



Τεχνολογικό  
Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Κρήτης  
Παράρτημα Χανίων

Τμήμα Ηλεκτρονικής

## Υλοποίηση συστήματος για μετρήσεις ελικτικότητας πλοίων με χρήση Παγκόσμιου Συστήματος Θεσιθεσίας (GPS) και Γυροσκοπικής Πυξίδας.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικολάου Δαμουρά

Επιβλέπων : Ηλίας Μαλαμάς  
Ηλεκ/γος Μηχ. & Μηχ. Η/Υ  
Msc Ηλεκ/κού Μηχανικού & Μηχ. Η/Υ  
Ωρομίσθιος Συνεργάτης Τ.Ε.Ι. Κρήτης

XANIA 2011

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT .....	3
1. Εισαγωγή στο GPS.....	4
1.1 Μετρήσεις ελικτικότητας.....	4
1.1.1 Η Δοκιμή σταματήματος.....	4
1.2 Το λογισμικό .....	5
1.3 Σύστημα καταγραφής δεδομένων.....	5
1.4 Μέρος επικοινωνίας με συσκευές NMEA.....	5
1.5 Σύστημα απεικόνισης και ανάλυσης πορείας.....	6
1.6 Σύστημα απεικόνισης τρέχουσας πορείας (live path).....	7
1.7 Σύστημα επεξεργασίας και εκτύπωσης διαδρομών.....	7
1.8 Σύστημα επεξεργασίας και γραφικής απεικόνισης καταγραμμένων διαδρομών.....	7
2. Περιγραφή πρωτοκόλλου NMEA, συστήματος GPS και σειριακής θύρας ....	8
2.1 Πρωτόκολλο NMEA .....	8
2.2 Πρότυπο επικοινωνίας σειριακής θύρας.....	13
2.3 Σύστημα πλοήγησης GPS (Global Positioning System) .....	14
3. Εισαγωγή στην γλώσσα προγραμματισμού C# .....	17
3.1 Εισαγωγή –Περίληψη .....	17
3.2 Εγκατάσταση του Visual Studio Express C# Edition.....	17
3.3 Δημιουργία ενός νέου Project στο Visual studio.....	17
3.4 Κώδικας σειριακής (με σχόλια) .....	21
4. Οδηγός χρήσης λογισμικού.....	24
4.1 Εισαγωγή – Χαρακτηριστικά εφαρμογής.....	24
4.2 Η κύρια καρτέλα της εφαρμογής.....	25
4.3 Αρχικοποίηση των ιδιοτήτων της σειριακής πόρτας.....	25
4.4 Εκκίνηση των νημάτων επεξεργασίας GPS και GYRO.....	27
4.5 Ρύθμιση των παραμέτρων για την εγγραφή δεδομένων.....	27
4.6 Δομή φακέλου αρχείων καταγραφής.....	28
4.7 Έναρξη καταγραφής δεδομένων .....	30
4.8 Ανάλυση αρχείων καταγραφής - Speed Graph.....	31
4.9 Δισδιάστατη προβολή με χρήση προβολής Mercator.....	33
4.10 Η καρτέλα με τους δορυφόρους .....	37
4.11 Καρτέλα Raw Com .....	38
4.12 Καρτέλα επεξεργασίας αρχείων καταγραφής (Log Trimmer).....	38
4.13 Καρτέλα Live Path.....	40
4.14 Καρτέλα επιτάχυνσης-επιβράδυνσης .....	40
4.14.1 Υπό-καρτέλες Manual και Auto Recording .....	42
4.15 Μενού ρυθμίσεων προγράμματος. ....	43
4.15.1 Μηνύματα αρχικής ρύθμισης παραμέτρων συσκευής GPS.....	43
4.15.2 Παραμετροποίηση πεδίων πληροφορίας.....	44
4.15.3 Ρύθμιση κέρδους φίλτρου Kalman.....	46
5. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα .....	47
5.1 Ακρίβεια Μετρήσεων.....	47
5.2 Εσωτερικός Θόρυβος.....	47
5.3 Πραγματικές μετρήσεις .....	47
5.4 Κόστος.....	48
5.4.1 Κόστος υλικού.....	48
5.4.2 Κόστος Λογισμικού ανάπτυξης εφαρμογής.....	48
Βιβλιογραφία.....	49

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την αυτοματοποίηση και διευκόλυνση των μετρήσεων ελικτικότητας σε σκάφη με την χρήση GPS και Γυροσκοπικών πυξίδων. Για την ανάλυση αυτή, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή με την χρήση της γλώσσας C# και .Net Framework.

Η C# είναι μια σύγχρονη γλώσσα προγραμματισμού, με πολλές δυνατότητες για επεξεργασία δεδομένων και απεικόνισή τους σε γραφικό περιβάλλον, εύκολα προσβάσιμο από το χρήστη.

Το .Net Framework είναι μια πλατφόρμα προγραμματισμού για τους υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Windows. Προσφέρει άμεση πρόσβαση σε λίστες, πίνακες, συλλογές (object containers) και σε όλο το Win32 API με εύκολο και διαχειρίσιμο τρόπο. Μπορεί και διαχειρίζεται όλη την μνήμη, αφήνοντας τον προγραμματιστή να απασχολείται κυρίως με τα προβλήματα του δικού του κώδικα.

Τα συστήματα πλοήγησης σήμερα προσφέρουν εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις τους. Με βάση αυτές τις μετρήσεις μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την ακριβή κίνησή μας με ένα όχημα, να δούμε ταχύτητες και συμπεριφορές υπό διάφορες συνθήκες.

Όλες οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί γίνονται με τη χρήση συναρτήσεων γεωδαισίας, χωρίς μετατροπές σε καρτεσιανές προβολές, για μεγαλύτερη ακρίβεια.

## ABSTRACT

This project aims to automate and facilitate measurements in vessels using GPS and gyro compasses. For this analysis, an application has been created using the C# language and the .Net Framework.

C# is a modern programming language, with numerous possibilities for data processing and presentation in graphical form, easily accessible to the user.

The .Net Framework is a programming platform for computers running Windows. It offers direct access to lists, array lists, processing threads, collections (object containers) and is a managed wrapper for the Win32 API. It manages all the memory dispose and creation of new objects, allowing the developer to be mainly involved with the problems of his own code.

Today modern navigation systems offer extremely high accuracy in measurements. Based on these measurements we can draw conclusions about the exact path of our vehicle, graphically present speed in accordance to time and place and watch their behavior in various circumstances.

All measurements and calculations are made using surveying functions without alterations in Cartesian projections for greater accuracy in measurements.

## 1. Εισαγωγή στο GPS

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι ο καθορισμός και η ανάλυση των υπαρχόντων συστημάτων πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία για αποτελεσματικότερη διαχείριση των παραγόντων πλεύσης ενός πλοίου.

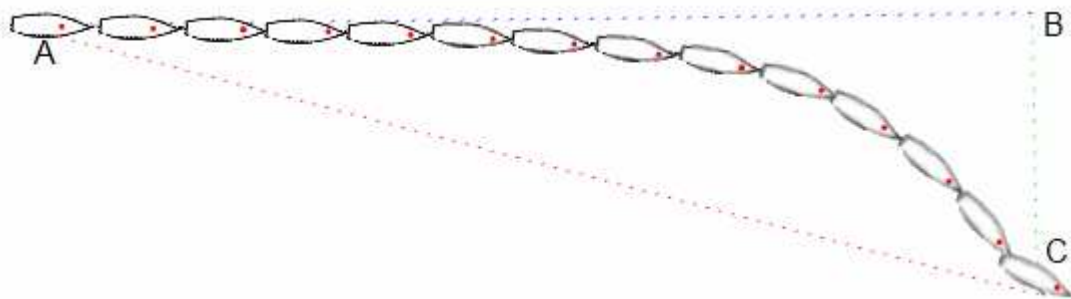
### 1.1 Μετρήσεις ελκτικότητας

Στη σημερινή εποχή τα συστήματα GPS μπορούν να μας προσφέρουν όλες τις αναγκαίες γεωγραφικές και φυσικές μετρήσεις με ακρίβεια μερικών εκατοστών.

Κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του ένα σκάφος μπορεί να υποστεί αλλοιώσεις στις ελκτικές του δυνατότητες, είτε λόγω καταπόνησης του κήτους, είτε λόγω ανάπτυξης μικροοργανισμών κάτω από την ισαλογραμμή, είτε λόγω απορρύθμισης του συστήματος ελέγχου του/των πηδαλίου/ων του.

Αυτές οι αλλαγές, μπορούν σε μεγάλο βαθμό να επηρεάσουν τη συμπεριφορά τού σκάφους σε ελιγμούς. Ένας καπετάνιος θα πρέπει να γνωρίζει τη συμπεριφορά τού σκάφους του ανά πάσα στιγμή και με ακρίβεια, ώστε να μπορεί να κάνει τους κατάλληλους ελιγμούς με ακρίβεια και να μπορεί να υπολογίσει την ενδεχόμενη πορεία του, μετά από μια συγκεκριμένη εντολή στο πηδάλιο. Για αυτό το λόγο πρέπει να γίνονται τακτικές μετρήσεις στα σκάφη. Οι μετρήσεις αυτές με την βοήθεια του GPS συστήματος και των γυροπυξίδων απλουστεύονται και γίνονται πλέον εφικτές και περισσότερο ακριβείς από ποτέ.

#### 1.1.1 Η Δοκιμή σταματήματος



**Εικόνα 1.1:** Πορεία πλοίου με πηδάλιο ακίνητο μετά από εντολή σταματήματος.

Η δοκιμή αυτή εκτελείται επιβραδύνοντας από μέγιστη ταχύτητα με ξαφνική επιβολή της μέγιστης ανάποδης ώσης. Από την στιγμή που δοθεί η εντολή, παρατηρούμε την πορεία του σκάφους και την διεύθυνση του, από το GPS και την γυροσκοπική πυξίδα, σε συνάρτηση με τον χρόνο. Οι πληροφορίες που μας δίνει το πρόγραμμα είναι η απόσταση από το A στο B (headreach), B στο C (lateral deviation), A στο C (track reach) και την γωνία  $\angle AB \square AC$ .

## **Σκοπός πτυχιακής**

Ως αποτέλεσμα της πτυχιακής θα είναι μια αξιόπιστη εφαρμογή που θα μπορεί να αυτοματοποιήσει τις παραπάνω μετρήσεις στα πλοία. Μέσα στο πρόγραμμα ενσωματώνονται όλες οι βασικές συναρτήσεις γεωδαισίας, γίνεται ουσιαστικά ένα API, το οποίο δίνει τη δυνατότητα της περαιτέρω εξέλιξης του προγράμματος στο μέλλον.

### **1.2 Το λογισμικό**

Η εφαρμογή χωρίζεται σε 5 κυρίως μέρη :

- Σύστημα καταγραφής δεδομένων
- Σύστημα επικοινωνίας με GPS, GYRO
- Σύστημα απεικόνισης ζωντανής (live path) πορείας
- Σύστημα επεξεργασίας και εκτύπωσης διαδρομών
- Σύστημα επεξεργασίας και γραφικής απεικόνισης καταγεγραμμένων διαδρομών.

### **1.3 Σύστημα καταγραφής δεδομένων**

Στο σύστημα καταγραφής αρχείων, η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα να γίνει καταγραφή στοιχείων πορείας. Τα δεδομένα τα οποία καταγράφονται από την εφαρμογή είναι η ταχύτητα, η πορεία, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και ο χρόνος.

Επίσης για τη χρήση του φίλτρου Kalman είναι αναγκαία η καταγραφή της ποιότητας λήψης (HDOP- Horizontal Delusion) της συσκευής GPS, ως παράγοντας εμπιστοσύνης στις καταγεγραμμένες τιμές από το σύστημα GPS, που θα χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα αν το φίλτρο λειτουργεί με τρέχουσες τιμές που λαμβάνει η εφαρμογή ζωντανά είτε κατά τη διάρκεια της εκ των υστέρων ανάλυσης-επεξεργασίας.

Όλες οι τιμές καταγράφονται μόνο και εφόσον υπάρχουν έγκυρες τιμές (gps fix) από τη συσκευή GPS. Οι πληροφορίες της διεύθυνσης καταγράφονται με χρήση του συστήματος GPS (από το μήνυμα GPRMC) ή από τη θύρα της γυροσκοπικής πυξίδας εφόσον είναι ενεργοποιημένη η πυξίδα. Το πρόγραμμα μπορεί να καταγράφει δεδομένα από 2 σειριακές θύρες παράλληλα.

### **1.4 Μέρος επικοινωνίας με συσκευές NMEA**

Η εφαρμογή μπορεί να επικοινωνήσει με συσκευές NMEA χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο NMEA, με 10 διαφορετικές λέξεις που είναι υλοποιημένες στον κώδικα της εφαρμογής, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα τους για την ενημέρωση του γραφικού

περιβάλλοντος. Η επικοινωνία γίνεται μέσω της σειριακής θύρας που διαθέτουν οι συσκευές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο NMEA.

Τα μηνύματα NMEA είναι αλφαριθμητικές ακολουθίες στις οποίες τα πεδία πληροφοριών διαχωρίζονται με τον χαρακτήρα κόμμα «,» και μας παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τη θέση, την ταχύτητα, το αζιμούθιο, κλπ.

Οι θέσεις<sup>1</sup> των πληροφοριών μέσα στα μηνύματα NMEA, είναι εύκολα καθοριζόμενες από εξωτερικό αρχείο ρυθμίσεων και δεν εξαρτώνται από τις θέσεις που είναι προκαθορισμένες στον κώδικα για το γραφικό περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και στην περίπτωση που ο χρήστης παρατηρήσει ότι οι προκαθορισμένες θέσεις στα μηνύματα έχουν αλλάξει (πχ. λόγω μη σωστής υλοποίησης του πρωτοκόλλου NMEA από κάποια συσκευή) μπορεί με ευκολία να προσδιορίσει την πραγματική θέση που υπάρχει η πληροφορία.

Όλες οι λέξεις ελέγχονται για την ακεραιότητά τους από την εφαρμογή, μέσω ενός αθροίσματος έλεγχου (checksum) πριν την καταγραφή ή την απεικόνισή τους στο γραφικό περιβάλλον.

### **1.5 Σύστημα απεικόνισης και ανάλυσης πορείας**

Το σύστημα απεικόνισης της πορείας αναλαμβάνει να προσαρμόσει τις τιμές από γεωγραφικό μήκος και πλάτος σε τιμές X, Y (pixels) , να τις απεικονίσει σωστά στην οθόνη του υπολογιστή με τη χρήση της προβολής Mercator. Η προβολή Mercator χρησιμοποιείται από το Google Earth-Map καθώς και από τα Bing Maps της Microsoft. Είναι μια προβολή που λειτουργεί πολύ καλά για το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδος. Παρουσιάζει μικρές παραμορφώσεις στα γεωγραφικά μήκη από 70° και πάνω. Το σύστημα απεικόνισης πορείας περιλαμβάνει το σύστημα ανάλυσης της πορείας του σκάφους και προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να διαλέξει αρχικό και τελικό σημείο από τη συνολικά καταγεγραμμένη πορεία. Αυτό το σύστημα «φιλτραρίσματος» των γεωγραφικών σημείων δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να διαλέξει το συγκεκριμένο κομμάτι της καταγεγραμμένης διαδρομής που θέλει αυτός να επεξεργαστεί και να αντλήσει πληροφορίες. Επίσης μπορεί να αποθηκεύσει τα κομμάτια αυτά σε μορφή αρχείων Google Earth, για περαιτέρω επεξεργασία τους στην εφαρμογή αυτή.

---

<sup>1</sup> Πεδίο πληροφορίας, εννοούμε τη θέση σε ένα πίνακα αλφαριθμητικών, ο οποίος έχει δημιουργηθεί μετά από το χώρισμα του μηνύματος NMEA με τη χρήση του χαρακτήρα διαχωρισμού (delimiter character) ο οποίος είναι επίσης καθορίσιμος από το εξωτερικό αρχείο ρυθμίσεων για κάθε μήνυμα NMEA ξεχωριστά.

## 1.6 Σύστημα απεικόνισης τρέχουσας πορείας (live path)

Το πρόγραμμα μπορεί να απεικονίσει άμεσα, ζωντανά τα δεδομένα από το σύστημα GPS και να αποτυπώσει στην οθόνη τη διαδρομή του σκάφους ως μια γραμμή, ενώ παράλληλα αποτυπώνεται και το γράφημα της ταχύτητας ως προς τον χρόνο.

## 1.7 Σύστημα επεξεργασίας και εκτύπωσης διαδρομών

Το σύστημα επεξεργασίας αρχείων καταγραφής προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να απεικονίσει το γράφημα της ταχύτητας στην οθόνη από το καταγεγραμμένο αρχείο μετρήσεων και να δώσει πληροφορίες για την επιλεγμένη διαδρομή. Η διαδρομή επιλέγεται με βάση ένα αρχικό και ένα τελικό σημείο (που ρυθμίζονται από τον χρήστη) και ο χρήστης μπορεί να πάρει πληροφορίες για κάθε καταγεγραμμένο σημείο. Μπορεί να φιλτράρει τα δεδομένα με το φίλτρο Kalman για να τα εξομαλύνει. Μπορεί να διαλέξει να αποθηκεύσει ένα κομμάτι από τη συνολικά καταγεγραμμένη πορεία σε ένα νέο αρχείο και να το επεξεργαστεί ξανά (το νέο αρχείο έχει την ίδια δομή με τα αρχεία καταγραφής) ή απλά να δει το μήκος της διαδρομής, την ταχύτητα, την πορεία, το αζιμούθιο και την απόσταση της καμπύλης (απ' όλα τα ενδιάμεσα σημεία) από το αρχικό μέχρι το τελικό σημείο της διαδρομής.

## 1.8 Σύστημα επεξεργασίας και γραφικής απεικόνισης καταγεγραμμένων διαδρομών.

Στο σύστημα απεικόνισης των καταγεγραμμένων διαδρομών, ο χρήστης μπορεί να δει την πορεία του σκάφους σε δισδιάστατη απεικόνιση (X,Y), να δει την γραφική απεικόνιση της ταχύτητας με χρήση μεγέθυνσης (zoom in) αν είναι αναγκαίο, να δοκιμάσει να φιλτράρει την διαδρομή με το φίλτρο Kalman, να κάνει εκτύπωση της πορείας των τιμών του αζιμούθιου και της ταχύτητας. Οι τιμές για την ανάλυση της πορείας του σκάφους προέρχονται από την παρακάτω τριγωνομετρική συνάρτηση:

```

/// <summary>
/// Finds the bearing between to Coordinates, Lat-Lon
/// </summary>
public double LatLongToBearing(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2)
{
    const double R = 6371; //earth's radius (mean radius = 6,371km)
    var dLon = ToRad(lon2 - lon1);
    var dPhi = Math.Log(
        Math.Tan(ToRad(lat2) / 2 + Math.PI / 4) / Math.Tan(ToRad(lat1) / 2 + Math.PI / 4));
    if (Math.Abs(dLon) > Math.PI)
        dLon = dLon > 0 ? -(2 * Math.PI - dLon) : (2 * Math.PI + dLon);
    return RadToBearing(Math.Atan2(dLon, dPhi));
}

```

Μπορεί επίσης να διαλέξει δεδομένα για απεικόνιση με βάση το γράφημα της ταχύτητας και να δει την πορεία του πλοίου σε εκείνα τα σημεία που διάλεξε, είτε μπορεί να αποθηκεύσει τα σημεία που διάλεξε σε μορφή αρχείου KML και να τα δει ζωντανά (live) στο Google Earth.



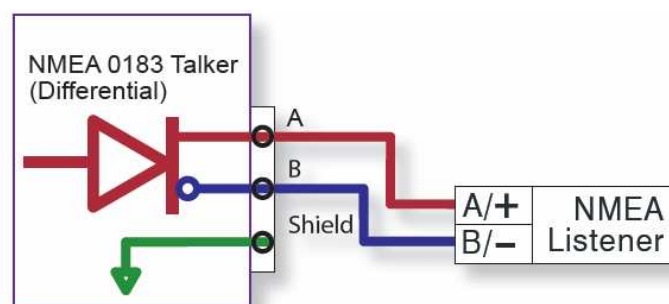
## 2. Περιγραφή πρωτοκόλλου NMEA, συστήματος GPS και σειριακής θύρας

### 2.1 Πρωτόκολλο NMEA

Το NMEA αποτελεί το βασικό πρωτόκολλο επικοινωνίας με τις συσκευές πλοήγησης GPS. Ορίζεται από την Αμερικανική Υπηρεσία Ναυτιλιακών Ηλεκτρονικών Συστημάτων (National Marine Electronics Association) ως ένα πρωτόκολλο συνδυασμού ηλεκτρικών σημάτων και δεδομένων (data). Το πρωτόκολλο αναπτύσσεται πάνω από 20 χρόνια και είναι αρκετά εδραιωμένο στην αγορά.

Η προκαθορισμένη ταχύτητα για το NMEA πρωτόκολλο είναι 4800 baud μέσω σειριακής θύρας. Τα μηνύματα NMEA στέλνονται από τις συσκευές GPS, από πυξίδες, μετρητές βάθους και άλλες συσκευές. Οι συσκευές που στέλνουν μηνύματα NMEA λέγονται «**Talkers**» και οι συσκευές που δέχονται τα σήματα NMEA όπως οι υπολογιστές ονομάζονται «**Listeners**».

Τα συστήματα NMEA υλοποιούνται μέσω σειριακής θύρας σε ηλεκτρικές στάθμες από 0 έως 5 volt.



Εικόνα 2.1: Διασύνδεση συσκευής Talker NMEA με Listener.

Το πρωτόκολλο NMEA χρησιμοποιεί απλή ASCII για αναπαράσταση των μηνυμάτων του, τα οποία αποστέλλονται μέσω μιας σειριακής θύρας επικοινωνιών (serial port). Τα δεδομένα μεταφέρονται ως προτάσεις με διαχωριστικούς χαρακτήρες «LF» (Line Feed) και «CR» (Carriage Return) (Hex 0D 0A, ASCII '\r\n'). Οι προτάσεις ξεκινούν με τον χαρακτήρα «\$» ή με τον «!» και έχουν μέγιστο μήκος 80 χαρακτήρων και ελάχιστο 6. Το πρωτόκολλο ορίζει ότι οι πληροφορίες μέσα στις προτάσεις χωρίζονται από χαρακτήρες κόμμα «,». Στο τέλος κάθε πρότασης υπάρχει ένας χαρακτήρας «\*» και μετά από αυτόν υπάρχει το άθροισμα ελέγχου (checksum).



Προτάσεις NMEA
<b>SGPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A,*1D&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</b>
<b>SGPAAM,A,A,0.10N,WPTNME*32&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</b>

Πίνακας 2.1: Παράδειγμα πρότασης NMEA : Μήνυμα GPGLL & GPRAM

Για τον έλεγχο της ορθότητας της ληφθείσας πρότασης το πρωτόκολλο ορίζει ένα checksum αλγόριθμο, που το αποτέλεσμα του είναι ένας αριθμός 2 ψηφιολέξεων (Bytes) της λογικής πράξης αποκλειστική διάζευξη (XOR, 8-bit eXclusive-OR) μεταξύ όλων των χαρακτήρων, εξαιρουμένων του «\$», του «\*», του «!» και των χαρακτήρων «\r\n». Οι δύο πρώτοι χαρακτήρες ενημερώνουν για το είδος της συσκευής που στέλνει την πρόταση (πχ GP σημαίνει GPS).

NMEA Talker ID	Τύπος συσκευής
<b>GP</b>	Συσκευή GPS
<b>LC</b>	Loran-C receiver
<b>II</b>	Συσκευή ενσωματωμένων οργάνων (Integrated Instrumentation)
<b>IN</b>	Integrated Navigation
<b>EC</b>	Electronic Chart Display & Information System (ECDIS)
<b>CD</b>	Digital Selective Calling (DSC)
<b>GL</b>	GLONASS
<b>GN</b>	Mixed GPS and GLONASS data

Πίνακας 2.2: Αρχικά γράμματα μηνύματος NMEA.

```

public static bool Checksum(string Message) //Nmea message sentence
{
    //Convert char to int so we can do the XOR
    if (Message.Length > 6)
    {
        char tempMessage = Message[Message.IndexOf('$') + 1]; //get the first char
        int csum = Convert.ToByte(tempMessage); // convert it to int

        // Do the loop for all the chars until * , which is the checksum info start
        // start right after the $ , 1st char , until *
        for (int i = Message.IndexOf('$') + 2; i < Message.IndexOf('*'); i++)
        {
            //xor checksum with current char
            csum ^= Convert.ToByte(Message[i]); //pass the new value to csum and
continue in the array
        }
        // Convert the csum to 2 Char Hex Formatting
        string tempStrcSum = csum.ToString("X2");
        string sentenceCsum = Message.Substring(Message.IndexOf("***") + 1);
        return sentenceCsum == tempStrcSum;
    }
    else
        return false;
}

```

Εικόνα 2.2: Συνάρτηση έλεγχου Checksum με C#

Το πρωτόκολλο NMEA είναι αρκετά σύνθετο με αρκετές προτάσεις. Παρακάτω θα περιγράψουμε μόνο μερικές από τις προτάσεις που χρησιμοποιούνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Message	GLL - Geographic Latitude and Longitude
GPGLL	\$GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A,*1D
GLL	Geographic Latitude and Longitude
1,2	4916,46 → Γεωγραφικό πλάτος N 49 deg. 16,45 λεπτά. Βόρεια
3,4	12311,12 → γεωγραφικό μήκος W 123 μοίρες. 11,12 λεπτά. Δύση
5	225444 → Fix πάρθηκε 22:54:44 UTC
6	A=Data Valid V=Data Invalid
7	*1D → Checksum data

Message	VTG - Velocity made good
GPVTG	\$GPVTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K*48
VTG	Velocity made good
1,2	54.7 → μοίρες από πραγματικό βορά (T)
3,4	34.4 → μοίρες από μαγνητικό βορά (M)
5	Ταχύτητα στο έδαφος σε κόμβους (N)
6	Ταχύτητα στο έδαφος σε χιλιόμετρα (K)
7	*48 → Checksum

Message GSA	GSA - GPS DOP and active satellites
GP GSA	\$GPGSA,a,b,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,p,p,h,h,v,v,*hh
VTG	This sentence provides details on the nature of the fix
1	A Auto selection of 2D or 3D fix (M = manual)
2	3D fix - values include: 1 = no fix 2 = 2D fix 3 = 3D fix
3-14	04,05... PRNs (id) των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό θέσης (χώρος για 12)
15	p,p is the Percent DOP value
16	h,h is the Horizontal DOP value
17	v,v is the Vertical DOP value
18	Checksum data →47

Message GSV	GSV - Satellites in View
GP GSV	\$GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75
GSV	Το δορυφόρο σε θέα εμφανίζει δεδομένα σχετικά με τους δορυφόρους σε οπτική επαφή από τη μονάδα.
1	2 → Αριθμός των προτάσεων για τα πλήρη δεδομένα
2	1 → Πρόταση 1 από 2
3	08 Αριθμός δορυφόρων σε οπτική επαφή
4	01 Satellite PRN Αριθμός (satellite ID)
5	40 Elevation, μοίρες
6	083 Azimuth, μοίρες
7	46 SNR - υψηλότερα είναι καλύτερα
...	για μέχρι και 4 δορυφόρους ανά πρόταση (επανάληψη του 4 για τον επόμενο δορυφόρο)
...	για μέχρι και 4 δορυφόρους ανά πρόταση (επανάληψη του 5 για τον επόμενο δορυφόρο)
...	για μέχρι και 4 δορυφόρους ανά πρόταση (επανάληψη του 6 για τον επόμενο δορυφόρο)
...	για μέχρι και 4 δορυφόρους ανά πρόταση (επανάληψη του 7 για τον επόμενο δορυφόρο)
19	Checksum data →75

Message GGA GGA - essential fix data which provides 3D location and accuracy data.	
<b>GP GGA</b>	\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
<b>1</b>	123519 Fix πάρθηκε 12:35:19 UTC
<b>2,3</b>	4807.038, Γεωγραφικό πλάτος N 48 deg N 07,038
<b>4,5</b>	01131.000, μήκος E 11 deg E 31,000
<b>6</b>	1 Διόρθωση ποιότητας: Fix quality: 0 = invalid 1 = GPS fix (SPS) 2 = DGPS fix 3 = PPS fix 4 = Real Time Kinematic 5 = Float RTK 6 = estimated (dead reckoning) (2.3 feature) 7 = Manual input mode 8 = Simulation mode
<b>7</b>	08 Αριθμός δορυφόρων που παρακολουθούνται
<b>8</b>	0.9 Horizontal dilution of position
<b>9</b>	545.4 M Υψόμετρο, πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας
<b>10</b>	46.9 M Ύψος του γεωειδούς WGS84 ελλειψοειδές
<b>11</b>	time in seconds since last DGPS update (not used)
<b>12</b>	DGPS station ID number (not used)
<b>13</b>	Checksum data →47

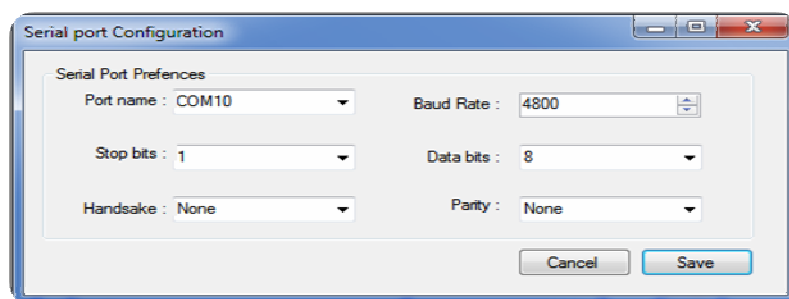
Message RMC RMC - Recommended Minimum	
<b>GPRMC</b>	\$GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E*68
<b>RMC</b>	Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data
<b>1</b>	Το στίγμα λήφθηκε στις 225446 UTC
<b>2</b>	Data status → A=Data Valid V=Data Invalid
<b>3</b>	Γεωγραφικό πλάτος → 4916.45
<b>4</b>	North or South
<b>5</b>	Γεωγραφικό μήκος → 12311.12
<b>6</b>	East or West
<b>7</b>	Ταχύτητα σε Κόμβους → 000.5
<b>8</b>	Κατεύθυνση σε μοίρες (True course) 054.7
<b>9</b>	Ημερομηνία UTC → 191194
<b>10</b>	Μαγνητική απόκλιση από τον μαγνητικό βορά (Αφαιρείται εσωτερικά από το True course) → 020.3
<b>11</b>	Μαγνητική απόκλιση → E or W
<b>12</b>	Checksum Data →68

## 2.2 Πρότυπο επικοινωνίας σειριακής θύρας

Το πρωτόκολλο NMEA έχει ως προκαθορισμένο διάυλο επικοινωνίας την σειριακή θύρα με τις παρακάτω ρυθμίσεις ως προεπιλεγμένες:

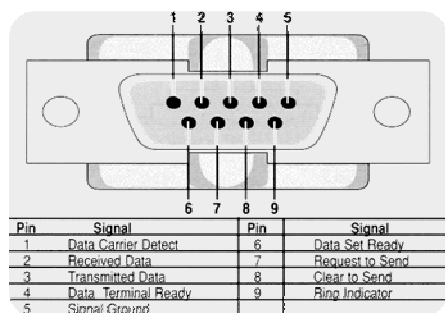
Nmea Serial port standard specification	
Typical Bitrate	4,800
Parity	None
Stop bits	1
Handshake	None
Data bits	8

Πίνακας 2.3: Ρυθμίσεις σειριακής πόρτας προβλεπόμενες από NMEA.



Εικόνα 2.3: Φόρμα ρύθμισης ιδιοτήτων σειριακής θύρας στην εφαρμογή GPS Tracker.

Στην εφαρμογή μας χρησιμοποιήσαμε μια **GPS** συσκευή τεχνολογίας **SIRF III** που μας παρείχε τα δεδομένα του πρωτοκόλλου **NMEA**. Η διασύνδεση έγινε μέσω **USB-to-Serial** καλωδίου διότι στους σύγχρονους υπολογιστές οι σειριακές θύρες δε θεωρούνται πια ως τυπικός εξοπλισμός. Η συσκευή GPS είχε δυο καλώδια μεταφοράς δεδομένων, ένα **TX** και ένα **RX** τα οποία συνδέθηκαν αντίστοιχα με τα **RX** και **TX** της σειριακής θύρας, δυο καλώδια που αντιστοιχούν στην τροφοδοσία της συσκευής GPS, η οποία έγινε μέσω της θύρας USB (μέσω μετατροπέα USB-to-Serial) που έχει ως τάση λειτουργίας της τα 5 Volt και ένα καλώδιο γείωσης. Η μέγιστη ταχύτητα που δοκιμάστηκε και λειτούργησε η εφαρμογή και η συσκευή GPS ήταν τα 57.600 bps. Η εφαρμογή δοκιμάστηκε με δυο θύρες επικοινωνίας και λειτούργησε κανονικά, καταγράφοντας δεδομένα όπως προβλέπεται από τις προδιαγραφές της πτυχιακής.



Εικόνα 2.4: Βύσμα σειριακής θύρας. Εικόνα 2.5 : Καλώδιο USB-to-Serial. Εικόνα 2.6: GPS συσκευή.



Εικόνα 2.7: Σύστημα δορυφόρων NAVSTAR.

## 2.3 Σύστημα πλοήγησης GPS (Global Positioning System)

Το σύστημα GPS αποτελείται από 24 δορυφόρους σε τροχιά, στα 11.000 ναυτικά μίλια από την επιφάνεια της Γης σε έξι διαφορετικές τροχιές. Οι δορυφόροι κινούνται γύρω από τη Γη, κάνοντας περίπου δυο πλήρεις περιστροφές ανά 24ωρο. Η ταχύτητα τους φτάνει τα 1.8 μίλια το δευτερόλεπτο. Οι δορυφόροι αυτοί αναφέρονται ως δορυφόροι NAVSTAR. Αυτοί οι δορυφόροι αποτελούν το σύστημα GPS που δημιουργήθηκε αρχικά για τις ανάγκες του αμερικάνικου στρατού και αργότερα δόθηκε για δημόσια χρήση με περιορισμούς στην ακρίβεια μέσω του SA (Selective Availability).

Παρόμοιο σύστημα έχει αναπτυχτεί από τους Ρώσους, με όνομα GLONASS (Global Navigation Satellite System). Τα δυο συστήματα λειτουργούν σε εύρος συχνοτήτων από τα 1.2GHz έως τα 1.6GHz. Το σύστημα GLONASS παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με το σύστημα GPS και δεν έχει περιορισμούς, όπως το SA.

Στο εμπόριο υπάρχουν συσκευές που μπορούν να χρησιμοποιήσουν και τα δυο συστήματα παράλληλα. Η ακρίβεια σε τέτοια συστήματα είναι 7 έως 15 μέτρα χωρίς τη χρήση διαφορικής διόρθωσης (DGPS). Με τη χρήση DGPS η ακρίβεια φτάνει μέχρι και τα 40

εκατοστά. Επίσης, παρόμοια συστήματα έχουν αναπτυχθεί στην Ευρώπη (σύστημα GALILEO) και την Κίνα (σύστημα COMPASS).

Οι δέκτες GPS μόνο δέχονται σήματα από τους δορυφόρους, χωρίς να έχουν αμφίδρομη επικοινωνία. Για την σωστή λειτουργία τους είναι αναγκαία η ανεμπόδιστη οπτική τους επαφή με το σύστημα δορυφόρων. Έτσι είναι λειτουργικοί μόνο σε εξωτερικούς χώρους. Τα πρώτα συστήματα δεκτών GPS αντιμετώπιζαν προβλήματα λήψης σε περιοχές με δέντρα (δασώδεις περιοχές) και ψηλά κτίρια. Τα τελευταία συστήματα GPS έχουν διορθώσει αυτά τα προβλήματα στις εκδόσεις SiRFStar III, MTK όπου η ακρίβεια και η ευαισθησία του δέκτη τους έχει βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό. Οι μετρήσεις με συστήματα GPS εξαρτώνται από την ακρίβεια του ρολογιού του κάθε δορυφόρου και γι' αυτό το λόγο τα ρολόγια των δορυφόρων είναι ατομικά ρολόγια υψηλής ακριβείας, απόλυτα συγχρονισμένα μεταξύ των δορυφόρων του συστήματος.

Ο κάθε δορυφόρος κάνει εκπομπή της θέσης του και της ώρας τού ρολογιού του. Όλοι οι δορυφόροι συγχρονίζουν τις διεργασίες τους, έτσι ώστε όλα τα σήματα να αποστέλλονται με βάση τις ίδιες σταθερές (ρολόι). Τα σήματα αυτά φτάνουν στους δέκτες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές λόγω του ότι μερικοί δορυφόροι απέχουν περισσότερο από άλλους από την θέση του δέκτη GPS. Η απόσταση από τους δορυφόρους εκτιμάται ανάλογα με τη διαφορά φάσης του σήματος που φτάνει στο δέκτη. Όταν ο δέκτης έχει εκτιμήσεις της απόστασής του από παραπάνω από 4 διαφορετικούς δορυφόρους, τότε μπορεί να υπολογίσει την θέση του στις τρεις διαστάσεις (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και υψόμετρο).

Οι δέκτες για να βρουν την απόσταση και τη χρονική καθυστέρηση του σήματος, λαμβάνουν από τους δορυφόρους ένα σήμα με ψευδο-τυχαίο κώδικα ο οποίος είναι γνωστός στους δέκτες. Οι δέκτες εσωτερικά γνωρίζουν και επαναλαμβάνουν τον ψευδο-τυχαίο κώδικα και συγκρίνοντας την καθυστέρηση των εσωτερικών συμβόλων σε σχέση με τα σύμβολα που δέχονται από τους δορυφόρους, δεδομένου ότι το σήμα ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός, μπορούν να εκτιμήσουν την απόστασή τους από ένα δορυφόρο. Για να γίνει αυτό, είναι αναγκαίο το ατομικό ρολόι που δίνει ακριβείς τιμές ώρας να είναι ενημερωμένο. Για αυτό το λόγο το σύστημα δορυφόρων NAVSTAR ενημερώνεται δυο φορές την ημέρα από επίγειο σταθμό ατομικού ρολογιού για μεγίστη ακρίβεια.

Η μέθοδος παραποίησης του σήματος του GPS (μέσω του Selective Availability) ήταν μια μέθοδος που πρόσθετε χρονική απόκλιση στο ρολόι του σήματος εκπομπής και αυτό πρόσθετε σφάλμα στον υπολογισμό της απόστασης του GPS από τους δορυφόρους που αναφέραμε παραπάνω. Αυτό προκαλούσε απόκλιση στις τιμές της θέσης που έπαιρναν οι



πολίτες από τους δέκτες GPS από 50 έως 100 μέτρα. Είχε εγκατασταθεί στους δορυφόρους για να αποφευχθούν τυχόν χρήσεις του συστήματος GPS για επιθέσεις με τηλεκατευθυνόμενα οχήματα. Το Selective Availability σταμάτησε την λειτουργία του την 1 Μαΐου του 2000.

Τα συστήματα DGPS (Differential GPS) είναι συστήματα που προσφέρουν μια σταθερή αναφορά σε ένα γνωστό γεωγραφικό σημείο (με τη χρήση ενός επίγειου σταθμού βάσης DGPS) και μπορούν να συγκρίνουν με βάση αυτό το σημείο, τη θέση που λαμβάνουν από το ενσωματωμένο GPS που έχουν και να βελτιώσουν την ακρίβεια προσδιορισμού θέσης μέχρι και  $\pm 1$  μέτρο. Ο σταθμός βάσης αυτών των συστημάτων εκπέμπει τη θέση του, που είναι σταθερή και γνωστή και τη θέση που μπορεί να εκτιμήσει από τις πληροφορίες που δέχεται από τους δορυφόρους μέσω του ενσωματωμένου GPS του. Γνωρίζοντας πόση είναι η απόκλιση της πραγματικής θέσης από την θέση που αναφέρει το ενσωματωμένο GPS του σταθμού, εκπέμπει ένα σήμα που το λαμβάνει ο δέκτης και έτσι μπορεί να υπολογίσει με μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση του.

Αυτά τα σήματα εκπέμπονται είτε από UHF – VHF σήματα, είτε στην μπάντα των FM.



**Εικόνα 2.8: Σταθμός εκπομπής DGPS σήματος.**

### 3. Εισαγωγή στην γλώσσα προγραμματισμού C#

#### 3.1 Εισαγωγή –Περίληψη

Η γλώσσα C# είναι μια απλή αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, χρησιμοποιούμενη για τη δημιουργία και ανάπτυξη εφαρμογών. Δημιουργήθηκε από τη Microsoft με στόχο την ανάπτυξη του πλαισίου .Net, υπό την εποπτεία του Anders Hejlsberg το 1999. Υπάρχουν 4 εκδόσεις της γλώσσας C#, η τελευταία κυκλοφόρησε στις 12 Απριλίου 2010.

Για τη δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα **C# 4.0** και το **.Net Framework** . Παρακάτω θα κάνουμε μια μικρή εισαγωγή με παραδείγματα κώδικα από την εφαρμογή και επεξήγησή τους.

#### 3.2 Εγκατάσταση του Visual Studio Express C# Edition

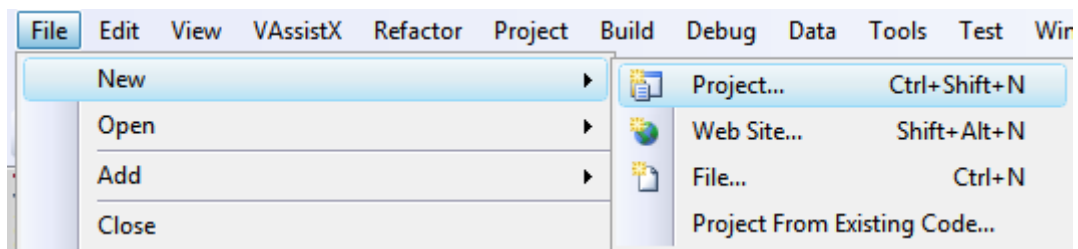
Η έκδοση του **Visual studio express edition** διανέμεται δωρεάν από την Microsoft για οποιαδήποτε χρήση επιθυμεί ο χρήστης (είτε είναι κατασκευή εμπορικών προγραμμάτων, είτε ερασιτεχνικών). Είναι διαθέσιμη από το διαδικτυακό τόπο:

<http://www.microsoft.com/express/Downloads/#2010-Visual-CS> .

Η γλώσσα C# είναι από τις πιο μοντέρνες δυναμικές γλώσσες που υπάρχουν διαθέσιμες, είναι στην ακμή της και συνεχώς αναπτύσσεται όπως και το **.Net Framework**. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να γράψουμε γρήγορα και με σχετική ευκολία χρήσιμες εφαρμογές. Αφού ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση και η εγκατάσταση του Visual Studio 2010 μπορούμε να γράψουμε το πρώτο μας πρόγραμμα. Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα δημιουργήσουμε μια εφαρμογή που θα διαβάζει δεδομένα από τη σειριακή θύρα και θα τα προσθέτει σε ένα κουτί κειμένου (textbox) στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής μας.

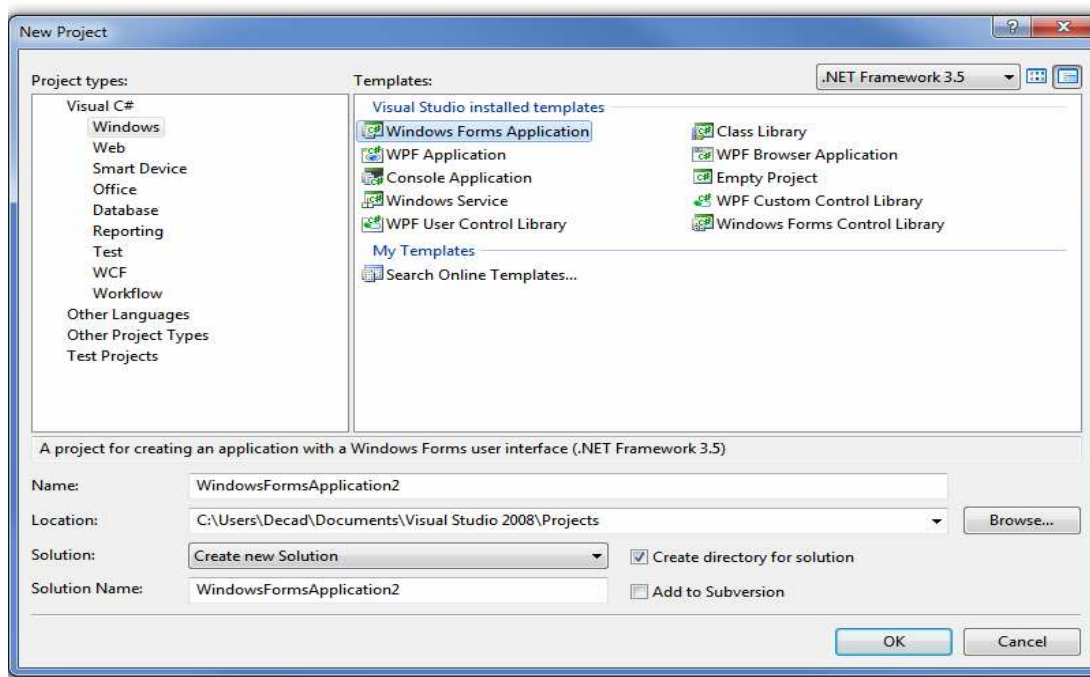
#### 3.3 Δημιουργία ενός νέου Project στο Visual studio

- Μετά το κατέβασμα και την εγκατάσταση του IDE μπορούμε να προχωρήσουμε στην συγγραφή κώδικα C# δημιουργώντας ένα νέο **Project** από το μενού **File →New→New Project**



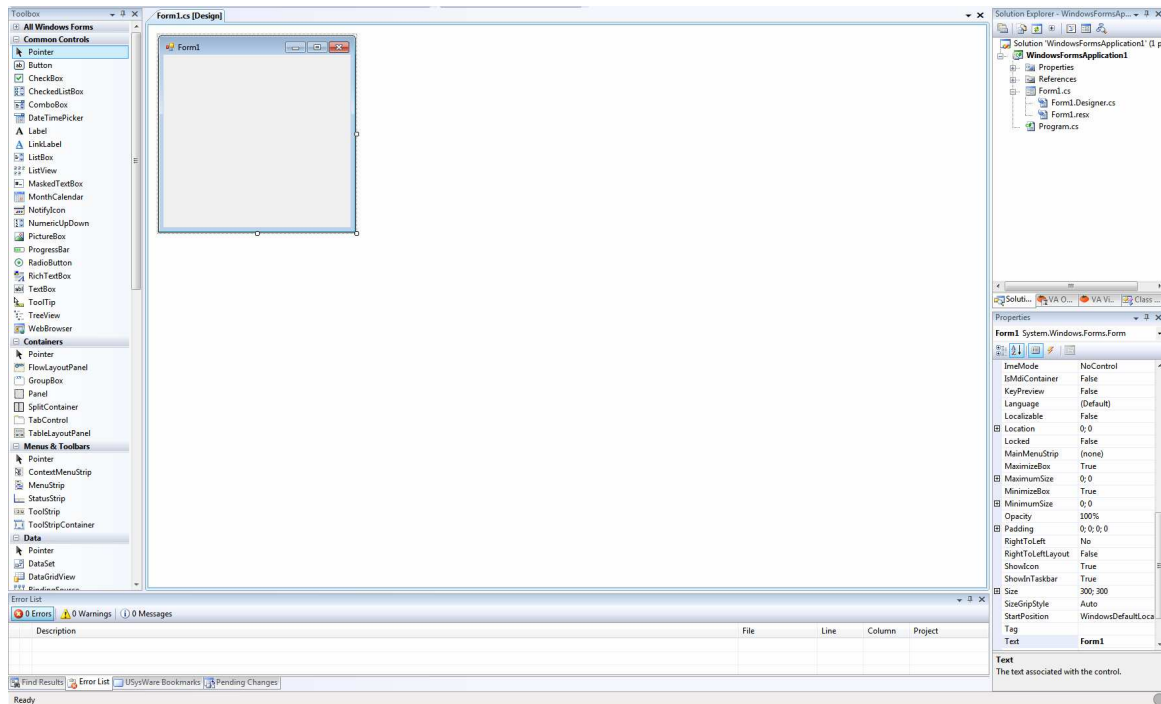
Εικόνα 3.1: File menu στο Visual studio.

- Στη επομένη φόρμα επιλέγουμε να αναπτύξουμε μια εφαρμογή τύπου **Windows Forms Application**:



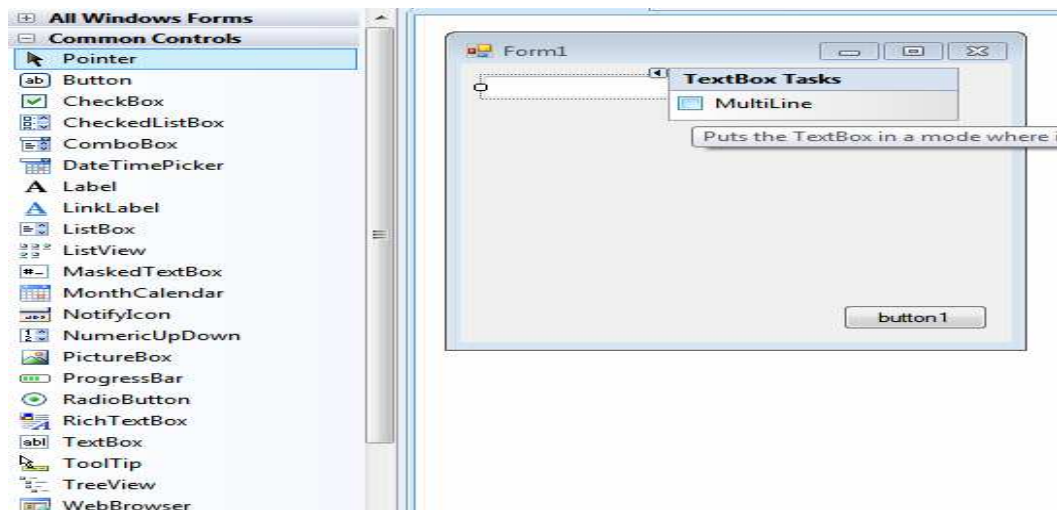
Εικόνα 3.2: Διαλέγουμε την επιλογή Windows Forms Application

- Το αποτέλεσμα θα είναι η παρακάτω εικόνα όπου είναι η αρχική φόρμα για την νέα μας εργασία (project).

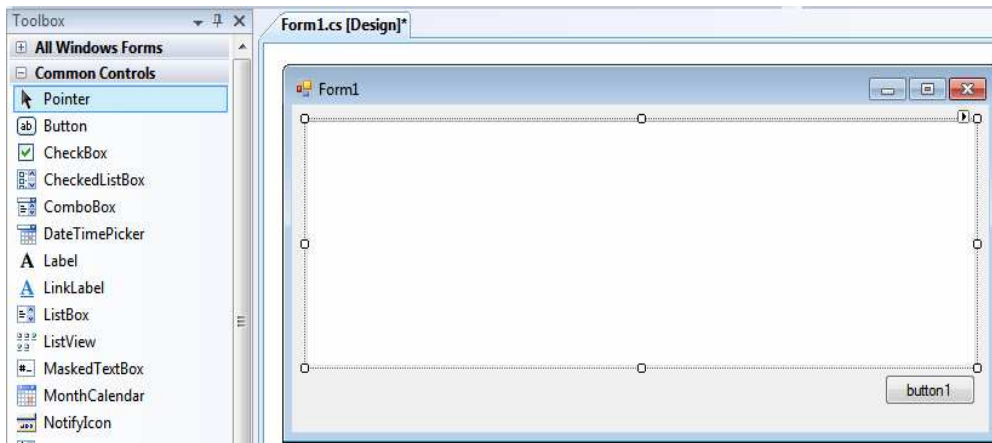


Εικόνα 3.3: Αρχική εικόνα ανάπτυξης μιας εργασίας.

- Στη συνέχεια πιάνουμε και τραβάμε (**drag and drop**) (με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού πατημένο συνεχώς) δυο **Control** από το **Toolbox** στα αριστερά του **Visual studio**. Ένα **button control** (κουμπί) και ένα **textbox control** (κείμενο), τα οποία τα τοποθετούμε πάνω στη νέα φόρμα και επιλέγουμε την επιλογή **Multiline** στο **Textbox**. Ύστερα κάνουμε ένα διπλό κλικ πάνω στο **Button1** και το Visual studio θα δημιουργήσει ένα νέο γεγονός (event) το οποίο είναι συσχετισμένο με το πάτημα του κουμπιού από το ποντίκι. Ένα γεγονός πυροδοτείται (event raise) όταν συμβεί κάποιο γεγονός ή μια ενέργεια από το χρήστη. Στην περίπτωσή μας το γεγονός (event) που δημιουργήθηκε αντιστοιχεί στο πάτημα του κουμπιού με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού (onClick event).

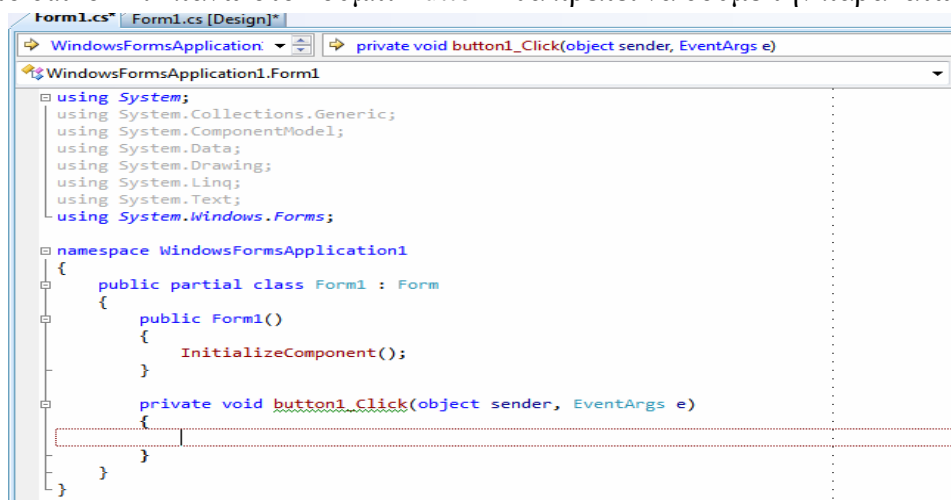


Εικόνα 3.4: Textbox και Button στην φόρμα μας. Επιλέγουμε την Multiline στο Textbox.



Εικόνα 3.5: Τα textbox και button1 τοποθετημένα στην φόρμα μας.

- Μετά το διπλό κλικ πάνω στο κουμπί Button1 θα πρέπει να δούμε την παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 3.6: Το νέο γεγονός (event) έχει δημιουργηθεί ύστερα από το διπλό κλικ και ο κώδικας που θα γράψουμε στην συνάρτηση button1\_Click θα εκτελεστεί αφού κάνουμε κλικ στο κουμπί.

Το νέο αυτό **event** έχει δημιουργηθεί στο αρχείο «**Form1.Designer.cs**» και είναι στην γραμμή :  
«**this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1\_Click);**»

Το «+=» υποδηλώνει ότι στο «button1.Click» ορίζεται ένα νέο event μέσω της λέξης **new** που δημιουργεί ένα νέο Object τύπου «**EventHandler**» που παίρνει ως όρισμα στον constructor του το όνομα της συνάρτησής μας «(this.button1\_Click)»

Η λέξη «**this.**» αναφέρεται στο τοπικό **Object (Form1)**, αυτό το βλέπουμε από τη γραμμή

«**class Form1 : Form**» όπου «**Form1**» είναι το «**this.**» το όνομα της κλάσης και το «**:Form**» ορίζει τον τύπο του Object (τύπος Windows Form).

Στη συνέχεια παρατίθεται ο κώδικας που θα ανοίγει τη σειριακή θύρα και θα γράφει την έξοδο της στο **Textbox**:

### 3.4 Κώδικας σειριακής (με σχόλια)

```

public partial class Form1 : Form
{
    //Ορισμός των παραμέτρων της σειριακής θύρας
    private Handshake Handsake = Handshake.None;
    private Parity parity = Parity.None;
    private int dataBit = 8;
    private int baudRate = 4800;
    private StopBits stopBits = StopBits.One;
    private String portName = "COM10";
    private bool GpsPortIsOpen = false; //μεταβλητή που ελέγχει για το Start/Stop της πόρτας
    και του νήματος επεξεργασίας public Form1()
    {
        InitializeComponent();
    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        SerialPort GpsPort = new SerialPort(portName, baudRate, parity, dataBit, stopBits);
        if (GpsPortIsOpen == true) //αν είναι ανοιχτή η πόρτα, σηκώνουμε την σημαία να κλείσει.
        {
            GpsPortIsOpen = false;
        }
        else //αλλιώς αν δεν είναι ανοιχτή η πόρτα, την ανοίγουμε
        {
            GpsPort.Open(); //ανοίγουμε την πόρτα
            if(GpsPort.IsOpen) //αν άνοιξε η πόρτα μας προχωράμε να αρχίσουμε το νήμα
            επεξεργασίας.
            {
                GpsPortIsOpen = true; //δίνουμε στην σημαία true στην παγκόσμια μεταβλητή μας.
                //Ξεκινάμε το νήμα επεξεργασίας και δίνουμε ως όρισμα το αντικείμενο GpsPort τύπου
                SerialPort
                Thread gpsThread = new Thread(new ThreadStart(() => readGpsPort(GpsPort)));
                //Ορίζουμε ότι το νήμα επεξεργασίας μας θα τρέχει στο background της εφαρμογής μας.
                gpsThread.IsBackground = true;
            }
        }
    }
}

```

```

    gpsThread.Start();
}
}
}
/// <summary>
/// This function Reads data from the SerialPort and reports them back to Form1 Textbox by
/// using a Delegate to avoid CrossThread Operation
/// </summary>
/// <param name="GpsPort"></param>
private void readGpsPort(SerialPort GpsPort)
{
    while (GpsPortIsOpen) //Όσο η σημαία είναι ανοιχτή διαβάζουμε την πόρτα
    {
        setPort0RawTxT(GpsPort.ReadLine()); //περνάμε το αποτέλεσμα της συνάρτησης
        ReadLine στον Delegate
        Thread.Sleep(100); //Κάνουμε μια μικρή παύση στην εργασία του νήματος - δεν είναι
        απαραίτητη.
    }
    GpsPort.Close(); // όταν τελειώσει ο βρόχος κλείνουμε και απελευθερώνουμε την SerialPort
    GpsPort.Dispose();
}
/// <summary>
/// This Delegate is like old C function pointers
/// </summary>
/// <param name="str"></param>
public delegate void TextDelegate(string str); //Ορίζουμε ως παράμετρο του function pointer
έναν τύπο string.
public void setPort0RawTxT(string str) // Η συνάρτηση που θα κάνει κλήση ο Pointer.
{
    if (!this.IsDisposed) //αν υπάρχει η φόρμα και δεν έχει κλείσει.
    if (!textBox1.IsDisposed && textBox1.InvokeRequired)
        //αν το textBox υπάρχει, και αν χρειάζεται να γίνει χρήση μιας μεθόδου,
        // επειδή η κλήση που ήρθε στο function αυτό προέρχεται από ένα διαφορετικό νήμα
        επεξεργασίας, τότε κάνε κλήση της συνάρτησης με την χρήση του παραπάνω Delegate
    {

```



```
Invoke(new TextDelegate(setPort0RawTxT), str);
```

```
}
```

// Αν δεν χρειάζεται να γίνει χρήση του delegate , τότε απλά πρόσθεσε το String στο τέλος τις γραμμής. Αυτό το κομμάτι είναι που θα εκτελεστεί και στις 2 περιπτώσεις, είτε η κλήση έρθει από το ίδιο thread είτε έρθει από διαφορετικό thread, απλά αν έχει έρθει από διαφορετικό, δεν θα χρειαστεί να γίνει Invoke ο ξανά ο delegate, γιατί θα έχει ήδη γίνει η κλήση μέσω του delegate.

```
else if (!this.IsDisposed && !textBox1.IsDisposed)
```

```
{
```

```
textBox1.AppendText(str);
```

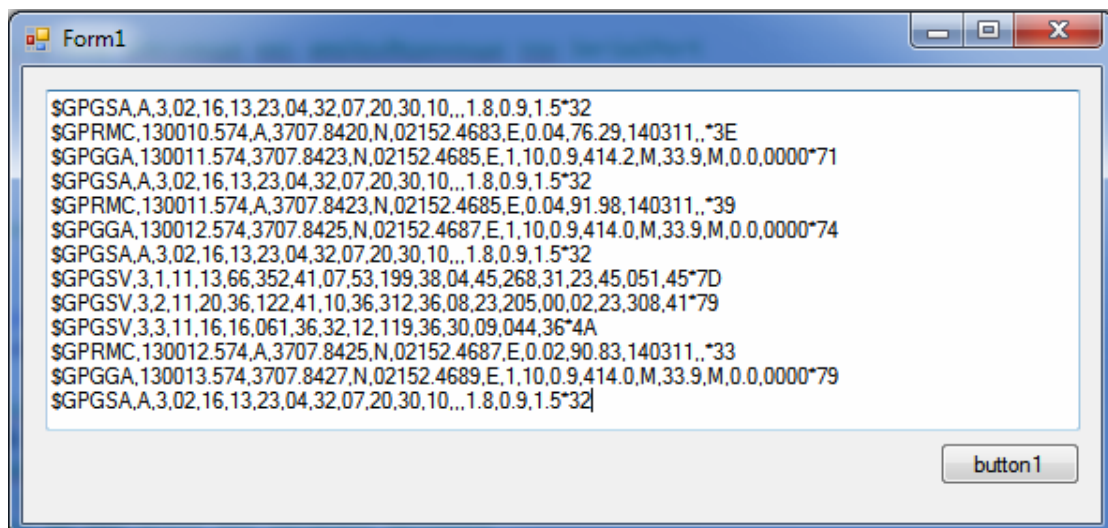
```
textBox1.SelectionStart = textBox1.Text.Length;
```

```
}
```

```
}
```

- Αποτέλεσμα:

Πατώντας το κουμπί **button1** μια φορά η σειριακή θύρα ανοίγει και διαβάζουμε δεδομένα, πατώντας το για δεύτερη φορά, η σειριακή θύρα κλείνει και ελευθερώνεται σταματώντας το διάβασμα. Όπως βλέπουμε με πολύ λίγες γραμμές κώδικα και μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα μπορούμε να διαβάσουμε δεδομένα από τη σειριακή με τη χρήση της γλώσσας **C#**.



Εικόνα 3.7: Αποτέλεσμα κώδικα, η σειριακή θύρα επιστρέφει τα δεδομένα από το GPS (raw πρωτόκολλο NMEA) στο Textbox.

## 4. Οδηγός χρήσης λογισμικού

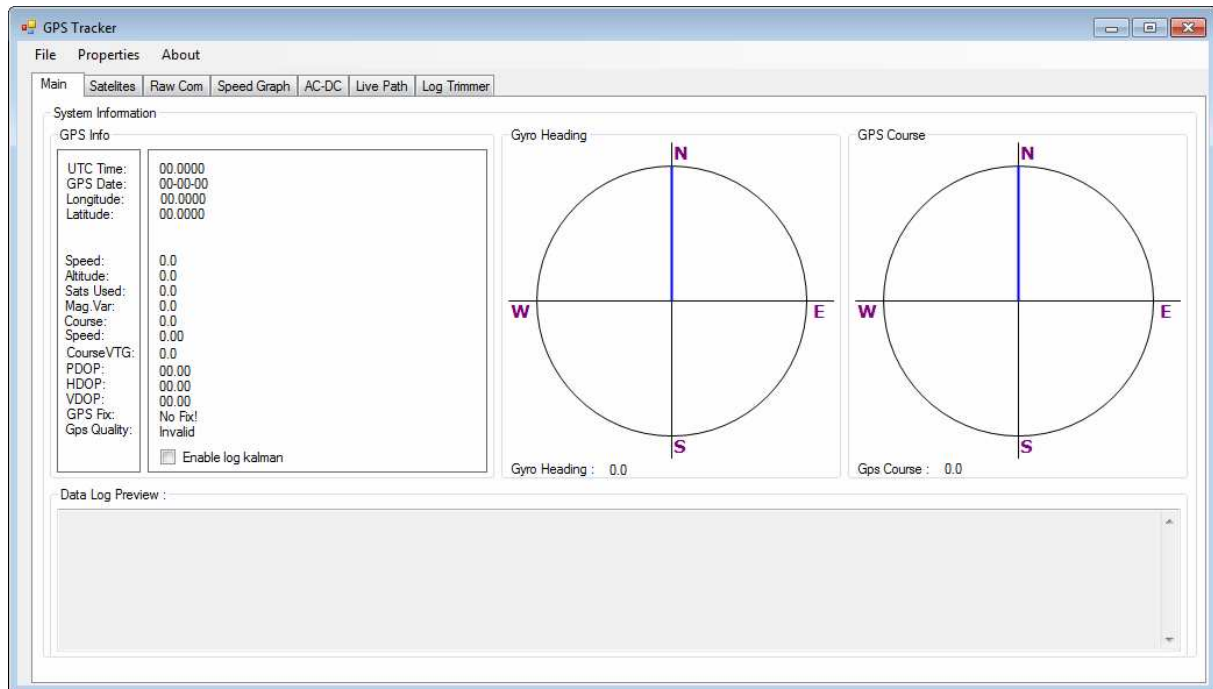
### 4.1 Εισαγωγή – Χαρακτηριστικά εφαρμογής

Η εφαρμογή **GPS Tracker** παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες :

- Ανάγνωση και επεξεργασία δεδομένων από δυο σειριακές θύρες παράλληλα.
- Απεικόνιση των ενδείξεων με τρόπο φιλικό στο χρήστη (user-friendly) (θέσεις δορυφόρων και εικονικές πυξίδες).
- Καταγραφή των δεδομένων σε αρχεία.
- Παραμετροποίηση βάσει εξωτερικού αρχείου όλων των θέσεων των πληροφοριών στα μηνύματα NMEA.
- Υλοποίηση 10 διαφορετικών μηνυμάτων NMEA εσωτερικά.
- Δυνατότητα αλλαγής των θέσεων των πληροφοριών χωρίς να χρειαστεί recompile του προγράμματος.
- Ανάλυση των δεδομένων από τα αρχεία καταγραφής και ακριβής απεικόνιση και μετατροπή τους από γεωγραφικές συντεταγμένες σε συντεταγμένες οθόνης.
- Υπολογισμό γωνίας απόκλισης από αρχική κατεύθυνση με πλήρως αυτοματοποιημένο τρόπο.
- Υπολογισμό συνολικής και συγκεκριμένης διανυθείσας απόστασης.
- Γράφημα ταχύτητας ως προς το χρόνο.
- Αποθήκευση των καταγραμμένων δεδομένων σε μορφή **Google Earth** και **Google Map**.
- Δυνατότητα φιλτραρίσματος τιμών με βάση τους χρόνους και απεικόνιση και αποθήκευση σε **Google Earth-Map** μόνο των φιλτραρισμένων τιμών.
- Δυνατότητα επεξεργασίας (trimming, cutting, editing) αρχείων καταγραφής.
- Ζωντανή απεικόνιση της διαδρομής του σκάφους και της γραφικής παράστασης της ταχύτητάς του.

Η εφαρμογή αναλύεται εκτενέστερα παρακάτω.

## 4.2 Η κύρια καρτέλα της εφαρμογής



Εικόνα 4.1: Η εφαρμογή GPS Tracker σε λειτουργία.

Η αρχική οθόνη της εφαρμογής απεικονίζει τις διαθέσιμες καρτέλες και τα μενού επιλογών για τις ρυθμίσεις του προγράμματος. Τα δυο σχήματα πυξίδων στα δεξιά της οθόνης αντιστοιχούν στη γραφική αναπαράσταση της πορείας του σκάφους, με 4 κατευθύνσεις για τα τέσσερα σημεία του ορίζοντα North (N), South (S), West (W), East (E). Επίσης, κάτω από κάθε πυξίδα υπάρχει αριθμητική ένδειξη της τιμής της πορείας (αζιμούθιο σε μοίρες). Στα αριστερά της εφαρμογής υπάρχουν στοιχεία ενδείξεων και τιμές που λαμβάνονται από το GPS. Αυτές οι πληροφορίες περιέχουν τις άμεσες πληροφορίες όπως διαβάζονται από τη σειριακή θύρα και ενημερώνονται κάθε φορά που υπάρχει νέα τιμή.

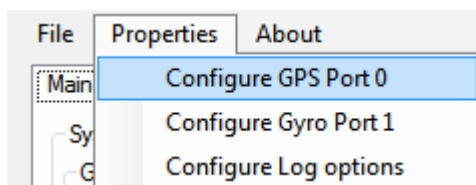
Στο κάτω μέρος υπάρχει η επιλογή ενεργοποίησης του φίλτρου Kalman που θα κάνει άμεσα φιλτράρισμα των τιμών που καταγράφονται. Δηλαδή όλες οι τιμές που θα καταγραφούν από την ενεργοποίηση του φίλτρου και μετά θα είναι ήδη φιλτραρισμένες (pre-filtered) στα αρχεία καταγραφής. Προτείνεται να γίνεται το φιλτράρισμα κατά την διάρκεια της ανάλυσης για πιο σωστά αποτελέσματα και για τυχόν αποφυγή διπλό-φιλτραρίσματος ήδη φιλτραρισμένων μετρήσεων.

Επίσης στο κάτω μέρος της εφαρμογής υπάρχει μια προεπισκόπηση στο κουτί κειμένου Data Log Preview για τα δεδομένα που γράφονται στο αρχείο καταγραφής, δηλαδή ότι γράφεται στο αρχείο παράλληλα εμφανίζεται ως τιμή στο κουτί.

## 4.3 Αρχικοποίηση των ιδιοτήτων της σειριακής πόρτας

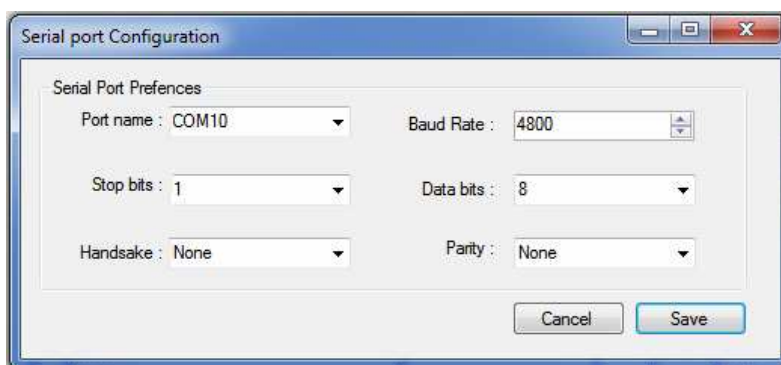
Παρακάτω θα δούμε πως γίνεται η αρχικοποίηση και παραμετροποίηση της εφαρμογής για τη διαδικασία της καταγραφής από GPS και GYRO παράλληλα (χρειάζονται δυο διαφορετικές σειριακές θύρες για την επικοινωνία και των δυο συσκευών). Η ίδια διαδικασία ισχύει και για τη χρήση μόνο συσκευής GPS για καταγραφή.

Πλοηγούμαστε στο μενού **Properties** → **Configure GPS Port 0** και κάνουμε κλικ. Εδώ μας δίνεται η δυνατότητα να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους επικοινωνίας με τη σειριακή θύρα της συσκευής GPS.



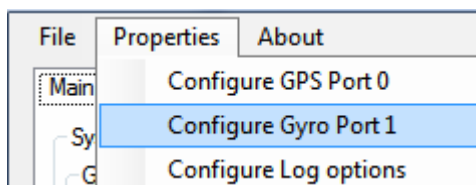
**Εικόνα 4.2: Εμφάνιση φόρμας ρύθμισης σειριακής θύρας GPS.**

Κατόπιν εμφανίζεται η φόρμα που μπορούμε να ρυθμίσουμε την σειριακή πόρτα με σχετική ευκολία. Διαλέγουμε τη σειριακή θύρα στην οποία είναι συνδεδεμένο το GPS και την ταχύτητα επικοινωνίας του. Οι υπόλοιπες παράμετροι, συνήθως δεν χρειάζεται να αλλαχθούν.



**Εικόνα 4.3: Ρυθμίσεις σειριακής επικοινωνίας.**

Αφού επιλέξουμε τις κατάλληλες τιμές στη σειριακή επικοινωνία με το GPS κάνουμε την ίδια διαδικασία για τις ρυθμίσεις της σειριακής θύρας στην οποία είναι συνδεδεμένη η γυροσκοπική πυξίδα (GYRO port).



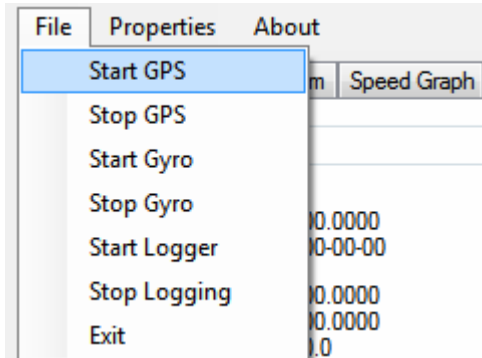
**Εικόνα 4.4: Εμφάνιση φόρμας ρύθμισης σειριακής θύρας για την Γυροσκοπική (Gyro).**

Τώρα η εφαρμογή πρέπει να είναι έτοιμη για να διαβάσει δεδομένα NMEA από τις διασυνδεδεμένες συσκευές.

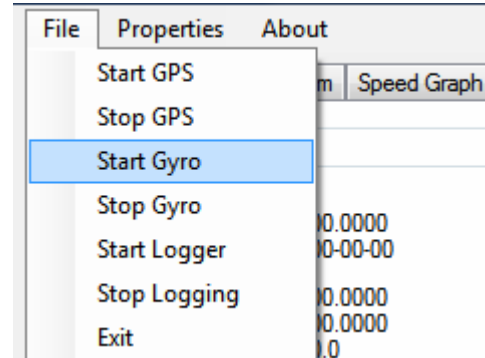
#### 4.4 Εκκίνηση των νημάτων επεξεργασίας GPS και GYRO

Τα νήματα επεξεργασίας δεδομένων είναι δυο συνολικά, ένα για κάθε σειριακή θύρα και εξυπηρετούν τις ανάγκες της εφαρμογής για παράλληλη καταγραφή από δυο συσκευές.

Πλοηγούμαστε πάλι στο μενού **File** → **Start GPS & Start Gyro** με αυτή την σειρά.



Εικόνα 4.5: Εκκίνηση GPS.



Εικόνα 4.6: Εκκίνηση Gyro.

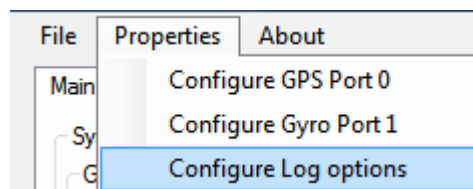
Με τα παραπάνω βήματα ανοίγουμε τις σειριακές θύρες του υπολογιστή και αρχίζει η απεικόνιση των πρώτων δεδομένων στην αρχική καρτέλα Main από τις συσκευές πλοήγησης.

#### 4.5 Ρύθμιση των παραμέτρων για την εγγραφή δεδομένων

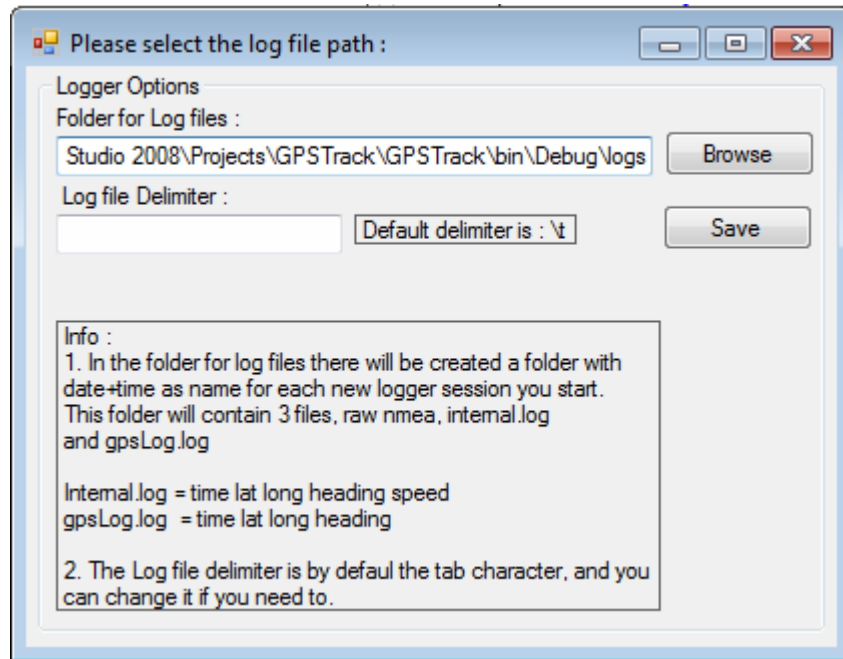
Σε αυτό το βήμα θα ρυθμίσουμε το φάκελο καταγραφής των αρχείων και το διαχωριστικό χαρακτήρα (delimiter character) για τις πληροφορίες που θα καταγράψουμε.

**Προσοχή:** προτείνεται να μην αλλάξει ο χαρακτήρας από την προκαθορισμένη τιμή (tab character `t`).

Πλοηγούμαστε στο μενού **Properties** → **Configure Log options**



Εικόνα 4.7: Άνοιγμα ρυθμίσεων αρχείων καταγραφής.

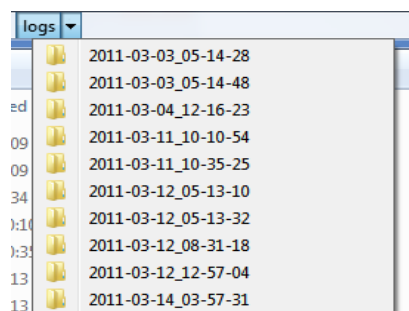


Εικόνα 4.8: Φόρμα ρυθμίσεων αρχείων καταγραφής.

- Στην επιλογή «**Folder for Log Files**» διαλέγουμε το φάκελο όπου θα γίνει η αποθήκευση των αρχείων καταγραφής. Για να επιλέξουμε το φάκελο πατάμε το κουμπί «**Browse**» και επιλέγουμε ένα φάκελο από το σύστημα αρχείων. Ο προκαθορισμένος φάκελος είναι ο φάκελος με όνομα «**logs**» που βρίσκεται στην ίδια τοποθεσία με το εκτελέσιμο της εφαρμογής (.exe αρχείο). Παρακάτω εξηγείται η δομή του φακέλου αυτού και τα αρχεία που δημιουργούνται σε αυτόν.
- Στην επιλογή «**Log File Delimiter**» επιλέγουμε το διαχωριστικό ανάμεσα στις τιμές που θα αποθηκεύει το πρόγραμμα. Προκαθορισμένος χαρακτήρας είναι το **TAB** ('\t').

#### 4.6 Δομή φακέλου αρχείων καταγραφής

Τα αρχεία καταγραφής αποθηκεύονται στο φάκελο που επιλέξαμε, ο οποίος έχει σαν ονομασία την ημερομηνία και την ώρα που έγινε η εκκίνηση καταγραφής. Η μορφή είναι {yyyy-MM-dd\_hh-mm-ss}.



Εικόνα 4.9: Κάθε νέα εκκίνηση του καταγραφέα δημιουργεί νέους υπό-φάκελους με όνομα την τωρινή ημερομηνία και ώρα εγγραφής, με τα αρχεία καταγραφής.

Τα αρχεία καταγραφής είναι 3 στον αριθμό και περιέχουν όλα διαφορετικές πληροφορίες και έχουν διαφορετική δομή :

Name	Date modified	Type	Size
gpsLog.log	3/3/2011 5:14 μμ	LOG File	1 KB
internal.log	3/3/2011 5:14 μμ	LOG File	1 KB
nmeaRawStrings.log	3/3/2011 5:14 μμ	LOG File	9 KB

Εικόνα 4.10: Περιεχόμενα φακέλου Logs

- Αρχείο **gpsLog.log**. Το gpsLog.log αρχείο έχει τη δομή που φαίνεται στο πίνακα 4.1 που ακολουθεί:

UTC Time	Latitude	Longitude	Heading
151428.002	37.130678	21.874455	87.48

Πίνακας 4.1: Δομή αρχείου gpsLog.log

Το **Heading** προέρχεται από το **GPS** σε περίπτωση που η γυροσκοπική πυξίδα δεν είναι συνδεδεμένη.

- Αρχείο **internal.log**. Το αρχείο internal.log αποθηκεύει μερικές πληροφορίες παραπάνω από το gpsLog.log, όπως την ταχύτητα του σκάφους μαζί με κάθε μέτρηση και την ποιότητα λήψης HDOP. Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για να γίνει η μετατροπή των αρχείων σε Google Earth-Map αρχεία, είτε για την ανάλυση του γραφήματος ταχύτητας είτε για το φιλτράρισμα με τη χρήση Kalman φίλτρου.

Utc Time	Latitude	Longitude	Heading	Speed in km/h	HDOP
151428.002	37.130678	21.874455	87.48	0.06	2.60

Πίνακας 1.2: Δομή αρχείου internal.log

- Αρχείο **nmeaRawStrings.log**. Το αρχείο nmeaRawStrings.log αποθηκεύει τα NMEA μηνύματα ανεπεξέργαστα για μελλοντική χρήση ή ως αναφορά. Αποθηκεύει τα μηνύματα και από τις δυο θύρες επικοινωνίας.

```
$GPGLL,3707.8407,N,02152.4673,E,151428.002,A*37
$GPGSA,A,3,05,23,07,28,13,10,08,,,,,1.8,1.1,1.4*3C
$GPRMC,151428.002,A,3707.8407,N,02152.4673,E,0.06,87.48,030311,*,*35
$GPVTG,87.48,T,,M,0.06,N,0.1,K*54
```

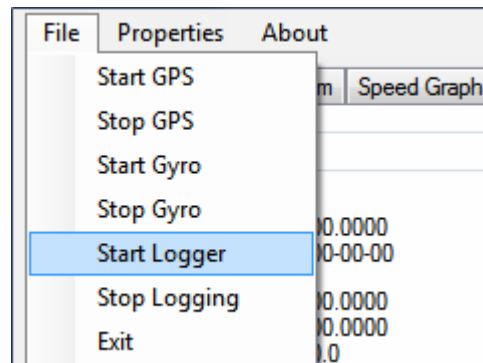
Πίνακας 4.3 Δομή αρχείου nmeaRawStrings.log



## 4.7 Έναρξη καταγραφής δεδομένων

Αφού έχουμε ρυθμίσει που θα αποθηκευτούν τα αρχεία μας, μπορούμε να προχωρήσουμε στην εγγραφή δεδομένων στο δίσκο. Τα αρχεία θα δημιουργηθούν αυτόματα όπως και ο φάκελος που θα τα εμπεριέχει.

Πλοηγούμαστε πάλι στο μενού **File** → **Start Logger**. Κάνοντας κλικ πάνω στην επιλογή, ξεκινά η καταγραφή.



Εικόνα 4.11: Επιλογή εκκίνησης καταγραφέα δεδομένων.

Όταν ο καταγραφέας ξεκινήσει θα δούμε στο παράθυρο της εφαρμογής τις τιμές που καταγράφει, όπως αυτές καταγράφονται στο αρχείο εγγραφής `gpsLog.log (raw)`. Παράλληλα γράφονται και τα αρχεία `internal.log` και `nmeaRawStrings.log`.

Αν θέλουμε να σταματήσουμε την καταγραφή πατάμε την επιλογή `Stop Logging` και το πρόγραμμα θα αποθηκεύσει τυχόν δεδομένα που παραμένουν στην μνήμη στα αρχεία καταγραφής και θα κλείσει τον καταγραφέα δεδομένων (Logger).

Data Log Preview :

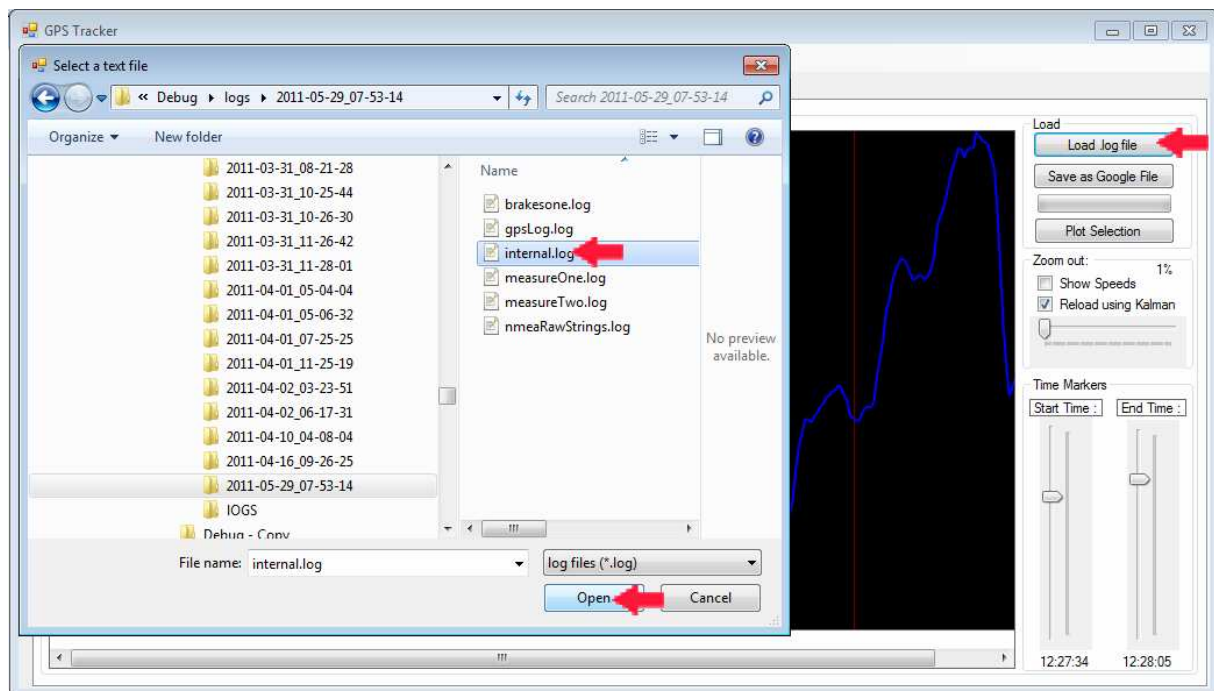
161051.896	37.130705	21.874437	99.46
161052.896	37.130703	21.874445	118.39
161053.896	37.130700	21.874452	142.00
161054.896	37.130698	21.874457	152.44

Εικόνα 4.12: Παράθυρο στην Main καρτέλα με τα δεδομένα ύστερα από την εκκίνηση της διαδικασίας καταγραφής.

#### 4.8 Ανάλυση αρχείων καταγραφής - Speed Graph

Για να κάνουμε ανάλυση και να δούμε τη γραφική απεικόνιση της ταχύτητας ως προς το χρόνο καταγραφής, πλοηγούμαστε στην καρτέλα **Speed Graph**. Εκεί έχουμε δυνατότητα να οριοθετήσουμε το κομμάτι που μας ενδιαφέρει, να το αποθηκεύσουμε σε αρχείο Google Earth ή να το προβάλουμε στη φόρμα Plot για δισδιάστατη απεικόνιση.

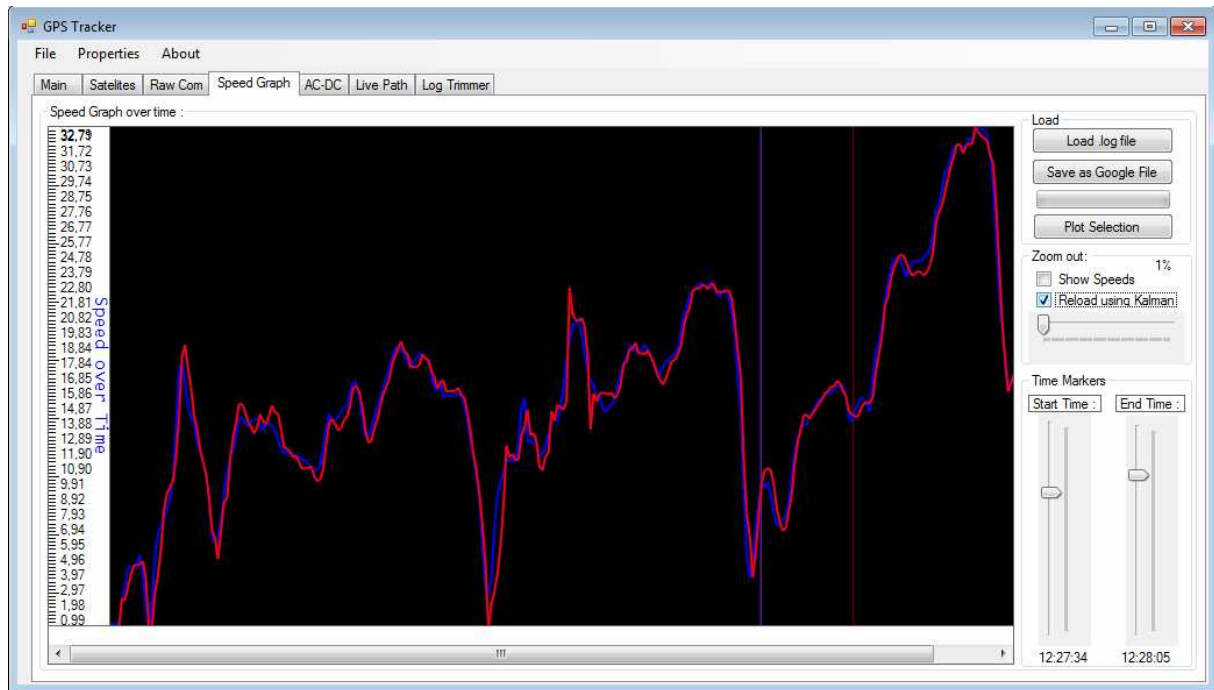
Κάνοντας κλικ πάνω στο κουμπί «**Load .log file**» μας δίνεται η δυνατότητα να φορτώσουμε ένα αρχείο τύπου **internal.log** ή ένα αρχείο τύπου **gpslog.log** για περαιτέρω ανάλυση και γραφική απεικόνιση.



**Εικόνα 4.13:** Κάνουμε κλικ στο **Load log file** και επιλέγουμε ένα από τα αρχεία τύπου **internal.log** ή **gpsLog.log** για άνοιγμα.

Όταν το αρχείο φορτωθεί και αναλυθεί θα δούμε το γράφημα της ταχύτητας ως προς το χρόνο. Εδώ μπορούμε να ενεργοποιήσουμε το φίλτρο Kalman και να δούμε με μια κόκκινη γραμμή αποτυπωμένη επάνω στον ίδιο καμβά με τις αφιτράριστες τιμές, τις φιλτραρισμένες τιμές. Επίσης με τη χρήση των scrollbar στα δεξιά μπορεί ο χειριστής να διαλέξει το χρονικό παράθυρο που θέλει να απεικονίσει στο επόμενο στάδιο της απεικόνισης της διαδρομής (2D Plot). Με τη **μωβ** και **κόκκινη** γραμμή μπορούμε να φιλτράρουμε τα δεδομένα μας με βάση χρονικά διαστήματα χρησιμοποιώντας τα «**Time markers**» για να μετακινήσουμε τις μπάρες.

Οι δυο μπάρες ορίζουν το διάστημα επιλογής και κάθε υποδιαίρεση είναι ίση με το χρόνο ανάμεσα σε δυο μετρήσεις (συνήθως 1 second διαφορά από σημείο σε σημείο). Υπάρχει επίσης η επιλογή **Show Speeds** η οποία εμφανίζει τις ταχύτητες επάνω στη γραφική παράσταση, δίπλα από κάθε σημείο X,Y.



Εικόνα 4.14: Γράφημα ταχύτητας με φίλτρο Kalman.

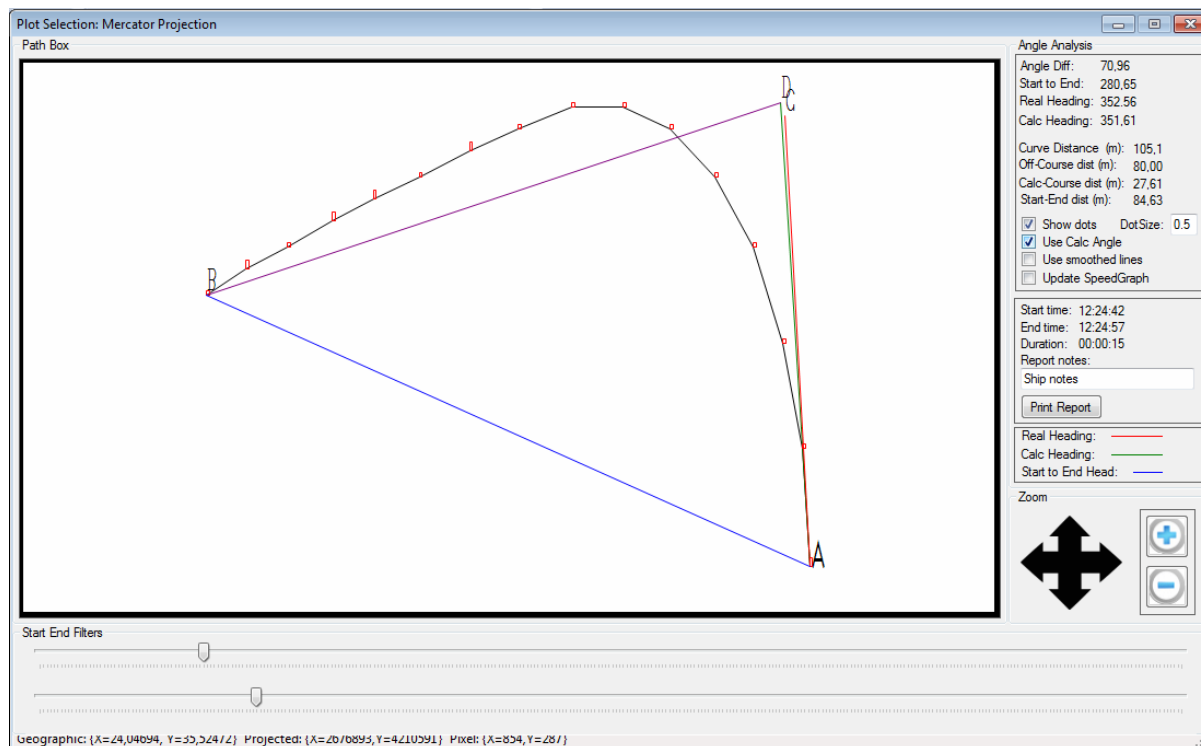
Η επιλογή «**Save as Google File**» μετατρέπει και αποθηκεύει την επιλογή μας ως αρχείο .KML στο φάκελο από τον οποίο προήλθε το internal.log ή gpslog.log αρχείο μας. Τα αρχεία με τα δεδομένα που έχουμε επιλέξει μέσω των time marker είναι αυτά που θα αποθηκευτούν στο KML Google file. Επίσης, αν έχουμε ενεργοποιήσει το φίλτρο Kalman τότε τα δεδομένα αποθηκεύονται φιλτραρισμένα. Πάντα αποθηκεύεται αυτό που βλέπουμε και επιλέγουμε στο γράφημα ταχύτητας.

Αυτά τα αρχεία είναι χρήσιμα για την απεικόνιση των συντεταγμένων στο Google Earth ή στο Google Map. Κάτω από την επιλογή «**Save as Google File**» υπάρχει μια μικρή μπάρα πρόοδου που ενεργοποιείται όταν μετατρέπουμε ένα αρχείο log σε KML και μας δείχνει την πρόοδο της μετατροπής.

Η επιλογή «**Plot Selection**» μας ανοίγει τη διδιάστατη γραφική απεικόνιση και ανάλυση των σημείων που έχουμε επιλέξει και αν το φίλτρο είναι ενεργοποιημένο, τα φιλτραρισμένα δεδομένα επιλέγονται για γραφική απεικόνιση.

## 4.9 Δισδιάστατη προβολή με χρήση προβολής Mercator

Αφού έχουμε φορτώσει το αρχείο στην καρτέλα **SpeedGraph** και έχουμε επιλέξει το κομμάτι που θέλουμε να κάνουμε απεικόνιση (**2D Plot**), επιλεγούμε «**Plot Selection**». Το αποτέλεσμα θα μοιάζει με την παρακάτω γραφική παράσταση. Η γραφική απεικόνιση ενός επιλεγμένου κομματιού διαδρομής:



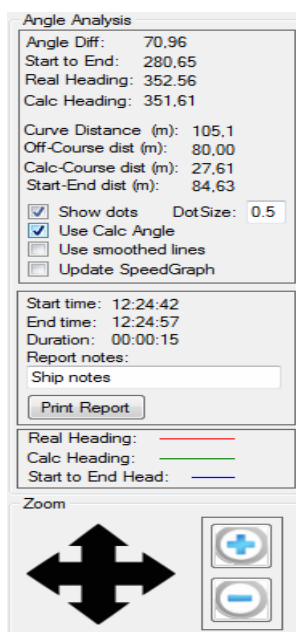
Εικόνα 4.15: Γραφική απεικόνιση με χρήση προβολής Mercator.

Στην άνω δεξιά γωνία παίρνουμε πληροφορίες σχετικά με την απόκλιση από την αρχική καταγεγραμμένη κατεύθυνση του πλοίου (angle diff – BAD or BAC), τη συνθετικά υπολογισμένη κατεύθυνση (Calc Heading - AD), την καταγεγραμμένη κατεύθυνση (Real Heading - AC), την απόσταση της διαδρομής από την αρχή έως το τέλος μετρώντας όλα τα σημεία (Curve Distance – AB curve) και την απόσταση από το πρώτο σημείο έως το τελευταίο σημείο σε ευθεία (Start-End dist). Μπορούμε επίσης να δούμε πόση απόκλιση είχε το σκάφος από τη νοητή ευθεία πορείας του είτε σε μοίρες (angle diff με χρήση Use Calc angle) είτε σε μέτρα (Off-Course dist) από το θεωρητικό σημείο τέλους της ευθείας.

### Πεδίο **Angle Diff**:

α) Όταν το πεδίο «**Use calc angle**» δεν είναι επιλεγμένο το αποτέλεσμα στο πεδίο Angle Diff είναι η διαφορά μεταξύ πραγματικής καταγεγραμμένης κατεύθυνσης πορείας από το GPS (Real Heading) ή το GYRO και αζιμούθιου μεταξύ αρχικού και τελικού σημείου μέτρησης (Start to End Heading). Η γωνία αυτή σχηματίζεται από τα διανύσματα  $AC \square AB$ .

β) Όταν το πεδίο «Use calc angle» είναι επιλεγμένο το αποτέλεσμα στο πεδίο Angle Diff είναι η διαφορά μεταξύ της υπολογισμένης κατεύθυνσης πορείας (Calc Heading) από το πρώτο καταγεγραμμένο σημείο στο δεύτερο σημείο της διαδρομής (με χρήση της συνάρτησης atan) και αζιμούθιου μεταξύ αρχικού και τελικού σημείου μέτρησης (Start to End Heading). Η γωνία αυτή σχηματίζεται από τα διανύσματα  $AD \square AB$ .



Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα απόκλισης διεύθυνσης.

Πεδίο **Calc Heading**: Υπολογισμένη γωνία μεταξύ πρώτου και δεύτερου σημείου της διαδρομής.

Πεδίο **Real Heading**: Καταγεγραμμένη κατεύθυνση από τα συστήματα GPS-GYRO για το πρώτο σημείο της επιλεγμένης διαδρομής.

Πεδίο **Curve Distance**: Η πραγματική απόσταση σε μέτρα, υπολογισμένη από την συνάρτηση **Vincenty**<sup>2</sup>.

Πεδίο **Off-Course Distance**: Η απόσταση της τελικής θέσης του σκάφους από την εκτιμώμενη θέση αν το σκάφος συνέχιζε την πορεία του σε ευθεία χωρίς παρέκκλιση.

Πεδίο **Calc-Course Distance**: Η απόσταση της αρχικής από την τελική θέση αν το πλοίο συνέχιζε σε ευθεία πορεία χωρίς παρέκκλιση.

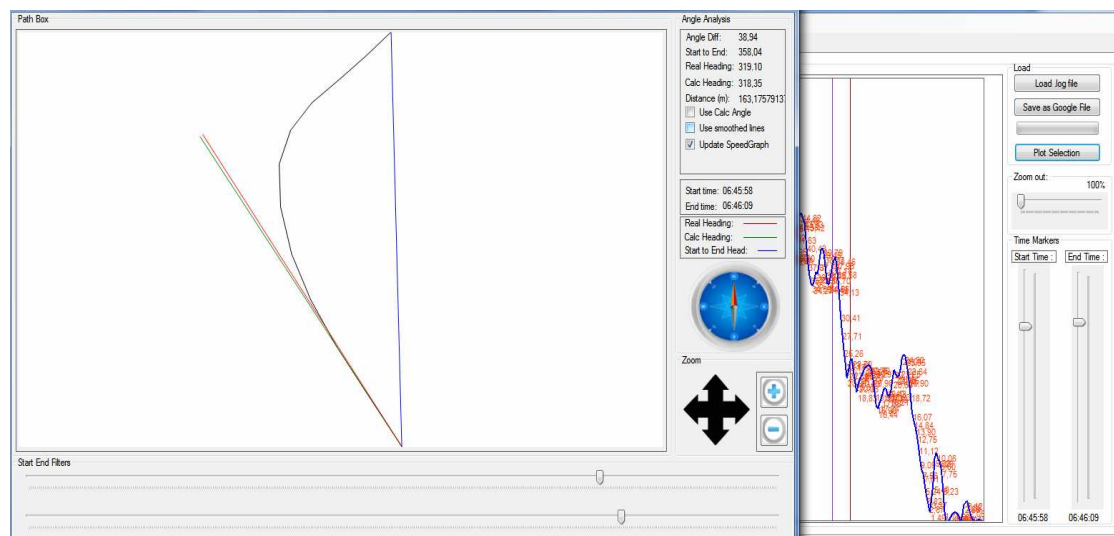
<sup>2</sup> Η φόρμουλα Vincenty είναι μια επαναληπτική μέθοδος υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δυο σημείων στην επιφάνεια του σφαιροειδούς που αναπτύχθηκε από Thaddeus Vincenty το 1975. Βασίζεται στην υπόθεση ότι το σχήμα της Γης είναι ένα πεπλατυσμένο σφαιροειδές, και ως εκ τούτου είναι η πιο ακριβής από τις μεθόδους που υποθέτουν τη Γη ως μια τέλεια σφαίρα.

Η μαύρη γραμμή απεικονίζει την καταγεγραμμένη πορεία του οχήματος κατά την διάρκεια της καταγραφής δεδομένων από την εφαρμογή.

Η κόκκινη γραμμή απεικονίζει την καταγεγραμμένη κατεύθυνση του οχήματος από τα συστήματα πλοήγησης.

Η πράσινη γραμμή απεικονίζει την υπολογισμένη γωνία κατεύθυνσης (estimated) ανάμεσα στο προηγούμενο και στο επόμενο σημείο.

Η μπλε γραμμή απεικονίζει την διεύθυνση μεταξύ του αρχικού και του τελικού σημείου. Η επιλογή «**use calculated angle**» χρησιμοποιεί την υπολογισμένη γωνία ανάμεσα στα δυο αρχικά σημεία της διαδρομής, για να υπολογίσει τη διαφορά τους από την τελική κατεύθυνση του οχήματος. Η επιλογή «**use smoothed lines**» χρησιμοποιεί Bezier καμπύλες για την απεικόνιση μιας πιο ομαλοποιημένης διαδρομής. Αυτό δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα. Η επιλογή «**Update Speed Graph**» ενημερώνει την προηγούμενη φόρμα γραφήματος ταχύτητας ως προς το χρόνο, με τις νέες τιμές από τα **Time markers** της Plot φόρμας, **start time** και **end time**. Στην ουσία ό,τι επιλέγεται τώρα στην Plot φόρμα ως διάστημα, εκείνο το κομμάτι αυτόματα επιλέγεται στην αρχική φόρμα ταχύτητας.



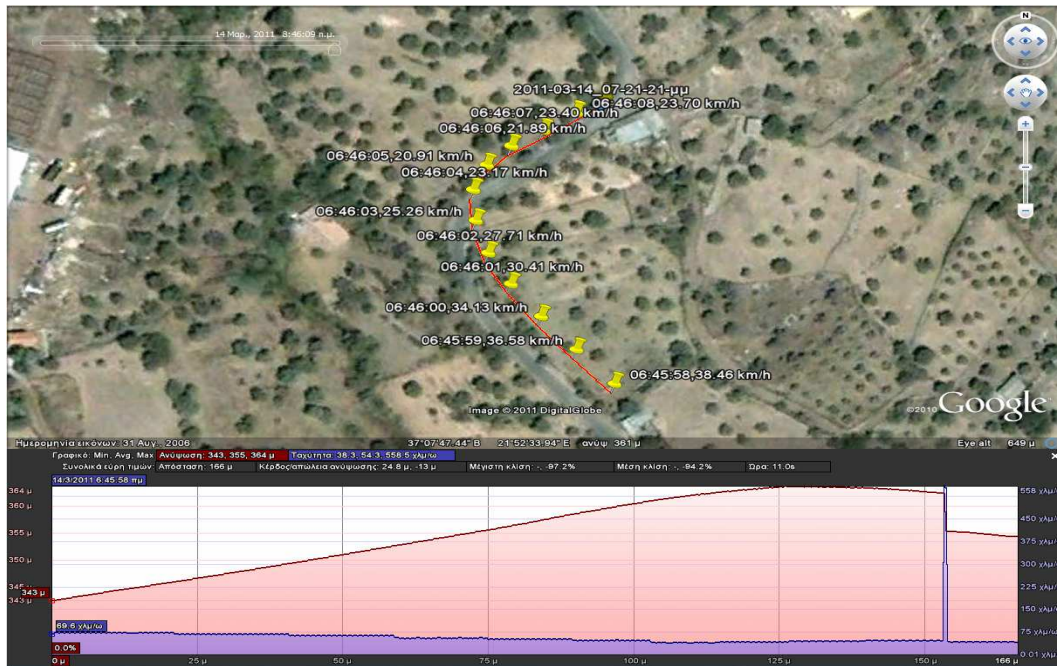
Εικόνα 4.17: Άμεση ενημέρωση του γραφήματος ταχύτητας από την φόρμα διαδρομής.

Τα **Google** αρχεία όπως είπαμε μπορούν να απεικονίσουν, όπως και η εφαρμογή μας (**plot form**), τη διαδρομή του σκάφους πάνω σε ένα χάρτη από τους διαθέσιμους στο Google Maps. Παρακάτω βλέπουμε μερικά παραδείγματα από καταγεγραμμένες διαδρομές με την εφαρμογή GPSTracker και το πώς απεικονίζονται στο πρόγραμμα Google Earth.

Η χρήση του προγράμματος Google Earth έγινε για να δοκιμαστεί η ακρίβεια της υλοποίησης της προβολής Mercator που χρησιμοποιήσαμε. Επίσης, με εργαλεία που μας



παρείχε το Google Earth κάναμε επαλήθευση και γραφική απεικόνιση της διαδρομής πάνω σε πραγματικό χάρτη, που βοήθησε να βρούμε προβλήματα στη λειτουργία του προγράμματος και την ακρίβεια των μετρήσεων GPS.



**Εικόνα 4.18 Η ίδια διαδρομή μετά από την εξαγωγή του αρχείου επιλογής στο Google Earth.**

Το αρχείο που γίνεται export από το πρόγραμμα GPSTracker δίνει μια δυνατότητα λόγω της μορφής και των δεδομένων που αποθηκεύει στα αρχεία kml που είναι εξαιρετικά χρήσιμη για να δούμε πληροφορίες σχετικά με τις διακυμάνσεις της ταχύτητας σε σχέση με τον χρόνο, την απόσταση και τις διαφορές του υψόμετρου από θέση σε θέση.



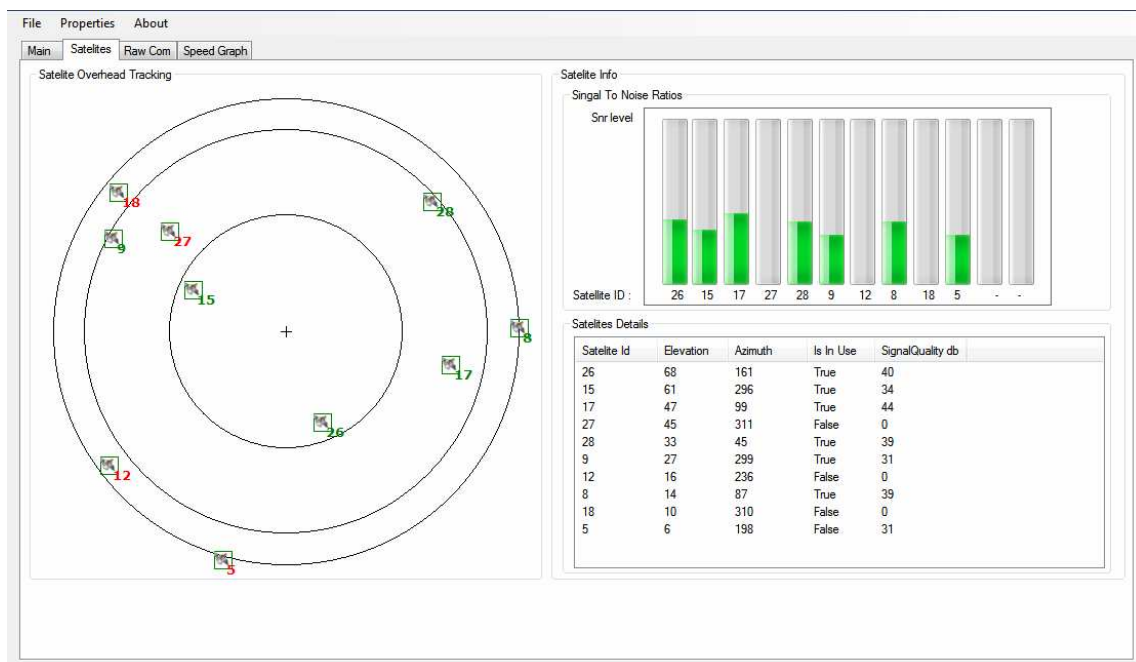
**Εικόνα 4.19: Γραφική αναπαράσταση ταχύτητας, υψόμετρου, χρόνου και απόστασης στο Google Earth.**

Το γράφημα αυτό μας ενημερώνει για την ταχύτητα του οχήματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τα οποία μπορούμε να φιλτράρουμε, είτε από την εφαρμογή GPS Tracker είτε από την εφαρμογή Google Earth μέσω των μαρτών στην πάνω πλευρά του προγράμματος Google Earth. Επίσης, με χρήση του Google Earth μπορούμε να ελέγξουμε την καταγεγραμμένη θέση ανά σημείο πάνω στο χάρτη απεικόνισης του Google και να δούμε την εκτιμώμενη ταχύτητα σε οποιοδήποτε σημείο διαλέξει ο χρήστης.



Μια ακόμη δυνατότητα είναι το Google Earth Marker, που λειτουργεί ως «χάρακας» και ως μοιρογνωμόνιο επάνω στους χάρτες του G.E. Ο χρήστης μπορεί να διαλέξει δυο διαφορετικά σημεία στο χάρτη και να λάβει πληροφορίες όπως η απόσταση μεταξύ των δυο αυτών σημείων σε πραγματική κλίμακα, το αζιμούθιο σε μοίρες από 0 έως 360° και στοιχεία σε διάφορες μονάδες μέτρησης (μέτρα, μίλια, πόδια, κλπ). Τα στοιχεία αυτά ήταν ένας τρόπος να ελεγχθούν τα αποτελέσματα του προγράμματος της πτυχιακής ως προς την ορθή μέτρηση των γωνιών διεύθυνσης και την μέτρηση της απόστασης και της ταχύτητας σε διάφορα χρονικά σημεία.

#### 4.10 Η καρτέλα με τους δορυφόρους



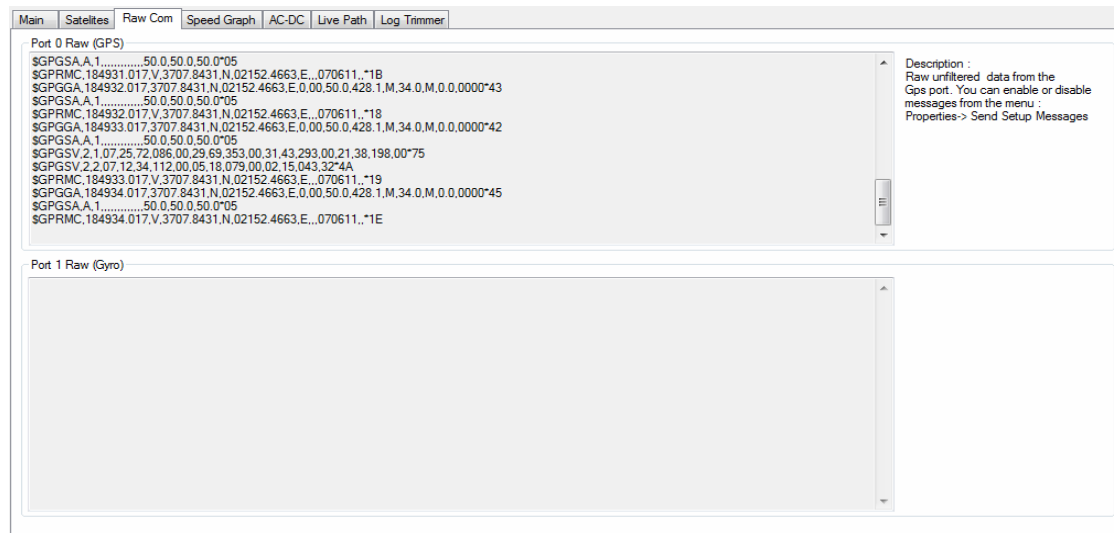
Εικόνα 4.20: Η καρτέλα Satellites απεικονίζοντας δεδομένα από τους GPS δορυφόρους.

Στην καρτέλα **satellites** παίρνουμε πληροφορίες για την κατάσταση του σήματος GPS και την οπτική επαφή της συσκευής GPS με τους δορυφόρους του συστήματος NAVSTAR.

Οι γραφικές μπάρες ενημερώνουν το χρήστη για την ποιότητα του σήματος στο δέκτη GPS σε db ως μονάδα μέτρησης του SNR. Οι τρεις κύκλοι στα δεξιά της οθόνης μας ενημερώνουν σχετικά με τη θέση των δορυφόρων στον ορίζοντα, σε μια κάτοψη της Γης και των δορυφόρων. Οι δορυφόροι με χρώμα πράσινο είναι δορυφόροι που εμπλέκονται στον υπολογισμό της θέσης του GPS με καλή ποιότητα σήματος, ενώ αντίθετα οι κόκκινοι δεν έχουν ικανοποιητικό σήμα ή δεν έχουν καθόλου οπτική επαφή. Αν ένας δορυφόρος δεν έχει οπτική επαφή με το δέκτη, η θέση του είναι γνωστή από τους υπόλοιπους δορυφόρους του συστήματος NAVSTAR και αναφέρεται στο μήνυμα GPGSV.

Στη λίστα με τους δορυφόρους ο χρήστης παίρνει πληροφορίες σχετικά με το αζιμούθιο (azimuth 0 έως 360°) των δορυφόρων και σχετικά με την ανύψωση (elevation 0 έως 90°) του εκάστοτε δορυφόρου. Επίσης δίνονται πληροφορίες για το αν ο κάθε δορυφόρος χρησιμοποιείται από το δέκτη.

#### 4.11 Καρτέλα Raw Com

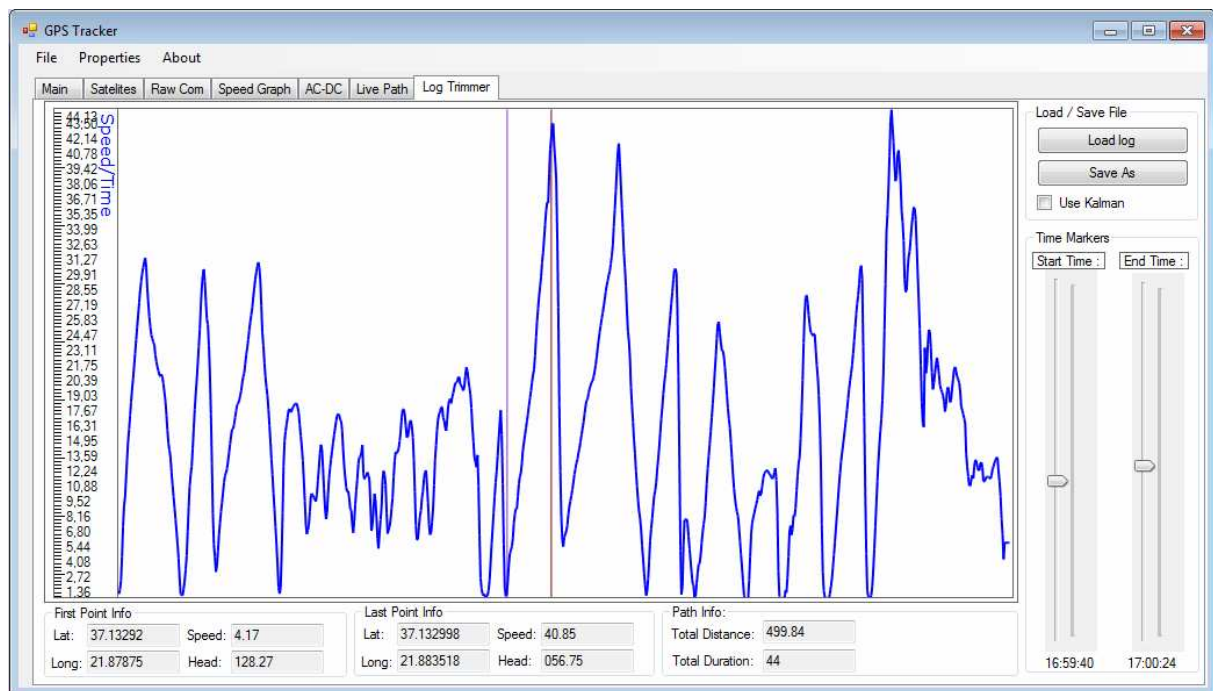


**Εικόνα 4.21:** Η καρτέλα Raw Com απεικονίζει ανεπεξέργαστα δεδομένα, όπως ακριβώς τα δέχεται από τις συσκευές διασύνδεσης.

Στην καρτέλα **RawCom** ο χρήστης μπορεί να δει ζωντανά τα δεδομένα που δέχονται οι συσκευές από τη σειριακή θύρα επικοινωνιών. Τα δεδομένα αυτά είναι ανεπεξέργαστα, όπως ακριβώς έρχονται από τις συσκευές. Ο κύριος λόγος ύπαρξης αυτής της καρτέλας είναι για ενημερωτικούς σκοπούς. Στο επάνω Textbox βλέπουμε τα δεδομένα από την συσκευή GPS, ενώ στο κάτω textbox βλέπουμε τα δεδομένα από τη γυροσκοπική πυξίδα. Αυτά τα δεδομένα, αποθηκεύονται αυτούσια στο αρχείο nmeaRawString.log και για τις δυο θύρες, ταυτόχρονα.

#### 4.12 Καρτέλα επεξεργασίας αρχείων καταγραφής (Log Trimmer)

Στην καρτέλα **Log Trimmer** δίνεται η δυνατότητα να ανοίξουμε αρχεία τύπου **internal.log** ή αρχεία **gpslog.log**. Μπορούμε να δούμε το γράφημα της ταχύτητας ως προς το χρόνο. Η καρτέλα δουλεύει όπως ακριβώς η **SpeedGraph** καρτέλα σε σχέση με τα **time markers** της. Οι δυνατότητες που μας δίνονται εδώ είναι ότι μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για κάθε σημείο ξεχωριστά στο κάτω μέρος της καρτέλας, πληροφορίες για τη διάρκεια της επιλεγμένης διαδρομής σε δευτερόλεπτα και τη συνολική απόσταση που διανύθηκε από το πρώτο επιλεγμένο σημείο με τον **start-marker** έως τον **end-marker**. Αυτοί οι **markers** είναι εμφανείς πάνω από τη γραφική παράσταση της ταχύτητας ως προς τον χρόνο με δυο διαφορετικά χρώματα, «**μωβ**» για τον **start-marker** και «**κόκκινο**» για τον **end-marker**.



Εικόνα 4.22: Η καρτέλα Log Trimer απεικονίζει δεδομένα καταγραφής και στοιχεία διαδρομής.

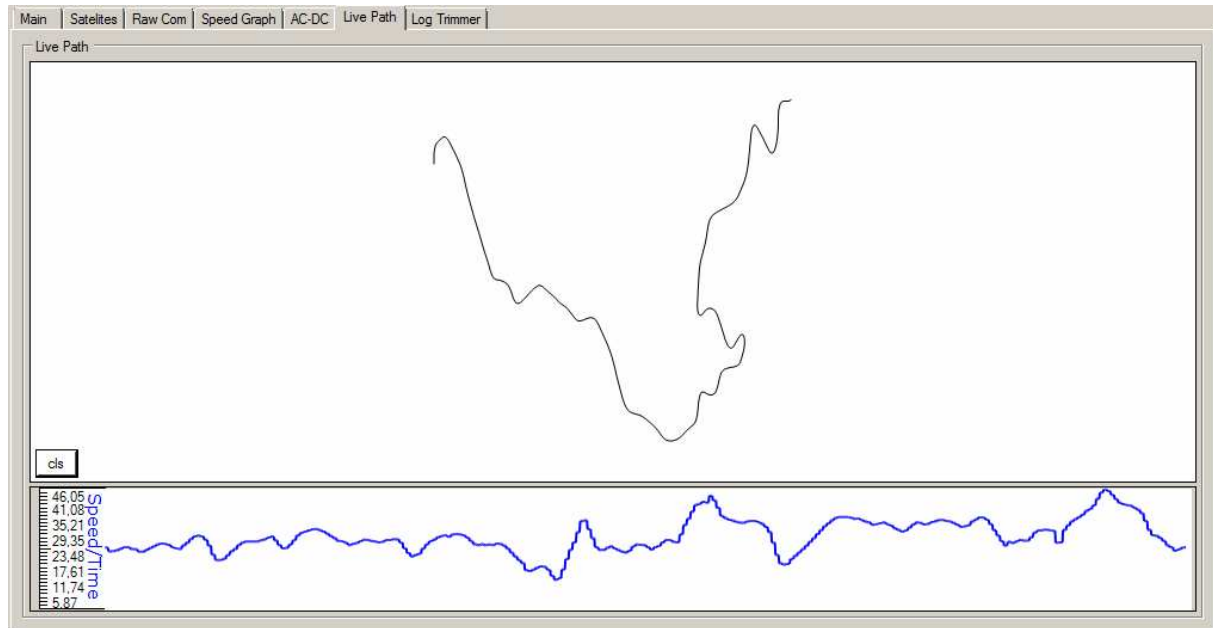
Σε αυτή την καρτέλα, αφού ανοίξουμε το αρχείο που μας ενδιαφέρει, έχουμε δυο βασικές λειτουργίες :

1. Φιλτράρισμα των δεδομένων με το φίλτρο **Kalman**.
2. Αποθήκευση των επιλεγμένων δεδομένων σε νέο αρχείο **internal.log** ή **gpslog.log**.

Η πρώτη λειτουργία ενεργοποιείται αφού πατήσουμε το checkbox «Use **Kalman**» και άμεσα επεξεργάζεται το ήδη φορτωμένο αρχείο, με την εφαρμογή του φίλτρου. Στη γραφική παράσταση θα δούμε ότι παραμένουν με μπλε γραμμή τα αφιλτράριστα δεδομένα και με κόκκινη γραμμή τα φιλτραρισμένα δεδομένα. Το κέρδος και η ομαλοποίηση του φίλτρου ρυθμίζονται, από την καρτέλα Properties (επεξηγείται παρακάτω). Μετά από κάθε αλλαγή στις τιμές κέρδους του φίλτρου Kalman, θα πρέπει να ξαναφορτωθεί το αρχείο από την επιλογή Load log όπως ακριβώς είδαμε στην καρτέλα SpeedGraph.

Η δεύτερη λειτουργία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη αν θέλει να απομονώσει κομμάτι από τη διαδρομή και να το γράψει σε ένα νέο αρχείο internal.log - gpslog.log (ο τύπος του αρχείου εξαρτάται από τον τύπο αρχείου που ανοίχτηκε). Ό,τι ορίζεται από τους time markers είναι και το κομμάτι που θα αποθηκευτεί. Αν είναι ενεργοποιημένο το φίλτρο Kalman, θα αποθηκευτούν τα φιλτραρισμένα δεδομένα. Η συγκεκριμένη καρτέλα είναι χρήσιμη σε περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε μια μεγάλη χρονικά καταγραφή (π.χ. δυο ώρες) και θα θέλαμε μετά από την καταγραφή να διαλέξουμε κομμάτια για να τα συγκρίνουμε μεταξύ τους. Παράδειγμα: δυο διαφορετικές φάσεις επιτάχυνσης σε διαφορετικούς χρόνους, με διαφορετικό θετικό ή αρνητικό άνεμο, τα οποία θέλουμε να αναλύσουμε στην AC/DC καρτέλα.

### 4.13 Καρτέλα Live Path



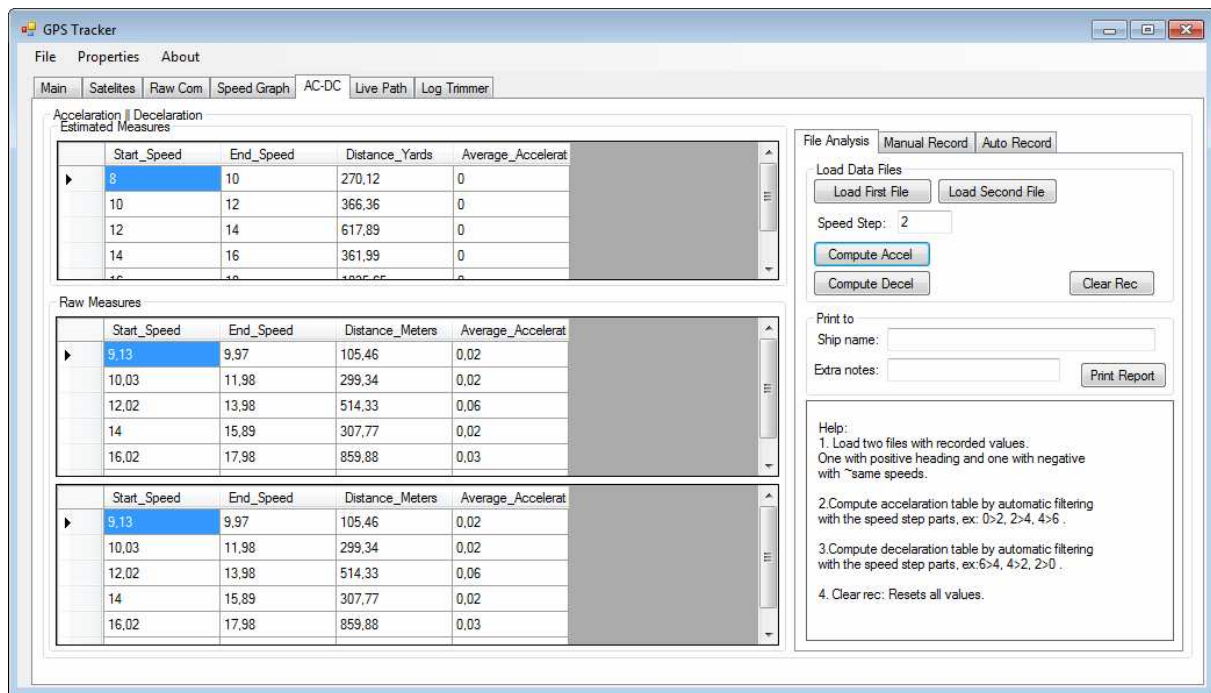
**Εικόνα 4.23:** Η καρτέλα Live Path απεικονίζοντας ζωντανά δυσδιάστατα την διαδρομή και τις αυξομειώσεις της ταχύτητας.

Στην καρτέλα Live Path, υπάρχει η δισδιάστατη απεικόνιση των δεδομένων από την συσκευή GPS όπως αυτά λαμβάνονται. Αν το φίλτρο Kalman στην καρτέλα Main είναι ενεργοποιημένο τότε αυτά τα δεδομένα είναι φιλτραρισμένα. Επίσης υπάρχει γράφημα της ταχύτητας ως προς το χρόνο. Όσο μεγαλύτερη γίνεται η ακτίνα από το αρχικό σημείο εκκίνησης της διαδρομής τόσο πιο μικρό γίνεται το γράφημα της διαδρομής (zoom out). Το ίδιο ισχύει και για το γράφημα ταχύτητας.

Στην κάτω αριστερή γωνία υπάρχει η επιλογή CLS (clear screen) που καθαρίζει τα καταγεγραμμένα δεδομένα από την μνήμη του Live Path και ξεκινά από την αρχή την απεικόνιση. Προτείνεται να καθαρίζονται τα δεδομένα αυτά σε τακτά χρονικά διαστήματα γιατί μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του προγράμματος σε καταγραφές πάνω από 1-2 ώρες (δέσμευση μνήμης). Η καρτέλα ανανεώνει τα δεδομένα της μόνο όταν επιλέγεται.

### 4.14 Καρτέλα επιτάχυνσης-επιβράδυνσης

Στην καρτέλα AC/DC (Acceleration - Deceleration), το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα να γίνει φόρτωση δυο αρχείων μετρήσεων και να υπολογιστούν πίνακες ταχύτητας ως προς την απόσταση. Τα αρχεία αυτά μπορεί να προέρχονται από την καρτέλα Log Trimmer ή απευθείας από το σύστημα logging. Ο χρήστης το μόνο που πρέπει να αλλάξει είναι το Speed Step, δηλαδή το βήμα της ταχύτητας και να διαλέξει να υπολογίσει τους πίνακες είτε για επιτάχυνση είτε για επιβράδυνση.



**Εικόνα 4.24:** Η καρτέλα AC/DC για τον υπολογισμό της απόστασης σε συνάρτηση με διαστήματα ταχύτητας.

Το αποτέλεσμα είναι τρεις πίνακες:

1. Ο 1<sup>ος</sup> πίνακας (estimated measures) έχει τις μετρήσεις ταχύτητας σαν εύρος τιμών (start\_speed – end\_speed) σε συσχέτιση με την απόσταση που χρειάστηκε το σκάφος για να πιάσει την τελική ταχύτητα του εύρους (end\_speed). Για παράδειγμα βλέπουμε ότι το σκάφος για την ταχύτητα από 8 σε 10 κόμβους χρειάστηκε 272,12 γιάρδες. Οι τιμές αυτές είναι εκτιμώμενες, ως προς τα μέτρα, εξαιτίας του ότι δεν υπάρχουν πάντοτε μετρήσεις σε ταχύτητες στα όρια του εύρους που έχει επιλέξει ο χρήστης. Για καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις αυτές είναι καλό να γίνει χρήση μιας συσκευής GPS με υψηλό ρυθμό ανανέωσης (5Hz και άνω). Όσο περισσότερες τιμές υπάρχουν τόσο μικρότερο γίνεται το ποσοστό της εκτίμησης στη διανυθείσα απόσταση.
2. Ο 2<sup>ος</sup> και ο 3<sup>ος</sup> πίνακας περιέχουν τιμές χωρίς καμία εκτίμηση, μόνο ότι έχει καταγραφεί από το GPS για το εκάστοτε εύρος τιμών ταχύτητας. Από αυτό το εύρος χρησιμοποιούμε τη μέση επιτάχυνση ώστε να υπολογίσουμε το κομμάτι της απόστασης που μας λείπει.

Κατόπιν αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να εκτυπωθούν σε χαρτί A4 με τη μορφή πίνακα με στήλες πατώντας το κουμπί Print.

Ship Name : Ship notes  
Extra Notes :

Παρασκευή, 10 Ιουνίου 2011 2:23 μμ

Start_Speed	End_Speed	Distance_Yards	Average_Acceleration_ms
8	10	270.12	0
10	12	366.36	0
12	14	617.89	0
14	16	361.99	0
16	18	1035.65	0
18	20	1222.66	0

**Εικόνα 4.25:** Αποτέλεσμα εκτύπωσης του πίνακα Estimated Measures.

#### 4.14.1 Υπό-καρτέλες **Manual** και **Auto Recording**.

Στην υποκαρτέλα **Manual Record**, δίνεται η δυνατότητα να γίνει άμεση επεξεργασία και καταγραφή σημείων από το GPS, χειροκίνητα πατώντας το κουμπί **Mark Pos** (Mark Position) . Πριν πατήσουμε το κουμπί **Mark Pos** πρέπει πρώτα να επιλέξουμε μια από τις 3 επιλογές καταγραφής.

1. Acceleration mode: Λειτουργία επιτάχυνσης, το πρόγραμμα δέχεται δεδομένα από το GPS τέτοια ώστε σε κάθε θέση η ταχύτητα να είναι υψηλότερη από την προηγούμενη καταγεγραμμένη.
2. Deceleration mode: Λειτουργία επιβράδυνσης, το πρόγραμμα δέχεται δεδομένα από το GPS τέτοια ώστε σε κάθε θέση η ταχύτητα να είναι μικρότερη από την προηγούμενη καταγεγραμμένη.
3. No Filter mode: Σε αυτή την λειτουργία δεν υπάρχουν περιορισμοί για την ταχύτητα, οπότε και να πατηθεί το κουμπί **Mark Pos**, τα δεδομένα θα παρθούν για επεξεργασία.

Εφόσον έχουμε επιλέξει το είδος καταγραφής που θέλουμε να κάνουμε, ανοίγουμε τη θύρα του GPS όπως είδαμε στην αρχή και καταγράφουμε τα σημεία με βάση την αναγραφόμενη ταχύτητα που μας ενδιαφέρει. Για παράδειγμα μπορούμε να γράφουμε τα σημεία όταν η ταχύτητα είναι 0, 2, 4, 6, 8 και ούτω καθεξής. Στο τέλος θα πάρουμε ένα αποτέλεσμα για την απόσταση που διανύθηκε από την ταχύτητα 0 έως 2 , 2 έως 4 και τα λοιπά.

Αφού γίνει η καταγραφή των σημείων με το **Mark Pos**, χειροκίνητα από το χρήστη, πατάμε το κουμπί **Compute Acc** για να δούμε τα αποτελέσματα του υπολογισμού ταχύτητας ως προς απόσταση για την περίοδο επιτάχυνσης.

Το ίδιο κάνουμε όταν έχουμε δεδομένα επιβράδυνσης, αλλά αυτή τη φορά πατάμε το κουμπί **Compute Deceleration**.

Τα κουμπιά **Print Report** και **Clear Report** εκτυπώνουν και καθαρίζουν τον πίνακα αποτελεσμάτων αντίστοιχα.

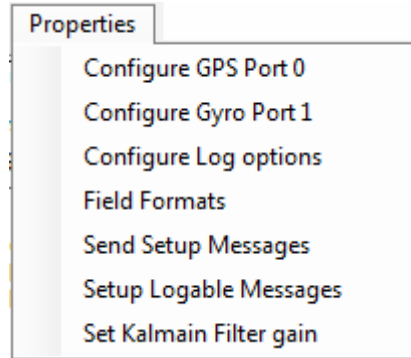
Στην υποκαρτέλα **Auto Record**, το πρόγραμμα αυτοματοποιεί τη μέτρηση που έκανε ο χρήστης στην καρτέλα Manual Record. Ο χρήστης πρέπει να ρυθμίσει το βήμα της ταχύτητας (Speed Step) και να επιλέξει πόσο συν-πλην (+-) θέλει να είναι το περιθώριο διακύμανσης από αυτήν την ταχύτητα. Ο λόγος για το συν-πλην (+-) είναι ότι μερικές φορές, σε γρήγορα πλοία, αν χρησιμοποιούμε αργό GPS οι μετρήσεις ταχύτητας που θα πάρουμε μπορεί να έχουν αλλάξει πολύ μέσα σε ένα δευτερόλεπτο που είναι ο χρόνος ανανέωσης ενός τυπικού GPS. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να δούμε ταχύτητες από 0 σε 3 κόμβους σε 1 δευτερόλεπτο και αυτό θα δημιουργήσει πρόβλημα, γιατί δεν υπάρχουν τιμές για το εύρος μεταξύ 0 και 3 κόμβων.

Εφόσον έχουμε ρυθμίσει όλες τις τιμές, επιλέγουμε τον τύπο μέτρησης που θα κάνουμε μεταξύ Acceleration mode, Deceleration mode, No Filter mode, όπως και στο προηγούμενο βήμα. Οι μετρήσεις εδώ και τα αποτελέσματα βγαίνουν αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται να επιλέξουμε κάποια εντολή υπολογισμού απόστασης-ταχύτητας (όπως χρειάζεται στη manual record).

Το κουμπί **Print Report** εκτυπώνει τον πίνακα αποτελεσμάτων.



#### 4.15 Μενού ρυθμίσεων προγράμματος.

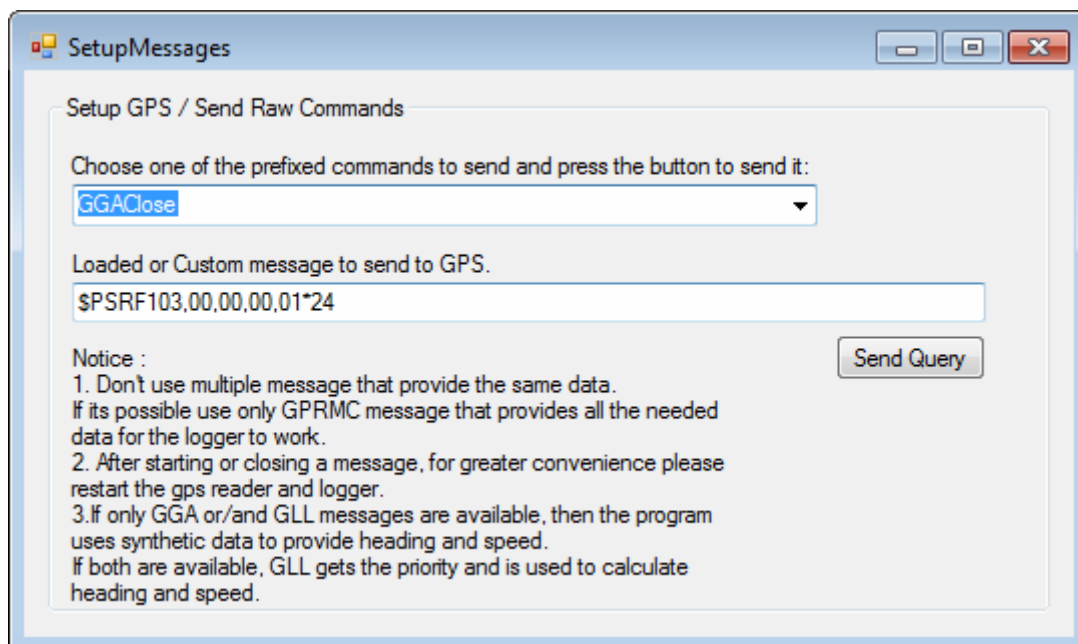


Εικόνα 4.26:Υπομενου Properties.

Στο υπο-μενού Properties υπάρχουν οι εξής ρυθμίσεις:

1. **Configure GPS Port 0** και **Configure Gyro Port 1**: Ρύθμιση ταχύτητας και παραμέτρων σειριακής θύρας GPS ή Gyro αντίστοιχα.
2. **Configure Log Options**: Ρύθμιση της τοποθεσίας καταγραφής των αρχείων και ρύθμιση του διαχωριστικού χαρακτήρα (delimiter character).
3. **Field Formats**: Ρύθμιση μονάδων μέτρησης στις απεικονίσεις του προγράμματος.
4. **Send Setup Messages**: Αποστολή μηνυμάτων NMEA στη συσκευή GPS για αλλαγή παραμέτρων επικοινωνίας.
5. **Setup Logable Messages**: Ρύθμιση μηνυμάτων καταγραφής και θέσης εύρεσής τους στα μηνύματα NMEA από τον Logger.
6. **Set Kalman Filter Gain**: Ρύθμιση κέρδους του φίλτρου Kalman.

##### 4.15.1 Μηνύματα αρχικής ρύθμισης παραμέτρων συσκευής GPS



Εικόνα 4.27: Send Setup Messages, αποστολή μηνυμάτων ενεργοποίησης μηνυμάτων εξόδου, αλλαγής ταχύτητας κλπ.

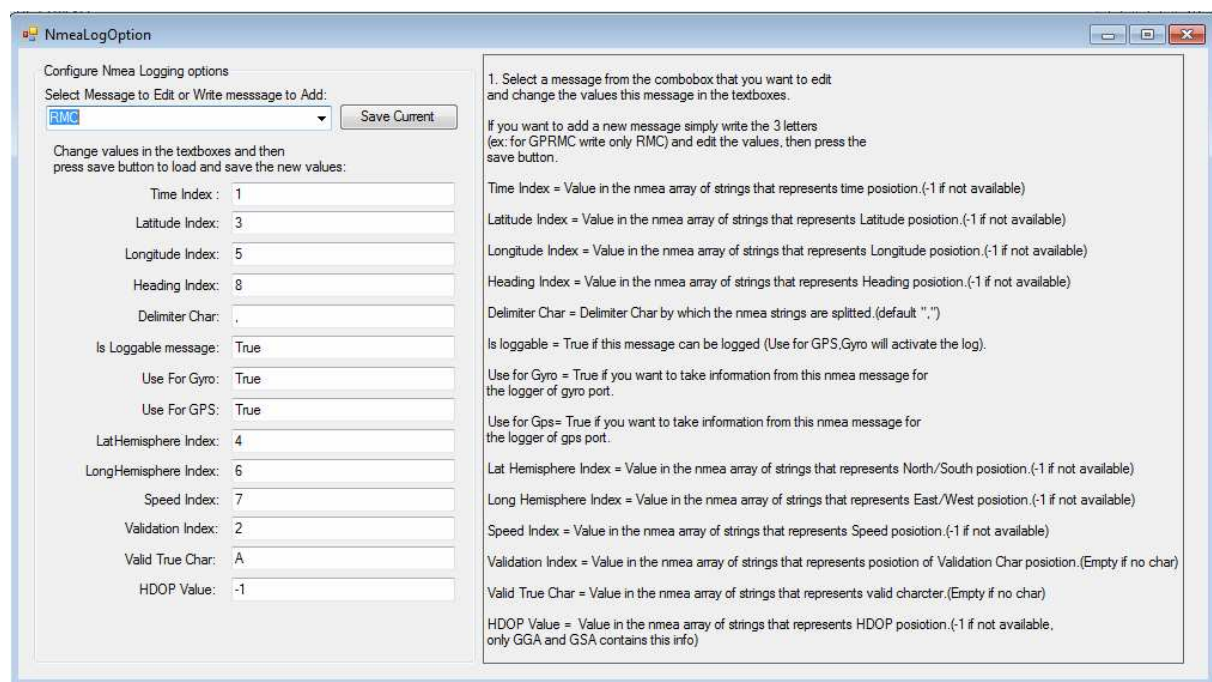


Στην φόρμα Setup Messages, διαλέγουμε από τις προεπιλεγμένες λέξεις που μπορούμε να στείλουμε στη συσκευή GPS και μπορούμε να ενεργοποιήσουμε επιπλέον μηνύματα για καταγραφή. Στη φόρμα επάνω υπάρχουν οδηγίες για τη χρήση.

Προσοχή πρέπει να δοθεί στις λέξεις που δέχεται το πρόγραμμα. Η λέξη GPRMC μπορεί να παρέχει στο πρόγραμμα όλα τα αναγκαία στοιχεία για τις μετρήσεις και προτείνεται να είναι ενεργοποιημένη (GLL,GGA,RMC). Επίσης, για την χρήση του φίλτρου Kalman είναι αναγκαίο για καλύτερο φιλτράρισμα να υπάρχει και μια λέξη που θα παρέχει το HDOP. Αυτή μπορεί να είναι είτε η GSA είτε η GGA λέξη. Σε περίπτωση που είναι ενεργοποιημένες πάνω από μια προτάσεις και μέσα σε αυτές είναι και η RMC, τότε η RMC παίρνει την προτεραιότητα.

Αν δεν υπάρχει η λέξη RMC και υπάρχουν μόνο οι λέξεις GLL ή GGA τότε το πρόγραμμα χρησιμοποιεί συνθετικά δεδομένα που απορρέουν από τύπους φυσικής και γεωδαισίας τόσο για το γραφικό του περιβάλλον όσο και για την καταγραφή.

#### 4.15.2 Παραμετροποίηση πεδίων πληροφορίας



**Εικόνα 4.28: Setup Logable Messages, ρύθμιση θέσεων πληροφοριών στα μηνύματα καταγραφής NMEA, θέσεις στον πίνακα που προκύπτει από τα διαχωρισμένα μηνύματα.**

Η δυνατότητα που μας παρέχεται στη φόρμα Setup Logable Messages είναι να μπορούμε να αλλάξουμε, αν είναι αναγκαίο, τις θέσεις που θα βρει ο Logger τις πληροφορίες (μέσα στα μηνύματα NMEA) που θέλουμε να καταγραφούν. Οι διαθέσιμες πληροφορίες για καταγραφή είναι: **Time, Latitude, Longitude, Heading, Delimiter Character, Is Loggable Message, Use for Gyro, Use for GPS, Lat Hemisphere, Long Hemisphere, Speed, Validation check, Validation true, HDOP Value.**

Για να ρυθμίσουμε ένα μήνυμα επιλεγούμε από το combobox αυτό που θέλουμε να επεξεργαστούμε και αλλάζουμε τις τιμές αυτού του μηνύματος στα κουτάκια κειμένου.

Αν θέλουμε να προσθέσουμε ένα νέο μήνυμα, γράφουμε απλά τα τελευταία 3 γράμματα (π.χ.: για GPRMC γράψετε μόνο RMC), επεξεργαζόμαστε τις τιμές θέσεως και στη συνέχεια πατάμε το Save.

**Time Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση του χρόνου. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Latitude Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση του Γεωγραφικού πλάτους. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Longitude Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση του Γεωγραφικού μήκους. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Heading Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση του Αζιμούθιου πορείας. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Delimiter Char** = ο διαχωριστικός χαρακτήρας με τον οποίο χωρίζονται οι πληροφορίες μέσα στο NMEA μήνυμα. (προεπιλογή",").

**Is loggable** = **True** εάν το μήνυμα αυτό μπορεί να καταγραφεί στα αρχεία log. (Αν είναι αληθές (true), τότε οι επιλογές Use for GPS,Gyro θα ορίσουν ποιος από τους 2 logger θα λάβει υπόψη του το μήνυμα καταγραφής).

**Use for Gyro** = **True** αν θέλουμε οι πληροφορίες από αυτό το μήνυμα να λάβουν μέρος στην καταγραφή από τον logger της γυροσκοπικής πυξίδας.

**Use for GPS** = **True** αν θέλουμε οι πληροφορίες από αυτό το μήνυμα να λάβουν μέρος στην καταγραφή από τον logger του GPS.

**Lat Hemisphere Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση Βορρά και Νότου. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Long Hemisphere Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση Ανατολής / Δύσης. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Speed Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση της ταχύτητας. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

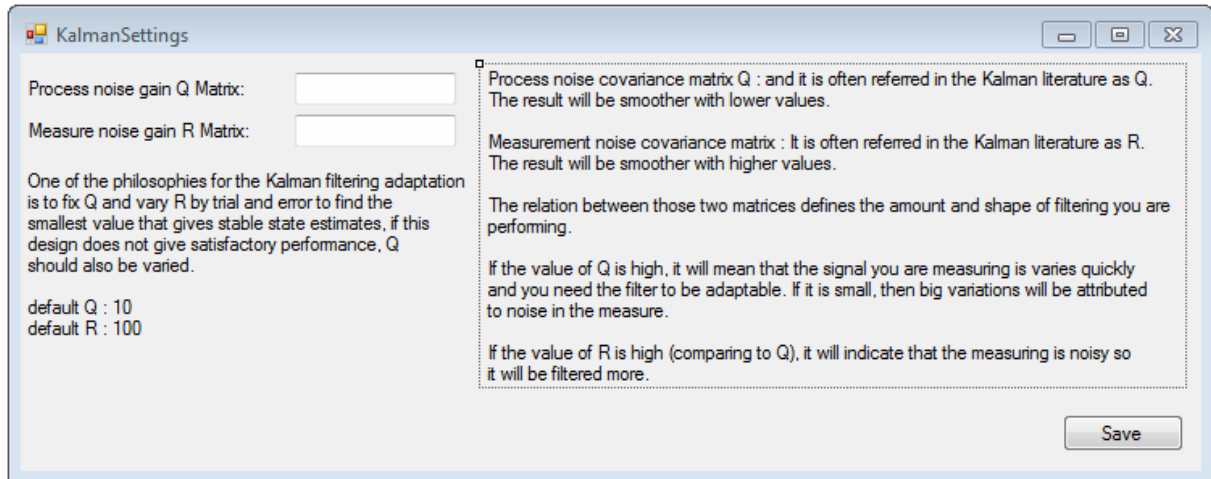
**Validation Index** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση του χαρακτήρα επικύρωσης. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**Valid True Char** = τιμή που αντιπροσωπεύει τον παραπάνω χαρακτήρα επικύρωσης όταν το μήνυμα είναι έγκυρο. (-1 εάν δεν υπάρχει στο μήνυμα).

**HDOP Value** = τιμή στον πίνακα NMEA που αντιπροσωπεύει τη θέση της τιμής HDOP. (-1 εάν δεν υπάρχει, μόνο τα GGA και GSA περιέχουν αυτές τις πληροφορίες).

Προσοχή πρέπει να δοθεί στα μηνύματα **Use for GPS**, **Use for GYRO**, καθώς δεν γίνεται να υπάρχουν διπλά και τριπλά μηνύματα για καταγραφή. Κάτι τέτοιο θα προκαλούσε δυσλειτουργία στο πρόγραμμα (διπλές εγγραφές στον ίδιο χρόνο, πχ RMC και GGA ταυτόχρονα).

### 4.15.3 Ρύθμιση κέρδους φίλτρου Kalman



Εικόνα 4.29: Παράθυρο ρύθμισης παραμέτρων φίλτρου Kalman.

Στη φόρμα Kalman Settings ρυθμίζουμε την εξομάλυνση που θα κάνει το φίλτρο Kalman. Εφόσον το φίλτρο εξαρτάται από την ακρίβεια της μέτρησης, υπάρχουν δυο πίνακες εσωτερικά που αντιπροσωπεύουν τα βάρη που θα δίνει το φίλτρο στις τιμές που λαμβάνει από το GPS και τις τιμές εκτίμησής του.

Οι πίνακες αυτοί αναφέρονται ως Q και R στην βιβλιογραφία για φίλτρα Kalman:

1. Πίνακας Q: Αντιπροσωπεύει τον πίνακα συνδιακύμανσης (covariance) του θορύβου επεξεργασίας και επιδρά στο τελικό φιλτράρισμα. Όταν η τιμή του πολλαπλασιαστή του πίνακα Q είναι χαμηλή, τότε το αποτέλεσμα είναι πιο εξομαλυμένο, εφόσον δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην εκτιμώμενη τιμή του φίλτρου.
2. Πίνακας R: Αντιπροσωπεύει τον πίνακα συνδιακύμανσης (covariance) του θορύβου μέτρησης (HDOP) και επιδρά στο τελικό φιλτράρισμα. Όταν η τιμή του πολλαπλασιαστή του πίνακα είναι υψηλή, τότε το αποτέλεσμα είναι πιο εξομαλυμένο.

Μετά από κάθε αλλαγή, ότι αρχείο υπάρχει φορτωμένο σε καρτέλες ανάλυσης, πρέπει να φορτωθεί εκ νέου για να επιδράσουν οι νέες τιμές του φίλτρου.

## 5. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

### 5.1 Ακρίβεια Μετρήσεων.

Οι μετρήσεις από την συσκευή GPS, εξαρτώνται από την οπτική επαφή της συσκευής με τους δορυφόρους. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι η οπτική επαφή η βέλτιστη δυνατή και το HDOP να είναι χαμηλότερο από 2 (καθαρός αριθμός). Από τις δοκιμές προκύπτει ότι είναι προτιμότερο να γίνει χρήση GPS με υψηλή ροή δεδομένων, από 5Hz και πάνω. Αυτό είναι αναγκαίο αν θέλουμε οι μετρήσεις μας να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερες. Με τη χρήση συσκευής GPS υψηλού ρυθμού δεδομένων (data rate), δε θα χρειαστεί να γίνει εκτεταμένη χρήση συνθετικών δεδομένων καθώς θα υπάρχουν έτοιμα πραγματικά δεδομένα ανά 100 msec από ένα γρήγορο GPS πχ των 10Hz.

### 5.2 Εσωτερικός Θόρυβος

Εντός της εφαρμογής, όλες οι μεταβλητές κινητής υποδιαστολής είναι διπλής ακρίβειας (δηλαδή τύπου double) για μέγιστη ακρίβεια δεκαδικών ψηφίων. Αυτό δίνει μαζί με την συνάρτηση Vincenty τη μέγιστη ακρίβεια στις μετρήσεις απόστασης από σημείο σε σημείο.

Η χρήση του φίλτρου Kalman για το φιλτράρισμα των δεδομένων μας παρέχει διόρθωση των μετρήσεων που μπορεί να μην έχουν καλή ποιότητα μέτρησης. Το φίλτρο έχει καλά αποτελέσματα ειδικά όταν η συσκευή GPS βρίσκεται ακίνητη (μείωση θορύβου θέσεως, σταθερή θέση). Επίσης, το φίλτρο Kalman μπορεί να «διορθώσει» μια σειρά από μετρήσεις και να τις εξομαλύνει από τις αυξομειώσεις της ακρίβειας και της ποιότητας σήματος. Το φίλτρο δουλεύει ως γραμμικός εκτιμητής επόμενης θέσης και μπορεί να εκτιμήσει την επομένη θέση με σχετικά καλή ακρίβεια, διαλέγοντας ανάμεσα στην εκτίμησή του και στη πραγματική μέτρηση. Όσο καλύτερη είναι η μέτρηση και πιο ακριβής, τόσο πιο μεγάλο είναι το κέρδος του φίλτρου Kalman ως προς τη μέτρηση, ενώ αν η μέτρηση έχει πολύ θόρυβο, τότε το φίλτρο θεωρεί ότι είναι καλύτερα να δώσει μεγαλύτερο βάρος στην εκτίμησή του.

### 5.3 Πραγματικές μετρήσεις

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του λογισμικού έγιναν μετρήσεις με την συσκευή GPS για να είναι σίγουρη η απροβλημάτιστη λειτουργία της εφαρμογής σε διάφορες πραγματικές συνθήκες καταγραφής. Έγιναν μετρήσεις αρχικά με χρήση φορητού υπολογιστή βαδίζοντας σε περιοχές με ψηλά κτίρια. Ύστερα προχωρήσαμε σε μετρήσεις με αυτοκίνητο προσπαθώντας να προσομοιώσουμε τους ελιγμούς και επιταχύνσεις – επιβραδύνσεις ενός πλοίου με το αυτοκίνητο. Τελικά αυτό ήταν αδύνατον καθώς οι επιταχύνσεις στο αυτοκίνητο (όσο και αν προσπαθήσαμε) δεν μπορούν να είναι τόσο μικρές όσο ένα πλοίο. Ήταν

αδύνατον να υπάρξει συνεχής γραμμική επιτάχυνση λόγω των αλλαγών ταχύτητας, όπου για μικρό χρονικό διάστημα η επιτάχυνση μειωνόταν κατά την στιγμή της αλλαγής ταχύτητας.

Στη συνέχεια έγιναν μετρήσεις με το πλοίο της γραμμής Χανιά-Πειραιά όπου και δοκιμαστήκαν αρκετές από τις δυνατότητες της εφαρμογής, έγινε καταγραφή της πορείας έως και την έξοδο του πλοίου από τον κόλπο της Σούδας.

## **5.4 Κόστος**

Το κόστος για την υλοποίηση και κατασκευή του προγράμματος και της πτυχιακής ήταν μικρό και η κατασκευή εύκολη.

### **5.4.1 Κόστος υλικού**

Ως υλικά (hardware) προμηθευτήκαμε :

- Φορητός υπολογιστής για τις μετρήσεις και τη λειτουργία της εφαρμογής με κόστος ~500 ευρώ.
- Ένα GPS τιμής 53 ευρώ με μεταφορικά, με καλώδιο USB-to-Serial (12 ευρώ) για τη διασύνδεση με οποιοδήποτε φορητό υπολογιστή.
- Μια διάτρητη πλακέτα για την στερέωση με κόστος ένα ευρώ.
- Κουτί προστασίας συσκευής με κόστος τέσσερα ευρώ.
- Λοιπά έξοδα κόστους μετρήσεων 30 ευρώ.

### **5.4.2 Κόστος Λογισμικού ανάπτυξης εφαρμογής**

Η πτυχιακή αναπτύχθηκε με μια γλώσσα (C#) και ένα στούντιο ανάπτυξης κώδικα (Microsoft Visual Studio Express) που παρέχονται δωρεάν στο διαδίκτυο χωρίς καμία υποχρέωση. Το κόστος σε χρόνο ανάπτυξης ήταν περίπου τρεις μήνες εργασίας προγραμματισμού και κατασκευής και ενός μηνός δοκιμών και μετρήσεων.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία

- Practical C# Charts and Graphics [Jack Xu](#) (Author) εκδόσεις: UniCAD, 2007
- "Σχεδίαση πλοίων για ελκτικότητα και δυναμική ευστάθεια" Σημειώσεις μαθήματος, Κωνσταντίνου Σπύρου, Ε.Μ.Π. Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών, Αθήνα, Μάιος 2009.

### Άρθρα

- Η. Μαλαμά και Ν. Πετράκη, «SMART: Μια πλατφόρμα για την πραγματικού χρόνου αξιολόγηση της ελκτικότητας ναυτικών μονάδων», Ελληνικό Ινστιτούτο Ναυτικής Τεχνολογίας, σελ. 105-125, ΕΛ.Ι.Ν.Τ. 2010.
- Ε. Malamas and Ν. Petrakis, "A Software Platform for Real-Time Assessment of Ship Maneuverability", Sept.15-17, 2010, Zadar, Croatia, 52<sup>nd</sup> International Symposium ELMAR-2010.

### Ιστότοποι

- <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mercator>
- [http://www.codeproject.com/KB/GDI-plus/maps\\_map\\_net\\_gis.aspx](http://www.codeproject.com/KB/GDI-plus/maps_map_net_gis.aspx)
- <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>
- <http://www.koders.com/>
- <http://gpsd.berlios.de/NMEA.txt>
- <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- <http://aprs.gids.nl/nmea/>
- <http://proj4js.org/>
- <http://code.google.com/apis/kml/documentation/>
- <http://www.codeproject.com/KB/security/steganodotnet18.aspx>
- <http://www.codeproject.com/KB/cpp/genericinvocationhelper.aspx#introduction>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_coordinate\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system)
- <http://www.birdtheme.org/useful/googletool.html>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty's\\_formulae](http://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty's_formulae)