία μηδενικής κλίσης (ευθεία παράλληλη στον άξονα χιλιομετρικής θέσης), το κυκλικό τόξο ως κεκλιμένη ευθεία και οι κλωθοειδείς ως παραβολικές καμπύλες, ήταν εύκολο με γραφικό-οπτικό τρόπο, τόσο να ταυτοποιηθούν ποιοτικά τα διάφορα γεωμετρικά στοιχεία.

Το δεύτερο στάδιο υπολογισμού αφορά το προσδιορισμό του μεγέθους των στοιχείων χάραξης - ειδικότερα, της γωνίας διεύθυνσης των ευθυγραμμιών, της ακτίνας καμπυλότητας και των συντεταγμένων του κέντρου των κυκλικών τόξων και της παραμέτρου  $A$  των χιλιομετρικών θέσεων αφετηρίας και πέρατος (βλ. Σχήμα 3). κλωθοειδών καμπυλών συναρμογής. Ο υπολογισμός αυτών των μεγεθών μπορεί να γίνει απευθείας στο γωνιακό διάγραμμα. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις η χρήση του γωνιακού διαγράμματος αποδείχθηκε αριθμητικά ασταθής, οπότε εφαρμόστηκε η γενικευμένη μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Τέλος, από τις ακτίνες καμπυλότητας των εφαπτόμενων κυκλικών τόξων και το μήκος συναρμογής υπολογίστηκε έμμεσα η παράμετρος  $A$  των κλωθοειδών καμπυλών.

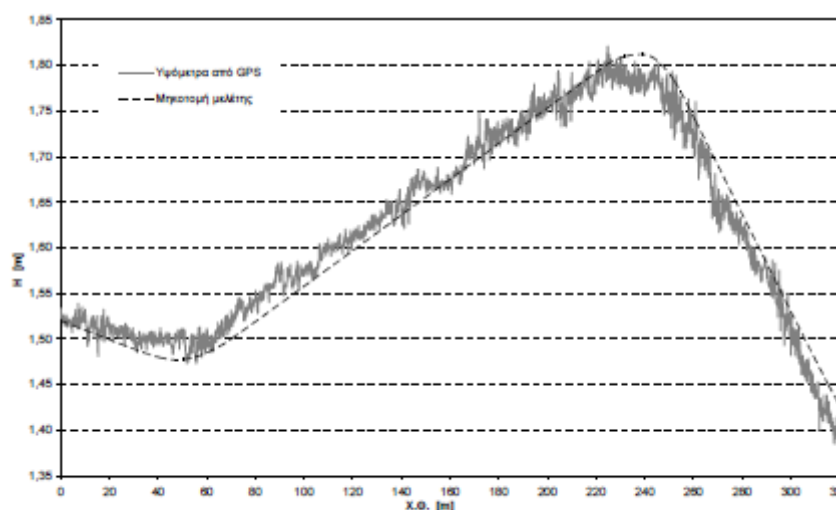
Η ακρίβεια προσαρμογής των στοιχείων χάραξης κρίθηκε ικανοποιητική. Ειδικότερα, η χιλιομετρική οριοθέτηση των σημείων αρχής και τέλους των γεωμετρικών στοιχείων χάραξης προσεγγίστηκε με ακρίβεια που κυμαίνεται μεταξύ  $\pm 2-5\text{m}$ , ενώ εκτιμάται ότι μπορεί να επιτευχθούν ακόμα καλύτερες ακρίβειες - της τάξης του  $\pm 1\text{m}$  ή καλύτερες. Επίσης, συγκριτικοί έλεγχοι υπολογισμού του μεγέθους των γεωμετρικών στοιχείων χάραξης ως προς τις τιμές σχεδιασμού έδειξαν ότι οι γωνιακές διαφορές στη διεύθυνση των ευθυγραμμιών φθάνουν έως και  $\pm 0.0050$ , ενώ στα κυκλικά τόξα οι διαφορές στην ακτίνα ( $\Delta R$ ) διαμορφώνονται στο  $\pm 0.5\%$  της ονομαστικής τιμής. Αντίστοιχα, οι διαφορές της παραμέτρου των κλωθοειδών συναρμογής ήταν της τάξης του  $\pm 5\%$  των ονομαστικών τιμών ή καλύτερα. Εκφράζοντας τις αποκλίσεις αυτές σε διαφορές ( $\Delta r_f$ ) του αντίστοιχου οριζόντιου βέλους κάμψης προκύπτει ότι δεν ξεπερνούν το  $1\text{mm}$  (βλ. Πίνακα 2).

Η μηκοτομή του άξονα της γραμμής υπολογίστηκε από τα επεξεργασμένα υψόμετρα του συστήματος GPS (βλ. Σχήμα 4.4). Με βάση την αναμενόμενη ακρίβεια του συστήματος και συνυπολογίζοντας τα σφάλματα σύνδεσης των μετρήσεων με το υπάρχον δίκτυο, η τελική ακρίβεια του απόλυτου υψομετρικού προσδιορισμού εκτιμάται ότι ανέρχεται στα  $\pm 3\text{cm}$ . Ακρίβειες αυτής της τάξης μεγέθους δεν μπορούν να ανιχνεύσουν μικρές μεταβολές στη μηκοτομή και τη κατά μήκος κλίση του άξονα. Ωστόσο, κρίνονται επαρκείς για συνήθη σιδηροδρομικά έργα, όπου η μηκοτομή του άξονα μπορεί να μεταβληθεί τοπικά έως μερικά

εκατοστά του μέτρου για λόγους που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της υποδομής και τα γεωλογικά δεδομένα μιας περιοχής.



**Σχήμα 4. 3 Γωνιακό διάγραμμα άξονα γραμμής από μετρήσεις GPS**



**Σχήμα 4. 4 Μηκοτομή άξονα γραμμής από μετρήσεις GPS.**

Σύμφωνα με τους συγγραφείς της εργασίας, η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας συγκριτικά με συνήθεις επίγειες μεθόδους αποτύπωσης υπερτερεί σε αρκετά σημεία. Συγκεκριμένα:

- δεν περιλαμβάνει διαδικασίες αποτύπωσης με συμβατικά μέσα - ως εκ τούτου, είναι ανεπηρέαστη από σφάλματα που σχετίζονται με τις διαδικασίες επίγειων αποτυπώσεων,

όπως σφάλματα σκόπευσης και κέντρωσης των οργάνων, μέτρησης και υπολογισμού των οδεύσεων, κ.α.

- η δυνατότητα μέτρησης των σύγχρονων δεκτών GPS, με συχνότητα έως 10Hz, προσφέρει ικανοποιητική πυκνότητα καταγραφής ώστε η αποτύπωση να γίνεται με ικανοποιητική ταχύτητα.
- παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής μήκους γραμμής έως 20-30km με χρήση ενός μόνο σταθμού αναφοράς.
- διακρίνεται από υψηλή παραγωγικότητα. Συγκεκριμένα με συχνότητα δειγματοληψίας 10Hz και ταχύτητα κανονικού βαδίσματος (περίπου 1σημείο ανά 7cm) μπορούν να καταγραφούν περίπου 2km γραμμής σε 1 ώρα. Σε πολλές περιπτώσεις όπου η μέση απόσταση των σημείων καταγραφής μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερη η απόδοση του συστήματος είναι εμφανώς μεγαλύτερη.
- αν και το κόστος ενός συστήματος δορυφορικού εντοπισμού που υποστηρίζει την κινηματική τεχνική είναι υψηλότερο, σε σχέση με το κόστος ενός γεωδαιτικού σταθμού και των παρελκόμενων, η υψηλή παραγωγικότητα που επιτυγχάνει το σύστημα υπερκαλύπτει το κόστος αγοράς εξοπλισμού.
- η μέθοδος παρουσιάζει εγγενή αδυναμία λειτουργίας σε περιοχές μειωμένης ορατότητας προς τους δορυφόρους, όπως σε θέσεις σιδηρόδρομων, περιοχές με υψηλή βλάστηση, πυκνοδομημένες αστικές ζώνες, κ.α. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται σκόπιμη η συνδυασμένη λειτουργία του δορυφορικού συστήματος με αδρανειακό σύστημα εντοπισμού.

Στα συμπεράσματα της εργασίας, οι συγγραφείς της υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή της μεθόδου κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική σε έργα ελέγχου και συντήρησης της σιδηροδρομικής επιδομής. Σε αυτό το πλαίσιο, η καταγραφή της απόλυτης θέσης της γραμμής μπορεί να χρησιμεύσει ώστε με τη βοήθεια επιπρόσθετων αισθητήρων (όπως 2-D σαρωτές και συστήματα οπτικού εντοπισμού) να υπολογισθεί η θέση με γεωαναφορά του εξοπλισμού και άλλων θεματικών στοιχείων του σιδηροδρομικού δικτύου.<sup>[42]</sup>

### 3.5.8 Θαλάσσιες μεταφορές

Αρμόδιος για τον καθορισμό των απαιτήσεων του εξοπλισμού εντοπισμού θέσης του παγκόσμιου συστήματος ραδιοπλοήγησης είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ). Για την προσέγγιση σε λιμένες, τον ελλιμενισμό και την πλοήγηση σε περιορισμένα ύδατα, ο ΔΝΟ συνιστά τη χρήση του GNSS. Τα υπάρχοντα και τα σχεδιαζόμενα συστήματα που παρέχουν υπηρεσίες σε πλοία στη θάλασσα (όπως οι "υπηρεσίες εξυπηρέτησης κυκλοφορίας πλοίων" και το "Αυτόματο σύστημα Αναγνώρισης") στηρίζονται επίσης στη μετάδοση πληροφοριών σχετικών με τον εντοπισμό θέσης, τις οποίες μπορεί οπωσδήποτε να παρέχει το GNSS. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναλάβει να καταρτίσει σύστημα παρακολούθησης της παράκτιας κυκλοφορίας των πλοίων για όλη την ΕΕ. Προκειμένου για την ασφάλεια στη θάλασσα και την ετοιμότητα σε περίπτωση ρύπανσης. Το GNSS θεωρείται επίσης καίριο εργαλείο για το «Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Σύστημα Κινδύνου και Ασφάλειας» (δορυφόροι και επίγειες ραδιοεπικοινωνίες για να εξασφαλίζεται η αποστολή βοήθειας οπουδήποτε θα μπορούσε να βρεθεί σε κίνδυνο ένα πλοίο).

- Στο εγγύς μέλλον, το σύστημα "Ταυτοποίησης και Παρακολούθησης Μεγάλης Ακτίνας", το οποίο εγκρίθηκε το 2006, θα επιτρέπει την ιχνηλάτηση των πλοίων πέραν της κάλυψης των παράκτιων σταθμών ραδιοεπικοινωνιών, με ταυτοποίηση και εντοπισμό του πλοίου, την ημέρα και ώρα μετάδοσης της θέσης του σε τακτικά χρονικά διαστήματα ή αναλόγως πώς ζητείται. Ακόμη, το SafeSeaNet επιτρέπει ταχεία πρόσβαση των κρατών μελών της ΕΕ σε όλες τις σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με τα πλοία που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα.

Η διαχείριση της αλιείας: Τα συνήθη μέσα ελέγχου υποβοηθούνται από τη δεκαετία του '90 με τεχνολογία δορυφορικής ιχνηλάτησης, γνωστής ως «σύστημα παρακολούθησης σκαφών»

Η εσωτερική ναυσιπλοΐα αντιπροσωπεύει μόνον το 6% της κίνησης έναντι 76% των οδικών μεταφορών: για να αποκτήσει η εσωτερική ναυσιπλοΐα πιο εξέχοντα ρόλο, λαμβάνονται μέτρα εκσυγχρονισμού του τομέα. Συγκεκριμένα ενθαρρύνεται η χρήση των τεχνολογιών εντοπισμού θέσης μέσω δορυφόρου και η κατάρτιση προδιαγραφών για τον εντοπισμό και την ιχνηλάτηση των πλοίων, με σκοπό να αυξηθεί η απόδοση και η ασφάλεια των δραστηριοτήτων εφοδιαστικής και να βελτιωθεί η προστασία του περιβάλλοντος.<sup>[43]</sup>

### 3.5.9 Αεροπορικές μεταφορές

Στον τομέα της αεροναυτιλίας, οι υπηρεσίες GNSS είναι προ πολλού συμπληρωματικό μέσο πλοήγησης. Παρέχουν ήδη συμπληρωματικές υπηρεσίες για πολλές φάσεις των πτήσεων, τόσο για τις πτήσεις αναψυχής όσο και τις εμπορικές αεροπορικές μεταφορές. Η Διεθνής Οργάνωση Πολιτικής Αεροπορίας είναι ο φορέας που καθορίζει τις δεξιότητες που απαιτούνται για να πετά ένα αεροσκάφος μέσα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του εναερίου χώρου και επιτρέπει στον χειριστή του αεροσκάφους να επιλέξει τον ειδικό εξοπλισμό για να επιτύχει τις δεξιότητες αυτές. Οι αναλυτές προβλέπουν μεγάλη ανάπτυξη έως το 2025 και ότι θα χρειάζονται περισσότερα από 17 300 νέα επιβατικά και εμπορευματικά αεροσκάφη λόγω του τριπλασιασμού της ανάπτυξης της επιβατικής κίνησης και της ακόμη ταχύτερης ανάπτυξης των εμπορευματικών αεροπορικών μεταφορών. Η ακρίβεια και η ακεραιότητα που προσφέρει το GALILEO θα επιτρέψει μεγαλύτερη χρήση των υπαρχόντων αερολιμένων που σήμερα δεν χρησιμοποιούνται με κακές καιρικές συνθήκες ή με χαμηλή ορατότητα. <sup>[43]</sup>

## 4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΑΝΑΦΕΡΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΩΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΕΣ GPS

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι εφαρμογές και οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα γίνεται η ανάπτυξη και ο έλεγχος μίας τεχνικής για την εισαγωγή μίας γεωαναφερμένης εικόνας (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτης από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε φορητή μονάδα GPS.

Στο τέλος παρουσιάζονται οι έλεγχοι που έγιναν για την εμπορική εφαρμογή προσδιορισμού θέσης που προσφέρεται από εταιρίες κινητής τηλεφωνίας και που αποτελεί μία εναλλακτική τεχνική.



### 4.1 Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός – Έλεγχος ακρίβειας οργάνων

Αρχικά κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των εφαρμογών .

Τα όργανα αυτά είναι:

- φορητός δέκτης GPS και
- κινητό τηλέφωνο

Επιπλέον, παρουσιάζεται ο έλεγχος της αξιοπιστίας των οργάνων αυτών ως προς την ακρίβεια προσδιορισμού θέσης, ο οποίος πραγματοποιήθηκε με χρήση δύο τριγωνομετρικών σημείων.

#### 4.1.1 Χαρακτηριστικά Οργάνων

##### Α.ΔΕΚΤΗΣ GPS

Ο φορητός δέκτης GPS που χρησιμοποιήθηκε στις εφαρμογές του υποκεφαλαίου 4.2 είναι το *Magellan MobileMapper CX* που ανήκει στον εξοπλισμό του εργαστηρίου Σιδηροδρομικής και Μεταφορών. Το MobileMapper CX είναι ένας εύχρηστος και ανθεκτικός δέκτης GPS για γενική χρήση GIS. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις τεχνικές του προδιαγραφές προσφέρει ακρίβεια καλύτερη του 1 m σε πραγματικό χρόνο και καλύτερη των 30 cm με εκ των υστέρων επεξεργασία. Ανάμεσα στα άλλα χαρακτηριστικά του είναι η υποστήριξη ασυρμάτων τεχνολογιών ( Bluetooth και Wi - Fi ), οι δικτυακές δυνατότητες DGPS και η πολύ μεγάλη αποθηκευτική του ικανότητα. Διαθέτει απολύτως στιβαρό περίβλημα ιδανικό για σκληρές συνθήκες υπαίθρου. Συγκεκριμένα είναι ανθεκτικό σε πτώση σε τσιμέντο από 1.5m και πλήρως αδιάβροχο. Αναλυτικότερα τα τεχνικά του χαρακτηριστικά είναι. <sup>[44]</sup>



Σχήμα 4. 1  
Δέκτης GPS

- Ακρίβεια GPS καλύτερη του 1m RMS σε πραγματικό χρόνο
- Ακρίβεια GPS καλύτερη των 30cm RMS με εκ των υστέρων επεξεργασία (post-processing)  
Πολλαπλές ρυθμίσεις για DGPS εφαρμογές: SBAS (EGNOS), Beacon, NTRIP, Direct IP και RTCM
- Υποστήριξη Bluetooth και τεχνολογιών WLAN (συνδέεται μέσω Bluetooth με το κινητό τηλέφωνο, παρέχοντας πρόσβαση στο Internet )
- Αποσπώμενη κάρτα μνήμης τύπου SD (μέχρι 4GB)
- Πλήρη πρόσβαση στις DGPS υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και εκ των υστέρων επεξεργασίας του HEPOS .
- Ενσωματωμένο αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο 18 κουμπιών με φωτισμό
- Λειτουργικό σύστημα Windows CE .NET 5.0
- Αποσπώμενη μπαταρία λιθίου 3.7 Vol που διαρκεί μία ολόκληρη ημέρα και αντικαθίσταται εύκολα στο πεδίο (ικανή για τουλάχιστον 8 ώρες λειτουργίας)
- Έγχρωμη φωτιζόμενη οθόνη αφής TFT 320x240 pixels 262,111 χρώματα
- RTCM SC-104 v2.3, NMEA 0183 v 3.0
- Θύρα για εξωτερική κεραία

- USB θύρες host και slave
- 128MB SDRAM, 128MB NAND Flash memory και 128 MB σε SD card

Προεγκατεστημένα λογισμικά:

GPS Utilities, Bluetooth Manager, Microsoft WordPad, Internet explorer, Terminal, ActiveSync, Windows Media player, email inbox, EZ Recorder, Wireless LAN Driver, Microsoft File Viewers: Excel, Word και Image.

Λογισμικά με τα οποία συνεργάζεται:

- Mobile Mapping Field Software, κατάλληλο και πολύ εύχρηστο για GIS εφαρμογές
- FAST Survey, πλήρες λογισμικό Τοπογραφίας, καθοδήγηση των κυριότερων οργάνων της αγοράς
- ESRI ArcPAD / GPS Differential Module για post-processing, ανώτερο λογισμικό για GIS εφαρμογές
- OziExplorer, απλό λογισμικό πλοήγησης και συλλογής στοιχείων

## B. ΚΙΝΗΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ



Το κινητό τηλέφωνο που χρησιμοποιήθηκε στις εφαρμογές του υποκεφαλαίου 4.4 είναι τύπου *iPhone δεύτερης γενιάς*. Το iPhone είναι μία φορητή συσκευή πολυμέσων, κάμερα και κινητό τηλέφωνο με ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο, κατασκευή της εταιρείας Apple, η οποία το κυκλοφόρησε στην αγορά των ΗΠΑ στις 29 Ιουνίου 2007. Διαθέτει χωρητική οθόνη πολυαφής και ελάχιστο υλικό διεπαφής (καθόλου φυσικό πληκτρολόγιο). Οι παρεχόμενες υπηρεσίες διαδικτύου περιλαμβάνουν ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και φυλλομετρητή ιστοσελίδων με δυνατότητα σύνδεσης σε ασύρματο δίκτυο Wi-Fi. Το iPhone δεύτερης γενιάς, είναι αναβαθμισμένο έτσι ώστε να υποστηρίζει κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (3G) UMTS με HSPDA. Το iPhone χρησιμοποιεί τον μικροεπεξεργαστή ARM 1176. <sup>[45]</sup>

#### Τεχνικές προδιαγραφές

- Αποθηκευτικός χώρος: 8 ή 16 GB μνήμης Flash για την αποθήκευση αρχείων και το λειτουργικό σύστημα
- Μέγεθος οθόνης: 8.9 cm και ανάλυση οθόνης: 320×480 pixels
- Μέγεθος τηλεφώνου: 115×61×11.6 mm
- Βάρος τηλεφώνου: 135 g
- Λειτουργικό σύστημα: iPhone OS
  - ο Λογισμικό πλοήγησης στο Διαδίκτυο Safari
  - ο Λογισμικό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Push
  - ο Μηχανή widgets
  - ο Core Animation
  - ο Διαχείριση ενέργειας
- Θύρα συνδέσεων USB
- Δυνατότητα αναπαραγωγής ήχων: Αναπαράγει μορφές αρχείων AAC (16 έως 320 Kbps), Protected AAC (MP4 από τα iTunes), MP3 (16 έως 320 Kbps), MP3 VBR, Audible (formats 2, 3, και 4), Apple Lossless, formats αρχείων AIFF και WAV
- Δυνατότητα αναπαραγωγής βίντεο: Αναπαράγει βίντεο σε μορφή H.264
- Quad band GSM / GPRS / EDGE: GSM 850, GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
- Ενσωματωμένα WiFi (802.11b/802.11g) και Bluetooth 2.0 (χωρίς FTP μεταφορά αρχείων) με EDR
- Κάμερα 2 megapixel
- iPod - εφαρμογές πολυμέσων

**Σχήμα 4.2      Κινητό  
                         τηλέφωνο**

- Multi-touch διεπαφή οθόνης
  - ο Εικονικό πληκτρολόγιο QWERTY στην οθόνη αφής
  - ο Λειτουργίες: Σύρσιμο (κύλιση) οθόνης με το δάκτυλο και μεγέθυνση/σμύκρυνση με κτύπο ή διπλό κτύπο δακτύλου
- Ενσωματωμένη, μη αποσπώμενη μπαταρία με αυτονομία μέχρι 5 ώρες ομιλίας/βίντεο/πλοήγησης ή μέχρι 16 ώρες αναπαραγωγής ήχου<sup>[1]</sup>
- Ενσωματωμένος ανιχνευτής κίνησης για αυτόματη «έξυπνη» εναλλαγή οριζόντιου/κατακόρυφου προσανατολισμού οθόνης.
- Ενσωματωμένος αισθητήρας προσέγγισης που απενεργοποιεί την οθόνη όταν πλησιάζει στο πρόσωπο του χρήστη, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια και να αποφεύγεται ανεπιθύμητη εντολή εισόδου.

### Χάρτες με GPS

Το iPhone 3G συνδυάζοντας τεχνολογίες εντοπισμού θέσης GPS, Wi-Fi, και κυψέλες κινητής τηλεφωνίας προσφέρει τις εξής υπηρεσίες:

- Εντοπισμός Θέσης: προσδιορίζει τη θέση του χρήστη και τοποθετεί μία καρφίτσα πάνω στο χάρτη για να επισημάνει τη θέση του, την οποία μπορεί να αποθηκεύσει ή να τη μοιραστεί με άλλους μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- Εύρεση σημείων ενδιαφέροντος: δίνοντας του μία την λέξη-κλειδί όπως "καφέ" δείχνει στον χρήστη τα κοντινότερα καφέ
- Ποικιλία εικόνων: ακριβώς όπως το Google Maps στον υπολογιστή, το Google Maps για iPhone επιτρέπει στο χρήστη να δει δορυφορικές εικόνες, υβριδική προβολή ή ακόμα την προβολή μίας οδού
- Καθοδήγηση: δίνει μία λίστα με οδηγίες για την διαδρομή εντοπίζοντας ταυτόχρονα στην οθόνη που ακριβώς βρίσκεται ο χρήστης.
- Κυκλοφορία: δείχνει την κίνηση που υπάρχει στη διαδρομή που ακολουθεί ο χρήστης (σε πραγματικό χρόνο) κι επιπλέον δίνει στοιχεία για την ταχύτητα των οχημάτων.

#### 4.1.2 Έλεγχος ακρίβειας οργάνων μέσω Τριγωνομετρικών σημείων

Πριν την εκτέλεση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε έλεγχος ακρίβειας των δύο οργάνων (δέκτη GPS, κινητό τηλέφωνο) με τη βοήθεια δύο τριγωνομετρικών σημείων. Το πρώτο από αυτά έχει οριστεί από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού ενώ το δεύτερο από ιδιώτη Τοπογράφο Μηχανικό. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Το όργανο τοποθετείται πάνω σε βάθρο τριγωνομετρικού σημείου. Γίνεται καταγραφή του σημείου (είτε με το GPS είτε με το κινητό τηλέφωνο) και μετά ακολουθεί η σύγκριση των συντεταγμένων που καταγράφει η συσκευή μας με τις γνωστές συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου, οι οποίες είναι στο ΕΓΣΑ'87.

Η διαδικασία καταγραφής σημείου με GPS δέκτη σε περιβάλλον ArcPAD περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Γ.. Για τον συγκεκριμένο έλεγχο επιλέχθηκε να γίνουν 30 καταγραφές σε κάθε σημείο και να εξάγεται ο μέσος όρος ως αποτέλεσμα συντεταγμένων. Ο δέκτης GPS έχει από πριν ρυθμιστεί να δίνει συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87 (βλέπε Παράρτημα Δ) οπότε η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις πραγματικές συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου γίνεται άμεσα.

Αντίστοιχα η διαδικασία καταγραφής σημείου μέσω κινητού τηλεφώνου περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 4.3.2. Σύμφωνα με αυτό εντοπίζεται η θέση του κινητού τηλεφώνου κι έπειτα για την καταγραφή της αποστέλλεται ένα μήνυμα στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο του χρήστη με τις συντεταγμένες της θέσης του σημείου. Όμως το κινητό τηλέφωνο δίνει συντεταγμένες σε WGS'84 οπότε απαιτείται πρώτα η μετατροπή τους σε ΕΓΣΑ'87 ώστε να γίνει η σύγκριση. Η μετατροπή αυτή μπορεί να γίνει με ένα οποιοδήποτε αξιόπιστο πρόγραμμα μετασχηματισμού συντεταγμένων, στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το «COORD\_GR» του Ιωάννη Συγγρού (η εφαρμογή του οποίου παρουσιάζεται στο υποκεφάλαιο 4.3.2)

**1)** Το πρώτο τριγωνομετρικό σημείο που έγινε ο έλεγχος των οργάνων είναι τριγωνομετρικό σημείο που έχει ορίσει η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού με κωδικό: 379 69, Ονομασία: Μπαταριά και συντεταγμένες:  $X = 465233.12$  και  $Y = 4256014.69$



**Σχήμα 4. 3** Φωτογραφία από το τριγωνομετρικό σημείο 37969 Μπαταριά της Γ.Υ.Σ. με βάθρο ύψους 1.11 μέτρα.

2) Το δεύτερο σημείο που έγινε ο έλεγχος των οργάνων ήταν αυτό που έχει ορισθεί από ιδιώτη Τοπογράφο Μηχανικό στην περιοχή της Χαλκίδας πάνω στην οροφή κτιρίου (ύψος τριγωνομετρικού σημείου 27,305 μέτρα). Το συγκεκριμένο σημείο έχει συντεταγμένες:  $X = 465249.294$  μέτρα και  $Y = 4257648.109$  μέτρα

|         | Τριγωνομετρικό<br>σημείο (i) | Δέκτης GPS<br>(j) | Διαφορές<br>(i) - (j) |
|---------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| $X_1 =$ | 465233.12                    | 465233.650        | 0.53                  |
| $Y_1 =$ | 4256014.69                   | 4256014.032       | 0.66                  |
| $X_2 =$ | 465249.294                   | 465249.251        | 0.04                  |
| $Y_2 =$ | 4257648.109                  | 4257647.893       | 0.22                  |

Πίνακας 4. 1 Οι συντεταγμένες που κατέγραψε ο δέκτης GPS πάνω από τα τριγωνομετρικά σημεία και οι αποκλίσεις τους

|         | Τριγωνομετρικό<br>σημείο (i) | Κινητό τηλέφωνο |             | Διαφορές<br>(i) - (j) |
|---------|------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|
|         |                              | WGS'84          | ΕΓΣΑ'87 (j) |                       |
| $X_1 =$ | 465233.12                    | 23° 36' 11,76'' | 465234.805  | 1.68                  |
| $Y_1 =$ | 4256014.69                   | 38° 27' 15,53'' | 4256011.287 | 3.40                  |
| $X_2 =$ | 465249.294                   | 23° 36' 12,15'' | 465251.27   | 1.98                  |
| $Y_2 =$ | 4257648.109                  | 38° 28' 08,38'' | 4257640.23  | 7.88                  |

Πίνακας 4. 2 Οι συντεταγμένες που κατέγραψε το κινητό τηλέφωνο πάνω από τα τριγωνομετρικά σημεία και οι αποκλίσεις τους

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι ο δέκτης MobileMapper CX είχε ακρίβεια της τάξης των 20 έως 80 εκατοστών ενώ το κινητό τηλέφωνο είχε ακρίβεια της τάξης των 4 έως 8 μέτρων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει τριγωνομετρικό σημείο που έχει ορισθεί από τη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών στην οροφή του Λαμπαδαρίου κτιρίου το οποίο έχει συντεταγμένες:  $X = 465233.860$  μέτρα και  $Y = 4256014.035$  μέτρα. Αυτό το σημείο μπορεί να χρησιμεύσει για παρόμοιους ελέγχους στα πλαίσια μαθημάτων στις σχολές της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου Αθήνας ή ακόμα και στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.

## 4.2 Σύγκριση ορθοφωτοχαρτών και γεωαναφερμένων εικόνων Google Earth

Ένα φορητό σύστημα εντοπισμού θέσης περιλαμβάνει ένα δέκτη δορυφορικού σήματος κι ένα λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και χαρτογράφησης το οποίο υποστηρίζει ψηφιακούς χάρτες. Προτού αναπτυχθεί η τεχνική (υποκεφάλαιο 4.3) για την εισαγωγή μίας γεωαναφερμένης εικόνας (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτης από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε φορητή μονάδα GPS είναι σημαντικό να ελεγχθεί η ακρίβεια της εικόνας αυτής.

Ένας ορθοφωτοχάρτης περιέχει αξιόπιστη μετρητικά οριζοντιογραφική πληροφορία, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί και τον πλούτο πληροφοριών της αεροφωτογραφίας. Η ακρίβεια του είναι ανάλογη της κλίμακας της αεροφωτογραφίας από την οποία προήλθε (Βλέπε υποκεφάλαιο 2.4). Για ορθοφωτοχάρτη κλίμακας 1:5000 η ακρίβεια είναι της τάξης του 1.5 έως 2 μέτρων. Όσον αφορά όμως την εικόνα από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth, η ακρίβεια είναι πολύ μικρότερη δεδομένου ότι πρόκειται για δορυφορικές εικόνες.

Επομένως θεωρώντας ότι ο ορθοφωτοχάρτης απεικονίζει ικανοποιητικά την πραγματικότητα, έγινε έλεγχος της ακρίβειας της εικόνας από το Google Earth συγκρίνοντας την με τον ορθοφωτοχάρτη της ίδιας περιοχής. Συγκεκριμένα έγινε σύγκριση της θέσης ευδιάκριτων διαδρομών και κτιρίων των δύο εικόνων/χαρτών. Η πραγματοποίηση αυτού του ελέγχου έγινε με χρήση του προγράμματος AutoCAD Civil 3D 2009, με το οποίο είναι δυνατή η επεξεργασία γεωαναφερμένων εικόνων. Ως περιοχή ελέγχου χρησιμοποιήθηκε η περιοχή της Χαλκίδας, όπου έγιναν και οι εφαρμογές που περιγράφονται στα επόμενα υποκεφάλαια. Αρχικά έγινε εισαγωγή της εικόνας Google Earth στο AutoCAD<sup>[46]</sup>. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω (βλέπε Σχήμα 4.4):

**Βήμα 1:** Άνοιγμα του προγράμματος AutoCAD Civil 3D 2009 (από το μενού *Έναρξη, Προγράμματα, AutoCAD Civil 3D 2009*).

**Βήμα 2:** Δημιουργία ενός νέου αρχείου όπου έγιναν οι κατάλληλες ρυθμίσεις για την προκειμένη εργασία (μονάδες σε μέτρα και μοίρες, Κατηγορία ζώνης: Ελλάδα, Σύστημα συντεταγμένων: ΕΓΣΑ'87/Greek Grid). Ελαχιστοποίηση της οθόνης του AutoCAD Civil 3D 2009.

**Βήμα 3:** Άνοιγμα του προγράμματος Google Earth (από το μενού *Έναρξη* κι επιλέγοντας *Προγράμματα* κι έπειτα *Google Earth*).

**Βήμα 4:** Εύρεση και μετακίνηση στην περιοχή μελέτης. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τα εξής:

- να μην είναι ενεργοποιημένο το Έδαφος στο παράθυρο επιστροφών (στην αριστερή στήλη της οθόνης του Google Earth),
- η εικόνα να είναι προσανατολισμένη στο Βορρά ,
- η εικόνα να φαίνεται κάθετα, δηλαδή όχι υπό γωνία και όχι με προοπτική παραμόρφωση
- το Ύψος του ματιού να είναι γύρω στο 1 χιλιόμετρο ώστε να είναι ικανοποιητική η ανάλυση της εικόνας.

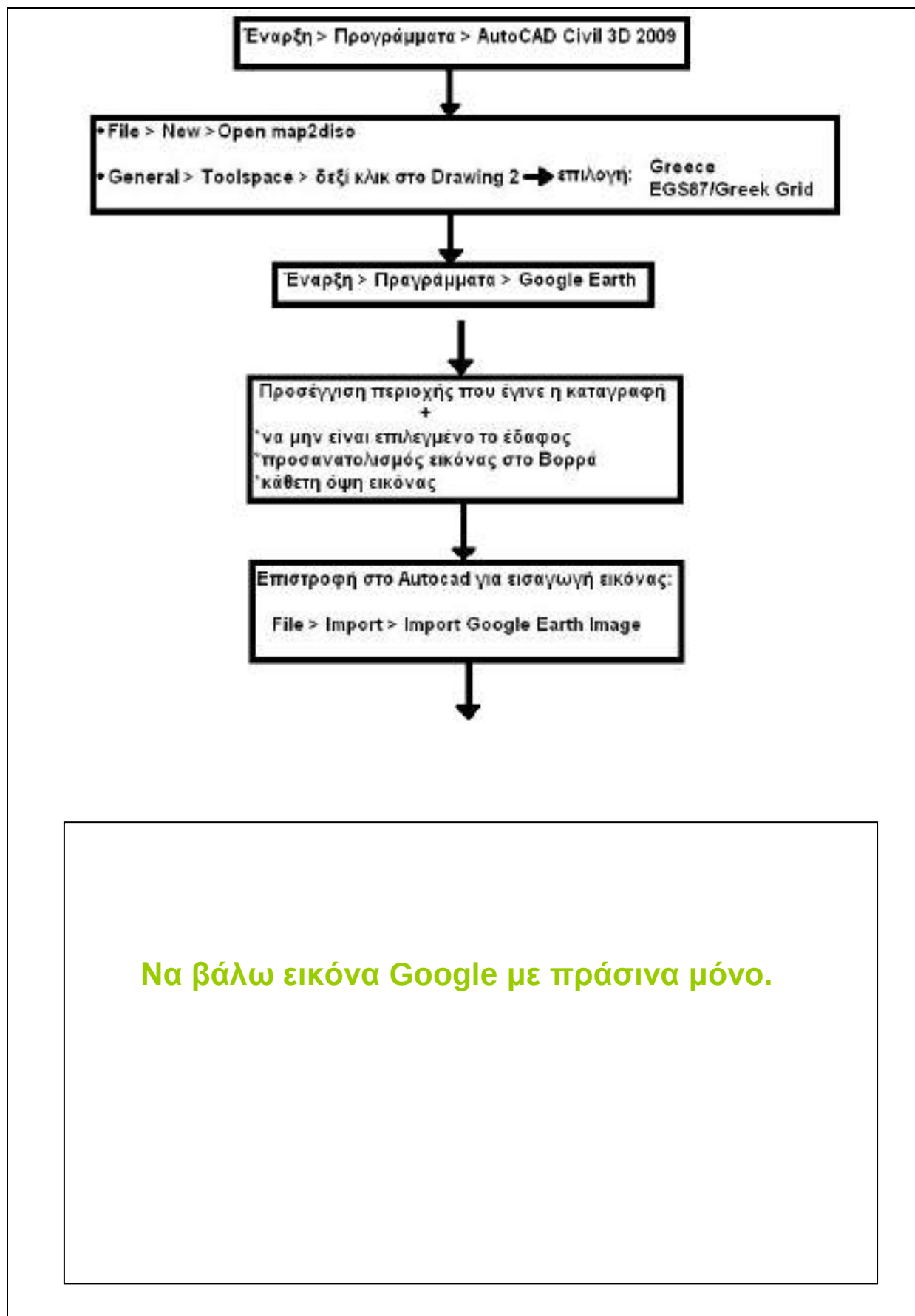
Έπειτα η οθόνη του Google Earth παρέμεινε ανοιχτή (maximized).

Βήμα 5: Επιστροφή στο AutoCAD Civil 3D 2009 προκειμένου να γίνει η εισαγωγή της εικόνας από το Google Earth. Αυτό έγινε ως εξής: από το μενού *Φάκελος (File)* της γραμμής εργαλείων, έπειτα *Εισαγωγή (Import)* κι από το πτυσσόμενο μενού *Εισαγωγή εικόνας Google Earth (Import Google Earth Image...)*. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα η εικόνα ήρθε στο AutoCAD.

Αναλυτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ε.

Έπειτα χρησιμοποιώντας εργαλεία του AutoCAD έγινε ο σχεδιασμός με πράσινο χρώμα του άξονα του παραλιακού δρόμου καθώς και του περιγράμματος κάποιων ευδιάκριτων κτιρίων και γηπέδων. Οι γραμμές που σχεδιάστηκαν αποθηκεύτηκαν σε νέο επίπεδο (layer) με το όνομα «Γραμμές από Google». Το σχέδιο που προέκυψε φαίνεται στο Σχήμα 4.4.

.



Σχήμα 4. 4 Διαδικασία εισαγωγής εικόνας του Google Earth στο AutoCAD.

Μετά ακολούθησε η απενεργοποίηση του επιπέδου της εικόνας του Google Earth ώστε να μην είναι ορατή η τελευταία και έγινε εισαγωγή του ψηφιακού ορθοφωτοχάρτη της περιοχής μελέτης, αποθηκεύοντας τον σε ένα νέο επίπεδο (layer) με το όνομα «Ορθοφωτοχάρτης». Ο ορθοφωτοχάρτης που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή αυτή μας παραχωρήθηκε από ιδιώτη Τοπογράφο Μηχανικό, ο οποίος τον έχει προμηθευτεί από το Υπουργείο Γεωργίας. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εισαγωγή του ορθοφωτοχάρτη στο AutoCAD ήταν η εξής:

- από την γραμμή εργαλείων του AutoCAD Civil 3D 2009 επιλογή του μενού *Image > Insert*.
- από το παράθυρο «Insert Image» που εμφανίζεται επιλέγεται ο ψηφιακός ορθοφωτοχάρτης από την διαδρομή που έχει αποθηκευτεί.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν όπως και προηγουμένως πάλι τα ίδια στοιχεία (άξονα δρόμου, κτίρια, γήπεδο) αλλά αυτή τη φορά με κόκκινο χρώμα. Οι πράσινες γραμμές έγιναν ορατές αφότου επιλέχθηκε το περίγραμμα (frame) του ορθοφωτοχάρτη (με αριστερό κλικ) και ο τελευταίος στάλθηκε πίσω από τις γραμμές με την εντολή «*Sent to back*». Το αποτέλεσμα που προέκυψε φαίνεται στο Σχήμα 4.5. Οι διαφορές που παρουσιάζουν οι κόκκινες με τις πράσινες γραμμές μετρήθηκαν με τη βοήθεια του μέτρου από το μενού *Tool > Inquiry > Distance*.



**ΝΑ ΒΑΛΩ ΕΙΚΟΝΑ ΜΕ ΚΟΚΚΙΝΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΕΣ  
ΓΡΑΜΜΕΣ!**

Σχήμα 4. 5      Οι αποκλίσεις που παρουσιάζονται μεταξύ ορθοφωτοχάρτη και Google Earth.

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.5 συμπεραίνουμε ότι η γεωαναφερμένη εικόνα από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth παρουσιάζει αποκλίσεις της τάξης των 10 μέτρων σε σχέση με τον αντίστοιχο ορθοφωτοχάρτη. Το ενδιαφέρον είναι ότι η εικόνα αν και γεωαναφερμένη έχει παραμορφώσεις. Επίσης όπως φαίνεται από το σχήμα δεν παρουσιάζει ένα συστηματικό σφάλμα αλλά αποκλίνει ασύμμετρα. Ωστόσο η ακρίβεια που παρουσιάζει είναι ικανοποιητική για χρήση της σε αρκετές εφαρμογές όπως θα αποδειχθεί και σε επόμενα κεφάλαια.\*

---

\* Η εμπορική χρήση απαγορεύεται σύμφωνα με τους όρους χρήσης του Google Earth (Βλέπε Παράρτημα Δ).

### 4.3 Έλεγχος ακρίβειας προσδιορισμού θέσης κινούμενου οχήματος

#### 4.3.1 Εντοπισμός θέσης κινούμενου οχήματος με δέκτη GPS

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί η διαδικασία συνεχούς καταγραφής σημείων με δέκτη GPS σε οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Για την πραγματοποίηση αυτής της καταγραφής χρησιμοποιήθηκε ένα όχημα στο μπροστινό μέρος του οποίου τοποθετήθηκε ο δέκτης GPS.



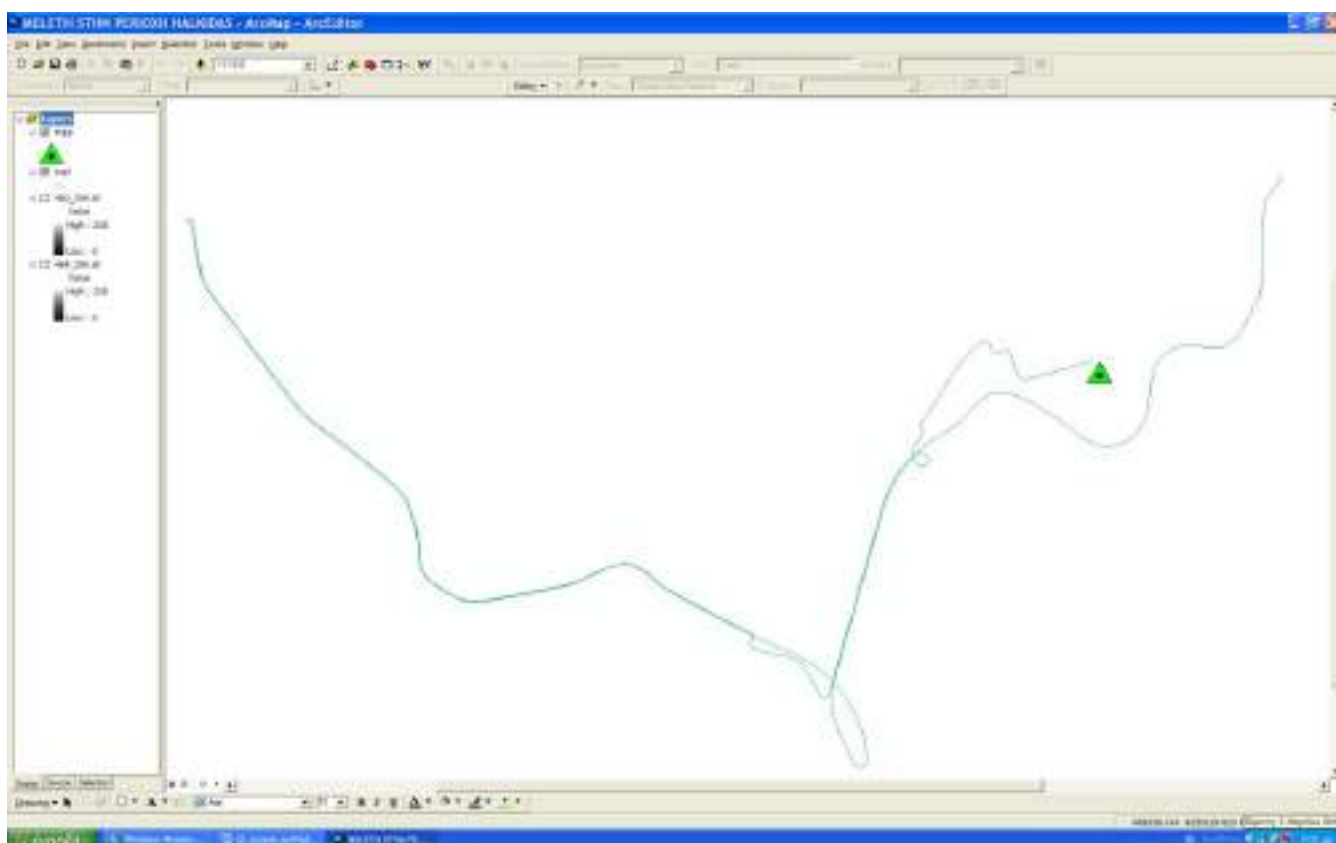
**Σχήμα 4. 6** Ο δέκτης GPS τοποθετημένος στο μπροστινό μέρος του οχήματος.

Το όχημα κινούνταν με ταχύτητα από 50 έως 70 χλμ/ώρα, με σταθερή πορεία και σταθερή απόσταση από τον άξονα του δρόμου. Ας σημειωθεί ότι ο ελάχιστος χρόνος καταγραφής σημείων από το GPS είναι ανά 1 δευτερόλεπτο. Έτσι λοιπόν, αν και σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που είχαν προηγηθεί στο GPS, η καταγραφή θέσης θα γινόταν ανά 10 μέτρα, τελικά αυτό ήταν εφικτό μόνο όταν η ταχύτητα του οχήματος ήταν χαμηλή, δηλαδή μικρότερη από 40 χλμ/ώρα. Όταν η ταχύτητα ήταν 50 χλμ/ώρα τότε η δυνατότητα προσδιορισμού θέσης ήταν περίπου ανά 15 μέτρα, ενώ για ταχύτητα 70 χλμ/ώρα ήταν περίπου ανά 20 μέτρα. Επομένως για τα τμήματα της παρατηρηθείσης όδευσης που αποκλίνουν από το δρόμο, διαπιστώθηκε ότι ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχει ενδιάμεσο σημείο καταγραφής εξαιτίας μεγάλης ταχύτητας του οχήματος, π.χ. στις στροφές που καταγράφηκαν ως ευθείες. Η ακριβής διαδικασία καταγραφής με το δέκτη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Γ.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης με την διαδρομή που πραγματοποιήθηκε η καταγραφή (Σχήμα 4.7) και η διαδρομή που τελικά κατέγραψε ο δέκτης, όπως αυτή απεικονίζεται σε περιβάλλον ArcMAP (Σχήμα 4.8).



**Σχήμα 4. 7** Η περιοχή μελέτης και η διαδρομή που έγινε η καταγραφή.



**Σχήμα 4. 8** Η διαδρομή που κατέγραψε ο δέκτης GPS όπως απεικονίζεται σε περιβάλλον ArcMap.

Το συμπέρασμα που προέκυψε από τη συνεχή καταγραφή σημείων της παραπάνω διαδρομής όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 4.8 είναι ότι η αποτύπωση της οδού είναι ικανοποιητική: τα ίχνη της διαδρομής του οχήματος κατά την μετάβαση και την επιστροφή διαπιστώθηκε ότι ήταν παράλληλα μεταξύ τους και σε απόσταση τεσσάρων μέτρων, απόσταση που και στην πραγματικότητα μετρηθείσα είναι αληθής.

#### 4.3.1.1 Έλεγχος ακρίβειας καταγραφείσας διαδρομής μέσω ορθοφωτοχάρτη

Το επόμενο ζητούμενο αφορούσε στην ακρίβεια αυτής της καταγραφής, δηλαδή στη σχέση που είχε η προκειμένη καταγραφείσα διαδρομή με την αντίστοιχη στην πραγματικότητα. Δεδομένης της μεγάλης ακρίβειας που παρέχει ένας ορθοφωτοχάρτης θεωρήθηκε ότι η σύγκριση της αποτυπωθείσας οριζοντιογραφίας με την αντίστοιχη οριζοντιογραφία ενός ορθοφωτοχάρτη, θα απαντήσει στο παραπάνω ερώτημα. Επιπρόσθετα, θα εξακριβωθεί με αυτόν τον τρόπο και η ακρίβεια απεικόνισης του στίγματος σε ένα δέκτη GPS που χρησιμοποιεί σαν υπόβαθρο έναν ορθοφωτοχάρτη.

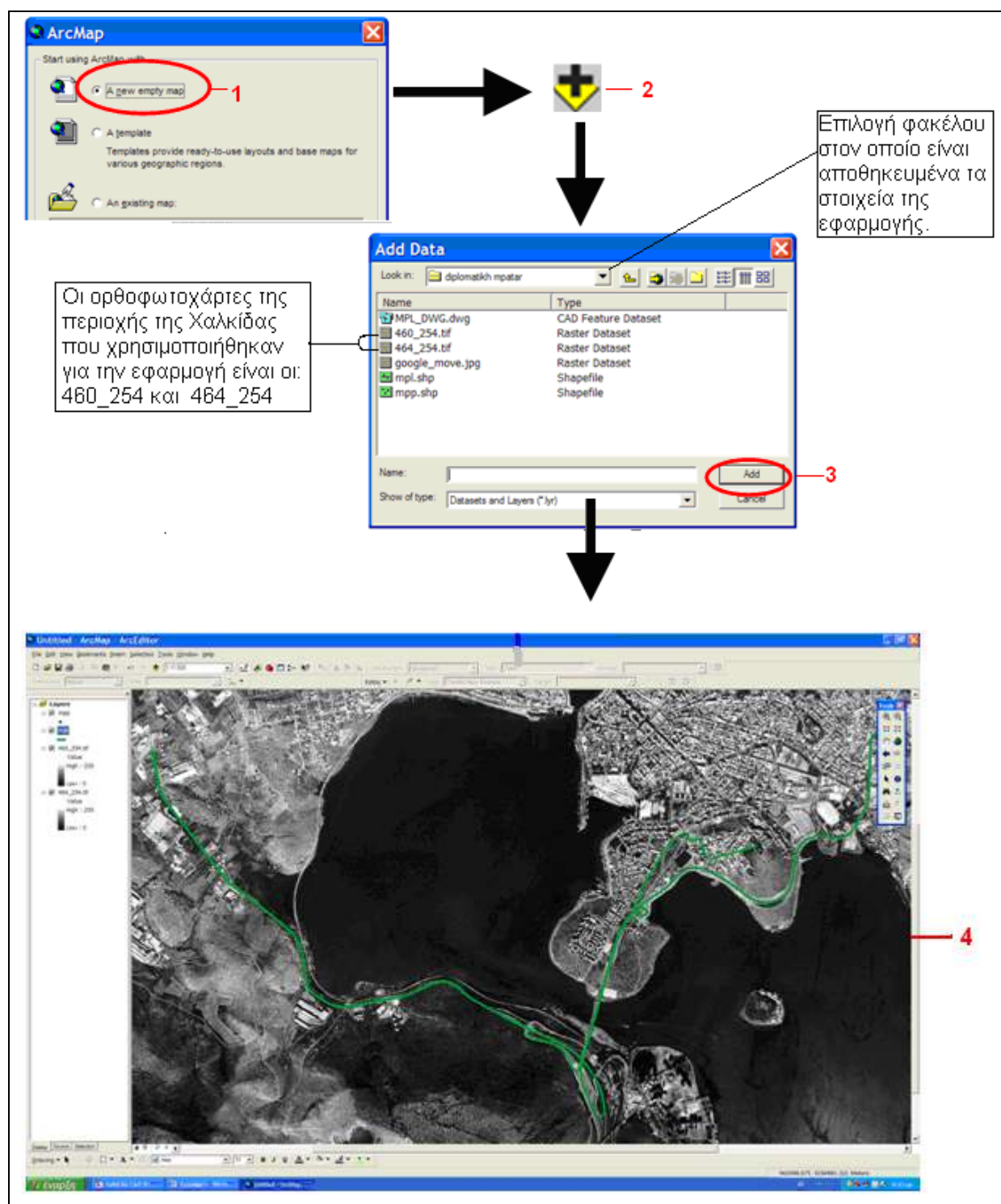
Αυτό έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcMap μέσω του οποίου τοποθετήθηκαν τα στοιχεία που κατέγραψε ο δέκτης GPS πάνω στον ορθοφωτοχάρτη της αντίστοιχης περιοχής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής (βλέπε Σχήμα 4.9):

- Βήμα 1: Δημιουργία ενός νέου χάρτη σε περιβάλλον ArcMap
- Βήμα 2: Εισαγωγή των δεδομένων που κατέγραψε ο δέκτης GPS κατά την παραπάνω εφαρμογή, πατώντας το κουμπί *Προσθήκης Δεδομένων* («Add Data») (Σχήμα 4).
- Βήμα 3: Προσθήκη του γραμμικού shapefile, επιλέγοντας το όνομα του μέσα από την διαδρομή που έχει αποθηκευτεί και πατώντας το κουμπί Προσθήκη («Add»). Έπειτα επιλογή και του ορθοφωτοχάρτη από τη διαδρομή που διαδρομή που έχει αποθηκευτεί και πάτημα του κουμπιού *Προσθήκη* («Add»).

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία που κατέγραψε ο δέκτης αποθηκεύτηκαν στην κάρτα μνήμης SD Card του δέκτη. Στη συνέχεια η κάρτα αυτή μεταφέρθηκε στην μονάδα ανάγνωσης (card reader) του υπολογιστή και έγινε η λήψη του γραμμικού shapefile από τη διαδρομή που είχε αποθηκευτεί.

- Βήμα 4: Εμφάνιση της καταγραφείσας διαδρομής (με πράσινο χρώμα) πάνω στον ορθοφωτοχάρτη.

Το Σχήμα 4.9 παρουσιάζει την σειρά των οθονών που εμφανίζονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή κατά τη μεταφορά των στοιχείων του πεδίου αλλά και του ορθοφωτοχάρτη στο ArcMAP.



**Σχήμα 4.9** Διαδικασία εισαγωγής ορθοφωτοχάρτη και καταγραφείσας διαδρομής σε περιβάλλον ArcGIS.

Στη συνέχεια έγιναν έλεγχοι της καταγραφείσας διαδρομής για τρεις περιπτώσεις:

1. Έλεγχος σε ευθυγραμμία
2. Έλεγχος σε στροφή
3. Έλεγχος πάνω στη γέφυρα

Για το σκοπό αυτό παρουσιάζονται με πράσινο χρώμα σε μεγέθυνση τμήματα της καταγραφείσας οριζοντιογραφίας πάνω στον ορθοφωτοχάρτη. Αναλυτικότερα οι έλεγχοι είναι:

1. Έλεγχος σε ευθυγραμμία: Το Σχήμα 4.10 παρουσιάζει ένα ευθύγραμμο τμήμα στο οποίο παρατηρείται ότι οι γραμμές που κατέγραψε το GPS είναι παράλληλες και συμπίπτουν με τις λωρίδες κυκλοφορίας της οδού, όπως αυτή αποτυπώνεται στον ορθοφωτοχάρτη.



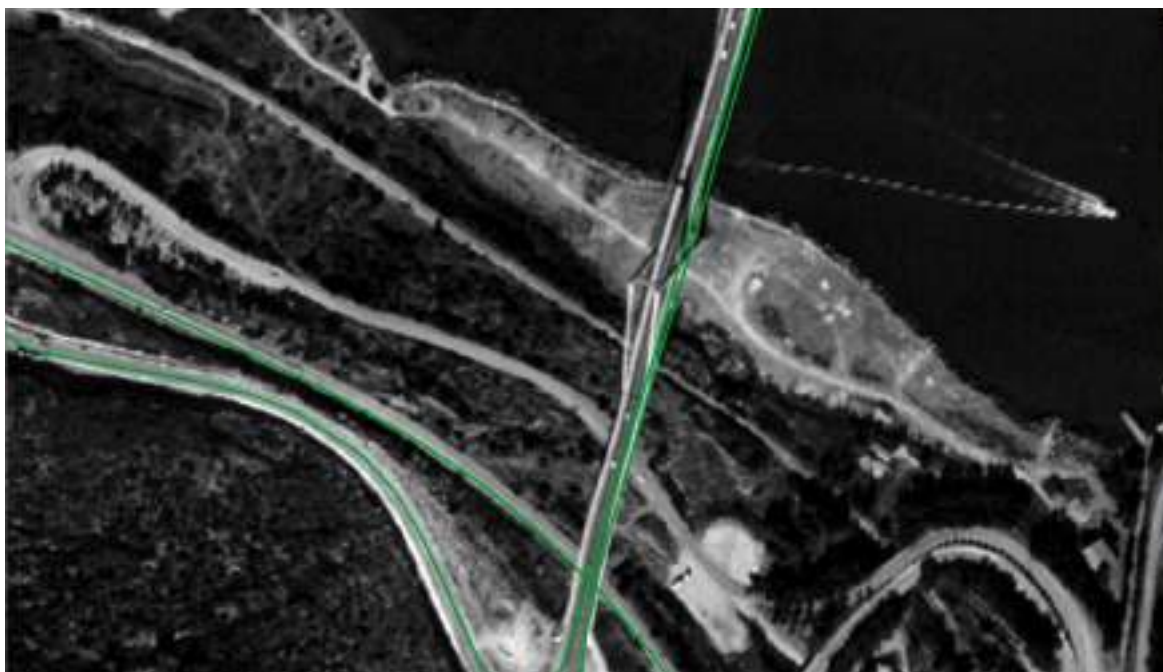
**Σχήμα 4. 10** Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής σε ευθυγραμμία (ΕΖ) όπως αυτή απεικονίζεται στον ορθοφωτοχάρτη

2. Έλεγχος πάνω σε στροφή: Από το Σχήμα 4.11 διαπιστώνεται ότι η οριζοντιογραφία της οδού δεν αποδίδεται σωστά όσον αφορά αυτή τη στροφή. Ο λόγος είναι ότι οι καταγραφές σημείων από το GPS γίνονταν ανά 30 έως 40 μέτρα λόγω της σχετικά υψηλής ταχύτητας.



**Σχήμα 4. 11** Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής σε μία στροφή όπως αυτή απεικονίζεται στον ορθοφωτοχάρτη.

3. Έλεγχος πάνω στη γέφυρα: Το Σχήμα 4.12 παρουσιάζει τις γραμμές που κατέγραψε το GPS πάνω στη γέφυρα να μην συμπίπτουν με το οδόστρωμα της τελευταίας. Ωστόσο παρατηρείται ότι οι γραμμές αυτές απεικονίζονται ανάμεσα από τα βάθρα της γέφυρας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχει γίνει σωστή διόρθωση του ορθοφωτοχάρτη, δηλαδή δεν έχει ληφθεί υπόψη το ύψος της γέφυρας και η γωνία λήψης της αεροφωτογραφίας από την οποία έχει προκύψει ο ορθοφωτοχάρτης.



**Σχήμα 4. 12** Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής πάνω στη γέφυρα της Χαλκίδας όπως αυτή απεικονίζεται στον ορθοφωτοχάρτη.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω αποκλίσεις μετρη έχουν προκύψει μετά από μέτρησή με τα ειδικά εργαλεία μέτρησης αποστάσεων που παρέχει το λογισμικό.

Συμπερασματικά, λοιπόν, ο δέκτης GPS έκανε μία καταγραφή ακριβείας της τάξεως του μισού μέτρου στις ευθυγραμμίες και των τριών μέτρων στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας. Το γεγονός αυτό μας επιτρέπει να το κατατάξουμε ως ένα ισχυρό εργαλείο εντοπισμού θέσης για πολλές εφαρμογές στον τομέα των μεταφορών. Ταυτόχρονα διαπιστώθηκε ότι είναι πολύ χρήσιμος ο ορθοφωτοχάρτης της περιοχής ενδιαφέροντος ως υπόβαθρο στον δέκτη, αφού προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα να γνωρίζει που ακριβώς βρίσκεται στον χάρτη. Ωστόσο, λόγω κόστους δεν είναι πάντα εφικτή η αγορά ενός ορθοφωτοχάρτη.

#### 4.3.1.2 Καταγραφείσα διαδρομή και Google Earth

Σε δεύτερη φάση διερευνήθηκε η απόκλιση της διαδρομής που κατέγραψε ο δέκτης GPS από την αντίστοιχη διαδρομή όπως αυτή απεικονίζεται στο Google Earth, ώστε να διαπιστωθεί αν το Google Earth μπορεί να αποτελέσει ικανοποιητικό χαρτογραφικό υπόβαθρο αντικαθιστώντας πολλές φορές τον ορθοφωτοχάρτη.<sup>[47]</sup>

##### Τοποθέτηση καταγραφείσας διαδρομής στο χάρτη του Google Earth

Για την πραγματοποίηση αυτού του ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D 2009 στο οποίο έγινε εισαγωγή της καταγραφείσας διαδρομής κι έπειτα η αποστολή της τελευταίας στο Google Earth.

Συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται ακολούθως:

Βήμα 1: Άνοιγμα του προγράμματος AutoCAD Civil 3D 2009 (από το μενού *Έναρξη, Προγράμματα, AutoCAD Civil 3D 2009*).

Βήμα 2: Δημιουργία ενός νέου αρχείου όπου έγιναν οι κατάλληλες ρυθμίσεις για την προκειμένη εργασία (μονάδες σε μέτρα και μοίρες, Κατηγορία ζώνης: Ελλάδα, Σύστημα συντεταγμένων: ΕΓΣΑ΄87/Greek Grid). (Βλέπε Παράρτημα Ε).

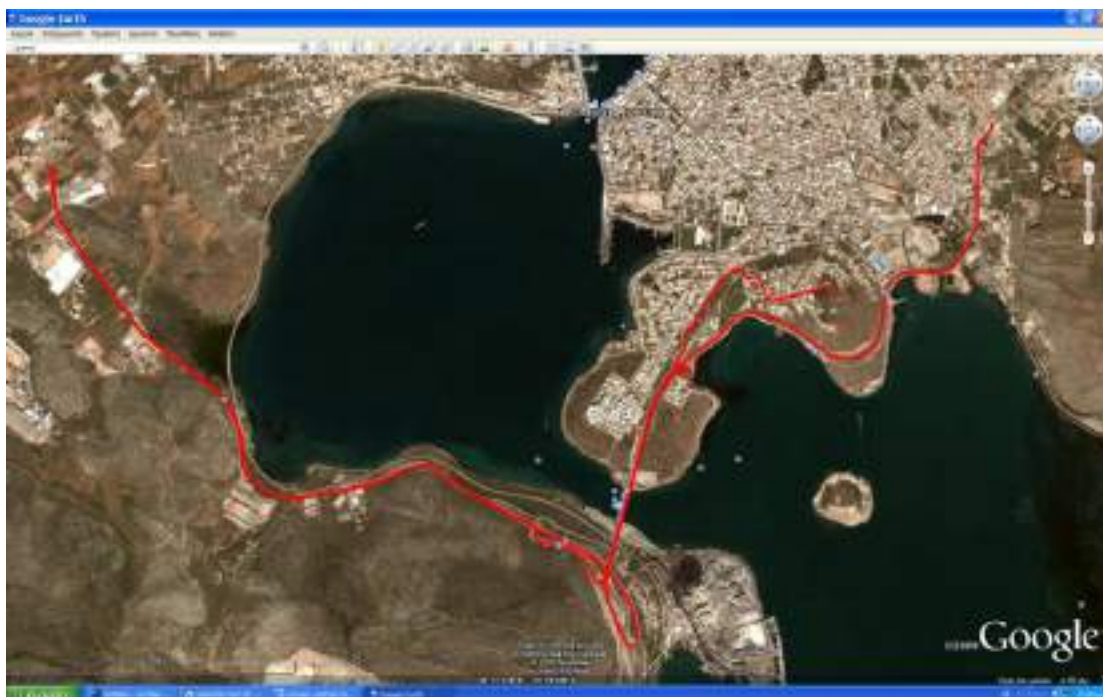
Βήμα 3: Εισαγωγή της καταγραφείσας διαδρομής ως εξής:

- Από το Workspace (χώρος εργασίας) έγινε αλλαγή του προεπιλεγμένου *CIVIL 3D* και επιλέχθηκε «*Map 3D for Geospatial*», ούτως ώστε να μπορεί να γίνει ανάγνωση GIS πληροφοριών.
- Από τη γραμμή εργαλείων της νέας οθόνης (σε περιβάλλον *Map 3D for Geospatial*), έγινε επιλογή: *View>Task Pane*.
- Στο παράθυρο που εμφανίζεται έγινε επιλογή «*Add Data*» κι έπειτα «*Shape Connection*» (για να επιλεχθούν τα shapefiles).
- Τέλος έγινε επιλογή του γραμμικού shapefile της καταγραφείσας διαδρομής από τη διαδρομή που είχε αποθηκευτεί (*SD Card> diplomatikh\_mpatar>mpl.shp*).

Εδώ να σημειωθεί ότι είχε προηγηθεί αποθήκευση της καταγραφείσας διαδρομής μέσα στην κάρτα μνήμης (SD card) του δέκτη GPS και μεταφορά αυτής στην μονάδα ανάγνωσης (card reader) του υπολογιστή

Βήμα 4: Έγινε αποστολή της καταγραφείσας διαδρομής στο Google Earth πατώντας από τη γραμμή εργαλείων *File>Publish>Publish to Google Earth*.

Βήμα 5: Αυτόματα άνοιξε το πρόγραμμα του Google Earth και στην οθόνη εμφανίστηκε η περιοχή που έγινε η καταγραφή μαζί με την καταγραφείσα διαδρομή όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.13.



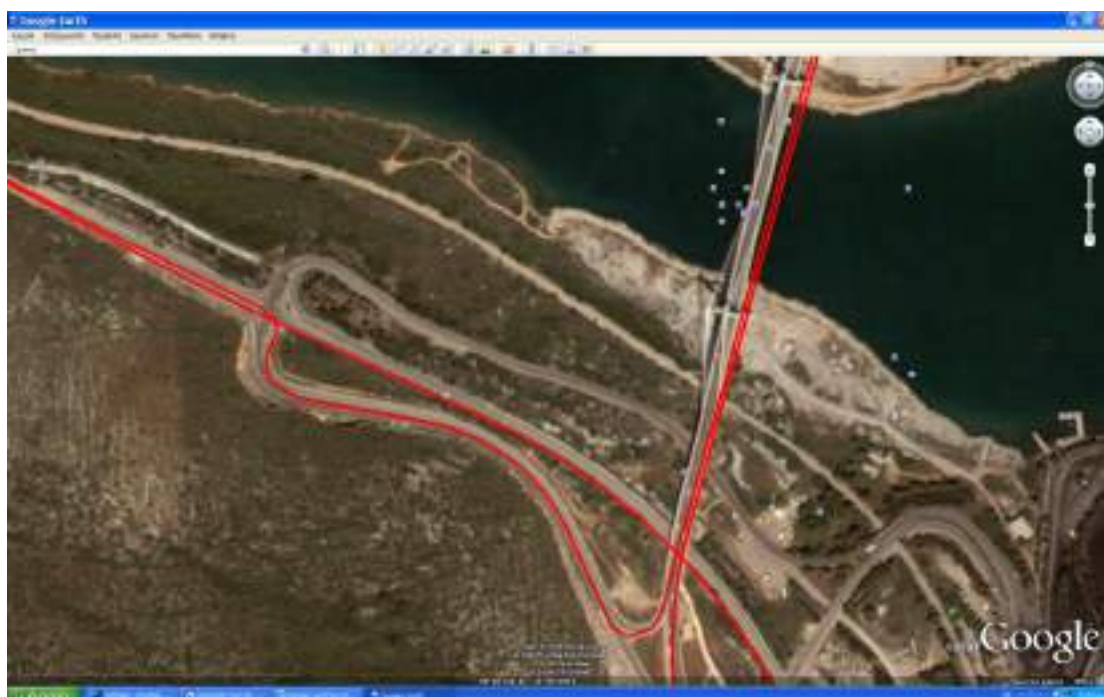
**Σχήμα 4. 13** Ολόκληρη η καταγραφείσα διαδρομή με κόκκινο χρώμα πάνω στο χάρτη του Google Earth.

Παρατηρώντας σε αυτή την ανάλυση ολόκληρη την υπό μελέτη περιοχή (Σχήμα 4.13), όπως αυτή απεικονίζεται στο Google Earth, προέκυψε το συμπέρασμα ότι η καταγραφείσα οριζοντιογραφία συμπίπτει με την αντίστοιχη του Google Earth.

Στη συνέχεια έγιναν έλεγχοι της ακρίβειας αυτής της σύμπτωσης για δύο τμήματα της περιοχής μελέτης τα οποία παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα σε μεγέθυνση έχοντας ως υπόβαθρο τον χάρτη της αντίστοιχης περιοχής από το διαδικτυακό λογισμικό του Google Earth . Οι διάφορες αποκλίσεις μετρήθηκαν με τα ειδικά εργαλεία μέτρησης αποστάσεων που παρέχει το λογισμικό του Google Earth.



Σχήμα 4. 14 Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής πάνω στον χάρτη του Google Earth.



Σχήμα 4. 15 Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής πάνω στη γέφυρα της Χαλκίδας όπως αυτή απεικονίζεται στον χάρτη του Google Earth.

Έλεγχος πρώτου τμήματος: Στο Σχήμα 4.14 παρατηρείται ότι η διαδρομή του Google Earth δεν συμπίπτει με αυτή που κατέγραψε το GPS, αλλά παρεκκλίνει σε διάφορα σημεία. Συγκεκριμένα οι δύο διαδρομές απέχουν γύρω στα 3 μέτρα στον παραλιακό δρόμο, και γύρω στα 8 μέτρα στον επάνω δρόμο αλλά και στο κυκλικό τμήμα στα αριστερά.

Έλεγχος δεύτερου τμήματος Στο Σχήμα 4.15 διαπιστώνεται ότι οι γραμμές που κατέγραψε το GPS πάνω στη γέφυρα δεν συμπίπτουν με το οδόστρωμά της αλλά παρεκκλίνουν γύρω στα 12 μέτρα. Στο τμήμα μετά τη Γέφυρα, που φαίνεται στο σχήμα, παρατηρούμε ότι η διαδρομή του Google Earth παρεκκλίνει από τη καταγραφείσα κατά 3 έως 4 μέτρα.

Σε γενικές γραμμές, λοιπόν, η εικόνα του Google Earth παρουσιάζει διαφορές από τη διαδρομή που κατέγραψε το GPS, οι οποίες κυμαίνονται από 5 έως 10 μέτρα. Στην πραγματικότητα βέβαια, δεδομένης της διαπιστωμένης παραμόρφωσης\* των εικόνων από τη διαδικτυακή εφαρμογή Google Earth, οι αποκλίσεις μπορεί να φτάσουν τα 20 μέτρα ανάλογα με την περιοχή.

Οι εικόνες από το Google Earth ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε δέκτες GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές των μεταφορών που απαιτούν παρόμοια ακρίβεια και στις οποίες θα ήταν δύσκολο να προμηθευτεί κανείς έναν ορθοφωτοχάρτη.\*\*

Στην περίπτωση , όμως, που μία τέτοια ακρίβεια δεν είναι αποδεκτή υπάρχει η δυνατότητα διόρθωσης της εικόνας του Google Earth ώστε να παρουσιάζει μικρότερες διαφορές σε σχέση με την περιοχή που εξετάζεται κάθε φορά.

---

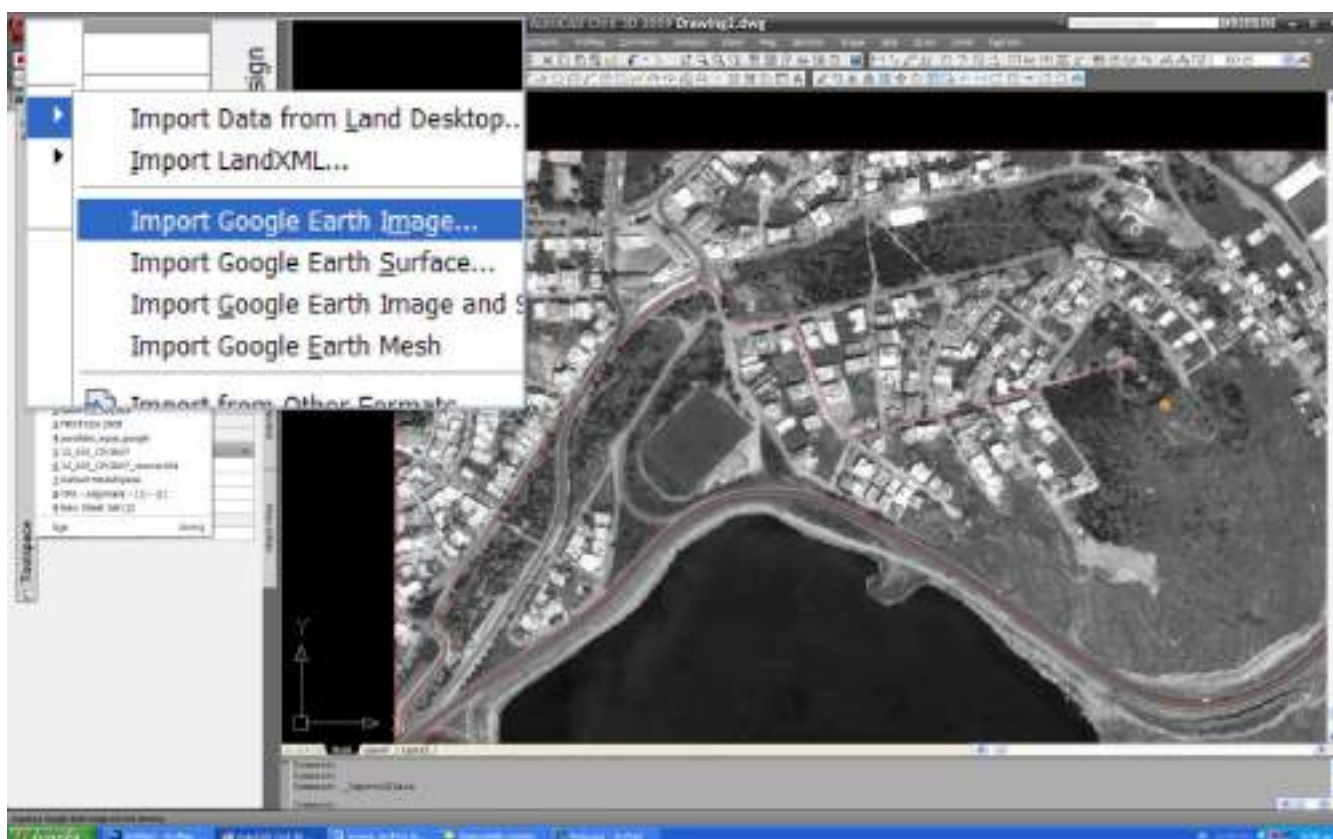
\* Η διαπίστωση αυτή έχει διατυπωθεί από την Autodesk, αλλά προέκυψε και από τον έλεγχο του κεφαλαίου 4. 2.

\*\* Η εμπορική χρήση απαγορεύεται σύμφωνα με τους όρους χρήσης του Google Earth (Βλέπε Παράρτημα Δ).

#### 4.3.1.3 Διόρθωση εικόνας Google Earth μέσω του AutoCAD Civil 3D 2009

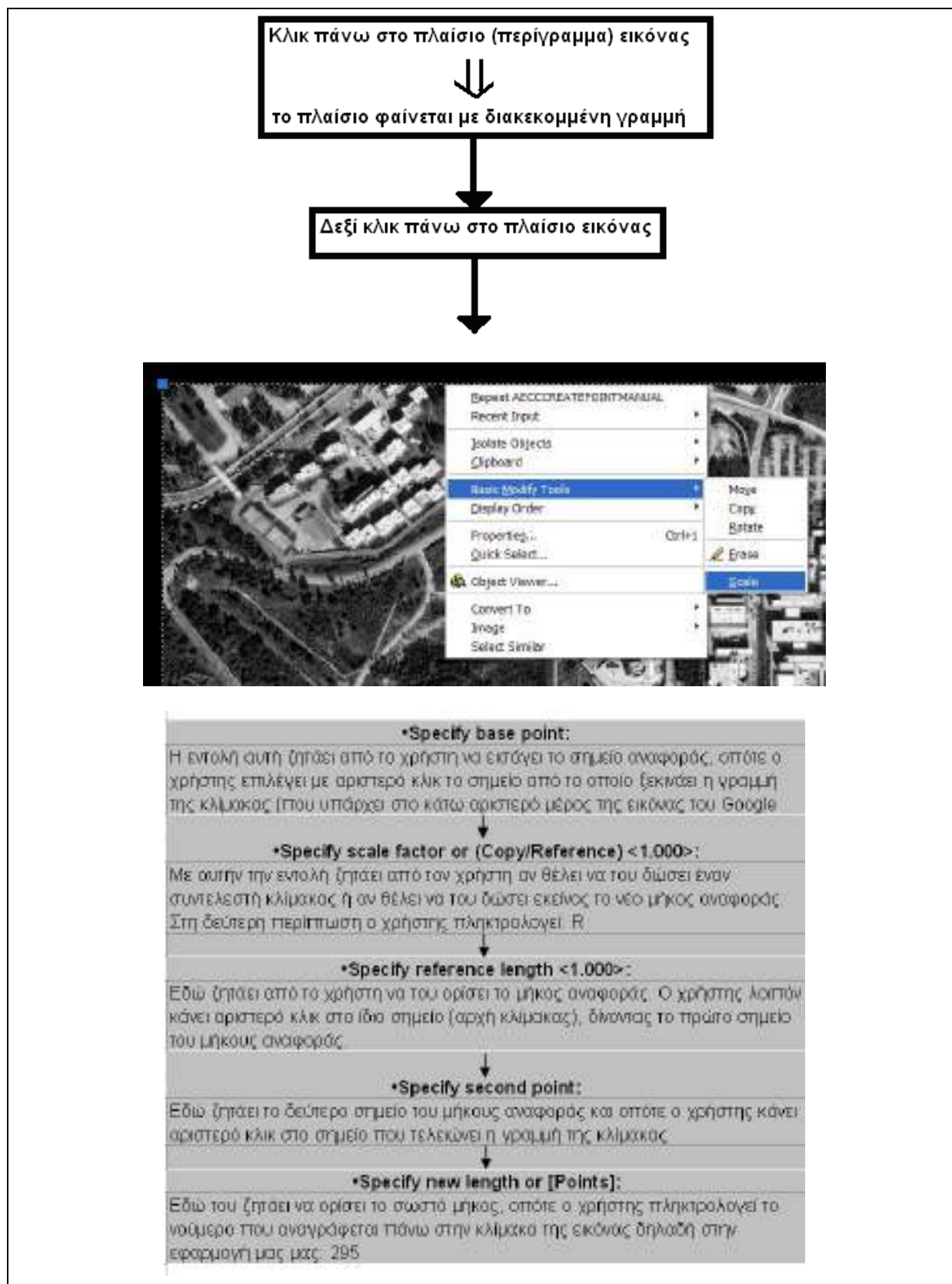
Από τους παραπάνω ελέγχους παρατηρήθηκε ότι η εικόνα του Google Earth δεν είναι ιδιαίτερα παραμορφωμένη, αλλά θα έλεγε κανείς ότι είναι μετατοπισμένη. Έτσι, λοιπόν, έγινε προσπάθεια να διορθωθεί αυτή η μετατόπιση. Αυτό έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος AutoCAD Civil 3D 2009 και χρησιμοποιώντας τις εντολές *Αλλαγής Κλίμακας (Scale)* και *Μετακίνησης (Move)*.

Προκειμένου να μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτή η επεξεργασία, αρχικά έγινε εισαγωγή της εικόνας Google Earth στο AutoCAD Civil 3D 2009. Η διαδικασία της εισαγωγής αυτής περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε, ενώ συνοπτική παρουσίαση της έχει πραγματοποιηθεί και στο κεφάλαιο 4.2. Η εικόνα που προέκυψε, λοιπόν, στην οθόνη σε περιβάλλον AutoCAD στο τέλος της διαδικασίας φαίνεται στο Σχήμα 4.16.



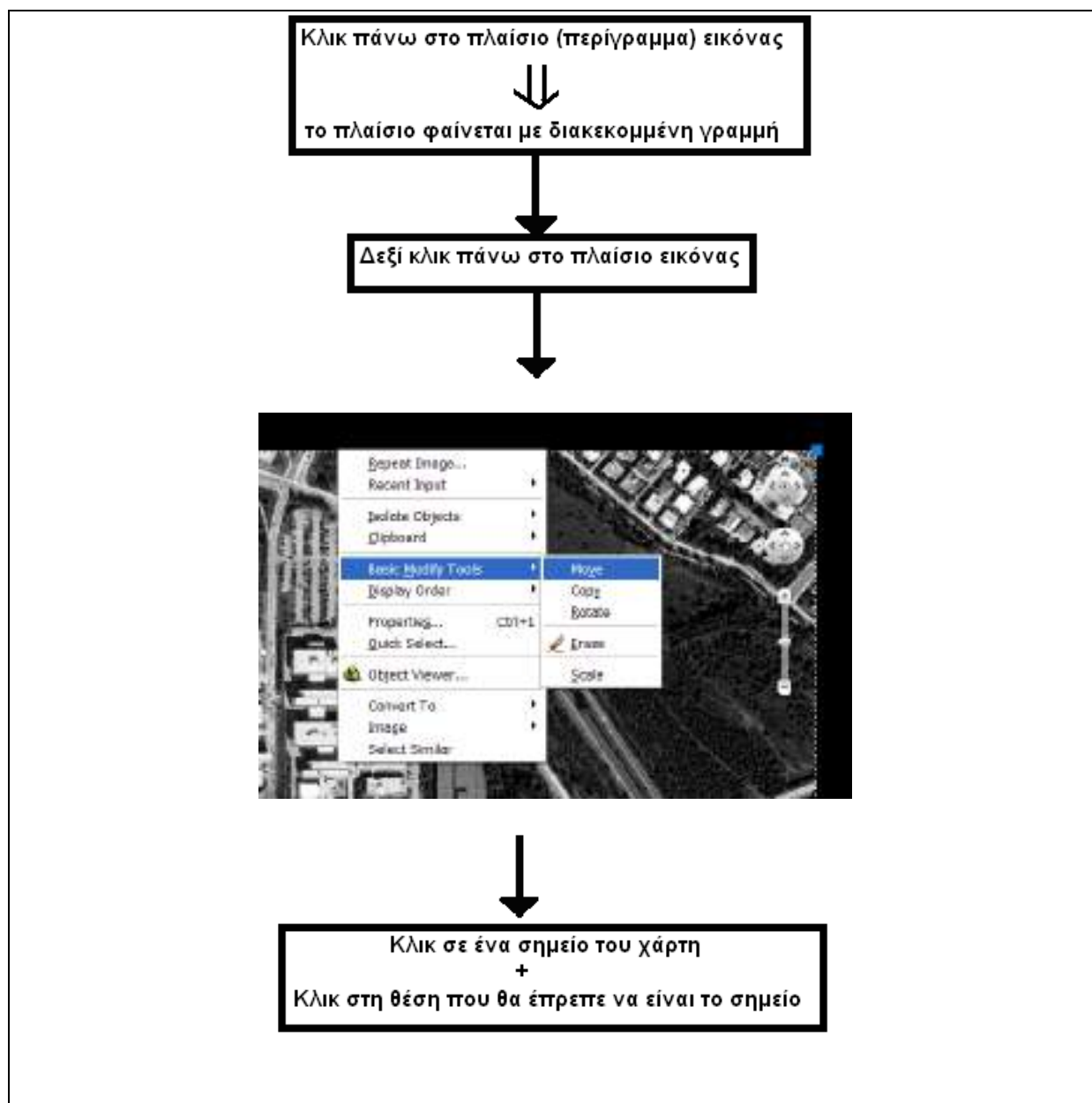
Σχήμα 4. 16 Οθόνη στο AutoCAD μετά την εισαγωγή εικόνας από το Google Earth.

Μετά την εισαγωγή της εικόνας ακλούθησε η διόρθωσή της. Πρώτα έγινε *Αλλαγή της Κλίμακας (Scale)*, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.17.



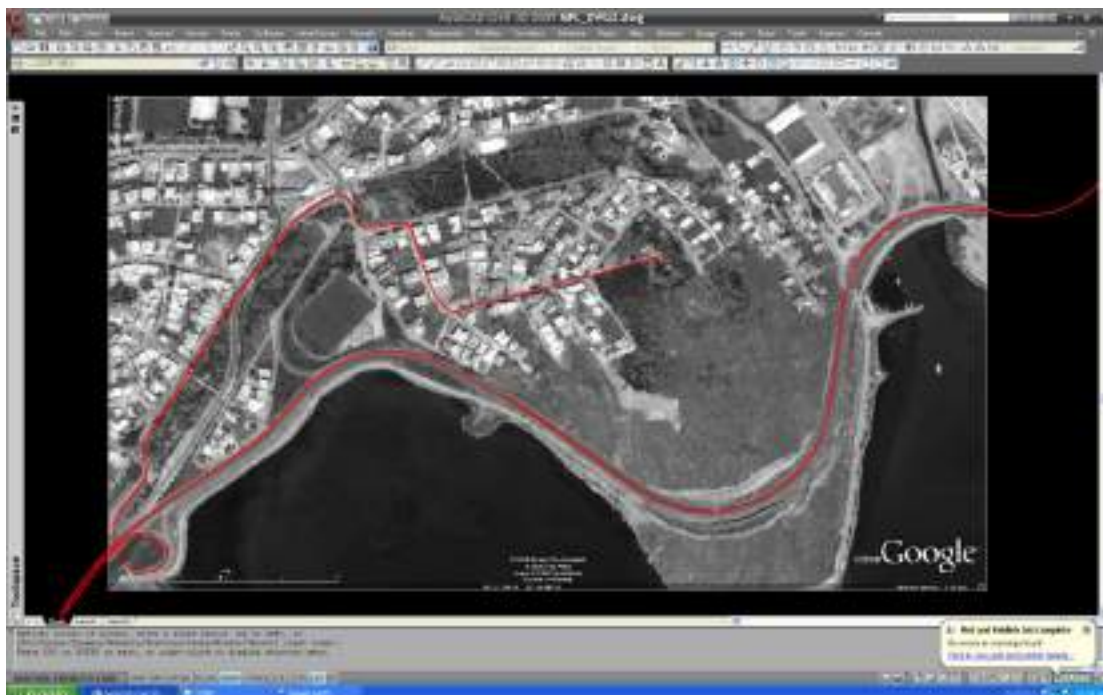
Σχήμα 4. 17 Διαδικασία διόρθωσης της κλίμακας της εικόνας Google Earth στο AutoCAD.

Έπειτα ακολούθησε η *Μετακίνησή* της με γνώμονα να συμπίσουν οι δρόμοι, όπως αυτοί απεικονίζονται στο Google Earth, με την καταγραφείσα διαδρομή.



Σχήμα 4. 18 Διαδικασία μετακίνησης της εικόνας Google Earth στο AutoCAD.

Το αποτέλεσμα των δύο αυτών διορθώσεων είναι η εικόνα του Σχήματος 4.19



**Σχήμα 4. 19** Τμήμα της καταγραφείσας διαδρομής πάνω στον διορθωμένο χάρτη του Google Earth.

Με αυτόν τον τρόπο χωρίς να παραμορφωθεί ή να συνορθωθεί η εικόνα από το Google Earth, με διόρθωση της κλίμακάς της και απλή μετακίνησή της επιτεύχθηκε η ακόμη καλύτερη ταύτιση της με την καταγραφείσα διαδρομή. Συγκεκριμένα η ταύτιση αυτή έγινε με ακρίβεια 10 μέτρων, ίσως και καλύτερη ανάλογα πάντα με την περιοχή.

### 4.3.2 Εντοπισμός θέσης οχήματος μέσω κινητού τηλεφώνου με ενσωματωμένο GPS και διαδικτυακή σύνδεση Google Maps

Η εφαρμογή που περιγράφεται στο παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει καταγραφή σημείων με χρήση ενός κινητού τηλεφώνου που υποστηρίζει μία τέτοια λειτουργία (στις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε το iPhone της Apple). Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι να ελεγχθεί ένας εναλλακτικός τρόπος καταγραφής θέσης του οχήματος πέραν του δέκτη GPS, να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα για την ακρίβεια καταγραφής και την ακρίβεια απεικόνισης του στίγματος που επιτυγχάνεται με ένα τέτοιο κινητό.

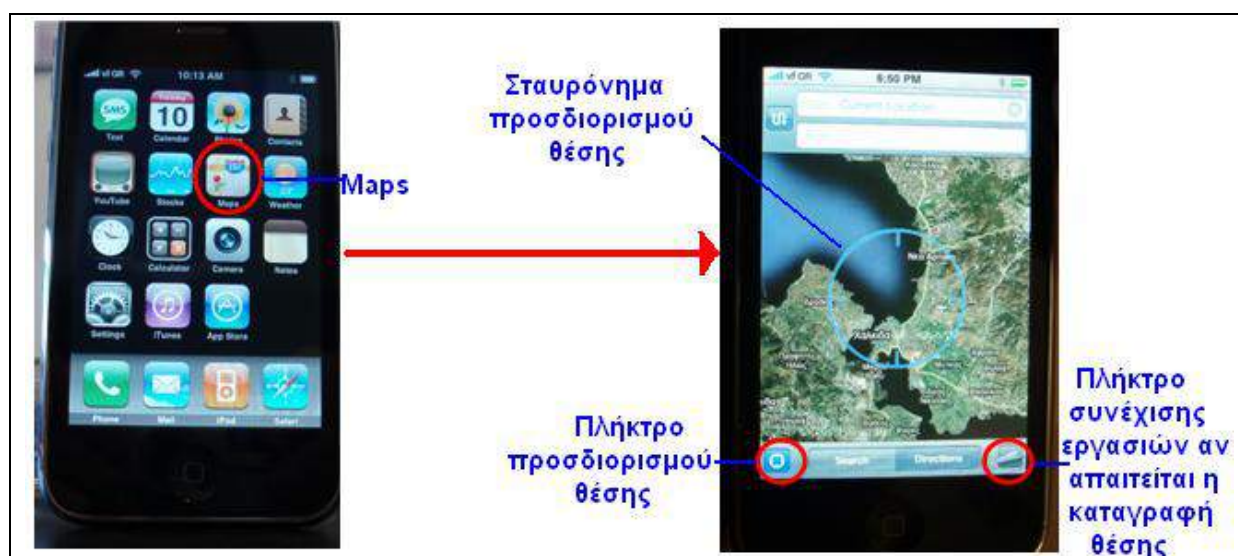
#### 1. Περιγραφή διαδικασίας εντοπισμού και καταγραφής θέσης σημείου

Για τον προσδιορισμό της θέσης του σημείου που βρίσκεται ο χρήστης πρέπει να πραγματοποιηθούν τα εξής βήματα:

Βήμα 1: Ενεργοποίηση της εφαρμογής από το βασικό μενού επιλέγοντας «Maps».

Βήμα 2: Για την καταγραφή κάθε επιμέρους σημείου, επιλέγεται το πλήκτρο προσδιορισμού θέσης στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης. Η θέση του δέκτη στον χάρτη προσδιορίζεται μέσω ενός σταυρονήματος. Για όσο γίνεται ακριβέστερο προσδιορισμό, πρέπει ο χρήστης να περιμένει ορισμένα δευτερόλεπτα, κατά τη διάρκεια των οποίων η συσκευή πρέπει να είναι σταθερή και σε ανοιχτό ορίζοντα αν είναι δυνατόν.

Τα δύο αυτά βήματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.20.



Σχήμα 4. 20 Οθόνη κινητού τηλεφώνου με εφαρμογή προσδιορισμού θέσης.

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί την καταγραφή της θέσης του τότε μετά από τα δύο προηγούμενα βήματα πρέπει να συνεχίσει την εφαρμογή κάνοντας τις παρακάτω ενέργειες:

1<sup>ο</sup>) Ευρισκόμενος στην οθόνη του Σχήματος 2 επιλέγει το πλήκτρο αλλαγής σελίδας στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης. Πατώντας αυτό το πλήκτρο εμφανίζεται η οθόνη όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3**, όπου πατάει την επιλογή Ορισμού Σημείου, «*Drop Pin*», προκειμένου να σημειωθεί πάνω στο χάρτη το σημείο που βρίσκεται. Αμέσως εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 4 όπου πλέον υπάρχει μία καρφίτσα πάνω στο σημείο.

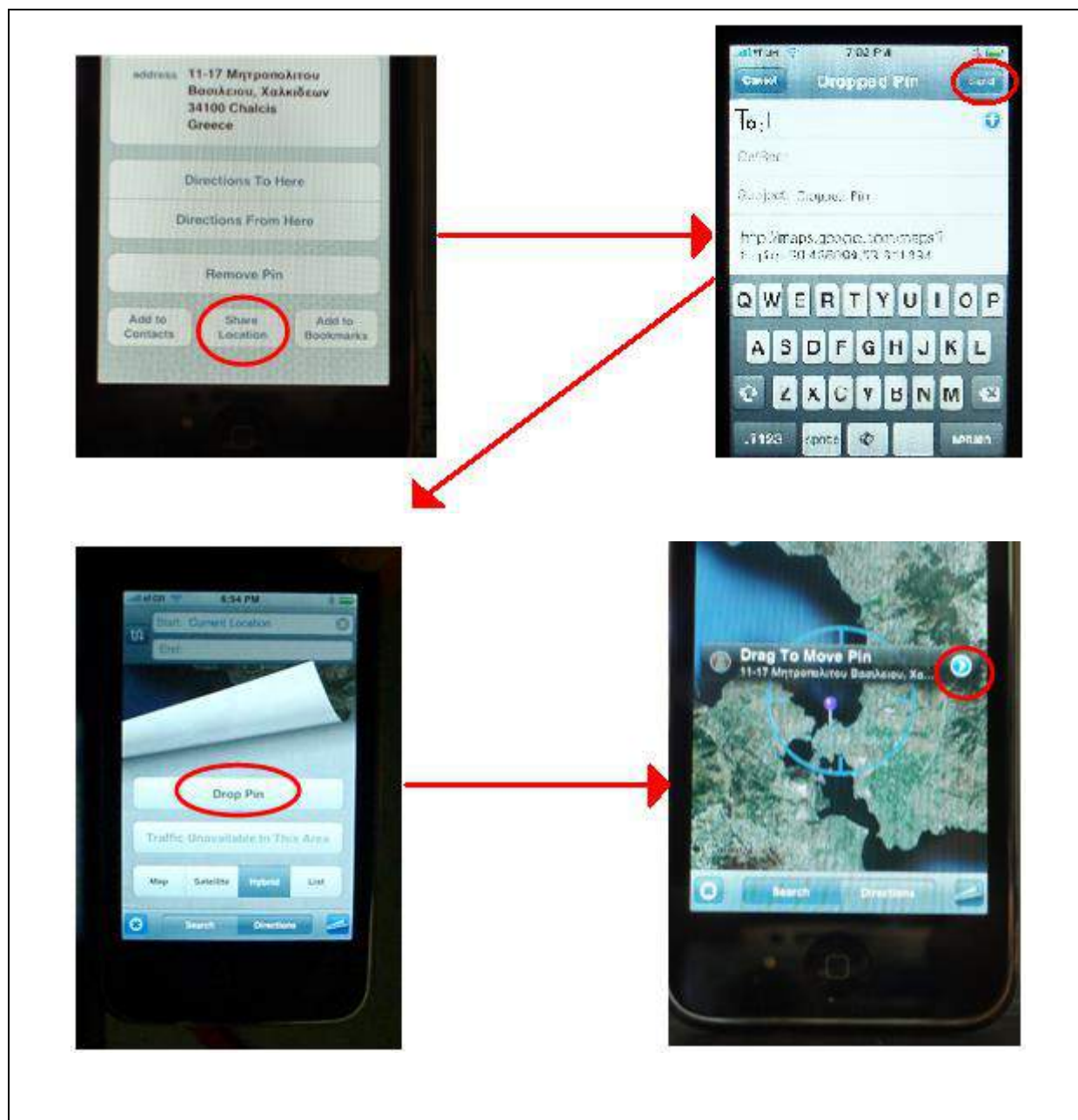
2<sup>ο</sup>) Επιλέγει το βέλος στο δεξί μέρος της πρότασης «*Drag To Move Pin*» (**Σχήμα 4**).

3<sup>ο</sup>) Επιλέγει το πλήκτρο *Αποστολής της Διεύθυνσης του σημείου*, «*Share Location*» που φαίνεται στο Σχήμα 5. Αμέσως εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 6.

4<sup>ο</sup>) Πληκτρολογεί την ηλεκτρονική διεύθυνση που επιθυμεί να σταλούν οι συντεταγμένες του σημείου. Η πληκτρολόγηση θα γίνει αμέσως μετά τη λέξη: Προς («*To:*») κι έπειτα ο χρήστης επιλέγει το πλήκτρο Αποστολή («*Send*»), ώστε να επιτευχθεί η αποστολή.

5<sup>ο</sup>) Προκειμένου να ακολουθήσει η καταγραφή νέου σημείου, επιλέγεται το πλήκτρο Αντικατάστασης σημείου («*Replace Pin*») και επαναλαμβάνονται τα προηγούμενα βήματα.

Το Σχήμα 4.21 δείχνει τις οθόνες που εμφανίζονται κατά τις παραπάνω ενέργειες.



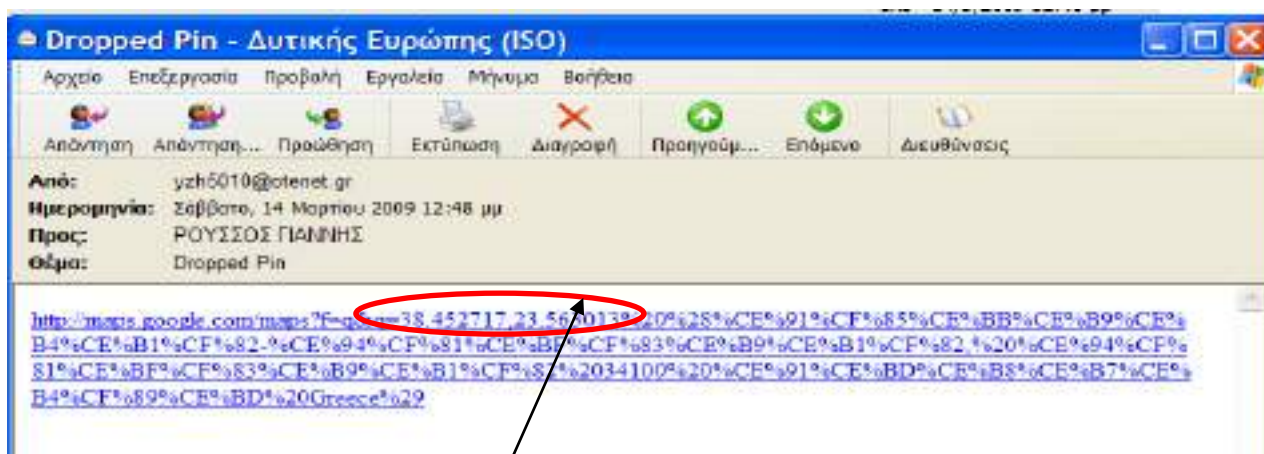
Σχήμα 4. 21 Διαδικασία καταγραφής και αποστολής συντεταμένων θέσης σημείου.

## 2. Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Στην εφαρμογή του κεφαλαίου αυτού ακολουθήθηκε η παραπάνω περιγραφείσα διαδικασία για την καταγραφή τεσσάρων σημείων σε μία ευθύγραμμη οδό. Η οδός αυτή είναι τμήμα της διαδρομής που κατέγραψε ο δέκτης GPS στην εφαρμογή του κεφαλαίου 4.3.1.

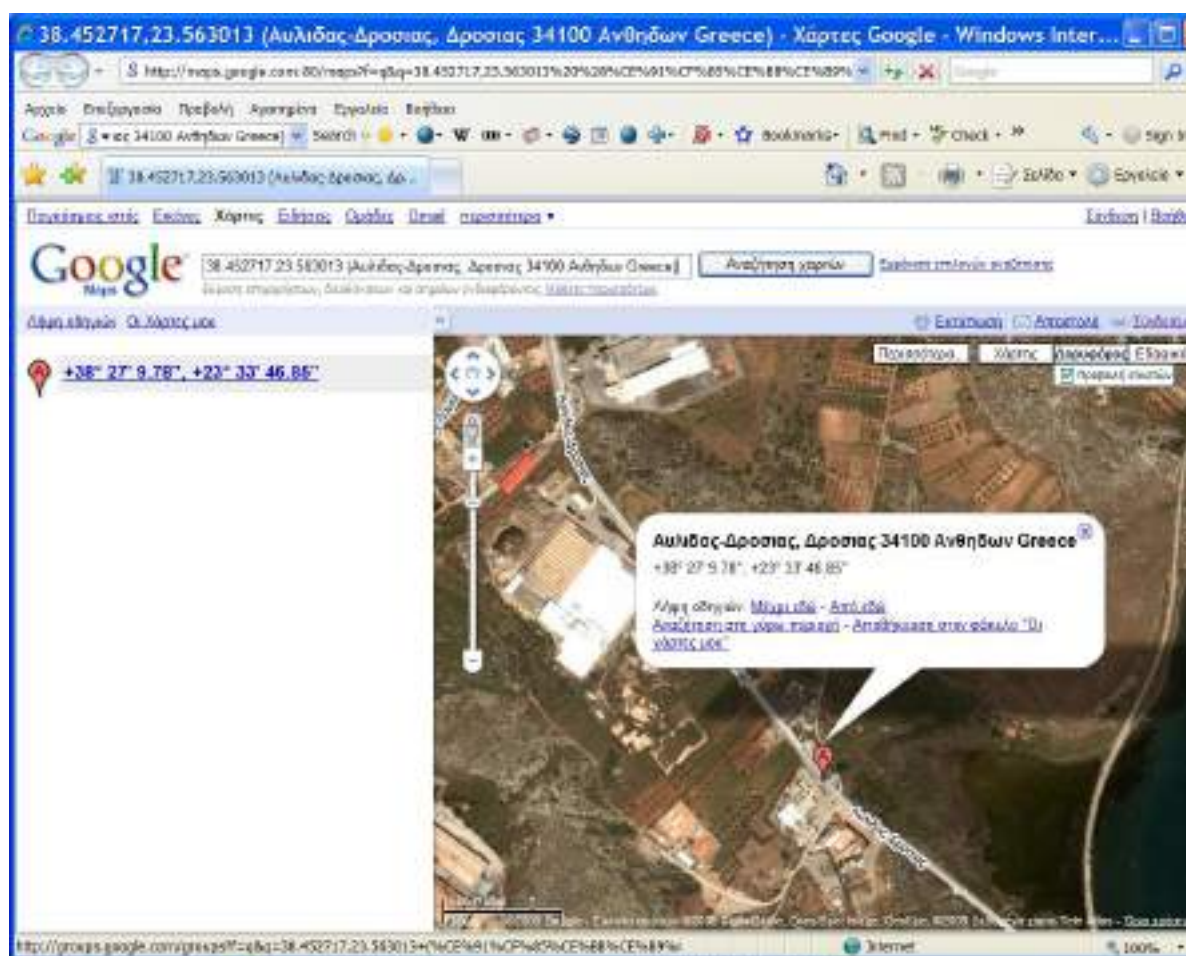
Τα σημεία που κατέγραψε το κινητό στάλθηκαν ένα ένα σε μία ηλεκτρονική διεύθυνση. Για την επεξεργασία τους χρειάστηκε πρώτα να διαβαστεί το περιεχόμενο των μηνυμάτων που εστάλησαν.

Ανοίγοντας το μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για κάθε ένα από τα σημεία, στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζονταν οι συντεταγμένες του εκάστοτε σημείου όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.22. Οι συντεταγμένες των σημείων είναι μεν σε WGS'84 και αλλά σε δεκαδική μορφή.



Σχήμα 4. 22 Οι συντεταγμένες σημείου που κατέγραψε το κινητό σε δεκαδική μορφή.

Πατώντας πάνω σε κάποιο σημείο στην πρόταση που περιέχει τις συντεταγμένες, ακολουθούσε η εμφάνιση της οθόνης του Σχήματος 4.23 που αφορούσε το αντίστοιχο σημείο του οποίου το μήνυμα είχε ανοιχθεί.



**Σχήμα 4. 23** Οι συντεταγμένες σημείου που κατέγραψε το κινητό συνοδευόμενες από την αντίστοιχη εικόνα στο Google Maps.

Στην οθόνη του Σχήματος 4.23, οι συντεταγμένες του σημείου σε WGS'84 παρουσιάζονταν σε μοίρες, πρώτα και δεύτερα λεπτά, ενώ ταυτόχρονα εμφανιζόταν και η θέση του σημείου πάνω σε εικόνα του Google Maps μαζί με πληροφορίες σχετικά με τη διεύθυνση του σημείου.

Διαβάζοντας τα μηνύματα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για τα τέσσερα σημεία που κατεγράφησαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής, οι συντεταγμένες που περιείχαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3 (στην δεύτερη στήλη) που ακολουθεί.

|                 | WGS 84        | ΕΓΣΑ'87     |
|-----------------|---------------|-------------|
| <b>Σημείο 1</b> | 23°33'46,86'' | 461721.994  |
|                 | 38°27'09,78'' | 4255849.945 |
| <b>Σημείο 2</b> | 23°33'40,90'' | 461578.394  |
|                 | 38°27'15,62'' | 4256030.637 |
| <b>Σημείο 3</b> | 23°33'35,72'' | 461453.629  |
|                 | 38°27'20,94'' | 4256195.213 |
| <b>Σημείο 4</b> | 23°33'31,09'' | 461342.286  |
|                 | 38°27'26,85'' | 4256377.912 |

**Πίνακας 4.3** Συντεταγμένες σημείων που κατέγραψε το κινητό τηλέφωνο σε WGS 84 και μετατροπή αυτών σε ΕΓΣΑ'87.

Για την επεξεργασία των σημείων θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει μετατροπή των συντεταγμένων τους από WGS 84 σε ΕΓΣΑ'87. Η μετατροπή τους έγινε με ένα πρόγραμμα Μετασχηματισμού Συντεταγμένων, το «C00RD\_GR» του Ιωάννη Συγγραού. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί κάποιος να το κατεβάσει από την διεύθυνση\* :

Ανοίγοντάς το πρόγραμμα αυτό λοιπόν εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 4.24.

---

\* Διανέμεται δωρεάν και δεν επιτρέπεται η πώλησή του.

Σχήμα 4. 24 Οθόνη προγράμματος μετασχηματισμού συντεταγμένων «C00RD\_GR» του Ιωάννη Συγγρού.

Η διαδικασία μετατροπής των συντεταγμένων από WGS 84 σε ΕΓΣΑ'87 γίνεται γενικά με δύο βήματα:

1. Στο Σύστημα Προέλευσης επιλέγεται: **ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ** ( $\lambda$ ,  $\phi$ ). Κάτω από εκεί υπάρχει ένα μενού από το οποίο επιλέγεται: **ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ '84 (WGS84)**  $\phi$ ,  $\lambda$ . Στα **ΔΕΔΟΜΕΝΑ** πληκτρολογούνται τα  $\phi$ ,  $\lambda$ , π.χ. όπου  $\lambda=23.334686$  ( και όχι  $23^{\circ}.33'46,86''$ ) και όπου  $\phi=38.270978$  (και όχι  $38^{\circ}27'09,78''$ ).
2. Στο **ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ** επιλέγεται: **ΕΓΚ. ΜΕΡΚΑΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ**. Κάτω από εκεί υπάρχει ένα μενού από το οποίο επιλέγεται: **ΕΓΣΑ '87, ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΜΕΡΚΑΤΟΡΙΚΗ**. Τότε εμφανίζονται στα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ οι αντίστοιχες συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ '87 σε E, N.

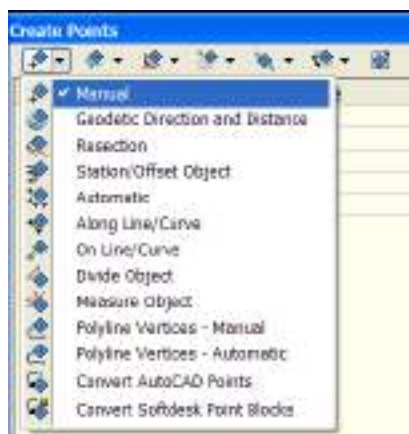
Με αυτή τη διαδικασία προέκυψαν οι συντεταγμένες της δεύτερης στήλης του Πίνακα 4.3.

## 1<sup>ος</sup> ΕΛΕΓΧΟΣ

Για να αξιολογηθεί η καταγραφή των σημείων από το κινητό τηλέφωνο, καταρχήν εξετάσθηκε κατά πόσο τα τέσσερα αυτά καταγεγραμμένα σημεία βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, αφού η καταγραφή τους έγινε σε ευθύγραμμη οδό. Αυτό μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του προγράμματος Autocad Civil 3D 2009.

Αναλυτικά, ανοίγοντας το πρόγραμμα (από τη διαδρομή: μενού *Έναρξη, Προγράμματα, AutoCAD Civil 3D 2009*) και κάνοντας ακριβώς τις ίδιες κινήσεις που περιγράφονται στα Σχήματα 1 έως 4 στο Παράρτημα Ε, έγινε δυνατή η σχεδίαση των σημείων στην οθόνη. Η σχεδίαση πραγματοποιήθηκε ως εξής: από τη γραμμή εργαλείων έγινε επιλογή του πλήκτρου *Σημεία (Points)* και ακολούθως εμφανίστηκε ένα μενού από το οποίο επιλέχθηκε: *Δημιουργία Σημείων (Create Points)* (που είναι η πρώτη στο μενού).

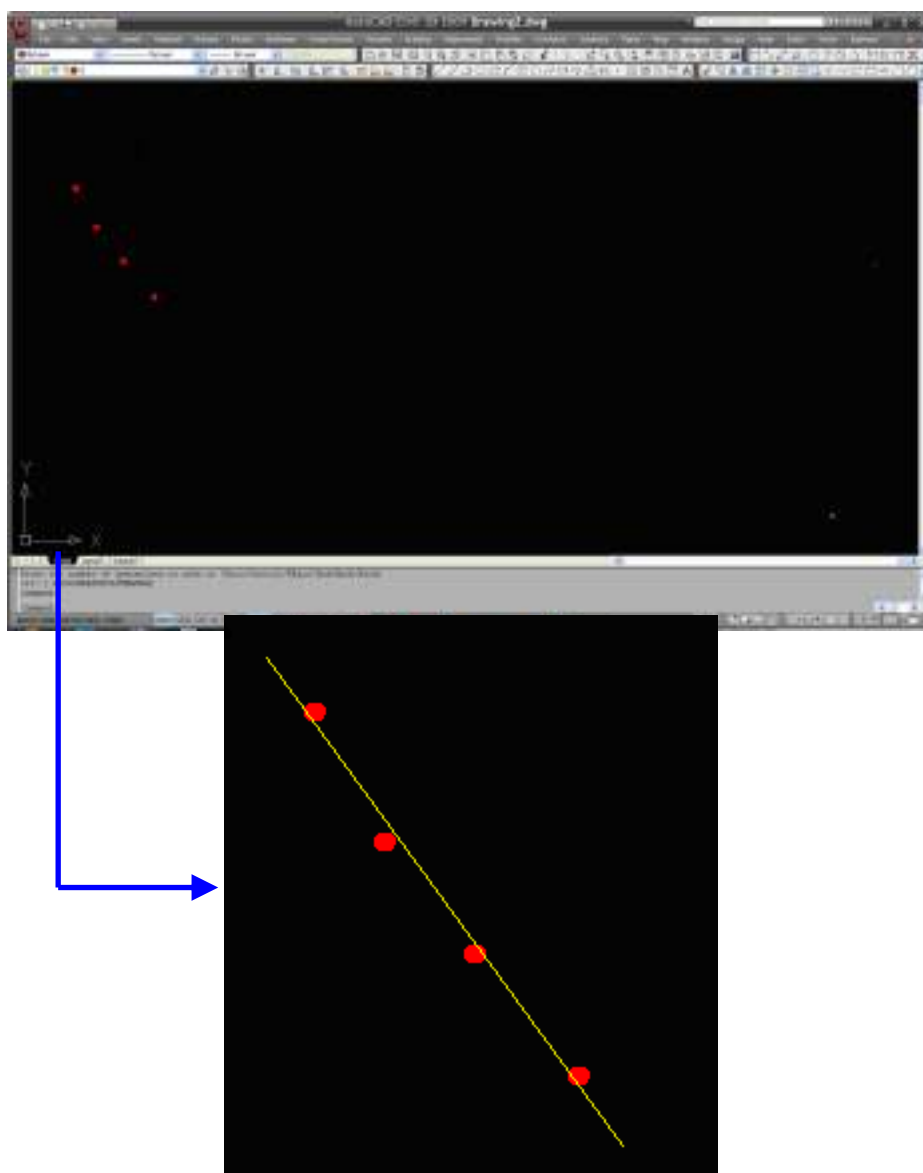
Έπειτα εμφανίστηκε το παράθυρο του Σχήματος 10, όπου έγινε επιλογή του πρώτου εικονίδιου και μετά από το βελάκι δεξιά του, στο πτυσσόμενου μενού επιλέχθηκε το *Manual*.



Σχήμα 4. 25 Παράθυρο δημιουργίας σημείων στο Autocad.

Στη συνέχεια από το πρόγραμμα δόθηκαν οι εξής εντολές στη γραμμή εντολών:

- *Please specify a location for the new point:* (όπου γράφει ο χρήστης τις συντεταγμένες του σημείου π.χ. 461721.994, 4255849.945 ΚΑΙ enter)
- *Enter a point description <.>:* (όπου ο χρήστης δίνει ένα όνομα για το σημείο, π.χ. S1 και πατάει Enter)
- *Specify a point elevation <.>:* (όπου ο χρήστης πατάει Enter)
- *Please specify a location for the new point:* (όπου ο χρήστης ξεκινάει να δίνει τα στοιχεία του επόμενου σημείου)



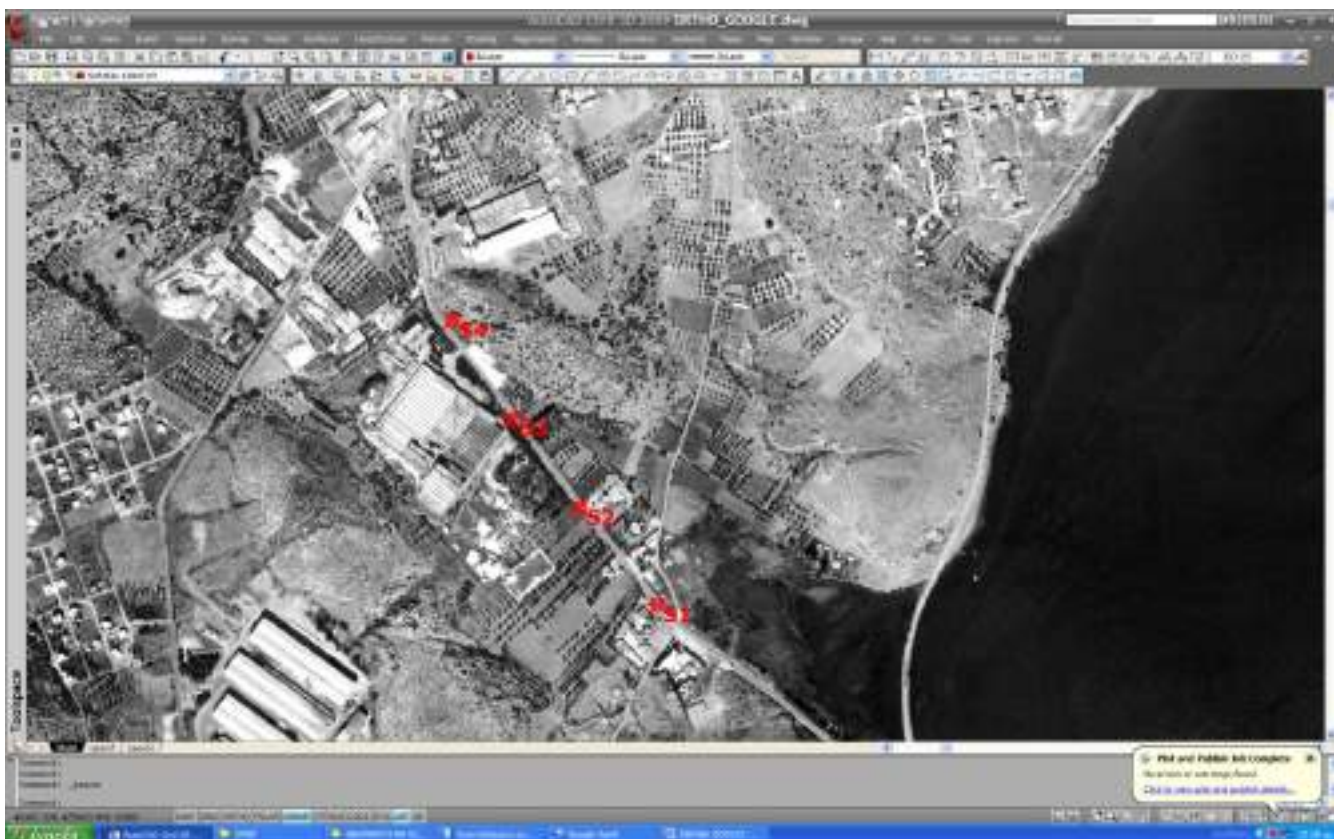
**Σχήμα 4. 26** Τα τέσσερα σημεία που κατέγραψε το κινητό τηλέφωνο σχεδιασμένα σε περιβάλλον AutoCAD Civil 3D 2009 (άνω σχήμα) και σε λεπτομέρεια τα ίδια σημεία και η πραγματική διαδρομή τους (κάτω σχήμα).

Μεταφέροντας τα τέσσερα αυτά σημεία στο AutoCAD διαπιστώθηκε ότι ενώ αυτά κατεγράφησαν κατά μήκος μίας ευθύγραμμης οδού, δεν σχηματίζουν ευθεία αλλά αποκλίνουν όπως φαίνεται στο παραπάνω Σχήμα 4.26.

2<sup>ος</sup> ΕΛΕΓΧΟΣ

Ένας δεύτερος έλεγχος για την αξιολόγηση της καταγραφής σημείων μέσω του κινητού τηλεφώνου που πραγματοποιήθηκε σχετίζεται με την κατανομή των σημείων που κατεγράφησαν πάνω στο δρόμο όπως αυτός εμφανίζεται 1)στον ορθοφωτοχάρτη και 2)στο Google Earth.

1. Στον ορθοφωτοχάρτη της περιοχής, όπως παρατηρείται στο Σχήμα 4.27, τα σημεία δεν συμπίπτουν με το δρόμο και μάλιστα ξεφεύγουν είτε από τη μία είτε από την άλλη μεριά του άξονα πάνω στον οποίο βρισκόταν το όχημα όταν γίνονταν οι καταγραφές.



**Σχήμα 4. 27 Τα τέσσερα σημεία που κατέγραψε το κινητό τηλέφωνο πάνω σε ορθοφωτοχάρτη της περιοχής.**

3. Στον χάρτη του Google Earth, όπως φαίνεται από το Σχήμα 4.28, το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό στον ορθοφωτοχάρτη: τα σημεία αποκλίνουν από την λωρίδα κυκλοφορίας.



**Σχήμα 4. 28** Τα τέσσερα σημεία που κατέγραψε το κινητό τηλέφωνο πάνω στον χάρτη από το Google Earth.

Διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για τον έλεγχο αυτό:

- Η εισαγωγή του ορθοφωτοχάρτη στο AutoCAD όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.2 και η σχεδίαση των σημείων.
- Η σχεδίαση των σημείων στο περιβάλλον του AutoCAD και η αποστολή τους στο Google Earth όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.3.2.1.

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα εντοπισμού θέσης χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές στο χώρο των μεταφορικών συστημάτων όπως στον εντοπισμό θέσης, στην καθοδήγηση και στη διαχείριση στόλου μεταφορικών μέσων.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι τα εξής:

- Είναι τεχνικώς εφικτό με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού να ληφθεί από τη διαδικτυακή εφαρμογή του Google Earth μία γεωαναφερμένη εικόνα/χάρτης και να εισαχθεί ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών μίας φορητής συσκευής GPS. Η αξιοποίηση μίας τέτοιας εφαρμογής για εμπορική χρήση, ωστόσο, απαγορεύεται σύμφωνα με τους όρους χρήσης της Google Earth χωρίς προηγούμενη συμφωνία με την εταιρία.
- Η εικόνα που προέρχεται από τη διαδικτυακή εφαρμογή του Google Earth έχει μικρότερη ακρίβεια από έναν ορθοφωτοχάρτη, καθώς ενυπάρχουν τοπικές παραμορφώσεις.
- Η ακρίβεια απεικόνισης σημείων επί του ορθοφωτοχάρτη είναι της τάξης του 0.5 έως 3 μέτρων. Συγκεκριμένα, προβάλλοντας την αποτειπωθείσα με δέκτη GPS υψηλής ακριβείας διαδρομή πάνω σε ψηφιακό ορθοφωτοχάρτη διαπιστώθηκε ότι:
  1. Στα ευθύγραμμα τμήματα της διαδρομής η καταγραφείσα διαδρομή συμπίπτει με τον άξονα της λωρίδας της οδού που κινούνταν το όχημα.
  2. Στα καμπύλα τμήματα της διαδρομής η οριζοντιογραφία της οδού δεν αποδίδεται σωστά λόγω της ταχύτητας του οχήματος (50-70 χλμ.). Για μικρότερη ταχύτητα οι αποκλίσεις θα ήταν λιγότερες.
  3. Στη γέφυρα (της Χαλκίδας) η καταγραφείσα διαδρομή από τον δέκτη GPS δεν συμπίπτει με το κατάστρωμα της γέφυρας, όμως βρίσκεται ανάμεσα από τα βάθρα της. Επομένως η αποτύπωση είναι ακριβής και το σφάλμα οφείλεται στο γεγονός ότι η γέφυρα δεν έχει αποδοθεί ορθά κατά τη διαμόρφωση του ορθοφωτοχάρτη.

Η ακρίβεια απεικόνισης επί του ορθοφωτοχάρτη υπολογίσθηκε από 0.5 έως 3 μέτρα λαμβάνοντας υπόψη την ακρίβεια προσδιορισμού θέσης του δέκτη (<1 μέτρου) και την ακρίβεια του ορθοφωτοχάρτη (1.5-2 μέτρα).

- Η ακρίβεια απεικόνισης σημείων επί της εικόνας Google Earth είναι της τάξης των 10 έως 20 μέτρων. Συγκεκριμένα, από την προβολή της καταγραφείσας με δέκτη GPS διαδρομής πάνω στη γεωαναφερμένη εικόνα από το Google Earth διαπιστώθηκε ότι:
  1. Οι αντίστοιχες διαδρομές δεν συνέπιπταν.
  2. Η εικόνα Google Earth έχει παραμόρφωση. Αυτό διαπιστώνεται και από το γεγονός ότι σημεία της εικόνας που είναι διακριτά και έχουν μετρηθεί και επίγεια παρουσιάζουν ασύμμετρες αποκλίσεις που κυμαίνονται από 5 έως 20 μέτρα.
- Η ακρίβεια απεικόνισης της καταγραφείσας διαδρομής πάνω σε γεωαναφερμένη εικόνα από το Google Earth μπορεί να αυξηθεί μετά από διόρθωσή της κλίμακας και μετακίνηση της εικόνας από ειδικό λογισμικό (AutoCAD).
- Η τεχνική εισαγωγής μίας γεωαναφερμένης εικόνας (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτης από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο σε φορητή μονάδα GPS πλεονεκτεί σε σχέση με την εμπορική εφαρμογή προσδιορισμού θέσης από εταιρίες κινητής τηλεφωνίας κυρίως για δύο λόγους:
  1. Η πρώτη μέθοδος παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορισμού θέσης αλλά και μεγαλύτερη ακρίβεια απεικόνισης της θέσης επί στο χάρτη.
  2. Η πρώτη μέθοδος δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας των χωρικών και περιγραφικών δεδομένων κατά τη διάρκεια του προσδιορισμού και καταγραφής στίγματος σε αντίθεση με τη δεύτερη που ενημερώνει μόνο τον χρήστη για τη θέση του.
  3. Η δεύτερη μέθοδος προϋποθέτει πρόσβαση στο διαδίκτυο και άρα χρέωση του χρήστη.

## 6 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε η ανάπτυξη μίας τεχνικής για την εισαγωγή γεωαναφερμένων εικόνων από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth σε φορητή μονάδα GPS, ώστε να αποτελέσουν το χαρτογραφικό υπόβαθρο εφαρμογών παρακολούθησης και προσδιορισμού θέσης οχημάτων. Οι αρχικοί στόχοι πραγματοποιήθηκαν στην πλειοψηφία τους όμως αναμφισβήτητα η τεχνική που αναπτύχθηκε επιδέχεται πολλών βελτιώσεων και επεκτάσεων. Ενδεικτικά παρακάτω παρουσιάζονται κάποια βασικά ζητούμενα που χρήζουν εκτενέστερης διερεύνησης:

- Αξίζει να μελετηθούν τρόποι βελτίωσης της ακρίβειας προσδιορισμού θέσης. Για παράδειγμα θα μπορούσε να επαναληφθεί μία συνεχής καταγραφή σημείων ενός οδικού δικτύου παρόμοια με αυτή που περιγράφεται στις εφαρμογές αλλά με μικρότερη ταχύτητα οχήματος (<50 χλμ).
- Σημαντικό θέμα που θα πρέπει να εξεταστεί είναι χρήση εξειδικευμένου λογισμικού (π.χ. Stitchmap) για συνένωση εικόνων Google Earth ώστε να κατασταθεί εφικτή η χρήση της τεχνικής που προτάθηκε με την παρούσα διπλωματική εργασία σε μεγαλύτερης έκτασης περιοχές όπως για την περιοχή της Αθήνας ή και ολόκληρης της Αττικής.
- Ένα άλλο θέμα που χρήζει μελλοντικής έρευνας είναι η διόρθωση της παραμόρφωσης της γεωαναφερμένης εικόνας από το Google Earth, η εύρεση ενός συστηματικού σφάλματος εάν αυτό υπάρχει και ίσως η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου ή μίας εξίσωσης που να το απαλείφει.

Ορισμένες εφαρμογές στις οποίες θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί φορητή μία μονάδα GPS με γεωαναφερμένη εικόνα (ορθοφωτοχάρτη σε ψηφιακή μορφή, εικόνα/χάρτη από το διαδικτυακό λογισμικό Google Earth) ως χαρτογραφικό υπόβαθρο είναι οι παρακάτω:

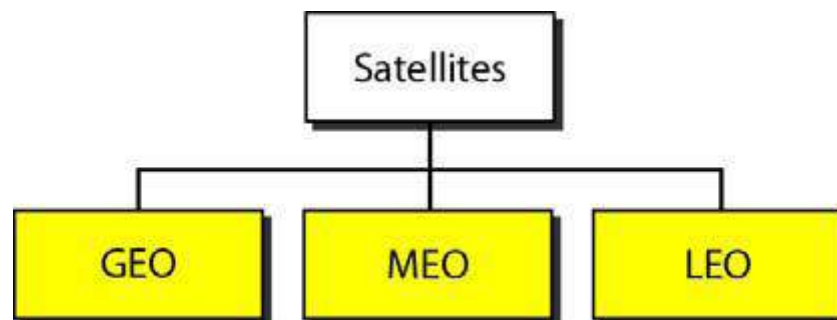
- Για τον εντοπισμό της θέσης και γενικότερα την εποπτεία του δικτύου μίας περιοχής για την οποία οι δέκτες GPS των οχημάτων δεν προσφέρουν υπηρεσίες πλοήγησης. Τέτοιες περιοχές είναι αεροδρόμια, βιομηχανικές περιοχές, λιμενικές εγκαταστάσεις αλλά και περιοχές όπως η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου στην Αθήνα.
- Για την καταγραφή του δικτύου μίας περιοχής όπως η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου προκειμένου να γίνει σχεδιασμός για τις στάσεις των λεωφορείων, τη στάθμευση οχημάτων και για τη γενικότερη μελέτη κυκλοφορίας μέσα σε αυτήν.
- Για την καταγραφή όλου του Ελληνικού Δικτύου με προσδιορισμό των συντεταγμένων ανά 10 μέτρα. Μία τέτοια πληροφορία θα ήταν πολύ χρήσιμη για τη διαδικασία συντήρησης

των οδοστρωμάτων. Παράλληλα μπορεί να γίνεται και καταγραφή των σημείων που ξεκινούν και τελειώνουν τα στηθαία ασφαλείας, πληροφορία χρήσιμη για την ασφάλεια της διαδρομής.

- Για την καταγραφή τροχαίων ατυχημάτων από αστυνομικούς όπου θα είναι δυνατή η ακριβής ταυτοποίηση του σημείου που συμβαίνει ένα ατύχημα.
- Τέλος, η τεχνική που αναπτύχθηκε στη διπλωματική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένα μαθήματα της κατεύθυνσης του Συγκοινωνιολόγου Μηχανικού, όπως για παράδειγμα στα Αστικά Οδικά Δίκτυα όπου οι φοιτητές χρησιμοποιώντας έναν δέκτη GPS με εικόνα Google Earth της περιοχής που εξετάζουν, να μπορούν να καταγράψουν το δίκτυο αλλά και σημαντικά σημεία όπως στάσεις, διαβάσεις κ.λπ.

## Τροχιές γύρω από τη Γή

Τροχιά είναι η πορεία του δορυφόρου και η μορφή της είναι ελλειπτική. Η τροχιά ανήκει σε επίπεδο που περνά από το κέντρο της γης. Η ταχύτητα του δορυφόρου είναι αντίστροφα ανάλογη με την απόσταση από τη γη. Οι δορυφόροι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όσον αφορά την τροχιά τους γύρω από τη γη. Τους GEO (geostationary earth orbit), τους LEO (low earth orbit) τους MEO (medium earth orbit) και τους HEO (Highly Elliptical Orbits)



### ➤ Δορυφόροι GEO

Οι δορυφόροι GEO βρίσκονται σε ύψος 35.786 km και κινούνται από τα δυτικά προς τα ανατολικά σε κυκλικές τροχιές με μηδενική κλίση (ισημερινές τροχιές). Ένα αντικείμενο με μια τέτοια τροχιά, έχει περίοδο περιστροφής 24 ώρες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να φαίνεται ως ακίνητο από έναν παρατηρητή πάνω στη γη. Παρέχεται συνεχής κάλυψη της περιοχής ορατότητάς του (42.4% της επιφάνειας της γης). Τρεις τέτοιοι δορυφόροι τοποθετημένοι σε τόξα των 120 μοιρών γύρω από τη γη μπορούν να παρέχουν πλήρη τηλεπικοινωνιακή κάλυψη.

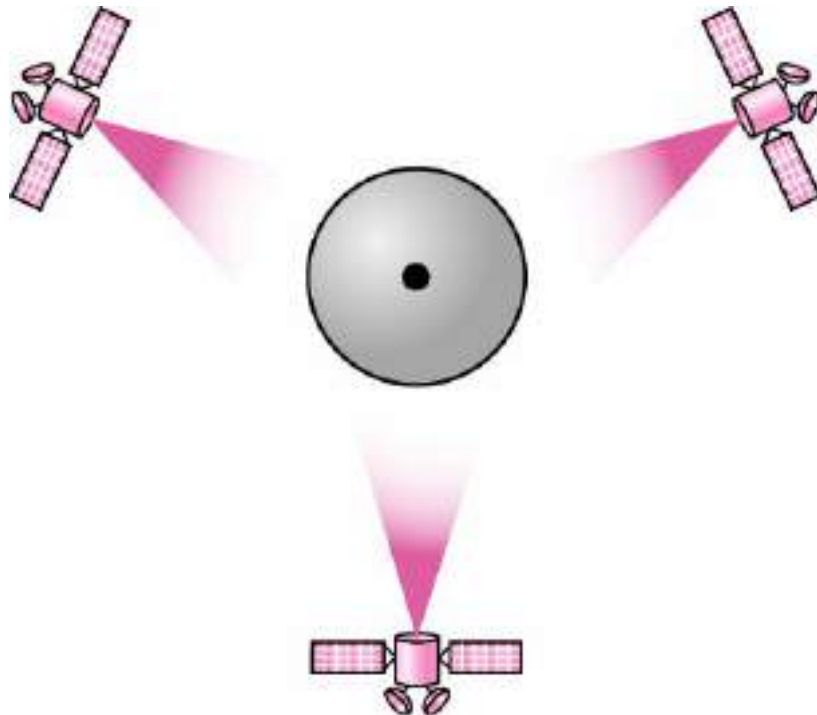
Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Απλό διαστημικό σύστημα.
- Καλή δομή ανάπτυξης του συστήματος (ένας δορυφόρος για να καλύψει κάποιες περιοχές, 3 ή 4 για παγκόσμια κάλυψη).
- Δεν χρειάζεται καμιά διαδικασία μεταπομπής από δορυφόρο σε δορυφόρο μια και κάθε χρήστης επικοινωνεί συνεχώς με τον ίδιο .δορυφόρο
- Το σύστημα ελέγχου των δορυφόρων είναι απλό και δοκιμασμένο.

- Δεν απαιτείται σύστημα ανίχνευσης και εντοπισμού του δορυφόρου στα επίγεια τερματικά.
- Δεν υπάρχει μεταβολή στην καθυστέρηση διάδοσης και στη γωνία ανύψωσης.
- Τα φαινόμενα Doppler είναι αμελητέα.
- Υπάρχει μεγάλη περιοχή πρόσβασης, από τη στιγμή που οι δορυφόροι βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και καθένας παρέχει ορατότητα σε μεγάλο μέρος του κόσμου.

Από την άλλη πλευρά τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι :

- Η μεγάλη απόσταση δορυφόρου-χρήστη επηρεάζει τόσο την εκπεμπόμενη ισχύ όσο και το μέγεθος των κεραιών στο δορυφόρο ιδίως αν χρησιμοποιηθούν συσκευές χειρός. Έτσι η πολυπλοκότητα του τηλεπικοινωνιακού μέρους του δορυφόρου έχει σαν αποτέλεσμα τόσο την αύξηση του απαιτούμενου χρόνου κατασκευής του (π.χ. ο INTELSAT VI χρειάστηκε 7 χρόνια), όσο και του κόστους που απαιτείται για την εκτόξευση του.
- Έχουμε μεγάλες καθυστερήσεις διάδοσης, λόγω της μεγάλης απόστασης, που μπορεί να φθάσουν τα 700 msec για μια αμφίδρομη επικοινωνία.
- Οι γωνίες ανύψωσης είναι χαμηλές (10 μοίρες) σε περιοχές με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος ή πολλά βουνά και αυτό αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις κινητές επικοινωνίες.



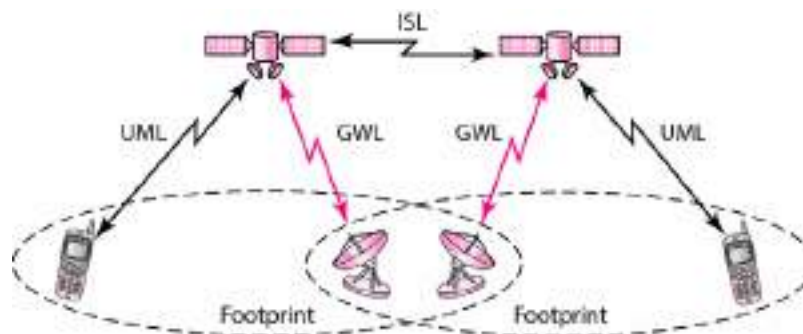
## ➤ Δορυφόροι LEO

Ένας τυπικός LEO δορυφόρος μπορεί να πραγματοποιήσει δύο ειδών τροχιές, είτε κυκλικές είτε πολικές.

Κυκλικές τροχιές μικρού ύψους (700-1000Km), και περίοδο περίπου 1,5 ώρες. Τροχιακό επίπεδο με κλίση ως προς τον ισημερινό.

Πολικές τροχιές όταν η κλίση περίπου 90ο, π.χ. ο δορυφόρος παρατήρησης SPOT, 98,7 περίοδο 101 λεπτά και 830Km ύψος. Οι πολικές εγγυώνται ότι ο δορυφόρος θα περάσει πάνω από κάθε περιοχή της γης.

Αστερισμοί δορυφόρων (π.χ. 11 τροχιακά επίπεδα με 6 δορυφόρους ανά επίπεδο στο Iridium, ή 8 επίπεδα με 8 ανά επίπεδο στο Globalstar) παρέχουν παγκόσμια κάλυψη.



Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :

- Το υψόμετρο των δορυφόρων είναι μικρό και άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πιο μικρούς και πιο φθηνούς δορυφόρους αφού η απαιτούμενη ισχύς για επιτυχή ζεύξη είναι μικρότερη.
- Το μικρό μέγεθος των δορυφόρων και η μικρή απόσταση διευκολύνουν την εκτόξευση και περιορίζουν τα αντίστοιχα έξοδα.
- Οι καθυστερήσεις διάδοσης είναι μικρές της τάξης των 10-20msec και έτσι δίνεται η δυνατότητα για πολλαπλές μεταπομπές του σήματος από δορυφόρο σε δορυφόρο.

Τα μειονεκτήματα είναι τα εξής :

- Λόγω του μεγάλου αριθμού των δορυφόρων (66 στο Iridium) που απαιτείται, η διαδικασία σύνταξης του όλου συστήματος είναι χρονοβόρα και πολυέξοδη.

- Επιπλέον απαιτείται πλήρης ανάπτυξη του συστήματος για να εξασφαλιστεί συνεχής κάλυψη οπουδήποτε.
- Το σύστημα ελέγχου του διαστημικού μέρους είναι πολύπλοκο.
- Απαιτούνται συχνές μεταπομπές (κάθε 10 λεπτά περίπου μεταξύ δορυφόρων και κάθε 1 ή 2 μεταξύ κυψελών), λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων στον ουρανό.
- Τα φαινόμενα Doppler είναι πολύ ισχυρά λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων (δεκάδες KHz).
- Οι συνθήκες διάδοσης είναι μεταβλητές λόγω της μεταβολής της γωνίας ανύψωσης.
- Λόγω της γρήγορης κίνησης των δορυφόρων έχουμε αυξημένο πρόβλημα εστίασης στις κεραίες.
- Η διάρκεια ζωής των δορυφόρων είναι μικρή (υπολογίζεται περίπου 5 χρόνια με την υπάρχουσα τεχνολογία).

### ➤ **Δορυφόροι ΜΕΟ**

Ένας ΜΕΟ δορυφόρος έχει περίοδο περιστροφής μερικές ώρες και ύψος μεταξύ 5000 και 12000 km και κλίση τροχιακού επιπέδου 50°. Ονομάζονται και ΙCΟ (Intermediate Circular Orbits). Με 2 τροχιακά επίπεδα και 6 δορυφόρους ανά επίπεδο επιτυγχάνεται παγκόσμια κάλυψη.

- Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τροχιάς είναι τα εξής :
- Ένας αριθμός από τέτοιου είδους δορυφόρων, σωστά ρυθμισμένων, μπορούν να επιτύχουν παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή κάλυψη.
- Λόγω της κοντινής τους απόστασης από τη Γή οι ΜΕΟ δορυφόροι απαιτούν λίγη ενέργεια για την λειτουργία τους και περιέχουν μικρότερες κεραίες από τους GΕΟ δορυφόρους.
- Το συνολικό εμβαδόν στην επιφάνεια της Γής που καλύπτει ένας τέτοιος δορυφόρος είναι αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο που καλύπτει ένας LEO. Γιαυτό και για την παγκόσμια κάλυψη απαιτούνται λιγότεροι δορυφόροι με τεχνολογία ΜΕΟ σε σχέση με τους LEO.

## ➤ Δορυφόροι ΗΕΟ

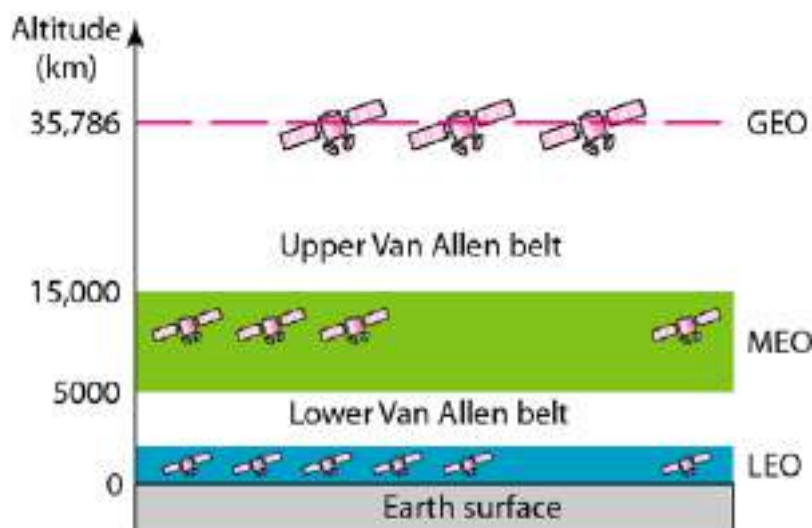
Ελλειπτικές τροχιές με γωνία κλίσης περίπου 64 μοίρες ως προς το ισημερινό επίπεδο. Οι δορυφόροι ΗΕΟ ενδείκνυνται για την κάλυψη περιοχών με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος στο απόγειο (apogee). Παρουσιάζουν μεγάλο κλάσμα της περιόδου περιστροφής στο απόγειο π.χ. MOLNIYA με 8 από τις 12 ώρες της περιόδου. Παγκόσμια κάλυψη παρέχεται χρησιμοποιώντας 3 δορυφόρους σε 3 τροχιές και με διαφορά φάσης.

Πλεονεκτήματα :

- Μεγάλες γωνίες ανύψωσης (55ο-60ο) λόγω της τροχιακής θέσης του απόγειου.
- Δυνατότητα περικοπής του συστήματος για την κάλυψη κάποιων περιοχών με το μικρότερο αριθμό δορυφόρων.

Μειονεκτήματα δορυφόρων ΗΕΟ:

- Πολύ μεγάλο υψόμετρο των δορυφόρων (στο απόγειο) που συνεπάγεται προβληματικές ζεύξεις.
- Μεγάλο μέγεθος κεραιών (6m) ιδίως για την περίπτωση της L ζώνης συχνοτήτων (1.5 GHz).
- Μεγάλες καθυστερήσεις διάδοσης.
- Μεγάλες ολισθήσεις Doppler λόγω της γρήγορης κίνησης.
- Περιορισμένη διάρκεια ζωής των δορυφόρων λόγω της κίνησής τους μέσα από ζώνες υψηλής ακτινοβολίας.
- Σημαντικό πρόβλημα με την εστίαση των κεραιών λόγω της μεγάλης και γρήγορης μεταβολής του υψόμετρου κατά τη διάρκεια μιας περιόδου.



### ➤ **Κριτήρια για την επιλογή τροχιάς**

Τα κριτήρια για την επιλογή μιας από τις τέσσερις τροχιές που περιγράφηκαν προηγουμένως είναι τα εξής:

- Έκταση της προς κάλυψη περιοχής
- Γεωγραφικό Πλάτος της περιοχής
- Επιθυμητή Γωνία Ανύψωσης
- Επιθυμητή διάρκεια εκπομπής
- Μέγιστη Ανεκτή καθυστέρηση εκπομπής
- Ανοχή στις παρεμβολές
- Απόδοση εκτοξευτών
- Κόστος

## Ρύθμιση του δέκτη GPS στο ΕΓΣΑ87

Οι χάρτες της Ανάβασης είναι οι πρώτοι χάρτες ευρείας χρήσεως που έχουν κατασκευαστεί στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Ο χρήστης GPS μπορεί για την καλύτερη αξιοποίηση του χάρτη να ρυθμίσει το φορητό δέκτη στο ΕΓΣΑ87 και να έχει έτσι άμεσα τιμές συντεταγμένων σε μέτρα, για εύκολη εύρεση της θέσης χάρις στον πυκνό μετρικό κানাβο του χάρτη, αλλά για άμεσο υπολογισμό αποστάσεων. Για να προσθέσετε το ΕΓΣΑ87 ως User datum και να ορίσετε το αντίστοιχο σύστημα συντεταγμένων ως User grid στο GPS σας, πρέπει να εισάγετε τις παρακάτω παραμέτρους (η διαδικασία και ο ορισμός των παραμέτρων διαφέρουν ελαφρώς από συσκευή σε συσκευή, προσοχή στην εισαγωγή των τιμών)

### Βήμα 1ο: Ορισμός του datum

Μετατόπιση ελλειψοειδούς στον άξονα των  $x$  ( $\Delta x$ ) = - 200.1

Μετατόπιση ελλειψοειδούς στον άξονα των  $y$  ( $\Delta y$ ) = + 73.9

Μετατόπιση ελλειψοειδούς στον άξονα των  $z$  ( $\Delta z$ ) = + 246.0

Διαφορά μεγάλου ημιάξονα  $\Delta(A)$  = 0.000000

Διαφορά επιπλάτυνσης  $\Delta(f)$  = + 0.000000

### Βήμα 2ο. Ορισμός του συστήματος συντεταγμένων (Map Grid)

α. Προβολή: Εγκάρσια Μερκατορική (TRANSVERSE MERCATOR)

β. Κεντρικός Παράλληλος ή **Latitude of origin**: 0.00000 (από τον Ισημερινό)

γ. Κεντρικός Μεσημβρινός ή **Longitude of origin + 24.00000 E** (από τον Μεσημβρινό του Greenwich)

δ. Συντελεστής κλίμακας ή **Scale Factor = 0.9996**

ε. Συντελεστής μετατροπής μονάδων ή **Units to meters conversion = 1.00000**

ζ. Συμβατικές συντεταγμένες στην αρχή των αξόνων κατά  $x$  ή **False easting at origin = 500000**

η. Συμβατικές συντεταγμένες στην αρχή των αξόνων κατά  $y$  ή **False northing at origin = 0.00000**

Έτσι ρυθμισμένο το GPS, σας δίνει συντεταγμένες που αντιστοιχούν στον χιλιομετρικό κানাβο του χάρτη και διευκολύνουν τα μέγιστα τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι νέες εκδόσεις των χαρτών γενικής χρήσεως της ΓΥΣ έχουν κানাβο ΕΓΣΑ87 πλέγματος 5.000 μ.

## ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΚΤΗ GPS ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ARCPAD

Για την καταγραφή διανυσματικών δεδομένων (Points, Polylines, Polygons) με έναν δέκτη GPS τύπου MobileMapper CX χρησιμοποιώντας το λογισμικό ArcPAD, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.

### 1) Ρύθμιση ενσωματωμένου GPS του MobileMapper CE για λειτουργία με το ArcPAD.

Για να συνδεθεί το ArcPAD με το MM CX πρέπει ο χρήστης να ενεργοποιήσει την εξαγωγή προτάσεων NMEA από την σειριακή θύρα (COM 2) του MM CX ως εξής:

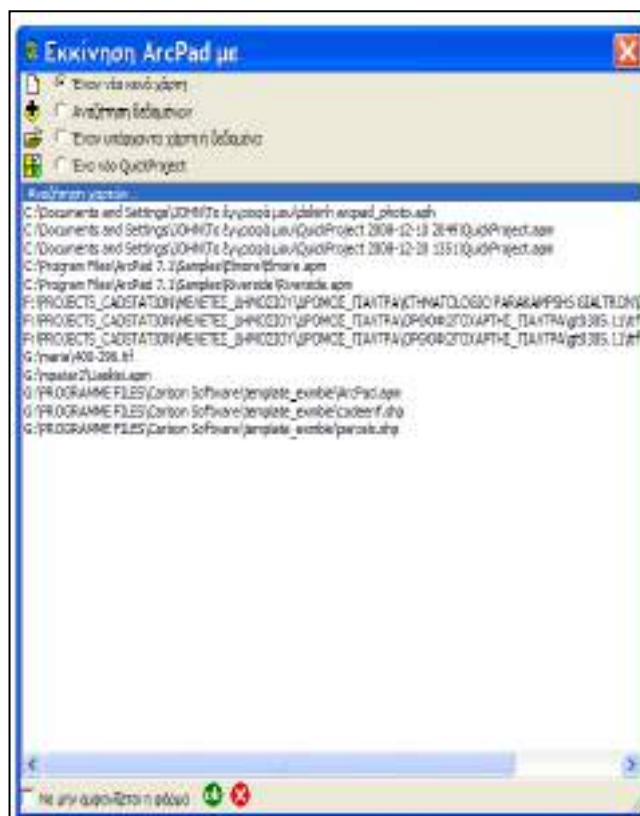
- από το μενού *GPS Utilities*, επιλέγεται *GPS Port Configuration*.
- Από το παράθυρο του «*GPS Port Configuration*» επιλέγεται *NMEA format*. Έπειτα ο χρήστης πρέπει να πατήσει το *Configure Port* και στο παράθυρο που θα εμφανιστεί δέχεται την προεπιλεγμένη τιμή της ταχύτητας της σειριακής θύρας (baud rate) που είναι 57600.



Σχήμα 1

2) Προκειμένου να ξεκινήσει η καταγραφή με το GPS ο χρήστης ανοίγει το πρόγραμμα ArcPad ως εξής:

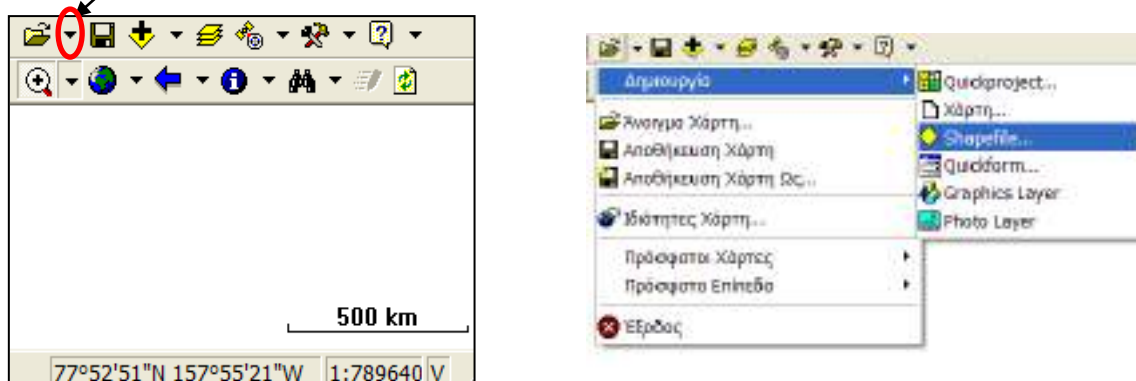
- Από το μενού *ΕΝΑΡΞΗ* επιλέγεται *Programs* κι έπειτα *ArcPad 7.1*.
- Στην οθόνη «*Εκκίνηση ArcPad με*» (Start ArcPad with) , ο χρήστης επιλέγει *Έναν νέο κενό χάρτη* (A new empty map).



### Σχήμα 2

### 3) Δημιουργία νέου Αρχείου (Layer)\* στο ArcPAD.

- Από τη βασική οθόνη του ArcPAD, ο χρήστης πατάει το βελάκι που βρίσκεται δεξιά από τον φάκελο στην πρώτη γραμμή εργαλείων του ArcPAD. Επιλέγεται: *Δημιουργία* (New) κι έπειτα *shapefile*.



**Σχήμα 3** Βασική οθόνη του ArcPad.

\* Ο ελληνικός όρος που αποδίδει καλύτερα την λέξη Layer είναι το επίπεδο, ωστόσο συνήθως καλείται Αρχείο, οπότε στο παρόν κείμενο θα χρησιμοποιηθεί κυρίως ο όρος Αρχείο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το ArcPAD δημιουργεί μια οικογένεια αρχείων (shape file) με συγκεκριμένη διανυσματική μορφή (σημείο, γραμμή, πολύγωνο), συγκεκριμένο σύμβολο που θα εμφανίζεται στον χάρτη και συγκεκριμένα πεδία ιδιοτήτων (attributes). Αυτές οι ρυθμίσεις θα είναι κοινές για όλες τις καταγραφές που βρίσκονται στο ίδιο αρχείο. Αν για παράδειγμα θέλουμε να καταγράψουμε σημεία, γραμμές και πολύγωνα θα πρέπει να δημιουργήσουμε τρία νέα αρχεία (Layers). Αν επίσης θέλουμε να καταγράψουμε σημειακά χαρακτηριστικά που να έχουν διαφορετικό σύμβολο ή διαφορετικά χαρακτηριστικά πάλι πρέπει να δημιουργήσουμε αντίστοιχο αριθμό αρχείων.

Έχοντας επιλέξει *shapefile* (Σχήμα 3) εμφανίζεται το παράθυρο «Δημιουργία *Shapefile*» (*New Shapefile*) προκειμένου να επιλέξει ο χρήστης το τι θα καταγράψει(σημεία, γραμμές ή επιφάνειες).

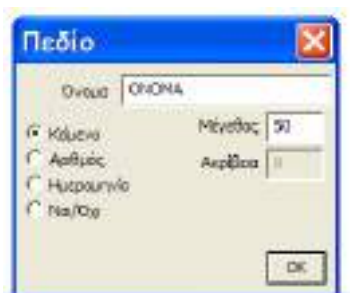


**Σχήμα 4** Επιλογή τύπου διανυσματικών δεδομένων που θα καταγράφονται στο αντίστοιχο shapefile.

Οι επιλογές του χρήστη ως προς το τι θα καταγράψει εμφανίζονται πατώντας το βελάκι δεξιά από τον «Τύπο» (στο παράθυρο «*Δημιουργία Shapefile*») και είναι οι εξής: *Point* για σημεία, *Polyline* για γραμμές και *Polygon* για επιφάνειες. Σε περίπτωση που τον ενδιαφέρει να καταγράψει και το υψόμετρο μπορεί να επιλέξει *PointZ*, *PolylineZ*, *PolygonZ*. Ανάλογα με την επιλογή του μετά το πέρας κάθε καταγραφής θα υπολογίζονται εκτός από την θέση και πληροφορίες μήκους για γραμμικές καταγραφές και περιμέτρου και εμβαδού για επιφανειακές καταγραφές. Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύονται στο αρχείο που δημιουργείται και ανακαλούνται ανά πάσα στιγμή.

Αφού γίνει η επιλογή του είδους του αρχείου που θα δημιουργηθεί (π.χ. γραμμικό) ο χρήστης πατάει το κουμπί  για να ορίσει τα πεδία ιδιοτήτων.

Συγκεκριμένα πατώντας αυτό  το κουμπί εμφανίζεται το παράθυρο «Πεδίο» (*Field*) του Σχήματος 5.



### Σχήμα 5

- Ο χρήστης πληκτρολογεί το Όνομα (Name) του Πεδίου. Για παράδειγμα αν καταγράφει επιφάνειες (Polygon) μπορεί να καταχωρήσει για κάθε πολύγωνο το όνομα του ιδιοκτήτη, κάποιο κωδικό, το είδος βλάστησης, την χρήση γης κλπ.
- Έπειτα επιλέγεται το είδος του πεδίου ανάμεσα από τα εξής: *Κείμενο (text)*, *Αριθμητικό (numeric)*, *Ημερομηνία (date)*, *Ναι/Όχι (Yes/No)*.
- Πατώντας *OK* ο χρήστης επιστρέφει στο παράθυρο «*Δημιουργία Shapefile*», όπου έχει τη δυνατότητα πατώντας πάλι το κουμπί (+) να επαναλάβει τη διαδικασία προσθέτοντας κι άλλα πεδία ιδιοτήτων.
- Όταν ολοκληρώσει την προσθήκη πεδίων και όντας στο παράθυρο «*Δημιουργία Shapefile*», πατάει *OK*. Ας σημειωθεί ότι το *OK* στο παράθυρο «*Δημιουργία Shapefile*», ενεργοποιείται μόνο αφού ορισθεί ένα τουλάχιστον πεδίο.

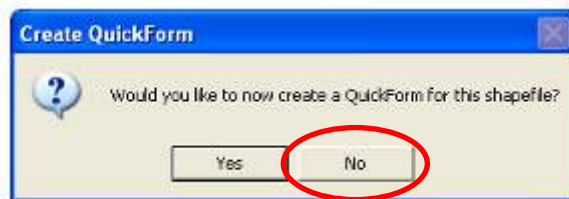
Αμέσως μετά εμφανίζεται ένα παράθυρο ζητά από το χρήστη να επιλέξει που επιθυμεί να αποθηκευτεί το αρχείο που δημιούργησε. Καλό είναι να επιλέγεται η SD Card.



**Σχήμα 6** Παράθυρο στο οποίο γίνεται επιλογή και πληκτρολόγηση της διαδρομής στην οποία θα αποθηκευτεί το αρχείο.

Στο ίδιο παράθυρο ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει νέο φάκελο στον οποίο μέσα θα αποθηκεύσει το αρχείο του. Το όνομα του φακέλου και του αρχείου το πληκτρολογεί από το πληκτρολόγιο που εμφανίζεται αυτόματα κάθε φορά στην οθόνη. Για να ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία ο χρήστης πατάει *OK*.

Αμέσως μετά το *OK* εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο: «*Create QuickForm*» (Σχήμα 7). Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει *No*.



Σχήμα 7

4) Μετά την δημιουργία του καινούργιου Αρχείου (Layer) εμφανίζεται μια νέα γραμμή εργαλείων όπως φαίνεται στην οθόνη του Σχήματος 8. Με αυτά τα εργαλεία είναι δυνατή η καταγραφή των χαρακτηριστικών των Αρχείων (Layers) που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Προκειμένου, λοιπόν, να γίνει η καταγραφή πρέπει να εφαρμοστούν τα παρακάτω βήματα:

1ον. Ορισμός του συστήματος συντεταγμένων.

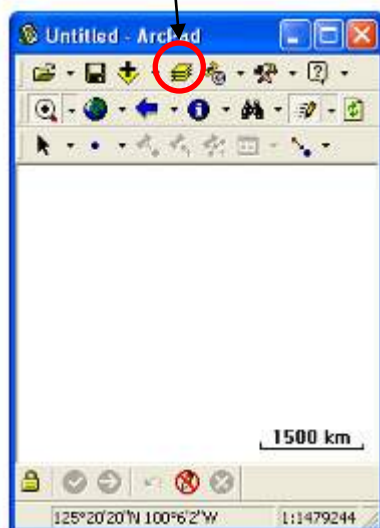
2ον. Ενεργοποίηση του Αρχείου (Layer) στο οποίο θα γίνεται η καταγραφή.

3ον. Ενεργοποίηση του GPS στο ArcPAD.

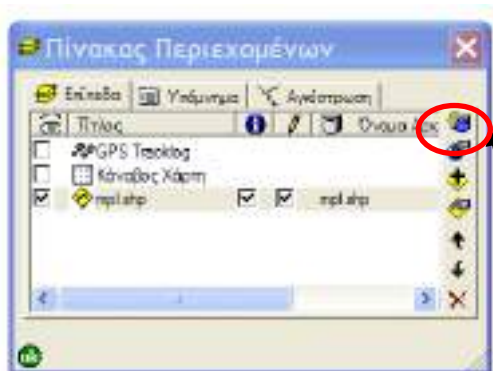
Τα τρία αυτά βήματα παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω:

1ον. Ορισμός συστήματος συντεταγμένων π.χ. ΕΓΣΑ'87

Πατώντας το «κουμπί διαχείρισης των Αρχείων (Layers)», εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 9.



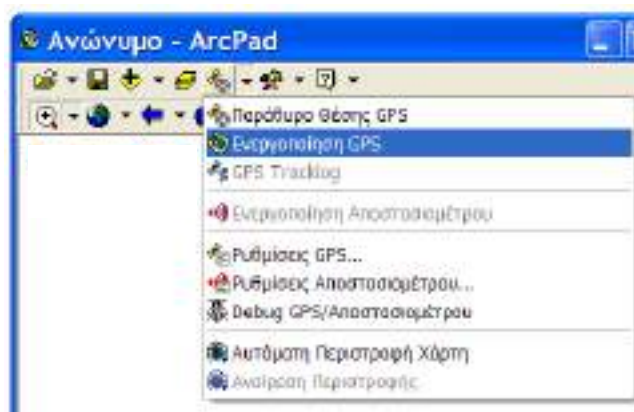
Σχήμα 8 Οθόνη ArcPad με την πρόσθετη γραμμή εργαλείων για καταγραφή δεδομένων.



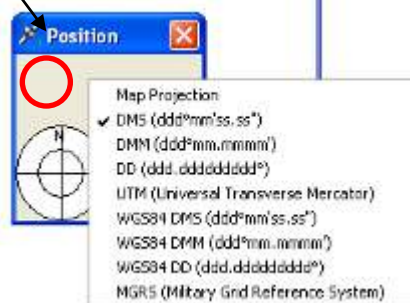
Σχήμα 9

Πατώντας το «κουμπί ορισμού του συστήματος συντεταγμένων» (Σχήμα 5, το πάνω κουμπί από τα δεξιά κατακόρυφα εργαλεία), ο χρήστης επιλέγει από το παράθυρο που θα εμφανιστεί π.χ. το αρχείο Greek Grid.prj για να ορίσει την ΕΓΣΑ'87 στο συγκεκριμένο Αρχείο (Layer).

Προκειμένου, όμως ο χρήστης να μπορεί να βλέπει για παράδειγμα τις ΕΓΣΑ συντεταγμένες πρέπει να πατήσει το «κουμπί ενεργοποίησης του GPS» (Σχήμα 10) και στο παράθυρο που εμφανίζεται (Σχήμα 11) να πατήσει ένα σημείο στο κενό ώστε να εμφανιστεί με τη σειρά του ένα μενού επιλογής συστήματος συντεταγμένων. Από το μενού αυτό επιλέγεται «map Projection».



Σχήμα 10



Σχήμα 11

## 2ον. Ενεργοποίηση δυνατότητας καταγραφής σε Layer (Επίπεδο)

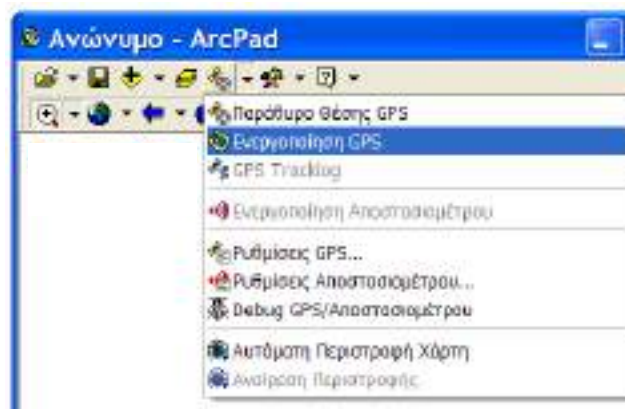
Για να επιτρέπεται η καταγραφή σε ένα Αρχείο ή αλλιώς Επίπεδο (Layer), πρέπει να είναι επιλεγμένη η *στήλη καταγραφής* (στήλη με το μολυβάκι) όπως φαίνεται στο Σχήμα 12. Πχ. στο Σχήμα αυτό έχει επιλεγεί η δυνατότητα καταγραφής ενός γραμμικού αρχείου με όνομα «mrl.shp».



Σχήμα 12

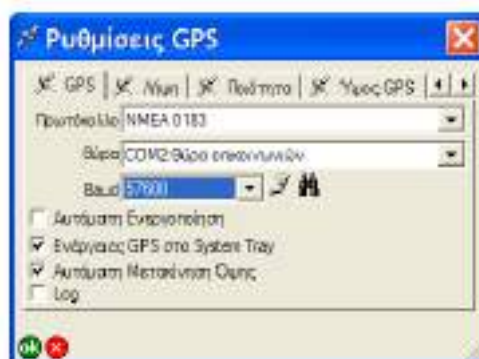
### 3ον. Ενεργοποίηση του GPS στο ArcPad.

- Η ενεργοποίηση του GPS επιτυγχάνεται πατώντας την επιλογή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 13.



Σχήμα 13

- Οι ρυθμίσεις στο ArcPAD πρέπει να είναι οι ίδιες με τις ρυθμίσεις που έγιναν στο δέκτη GPS (MobileMapper CX). Έτσι, λοιπόν, επιλέγοντας το βελάκι δεξιά από τον δορυφόρο και επιλέγοντας αυτή τη φορά «Ρυθμίσεις GPS» (*GPS preferences*) προκύπτει η οθόνη του Σχήματος 14. Σε αυτήν υπάρχουν οποιεσδήποτε υπάρχουν ορισμένες καρτέλες όπως: *GPS*, *Λήψη*, *Ύψος GPS*, *Datum* οι οποίες παρουσιάζονται στα σχήματα 14,15,16 και 17.



Σχήμα 14

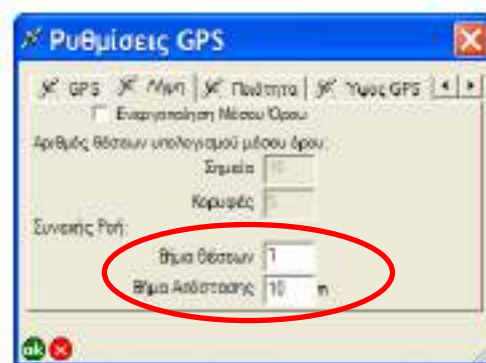
Στο σημείο αυτό ο χρήστης πρέπει να βεβαιωθεί ότι στην καρτέλα «GPS» (Σχήμα 14) οι ρυθμίσεις είναι οι ακόλουθες:

**Πρωτόκολλο (Protocol): NMEA 0183**

**Θύρα (Port): COM2**

**Ταχύτητα (Baud): 57600**

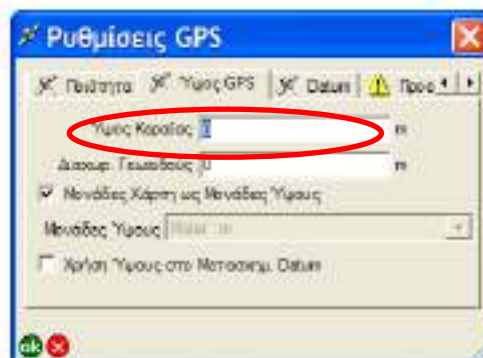
- Στην καρτέλα «Λήψη» αν ο χρήστης θέλει να καταγράψει γραμμικά δεδομένα τότε επιλέγει καταγραφή 1 σημείου ανά 10 μέτρα κι έπειτα πάτημα OK. Αν θέλει να καταγράψει σημειακά δεδομένα τότε μπορεί να επιλέξει «Ενεργοποίηση Μέσου Όρου» ώστε έχοντας τον δέκτη για μερικά δευτερόλεπτα πάνω από το σημείο, να γίνουν πολλές καταγραφές συντεταγμένων και



Σχήμα 15

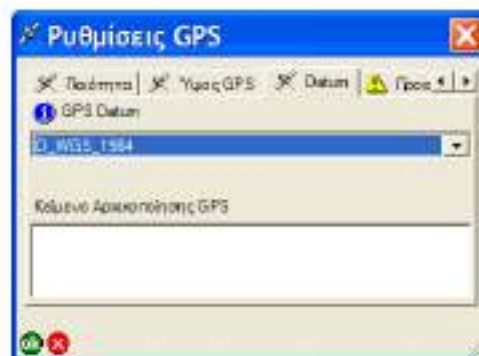
αυτός να παίρνει μία μέση τιμή. Σε αυτήν την περίπτωση πληκτρολογεί όπου Σημεία, έναν αριθμό πάνω από το 20 και όπου Κορυφές έναν αριθμό, π.χ. 5.

- Στην καρτέλα «Ύψος GPS» ο χρήστης πληκτρολογεί όπου ύψος κεραίας, το ύψος που έχει τοποθετήσει τον δέκτη GPS κι έπειτα πατάει OK.



Σχήμα 16

- Στην καρτέλα «Datum» δεν γίνεται κάποια αλλαγή, απλά ο χρήστης πληροφορείται ότι η συσκευή λαμβάνει συντεταγμένες σε WGS'84 και στη συνέχεια η ίδια αυτόματα μετατρέπει τις συντεταγμένες στο σύστημα που έχει επιλεγεί π.χ. ΕΓΣΑ'87.



Σχήμα 17

## 5) Καταγραφή διανυσματικών δεδομένων

- Για καταγραφή σημειακών δεδομένων:



Προκειμένου να γίνει καταγραφή σημειακών δεδομένων, επιλέγεται το σημείο όπως φαίνεται παραπάνω κι έπειτα επιλέγεται το κουμπί καταγραφής σημειακών δεδομένων από GPS. Το κουμπί καταγραφής σημειακών δεδομένων από GPS θα είναι ενεργό όταν ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το GPS.

Όταν ξεκινήσει η καταγραφή του σημείου εμφανίζεται ένας πίνακας με τις ιδιότητες του σημείου π.χ. όνομα σημείου, συμβολισμός σημείου κ.λπ.

- Για καταγραφή γραμμικών δεδομένων:



Προκειμένου να γίνει καταγραφή γραμμικών δεδομένων επιλέγεται η γραμμή όπως φαίνεται παραπάνω κι έπειτα επιλέγεται το δεύτερο κουμπί καταγραφής γραμμικών δεδομένων από GPS.

Τα δύο κουμπιά καταγραφής γραμμικών δεδομένων από GPS θα είναι ενεργά όταν ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το GPS. Το πρώτο από τα αριστερά κουμπιά είναι για

καταγραφή κορυφών, και χρειάζεται να το πατάει ο χρήστης σε κάθε κορυφή. Το δεύτερο είναι για συνεχή καταγραφή και το πατάει ο χρήστης μία μόνο φορά στην αρχή.

Στο τέλος της μέτρησης επιλέγεται το πράσινο βέλος (*Proceed To Attribute Capture*), το οποίο βρίσκεται στη γραμμή στο κάτω μέρος της οθόνης. Με αυτό ολοκληρώνεται η καταγραφή και εμφανίζεται η οθόνη με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων.



## ΟΡΟΙ ΧΡΗΣΗΣ GOOGLE EARTH

Νομικές Σημειώσεις στη διεύθυνση:

[http://www.google.com/intl/en\\_us/help/legalnotices\\_maps.html](http://www.google.com/intl/en_us/help/legalnotices_maps.html) (συλλογικά "Όροι Παροχής Υπηρεσιών"). Το Λογισμικό Google και οποιοδήποτε τμήμα αυτού αναφέρονται στο παρόν ως το "Λογισμικό".

### 1. ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Χρήση λογισμικού. Για κάθε ιδιώτη τελικό χρήστη, το Λογισμικό καθίσταται διαθέσιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εσάς μόνο για προσωπική, μη εμπορική χρήση σύμφωνα με τους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών και την τεκμηρίωση του Λογισμικού. Για κάθε τελικό χρήστη επιχείρησης ή τελικό χρήστη κυβερνητικού φορέα, το Λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εσάς και τους υπαλλήλους σας για εσωτερική χρήση σύμφωνα με τους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών και την τεκμηρίωση του Λογισμικού (οι ιδιώτες τελικοί χρήστες και οι τελικοί χρήστες επιχειρήσεων και κυβερνητικών φορέων αναφέρονται στο παρόν συλλογικά ως "Εσείς"). Περιορισμοί. Εκτός από τις περιπτώσεις που σας έχει χορηγηθεί ειδική άδεια χρήσης από την Google, Εσείς δεν έχετε δικαίωμα να χρησιμοποιείτε το Λογισμικό σε συνδυασμό με οποιαδήποτε προϊόντα, συστήματα ή εφαρμογές που είναι εγκατεστημένα ή με άλλο τρόπο συνδέονται ή επικοινωνούν με οχήματα για ή σε σχέση με:

(α) καθοδήγηση δρομολογίου σε πραγματικό χρόνο (συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, των αναλυτικών οδηγιών δρομολογίου και άλλων διαδρομών που ενεργοποιούνται μέσω της χρήσης αισθητήρα).

(β) οποιαδήποτε συστήματα ή λειτουργίες για αυτόματο ή αυτόνομο έλεγχο συμπεριφοράς οχημάτων ή

(γ) συστήματα αποστολής, διαχείρισης στόλου ή παρόμοιες εφαρμογές. Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσετε το Λογισμικό με τρόπο που δίνει σε εσάς ή σε οποιοδήποτε άλλο άτομο πρόσβαση σε μαζικές λήψεις ή μαζικές τροφοδοσίες αριθμητικών συντεταγμένων γεωγραφικού πλάτους και μήκους. Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσετε το Λογισμικό για οποιαδήποτε μαζική εκτύπωση ή λήψη απεικόνισης, δεδομένων ή άλλου περιεχομένου.

### 2. ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΑΠΟΡΡΗΤΟΥ

Ως προϋπόθεση λήψης και χρήσης του Λογισμικού, συμφωνείτε με τους όρους της Πολιτικής Απορρήτου στη διεύθυνση <http://www.google.com/privacy.html>, οι οποίοι μπορεί να ενημερώνονται τακτικά και χωρίς προειδοποίηση.

### 3. ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

α. Google. Αναγνωρίζετε ότι

(α) το Λογισμικό περιέχει αποκλειστικές και εμπιστευτικές πληροφορίες που προστατεύονται από την ισχύουσα νομοθεσία περί πνευματικής ιδιοκτησίας και από άλλους νόμους και

(β) Η Google έχει στην κυριότητά της όλα τα δικαιώματα, τους τίτλους και τα συμφέροντα που σχετίζονται με το Λογισμικό, καθώς και το λογισμικό που παρέχεται διαμέσου ή σε συνδυασμό με το Λογισμικό, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, όλων των Δικαιωμάτων Πνευματικής Ιδιοκτησίας που περιέχονται στο παρόν. "Δικαιώματα Πνευματικής Ιδιοκτησίας" είναι οποιαδήποτε και όλα τα δικαιώματα που υφίστανται κατά καιρούς σύμφωνα με τη νομοθεσία περί διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, πνευματικών δικαιωμάτων, εμπορικών μυστικών, εμπορικών σημάτων, αθέμιτου ανταγωνισμού, καθώς και οποιαδήποτε και όλες οι εφαρμογές, οι ανανεώσεις, οι προεκτάσεις και οι επαναφορές σχετικά με αυτά, στο παρόν ή στο μέλλον σε ισχύ διεθνώς. Συμφωνείτε ότι δεν πρόκειται να προβείτε στα ακόλουθα, αλλά ούτε και θα επιτρέψετε σε κανέναν τρίτο (i) να αντιγράψει, πουλήσει, χορηγήσει άδεια χρήσης, διανείμει, μεταφέρει, τροποποιήσει, προσαρμόσει, μεταφράσει, προετοιμάσει παράγωγα από, πραγματοποιήσει απομεταγλώττιση, αποσυμπύληση του λογισμικού, αποσυναρμολόγηση ή επιχειρήσει με άλλο τρόπο να αντλήσει πηγαίο κώδικα από το Λογισμικό, εκτός εάν επιτρέπεται διαφορετικά, (ii) να λάβει οποιοδήποτε μέτρο προκειμένου να παρακάμψει ή να ανατρέψει τους κανόνες ασφαλείας ή χρήσης περιεχομένου που παρέχονται, αναπτύσσονται ή επιβάλλονται από οποιαδήποτε λειτουργία (συμπεριλαμβανομένης, ενδεικτικά, της λειτουργίας διαχείρισης ψηφιακών δικαιωμάτων) που περιέχονται στο Λογισμικό, (iii) να χρησιμοποιήσει το Λογισμικό για να αποκτήσει πρόσβαση, να αντιγράψει, να μεταφέρει, να διακωδικοποιήσει ή να επαναμεταβιβάσει περιεχόμενο παραβιάζοντας οποιαδήποτε νομοθεσία ή δικαιώματα τρίτων ή (iv) να καταργήσει, να νοθεύσει ή να τροποποιήσει τις σημειώσεις περί πνευματικών δικαιωμάτων, τα εμπορικά σήματα ή άλλες σημειώσεις αποκλειστικών δικαιωμάτων που προσαρτώνται ή περιέχονται ή προσπελούνται σε συνδυασμό με ή μέσω του Λογισμικού. Το περιεχόμενο που εμφανίζεται σε εσάς ως μέρος του Λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, των δεδομένων φωτογραφικής απεικόνισης και των χαρτών (το "Περιεχόμενο") προστατεύεται από δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας που ανήκουν στη Google, τους τρίτους παροχείς αδειών και τους συνεργάτες της και άλλους οι οποίοι παρέχουν αυτό το περιεχόμενο στη Google. Εσείς δεν έχετε το δικαίωμα, ούτε και μπορείτε να επιτρέψετε σε άλλους να προβαίνουν σε αντιγραφή, διανομή, εμφάνιση, τροποποίηση ή με άλλο τρόπο χρήση του περιεχομένου, εκτός από αυτό που παρέχεται σε εσάς διαμέσου του Λογισμικού, εκτός εάν σας έχει επιτραπεί ρητά από τη Google ή από τους ιδιοκτήτες του παρόντος περιεχομένου, με ξεχωριστή σύμβαση. Η Google και οι πάροχοι αδειών της δεν προβαίνουν σε καμία έγγραφη δήλωση ή εγγύηση σχετικά με την ακρίβεια ή την πληρότητα αυτών των πληροφοριών.

β. Τρίτοι Τα δεδομένα για το περιεχόμενο των χαρτών στο Λογισμικό παρέχονται με άδεια χρήσης από τους παροχείς αδειών της Google, όπως την Tele Atlas North America, Inc. ("TANA") (τα "Δεδομένα TANA") και υπόκεινται στα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας που ανήκουν σε ή παραχωρούνται με άδεια από την TANA και τους υπόλοιπους παρόμοιους παρόχους αδειών. Συμφωνείτε ότι δεν θα εμπλακείτε και ότι ενδέχεται να θεωρηθείτε υπεύθυνοι για οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη αντιγραφή ή αποκάλυψη αυτού του υλικού. Δεν έχετε δικαίωμα να χρησιμοποιήσετε ή να διανείμετε πληροφορίες χαρτών για οποιονδήποτε εμπορικό σκοπό. Με τη χρήση του Λογισμικού, συμφωνείτε ότι θα καταστήσετε την TANA επωφελούμενο τρίτο της παρούσας σύμβασης. Η χρήση των δεδομένων της TANA από εσάς υπόκειται σε πρόσθετους περιορισμούς που παρατίθενται στη σελίδα Νομικές Σημειώσεις.

#### 4. ΑΥΤΟΜΑΤΕΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΕΙΣ

Το Λογισμικό μπορεί να επικοινωνήσει με διακομιστές της Google κατά καιρούς για να ελέγχει μήπως υπάρχουν διαθέσιμες ενημερώσεις του Λογισμικού, όπως επιδιορθώσεις bug, ενημερώσεις κώδικα, βελτιωμένες λειτουργίες, προσθήκες που λείπουν και νέες εκδόσεις (συλλογικά, "Ενημερώσεις"). Με την εγκατάσταση του Λογισμικού, δέχεστε να ζητάτε και να λαμβάνετε αυτόματα Ενημερώσεις.

## 5. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ΤΩΝ Η.Π.Α.

Εάν το Λογισμικό χρησιμοποιείται ή προσπελαύνεται από ή για λογαριασμό της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, αυτή η χρήση ή η πρόσβαση υπόκειται στην παρακάτω διάταξη. Το Λογισμικό και οποιαδήποτε σχετική τεκμηρίωση κρίνονται ως "εμπορικό λογισμικό υπολογιστή" και "τεκμηρίωση εμπορικού λογισμικού υπολογιστή", αντίστοιχα, στο πλαίσιο των ισχυόντων πολιτικών και στρατιωτικών ομοσπονδιακών κανονισμών κτήσεως και οποιουδήποτε συμπληρώματος αυτών. Εάν ο χρήστης του Λογισμικού είναι φορέας, τμήμα, εργαζόμενος ή άλλο νομικό πρόσωπο της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, η χρήση, η αντιγραφή, η αναπαραγωγή, η έκδοση, η τροποποίηση, η αποκάλυψη ή η μεταφορά του Λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών δεδομένων ή των εγχειριδίων, περιορίζεται στους όρους, τις προϋποθέσεις και τις συνθήκες που περιέχονται στους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών. Σύμφωνα με τον ομοσπονδιακό κανονισμό κτήσεως 12.212 για πολιτικούς φορείς και το συμπλήρωμα ομοσπονδιακού κανονισμού κτήσεως 227.7202 για στρατιωτικούς φορείς, η χρήση του Λογισμικού περιορίζεται περαιτέρω από τους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών.

## 6. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΞΑΓΩΓΩΝ

Το Λογισμικό υπόκειται στους ελέγχους εξαγωγών των Ηνωμένων Πολιτειών. Με τη λήψη του Λογισμικού, συμφωνείτε ότι είστε αποκλειστικά υπεύθυνοι να συμμορφώνεστε με όλους τους κανονισμούς ελέγχου εξαγωγών των Ηνωμένων Πολιτειών, συμπεριλαμβανομένων των Κανονισμών Διαχείρισης Εξαγωγών ("EAR"), με τα προγράμματα επιβολής κυρώσεων, όπως αυτά που χορηγούνται από το Γραφείο Ελέγχου Περιουσιών Αλλοδαπών ("OFAC") του Υπουργείου Οικονομικών των Ηνωμένων Πολιτειών, καθώς και με όλους τους υπόλοιπους ισχύοντες κανονισμούς περί διεθνούς εμπορίου. Συμφωνείτε ότι δεν θα λαμβάνετε ούτε θα χρησιμοποιείτε το Λογισμικό χωρίς να υφίστανται όλες οι απαιτούμενες εγκρίσεις σε οποιονδήποτε εκτός νόμου προορισμό (όπως Κούβα, Ιράν, Βόρεια Κορέα, Σουδάν και Συρία) για λογαριασμό οποιουδήποτε εκτός νόμου νομικού προσώπου ή ατόμου, για οποιαδήποτε εκτός νόμου τελική χρήση ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο αντίθετο με αυτούς τους κανονισμούς εξαγωγών και τα προγράμματα επιβολής κυρώσεων. Με τη λήψη ή τη χρήση του Λογισμικού, δηλώνετε και εγγυάστε ότι δεν είστε τελικός χρήστης εκτός νόμου ούτε χρησιμοποιείτε αυτό το λογισμικό για τελική χρήση εκτός νόμου σύμφωνα με αυτούς τους κανονισμούς.

## 7. ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕ ΝΟΜΟΥΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΗΣ GOOGLE

Συμφωνείτε ότι θα συμμορφώνεστε με όλους τους τοπικούς νόμους και κανονισμούς που σχετίζονται με τη λήψη, την εγκατάσταση ή/και τη χρήση του Λογισμικού. Συμφωνείτε ότι θα συμμορφώνεστε με οποιεσδήποτε ισχύουσες πολιτικές ή κατευθυντήριες οδηγίες που η Google μπορεί να καθιστά διαθέσιμες κατά καιρούς κατά την αποκλειστική κρίση της. Υπό τύπον παραδείγματος και όχι ως περιορισμός, συμφωνείτε ότι κατά τη χρήση του Λογισμικού, δεν πρόκειται:

- να δυσφημήσετε, προσβάλετε, παρενοχλήσετε, καταδιώξετε, απειλήσετε ή παραβιάσετε με άλλο τρόπο τα νόμιμα δικαιώματα (όπως δικαιώματα για το απόρρητο και δημοσιότητας) άλλων:
- να αποστείλετε, δημοσιεύσετε, αποστείλετε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μεταβιβάσετε ή καταστήσετε διαθέσιμο με άλλο τρόπο οποιοδήποτε ακατάλληλο, δυσφημιστικό, παράνομο, άσεμνο ή μη νόμιμο περιεχόμενο.

- να λάβετε, δημοσιεύσετε, αποστείλετε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή καταστήσετε διαθέσιμο με άλλον τρόπο οποιοδήποτε περιεχόμενο που παραβιάζει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, εμπορικό σήμα, πνευματικά δικαιώματα, εμπορικά μυστικά ή άλλα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας οποιουδήποτε μέρους, εκτός και αν είστε ο κάτοχος αυτών των δικαιωμάτων ή έχετε την άδεια του κατόχου για τη δημοσίευση τέτοιου περιεχομένου.
- να λάβετε οποιοδήποτε αρχείο που έχει δημοσιευθεί από τρίτον, για το οποίο γνωρίζετε ή θα έπρεπε λογικά να γνωρίζετε, ότι δεν επιτρέπεται από το νόμο να διανέμεται με τον συγκεκριμένο τρόπο,
- να υποδυθείτε άλλο φυσικό ή νομικό πρόσωπο ή να νοθεύσετε ή να διαγράψετε αναφορές σε συντάκτες, νομικές ή άλλες δέουσες κοινοποιήσεις ή αποκλειστικές ονομασίες ή ετικέτες της προέλευσης ή της πηγής του λογισμικού, του περιεχομένου ή άλλου υλικού,
- να εμποδίσετε ή να απαγορεύσετε τη χρήση και την αξιοποίηση των υπηρεσιών της Google από οποιονδήποτε άλλον χρήστη.
- να χρησιμοποιήσετε υπηρεσίες της Google για οποιονδήποτε παράνομο ή μη εξουσιοδοτημένο σκοπό.
- να καταργήσετε τυχόν σημειώσεις για δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, εμπορικών σημάτων ή άλλα αποκλειστικά δικαιώματα που περιέχονται στις υπηρεσίες της Google.
- να παρεμποδίσετε ή να διακόψετε τη λειτουργία των υπηρεσιών της Google ή των διακομιστών ή των δικτύων που είναι συνδεδεμένα με τις υπηρεσίες της Google ή να παραβλέψετε τις απαιτήσεις, τις διαδικασίες, τις πολιτικές ή τους κανονισμούς δικτύων που συνδέονται με υπηρεσίες της Google.
- να χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε ρομπότ, spider, εφαρμογή αναζήτησης/ανάκτησης ιστοσελίδων ή άλλη συσκευή για ανάκτηση ή ευρετηρίαση οποιουδήποτε τμήματος των υπηρεσιών της Google ή να συλλέξετε πληροφορίες σχετικά με χρήστες για οποιονδήποτε μη εξουσιοδοτημένο σκοπό.
- να υποβάλετε περιεχόμενο που ψευδώς δηλώνει ή υποδηλώνει ότι η Google το χορηγεί ή το προσυπογράφει.
- να δημιουργήσετε λογαριασμούς χρηστών με αυτόματα μέσα ή με ψευδή ή δόλια προσχήματα.
- να προωθήσετε ή να δώσετε εκπαιδευτικές πληροφορίες σχετικά με παράνομες δραστηριότητες ή να προωθήσετε τη φυσική βία ή βλάβη για οποιαδήποτε ομάδα ή άτομο, ή
- να μεταδώσετε οποιουσδήποτε ιούς, worms, ελαττώματα, δούρειους ίππους ή άλλα στοιχεία καταστροφικής φύσεως.

## 8. ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ

Μπορείτε να τερματίσετε αυτούς τους Όρους Παροχής Υπηρεσιών οποιαδήποτε στιγμή διαγράφοντας μόνιμα ολόκληρο το Λογισμικό. Τα δικαιώματά σας αυτόματα και άμεσα τερματίζονται χωρίς ειδοποίηση από τη Google εάν δεν συμμορφωθείτε με κάθε διάταξη που περιέχεται στους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει αμέσως να διαγράψετε το Λογισμικό και όλο το περιεχόμενο. Στο μέγιστο βαθμό που επιτρέπεται από τη νομοθεσία, η Google διατηρεί το δικαίωμα να τερματίσει την παρούσα σύμβαση και τη χρήση του Λογισμικού από εσάς οποιαδήποτε στιγμή και για οποιονδήποτε λόγο.

## 9. ΕΠΙΒΙΩΣΗ

Οι διατάξεις των ενοτήτων 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 και 16 θα διατηρηθούν σε οποιαδήποτε περίπτωση τερματισμού ή λήξης αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων.

## 10. ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΗ

Συμφωνείτε ότι θα καλύπτετε και θα αποζημιώνετε τη Google και τις θυγατρικές και συγγενείς εταιρίες, τα στελέχη, τους αντιπροσώπους και τους υπαλλήλους της από οποιαδήποτε αξίωση, ποινική δίωξη ή αγωγή που προέρχεται από ή με οποιονδήποτε τρόπο σχετίζεται με τη χρήση του Λογισμικού ή με παραβίαση αυτών των Όρων Παροχής Υπηρεσιών από εσάς, συμπεριλαμβανομένης οποιασδήποτε ευθύνης ή δαπάνης που προκύπτει από όλες τις αξιώσεις, απώλειες, ζημιές, ποινικές διώξεις, αποφάσεις, δαπάνες αντιδικίας και δικηγορικές αμοιβές οποιουδήποτε είδους και φύσης. Σε αυτήν την περίπτωση, η Google θα σας χορηγήσει γραπτή ενημέρωση αυτής της αξίωσης, της ποινικής δίωξης ή της αγωγής.

## 11. ΑΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΓΥΗΣΕΩΝ

ΚΑΤΑΝΟΕΙΤΕ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΕΙΤΕ ΡΗΤΑ ΟΤΙ:

α) Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΣΑΣ ΕΥΘΥΝΗ. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ "ΩΣ ΕΧΕΙ" ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΕΓΓΥΗΣΗ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΕΙΔΟΥΣ. ΣΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ, Η GOOGLE ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΟΧΟΙ ΑΔΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΡΗΤΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΓΓΥΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΕΙΔΟΥΣ, ΡΗΤΕΣ Ή ΣΙΩΠΗΡΕΣ, ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΙΩΠΗΡΩΝ ΕΓΓΥΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΣΚΟΠΟ ΚΑΙ ΜΗ ΠΑΡΑΒΙΑΣΗΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΤΡΙΤΩΝ.

β) Η GOOGLE ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΟΧΟΙ ΑΔΕΙΩΝ ΤΗΣ ΔΕΝ ΕΓΓΥΩΝΤΑΙ (I) ΟΤΙ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΘΑ ΠΛΗΡΟΙ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΑΣ, (II) ΟΤΙ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΔΕΝ ΘΑ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ Ή BUG, (III) ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ, ΤΗΝ ΕΓΚΑΙΡΟΤΗΤΑ Ή ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ (IV) ΟΤΙ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΘΑ ΔΙΟΡΘΩΘΟΥΝ.

γ) ΟΠΟΙΟΔΗΠΟΤΕ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ Ή ΥΛΙΚΟ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ Ή ΑΠΟΚΤΑΤΑΙ ΜΕ ΑΛΛΟ ΤΡΟΠΟ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΜΕ ΔΙΚΗ ΣΑΣ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟ, ΕΝΩ ΕΣΕΙΣ ΦΕΡΕΤΕ ΤΗΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΥΧΟΝ ΖΗΜΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΣΑΣ Ή ΣΕ ΑΛΛΗ ΣΥΣΚΕΥΗ Ή ΓΙΑ ΑΠΩΛΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗ ΛΗΨΗ ΤΟΥ ΕΝ ΛΟΓΩ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ Ή ΥΛΙΚΟΥ.

δ) ΚΑΝΕΝΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΔΕΝ ΠΡΟΟΡΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΖΩΗΣ, ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ, ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ Ή ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ,

ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ Ή ΟΠΟΙΩΝΔΗΠΟΤΕ ΑΛΛΩΝ ΤΕΤΟΙΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ Η ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΟΔΗΓΗΣΕΙ ΣΕ ΘΑΝΑΤΟ, ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟ Ή ΣΟΒΑΡΗ ΒΛΑΒΗ ΑΤΟΜΟΥ Ή ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

ε) ΚΑΜΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΗ Ή ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ, ΠΡΟΦΟΡΙΚΗ Ή ΓΡΑΠΤΗ, ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΕΤΕ ΑΠΟ ΤΗ GOOGLE Ή ΑΠΟ ΟΠΟΙΩΝΔΗΠΟΤΕ ΤΡΙΤΟ Ή ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΔΕΝ ΠΡΟΚΕΙΤΑΙ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕΙ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΕΓΓΥΗΣΗ ΠΟΥ ΔΕΝ ΔΗΛΩΝΕΤΑΙ ΡΗΤΑ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣ ΤΟΥΣ ΟΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ.

## **12. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΘΥΝΗΣ**

ΚΑΤΑΝΟΕΙΤΕ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΕΙΤΕ ΡΗΤΑ ΟΤΙ Η GOOGLE ΔΕΝ ΦΕΡΕΙ ΕΥΘΥΝΗ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΑΣ ΓΙΑ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΑΜΕΣΗ, ΕΜΜΕΣΗ, ΠΑΡΕΠΟΜΕΝΗ, ΕΙΔΙΚΗ, ΑΠΟΘΕΤΙΚΗ Ή ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΖΗΜΙΑ, ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΑΠΩΛΕΙΑ ΚΕΡΔΟΥΣ, ΚΑΛΗΣ ΘΕΛΗΣΗΣ, ΧΡΗΣΗΣ, ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Ή ΑΛΛΩΝ ΆΥΛΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (ΑΚΟΜΑ ΚΙ ΑΝ Η GOOGLE Ή ΟΙ ΠΑΡΟΧΟΙ ΑΔΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΧΟΥΝ ΕΝΗΜΕΡΩΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΑΥΤΩΝ) ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ:

(I) Η ΧΡΗΣΗ Ή Η ΑΔΥΝΑΜΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Ή Η ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ Ή ΔΕΔΟΜΕΝΑ

(II) ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ ΑΓΑΘΩΝ Ή ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.

(III) ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ Ή ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΝ Ή ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΑΣ Ή (V) ΟΠΟΙΟΔΗΠΟΤΕ ΑΛΛΟ ΘΕΜΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.

ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΘΑ ΙΣΧΥΟΥΝ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΥΧΟΝ ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΤΟΥ ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ. ΣΕ ΚΑΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Η GOOGLE Ή ΟΠΟΙΟΔΗΠΟΤΕ ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ ΠΟΥ ΚΑΘΙΣΤΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ Ή ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ Ή ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΔΕΝ ΘΑ ΕΥΘΥΝΕΤΑΙ ΓΙΑ ΕΣΑΣ Ή ΓΙΑ ΟΠΟΙΩΝΔΗΠΟΤΕ ΧΡΗΣΤΗ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ Ή ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΕΣΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Ή ΠΑΡΟΜΟΙΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Ή ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΡΙΤΩΝ. ΑΥΤΟΣ Ο ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΘΑ ΙΣΧΥΕΙ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΑΠΟΤΡΕΨΕΙ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΜΕΣΗΣ, ΕΜΜΕΣΗΣ, ΠΑΡΕΠΟΜΕΝΗΣ, ΕΙΔΙΚΗΣ, ΑΠΟΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗΣ ΖΗΜΙΑΣ ΕΙΤΕ Η ΕΝ ΛΟΓΩ ΑΞΙΩΣΗ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΕΓΓΥΗΣΗ, ΣΥΜΒΑΣΗ, ΑΔΙΚΟΠΡΑΞΙΑ (ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΑΜΕΛΕΙΑΣ) ΕΙΤΕ ΣΕ ΟΤΙΔΗΠΟΤΕ ΑΛΛΟ (ΑΚΟΜΗ ΚΙ ΑΝ Η GOOGLE Ή/ΚΑΙ Ο ΤΡΙΤΟΣ ΠΑΡΟΧΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Ή ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΕΧΕΙ ΕΝΗΜΕΡΩΘΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΖΗΜΙΑΣ). ΑΥΤΟΣ Ο ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΘΑ ΙΣΧΥΕΙ ΕΙΤΕ ΟΙ ΖΗΜΙΕΣ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Ή ΤΗΝ ΚΑΤΑΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ, ΤΗΝ ΑΔΥΝΑΜΙΑ ΧΡΗΣΗΣ Ή ΤΗΝ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΘΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ Ή ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΡΙΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΘΙΣΤΑΤΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ Ή ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΙΤΕ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΚΟΠΗ, ΤΗΝ ΑΝΑΒΟΛΗ Ή ΤΟΝ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Ή ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΡΙΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΘΙΣΤΑΤΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ Ή ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΤΡΙΤΟΥΣ). ΑΥΤΟΣ Ο ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΑ ΙΣΧΥΕΙ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΥΧΟΝ ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΤΟΥ ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.

### 13. ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

ΤΙΠΟΤΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΣΥΜΒΑΣΗ ΔΕΝ ΠΡΟΟΡΙΖΕΤΑΙ ΝΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΕΙ Ή ΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΕΙ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ, ΕΓΓΥΗΣΗ, ΔΙΚΑΙΩΜΑ Ή ΕΥΘΥΝΗ ΠΟΥ ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΕΙ Ή ΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΕΙ ΝΟΜΙΜΑ. ΜΕΡΙΚΑ ΚΡΑΤΗ Ή ΑΛΛΕΣ ΔΩΣΙΔΙΚΕΣ ΔΕΝ ΕΠΙΤΡΕΠΟΥΝ ΤΟΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟ ΣΙΩΠΗΡΩΝ ΕΓΓΥΗΣΕΩΝ, ΕΠΟΜΕΝΩΣ ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΜΗΝ ΙΣΧΥΟΥΝ ΓΙΑ ΕΣΑΣ. ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΕΠΙΣΗΣ ΝΑ ΕΧΕΤΕ ΑΛΛΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΟΙΚΙΛΛΟΥΝ ΜΕΤΑΞΥ ΚΡΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΩΣΙΔΙΚΙΩΝ.

### 14. ΔΕΝ ΕΠΙΤΡΕΠΟΝΤΑΙ ΕΠΩΦΕΛΟΥΜΕΝΟΙ ΤΡΙΤΟΙ

Συμφωνείτε ότι εκτός εάν προβλέπεται ρητά στους παρόντες Όρους Παροχής Υπηρεσιών, δεν θα υπάρχουν επωφελούμενοι τρίτοι στους παρόντες Όρους και τις Προϋποθέσεις.

### 15. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΗΣ GOOGLE ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΡΙΤΩΝ

Μέρος του Λογισμικού έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την αναζήτηση και με άλλες υπηρεσίες της Google. Συνεπώς, κάθε φορά που χρησιμοποιείτε το Λογισμικό, συμφωνείτε ότι δεσμεύεστε με τους Όρους Παροχής Υπηρεσιών του Google στη διεύθυνση <http://www.google.com/accounts/TOS>.

### 16. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

α) Επιλογή νομοθεσίας και φόρουμ. Αυτοί οι Όροι Παροχής Υπηρεσιών θα διέπονται και θα ερμηνεύονται σύμφωνα με τους νόμους της πολιτείας της Καλιφόρνια, χωρίς να ισχύουν οι αντιθέσεις των νομικών διατάξεων της Καλιφόρνια ή της καθαυτής πολιτείας ή της χώρας διαμονής σας. Εάν για οποιονδήποτε λόγο ένα δικαστήριο αρμόδιας δικαιοδοσίας εντοπίσει ότι κάποια διάταξη ή τμήμα αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων δεν είναι δυνατό να ισχύσει, το υπόλοιπο μέρος αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων θα παραμείνουν σε πλήρη ισχύ.

β) Αποποίηση και σοβαρότητα των όρων. Η αποτυχία της Google να ασκεί ή να επιβάλλει οποιοδήποτε δικαίωμα ή διάταξη αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων δεν θα αποτελεί αποποίηση του εν λόγω δικαιώματος ή της διάταξης. Εάν οποιαδήποτε διάταξη αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων κριθεί από δικαστήριο αρμόδιας δικαιοδοσίας ότι είναι άκυρη, οι συμβαλλόμενοι ωστόσο συμφωνούν ότι το δικαστήριο πρέπει να προσπαθήσει να θέσει σε ισχύ τις προθέσεις των συμβαλλομένων, όπως αντικατοπτρίζονται στη διάταξη, ενώ οι λοιπές διατάξεις αυτών των όρων και των προϋποθέσεων θα παραμείνουν σε πλήρη ισχύ.

γ) Κανονισμός περιορισμών. Συμφωνείτε ότι ανεξάρτητα από οποιοδήποτε αντίθετο κανονισμό ή νόμο, οποιαδήποτε αξίωση ή βάση αγωγής που προκύπτει από ή σχετίζεται με τη χρήση του Λογισμικού ή τους παρόντες Όρους και τις Προϋποθέσεις πρέπει να κατατίθεται σε διάστημα ενός (1) έτους μετά την εμφάνιση της αξίωσης ή της βάσης αγωγής, διαφορετικά παραγράφεται δια παντός.

δ) Αυτοί οι Όροι και οι Προϋποθέσεις αποτελούν ολόκληρη τη σύμβαση μεταξύ των συμβαλλομένων σε σχέση με το αντικείμενο του παρόντος και υπερβαίνουν και αντικαθιστούν όλες τις προηγούμενες ή τις τρέχουσες συμφωνίες ή συμβάσεις, γραπτές ή προφορικές, σχετικά με το εν λόγω αντικείμενο. Οποιαδήποτε αποποίηση διάταξης αυτών των Όρων και των Προϋποθέσεων θα ισχύει μόνο αν είναι γραπτή και υπογεγραμμένη από τη Google ή/και από τρίτον που καθιστά διαθέσιμο το λογισμικό του σε συνδυασμό με ή μέσω του Λογισμικού.



## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ GOOGLE EARTH ΣΤΟ ΔΕΚΤΗ GPS**

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το Google Earth δημιουργεί KML και KMZ αρχεία. Ο δέκτης GPS όμως δεν μπορεί να διαβάσει τέτοιου είδους αρχεία και γι' αυτό τον λόγο γίνεται χρήση ενός προγράμματος στο οποίο εισάγεται η εικόνα του Google Earth ως KML ή KMZ αρχείο και αυτό μετά από επεξεργασία την εξάγει ως GEOTIFF αρχείο. Το τελευταίο μπορεί να το διαβάσει ο δέκτης GPS. Παρατίθενται ορισμένες πληροφορίες για τις μορφές όλων αυτών των αρχείων:

- **KML**: Είναι μία μορφή αρχείου που χρησιμοποιείται για να επιδείξει γεωγραφικά στοιχεία σε μία γήινη μηχανή αναζήτησης όπως είναι το Google Earth, το Google Maps και το Google.
- **KMZ**: είναι ένα συμπιεσμένο KML αρχείο.
- **TIFF**: είναι μία μορφή αρχείου για την αποθήκευση εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των φωτογραφιών.
- **GEOTIFF**: είναι μία πρότυπη μορφή αρχείου που επιτρέπει την ενσωμάτωση πληροφοριών μέσα σε ένα αρχείο TIFF. Οι πιθανές πρόσθετες πληροφορίες περιλαμβάνουν τις προβολές, τα ελλειψοειδή, τα datums και ότι είναι απαραίτητο ώστε να ορισθεί η ακριβής χωρική αναφορά για το αρχείο.

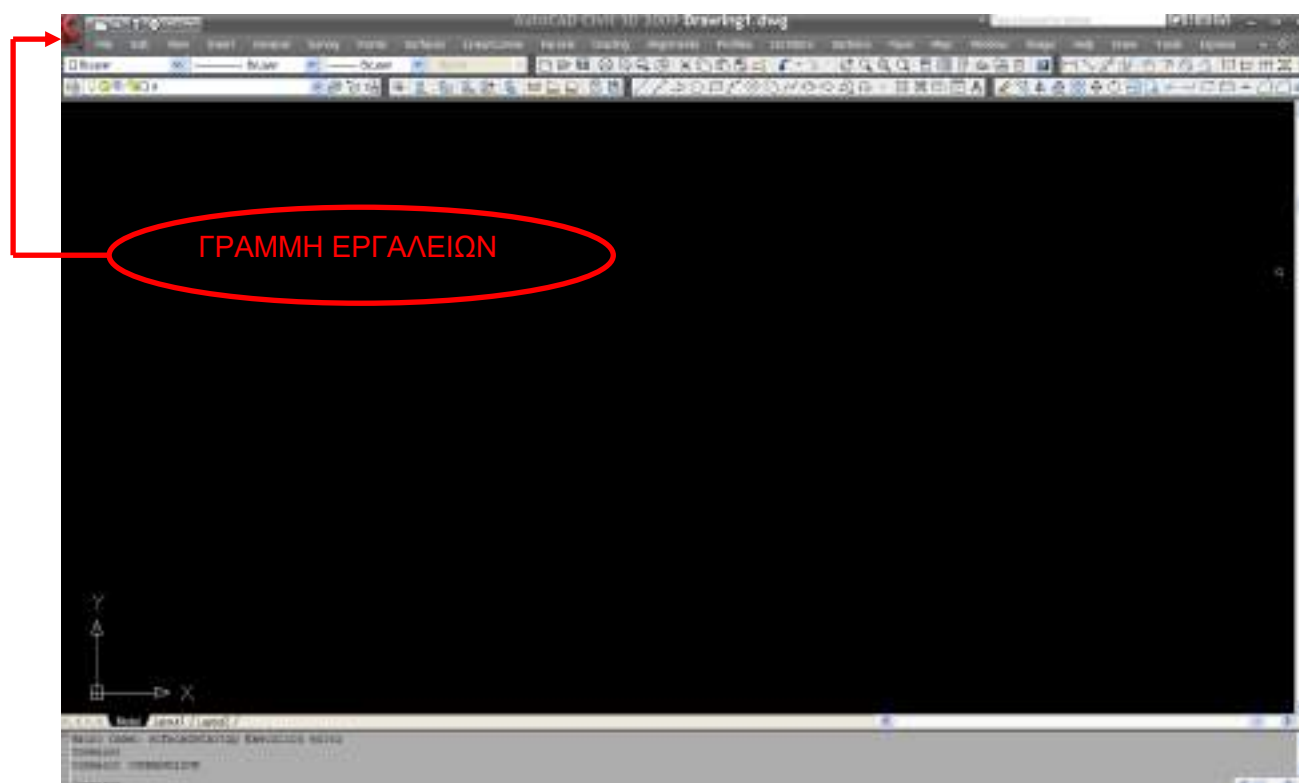
### 1. Εισαγωγή εικόνας Google Earth στο AutoCAD Civil 3D

Το πρόγραμμα για το οποίο έγινε λόγος είναι το AutoCAD Civil 3D 2008 και 2009 σε συνδυασμό με το Raster Design 2009 (που είναι [extension](#) του Autocad) και η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Ο χρήστης κάνει διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στο εικονίδιο του AutoCAD Civil 3D 2009,



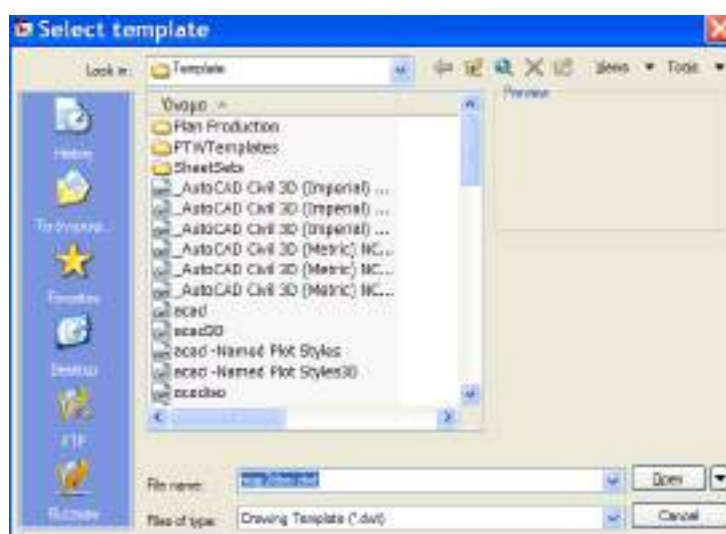
ή ακολουθεί τη διαδρομή από το μενού **Έναρξη, Προγράμματα, AutoCAD Civil 3D 2009**.



Σχήμα 1

Βασική οθόνη του AutoCAD Civil 3D 2009.

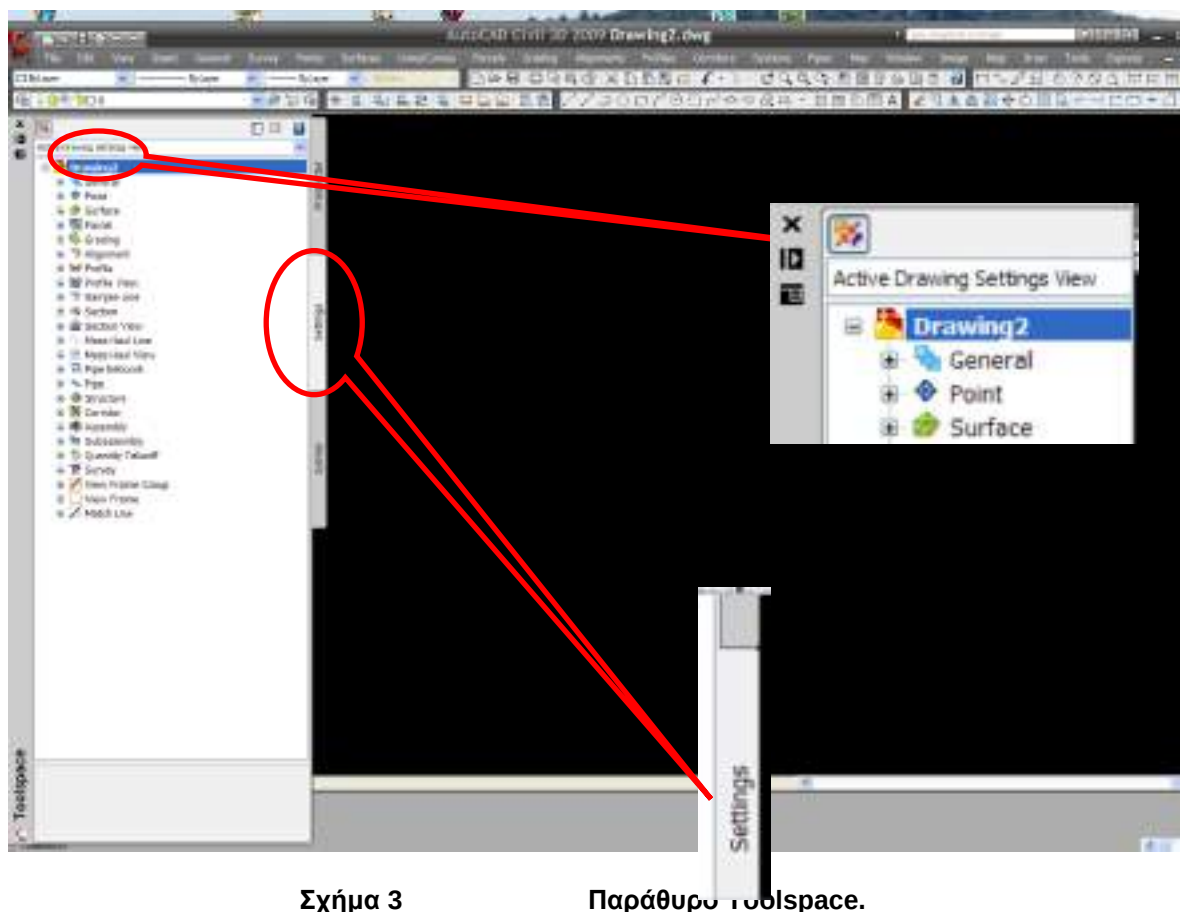
Ξεκινώντας, λοιπόν, ο χρήστης δημιουργεί ένα νέο αρχείο ως εξής: από το μενού *File* της γραμμής εργαλείων, επιλέγει *New*. Αμέσως εμφανίζεται το παράθυρο «*Select template*» στο οποίο ο χρήστης καλείται να επιλέξει ένα πρότυπο αρχείο με ρυθμίσεις και μονάδες που να ταιριάζουν στην εργασία του. Στην προκειμένη περίπτωση, προτείνεται η επιλογή του «*map2diso*» που είναι και η προεπιλεγμένη στο Όνομα Φακέλου(*File Name*). Πατώντας Άνοιγμα (*Open*) μπορεί να δουλέψει στο αρχείο του, το οποίο έχει ρυθμιστεί πλέον να λειτουργεί σε μόιρες και μέτρα.



Σχήμα 2

Παράθυρο επιλογής πρότυπου αρχείου.

Έπειτα από το μενού *Γενικά (General)* της γραμμής εργαλείων επιλέγεται το «Toolspace» κι έτσι εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 3.



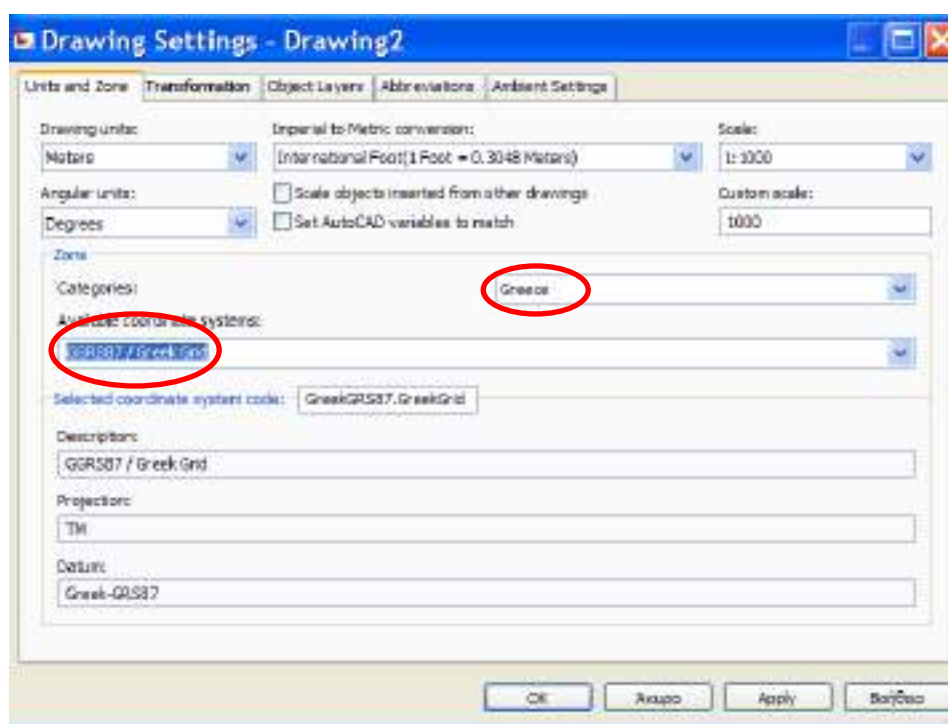
Σχήμα 3

Παράθυρο Toolspace.

Κάνοντας δεξί κλικ με το ποντίκι πάνω στο «*Drawing 2*» (Σχήμα 3) και επιλέγοντας *Επεξεργασία των ρυθμίσεων του σχεδίου* («*Edit Drawing Settings*») εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 4, όπου γίνονται οι εξής αλλαγές:

- Επιλέγεται Ελλάδα («*Greece*») στις κατηγορίες ζωνών (Zone Categories), χρησιμοποιώντας το βελάκι στα δεξιά.
- Επιλέγεται «*EGSA'87/Greek Grid*» στα διαθέσιμα συστήματα συντεταγμένων χρησιμοποιώντας το βελάκι στα δεξιά.

Πατώντας Εφαρμογή () και μετά OK οι απαραίτητες ρυθμίσεις θα ολοκληρωθούν.



Σχήμα 4 Παράθυρο επεξεργασίας των ρυθμίσεων του σχεδίου.

Στο σημείο αυτό ο χρήστης ελαχιστοποιεί την οθόνη του AutoCAD και ανοίγει το πρόγραμμα του Google Earth είτε κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο:



είτε πηγαίνοντας από το μενού *Έναρξη* κι επιλέγοντας *Προγράμματα* κι έπειτα *Google Earth*.

Όντας στο Google Earth θα πάει στην περιοχή που τον ενδιαφέρει (Σχήμα 5)προσέχοντας:

- να μην είναι επιλεγμένο το Έδαφος στην αριστερή στήλη,
- η εικόνα να είναι προσανατολισμένη στο Βορρά ,
- να φαίνεται κάθετα η εικόνα κι όχι υπό γωνία
- το Ύψος του ματιού να είναι γύρω στο 1 χιλιόμετρο ώστε να είναι ικανοποιητική η ανάλυση της εικόνας.

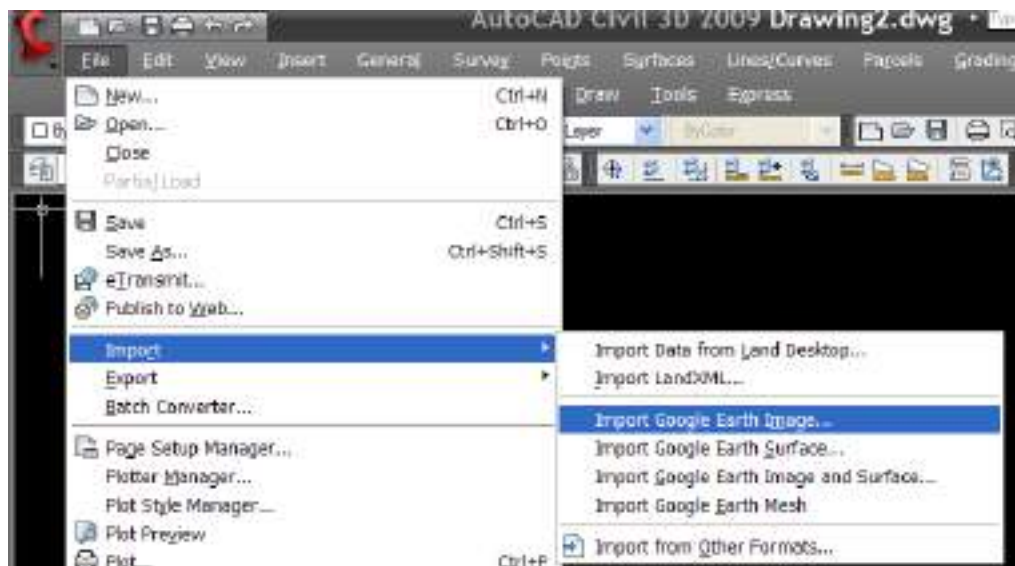


Σχήμα 5

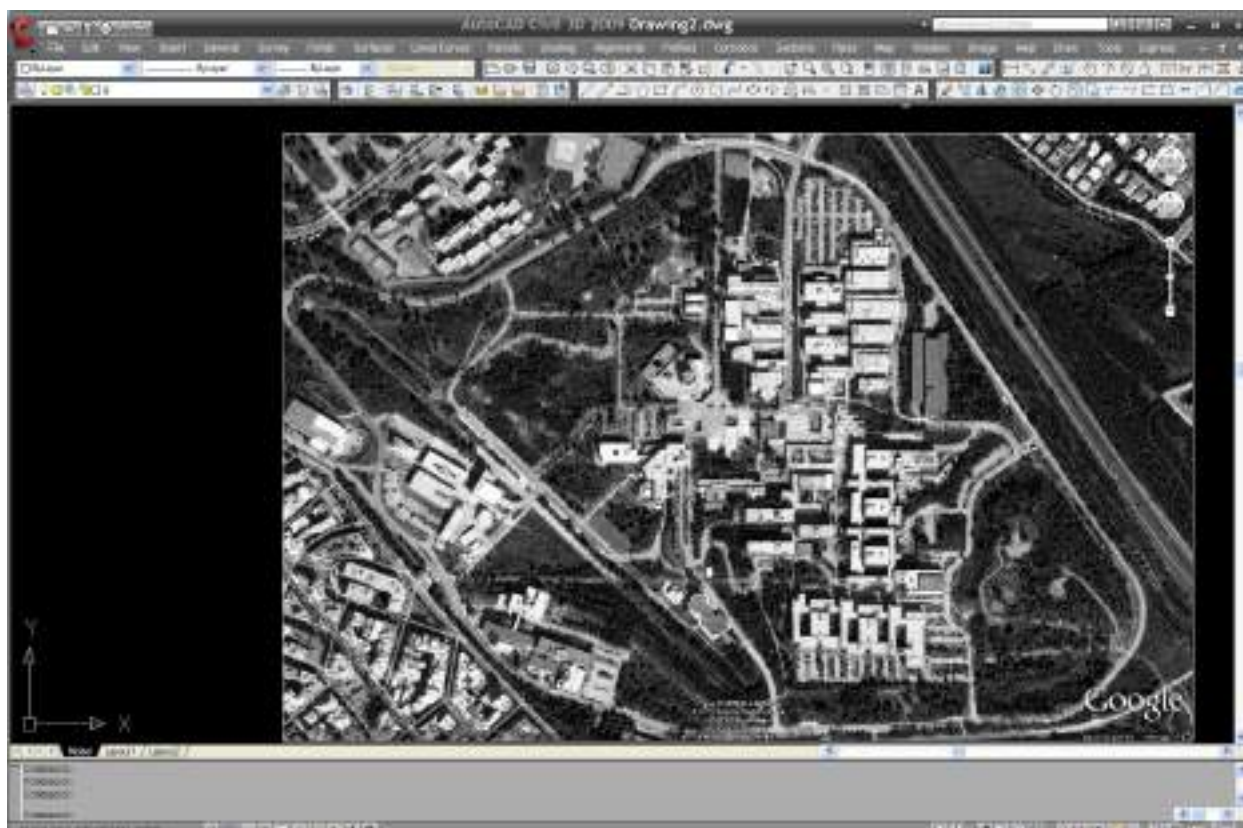
Εικόνα του Google Earth από την περιοχή ενδιαφέροντος.

Ύψος του ματιού 1.03 χλμ

Ο χρήστης στη συνέχεια ελαχιστοποιεί την οθόνη του Google Earth (ΔΕΝ την κλείνει) κι επιστρέφει στο AutoCAD προκειμένου να εισάγει στο σχέδιο του την εικόνα από το Google Earth. Αυτό γίνεται ως εξής: από το μενού *Φάκελος (File)* της γραμμής εργαλείων επιλέγει *Εισαγωγή (Import)* κι έπειτα *Εισαγωγή εικόνας Google Earth (Import Google Earth Image...)* όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα έρχεται η εικόνα στο AutoCAD όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 6 Διαδρομή που ακολουθείται για εισαγωγή εικόνας από το Google Earth.



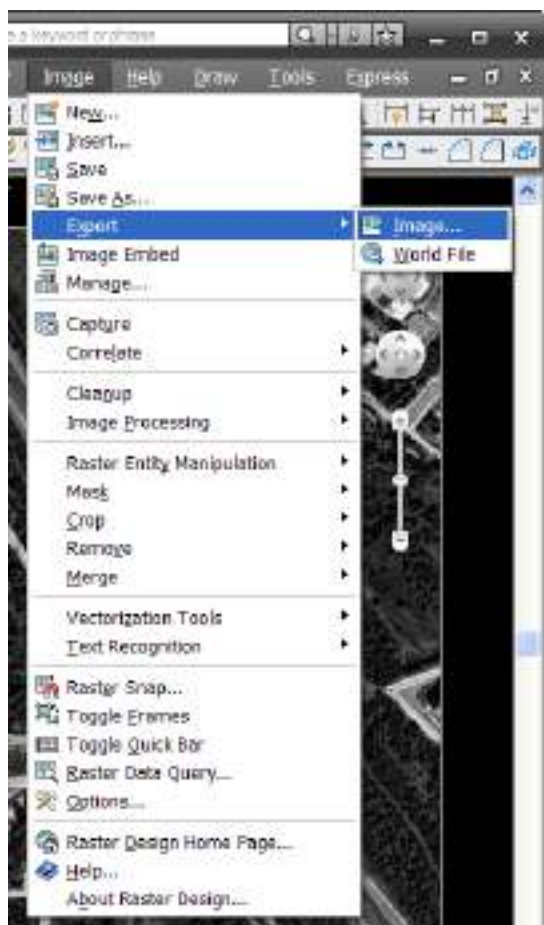
Σχήμα 7

Η εικόνα από το Google Earth που εισήχθη στο Autocad.

## 2. Εξαγωγή εικόνας Google Earth από το Autocad στην SD Card

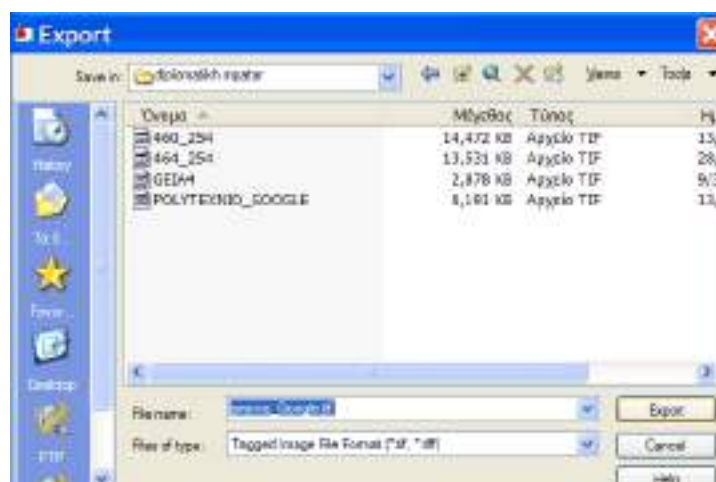
Έχοντας εισάγει την εικόνα από το Google Earth στο Autocad, ο χρήστης την εξάγει στη συνέχεια σε έναν άλλο φάκελο ως tiff αρχείο που μπορεί να διαβαστεί από τον δέκτη. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη:

Αρχικά, από το μενού *Εικόνα (Image)* της γραμμής εργαλείων επιλέγεται *Εξαγωγή (Export)* και στη συνέχεια *Εικόνα (Image)*, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.



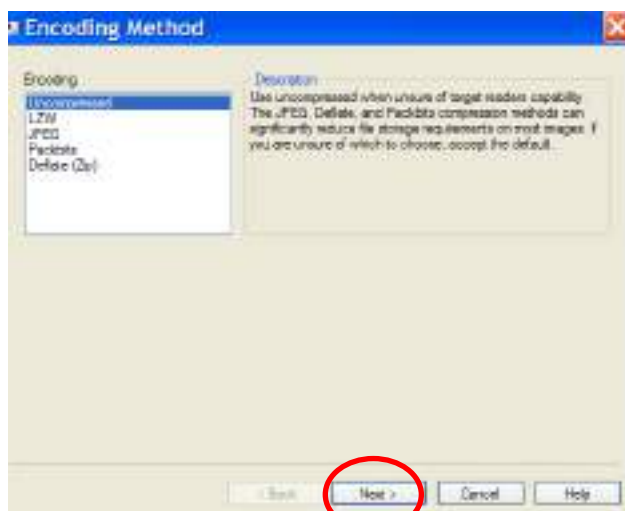
**Σχήμα 8** Διαδρομή που ακολουθείται για εξαγωγή εικόνας σε έναν φάκελο.

Έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο *Εξαγωγής (Export)* που φαίνεται στο Σχήμα 9, όπου ο χρήστης καλείται να επιλέξει τον φάκελο στον οποίο θέλει να αποθηκεύσει την εικόνα, και να πληκτρολογήσει και το όνομα που επιθυμεί να δώσει στην εικόνα, δηλαδή Όνομα αρχείου (File name). Προφανώς καλό θα ήταν να έχει συνδέσει την SD Card του δέκτη GPS και να επιλέξει να αποθηκευτεί η εικόνα απευθείας εκεί. Έπειτα επιλέγει το πλήκτρο *Εξαγωγή (Export)*. Στη συνέχεια εμφανίζονται το ένα μετά το άλλο τέσσερα παράθυρα (Σχήμα 10, 11, 12, 13) όπου οι επιλογές που πρέπει να κάνει ο χρήστης παρουσιάζονται παρακάτω με κόκκινο στα αντίστοιχα σχήματα.

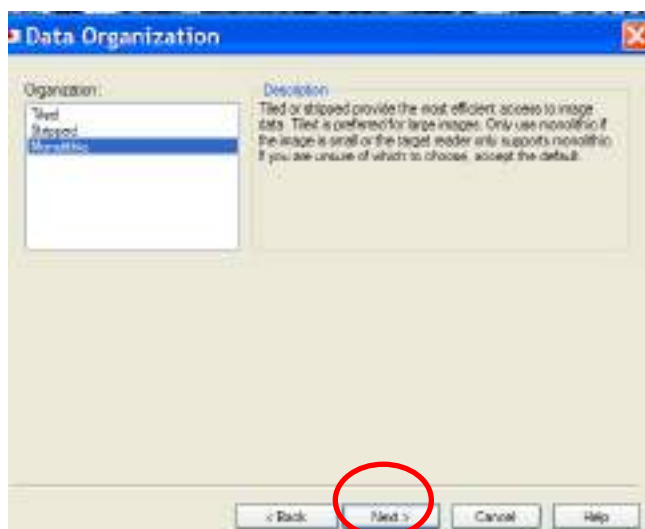


Σχήμα 9

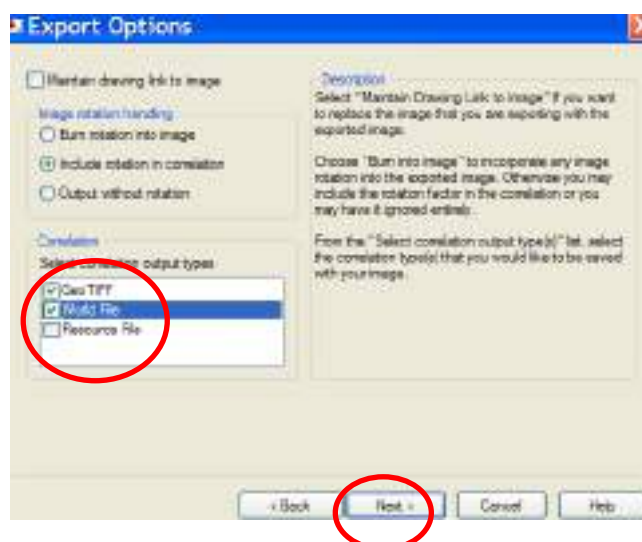
Παράθυρο επιλογής φακέλου και αρχείου που θα αποθηκευτεί η εικόνα από το Google Earth.



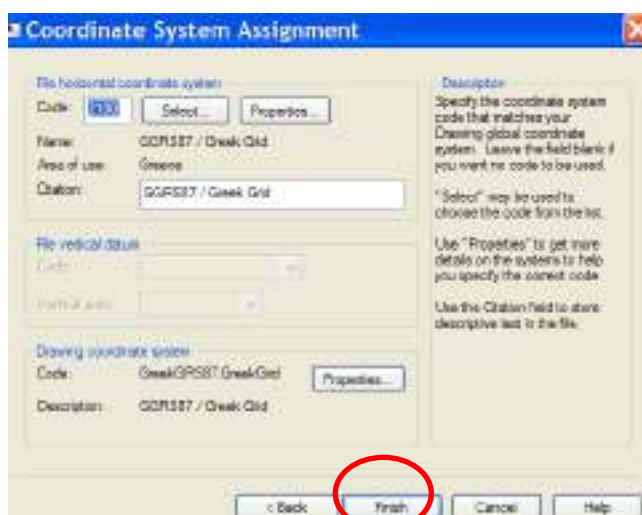
Σχήμα 10



Σχήμα 11



Σχήμα 6. 1



Σχήμα 12

Να σημειωθεί ότι στο Σχήμα 12 επιλέγεται η δημιουργία δύο τύπων αρχείων, ενός GeoTIFF αρχείου κι ενός Word File (το οποίο δίνει τις συντεταγμένες του σημείου εισαγωγής και την κλίμακα της εικόνας).....

Τα αρχεία που περιέχονται πλέον στην SD Card είναι τα εξής δύο:

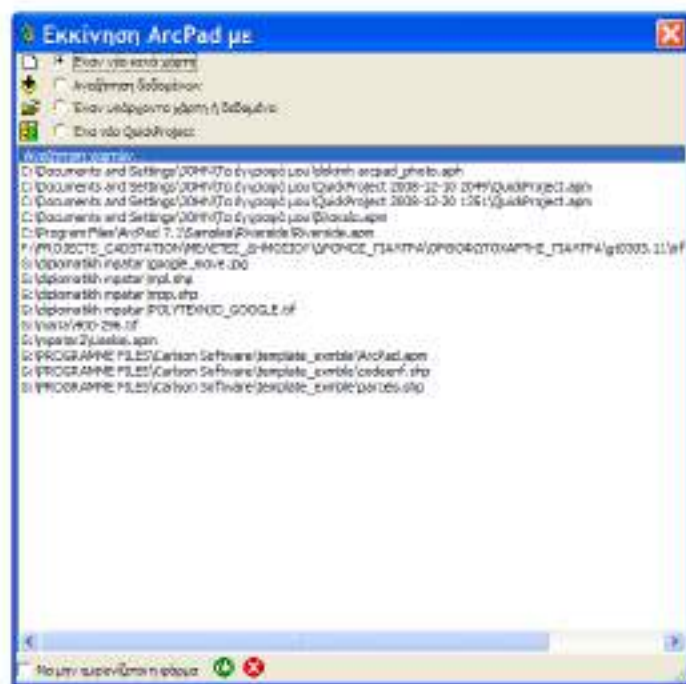
|               |          |            |
|---------------|----------|------------|
| Εικόνα_Google | 1 KB     | Αρχείο TFW |
| Εικόνα_Google | 5,244 KB | Αρχείο TIF |

### 3. Άνοιγμα χάρτη του Google Earth από τον δέκτη GPS

Ο χρήστης ανοίγει το πρόγραμμα ArcPad από τον δέκτη GPS από το μενού *Έναρξη*, επιλέγει *Προγράμματα (Programs)* κι έπειτα *ArcPad 7.1*.

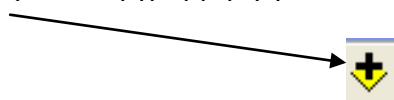


Στο παράθυρο που εμφανίζεται πρώτο (Σχήμα 14) επιλέγει: Εκκίνηση ArcPad με Έναν νέο κενό χάρτη (*Start ArcPad with a new empty map*), και μετά πατάει *OK* (στο κάτω μέρος του παραθύρου).



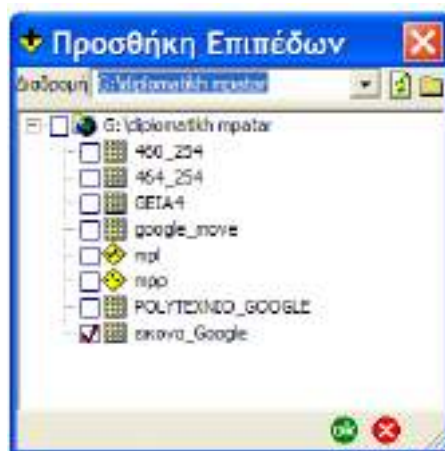
Σχήμα 13

Στην συνέχεια από τη γραμμή εργαλείων του ArcPad πατώντας το πλήκτρο *Προσθήκης Επιπέδων (Add Data)* από τη γραμμή εργαλείων εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 15.

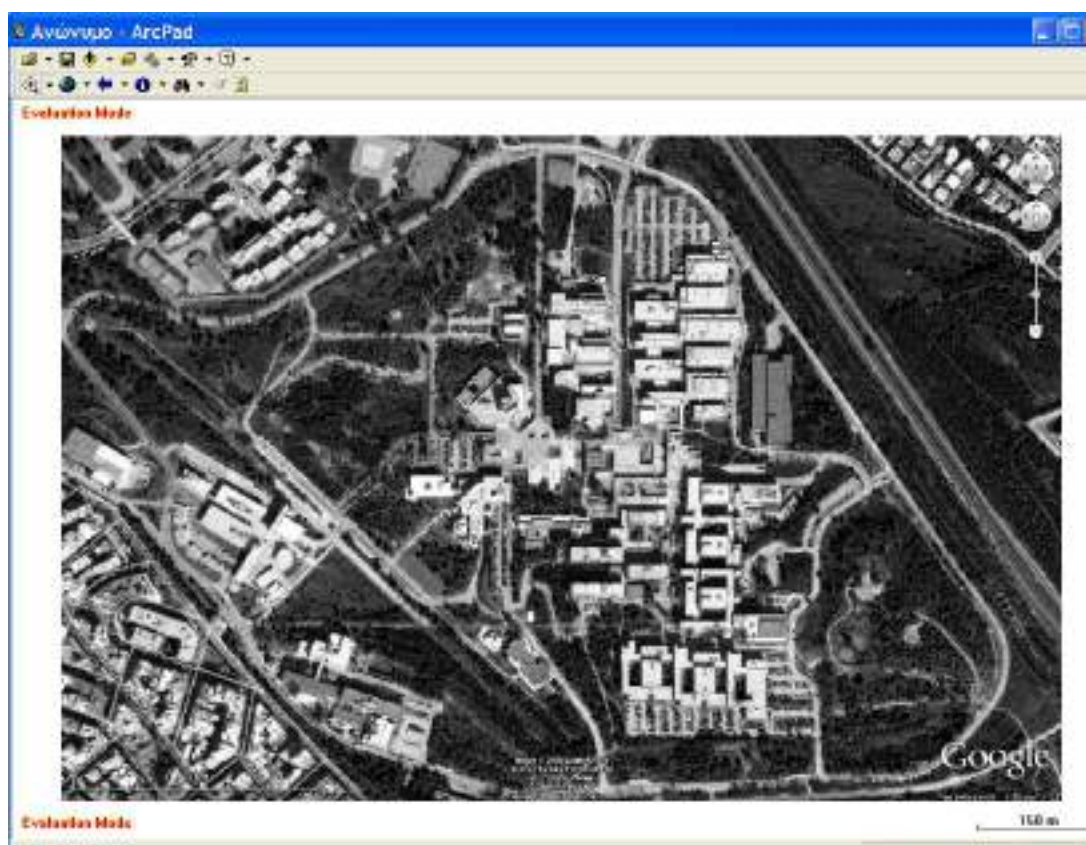


Στο παράθυρο αυτό γίνεται η επιλογή της διαδρομής που θα ψάξει ο δέκτης να βρει την εικόνα από το Google Earth και συγκεκριμένα μέσω της SD Card κι επιλέγοντας

(κλικάροντας) το όνομα που είχε δώσει ο χρήστης στην εικόνα. Πατώντας OK εμφανίζεται η εικόνα στην οθόνη του δέκτη (Σχήμα 16).



Σχήμα 14 Παράθυρο επιλογής επιπέδου/αρχείου που θα προστεθεί στην οθόνη.



Σχήμα 15 Η εικόνα της περιοχής ενδιαφέροντος από το Google Earth ως υπόβαθρο στον δέκτη GPS.

