

## Lab 4 Δορυφορικών Επικοινωνιών

### Εισαγωγή

Σκοπός είναι να δείτε ολοκληρωμένο τρόπο λήψης, επεξεργασίας και εξαγωγής πληροφορίας από υπαρκτό δορυφορικό σήμα. Θα εστιάσουμε σε δορυφόρο LEO και θα χρησιμοποιήσουμε δωρεάν εργαλεία λογισμικού (σε Windows). Αντίστοιχη εργασία μπορεί εύκολα να επαναληφθεί με εργαλεία λογισμικού σε Linux. Ο Software-Defined Radio (SDR) δέκτης και η κεραία που θα χρησιμοποιήσουμε είναι πολύ φυθηνά και κοστίζουν μερικά ευρώ.

### 1. Hardware

Για να καταφέρουμε να λάβουμε σήμα από τον δορυφόρο Meteor M-N2 χρειαζόμαστε τον εξοπλισμό που θα περιγράψουμε παρακάτω.

### SDR Δέκτης

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί SDR (Software Defined Radio) δέκτες στο εμπόριο, μερικοί εκ των οποίων είναι ο AirSpy R2, HackRF One, NooElec NESDR και άλλοι. Όμως, λόγω του αυξημένου κόστους τους, αλλά και του σκοπού για τον οποίο τον χρειαζόμαστε, θα χρησιμοποιήσουμε τον SDR δέκτη που έχει φτιάξει το rtl-sdr.com blog, ο οποίος και λέγεται, RTL-SDR Blog V3. Το σημαντικότερο που αξίζει να συγχρατήσουμε για αυτόν τον δέκτη, είναι ότι διαθέτει Bias tee, για να παρέχει τροφοδοσία μέσω του ομοαξονικού καλωδίου στον LNA. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το SDR που θα χρησιμοποιήσουμε μπορείτε να βρείτε εδώ, [1].



## LNA (προαιρετικά)

Όπως και με τους SDR δέκτες, έτσι και με τους LNA (Low Noise Amplifier) υπάρχουν πάρα πολλοί στο εμπόριο. Ο ενισχυτής που έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε είναι ο Nooelec SAWbird+ NOAA. Είναι ειδικά σχεδιασμένος για τη λήψη σήματος από τους δορυφόρους Meteor και NOAA. Έχει κεντρική συχνότητα τα 137.5MHz και εύρος ζώνης 5MHz, με κέρδος ενίσχυσης περίπου 30dB. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον ενισχυτή που θα χρησιμοποιήσουμε μπορείτε να βρείτε εδώ, [2].



## Antenna

Τα κυριότερα είδη κεραιών που χρησιμοποιούνται για την ερασιτεχνική λήψη σήματος από τους δορυφόρους Meteor και NOAA είναι οι QFH (Quadrifilar Helix), Double Cross και η Horizontal V-dipole. Επιλέξαμε να κατασκευάσουμε την Horizontal V-dipole κεραία, όπως περιγράφεται στο [3], μιας και είναι η οικονομικότερη αλλά και η ευκολότερη στην κατασκευή. Αφού κατασκευάσουμε την κεραία μας, ελέγχουμε τον συντελεστή ανάχλασης της στον VNA (Vector Network Analyzer) που έχουμε στο εργαστήριο, για να δούμε ότι όντως συντονίζει γύρω στα 137.5MHz.

## 2. Software

Όλα τα προγράμματα που χρειάζεται να εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή μας για να χειριστούμε τον SDR δέκτη αλλά και για να επεξεργαστούμε το σήμα που θα λάβουμε, είναι δωρεάν και είναι αποκλειστικά για υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Windows.

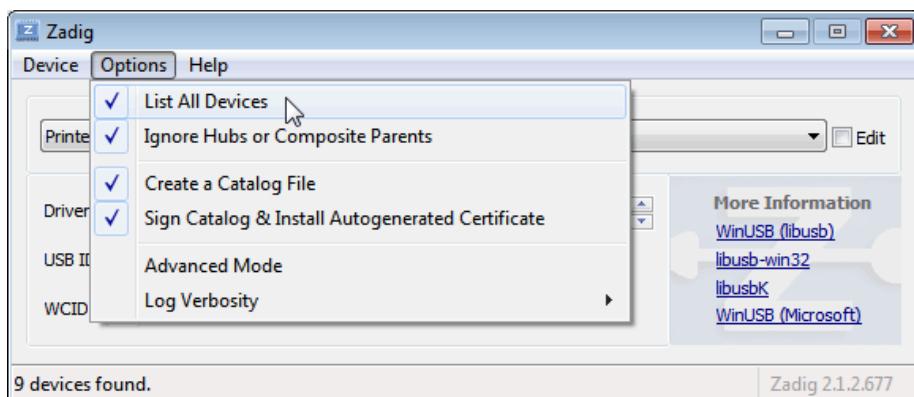
- [Orbitron](#)
- [SDRSharp rev. 1732](#)
- [Meteor Demodulator Plugin v2.3](#)
- [DDE-Tracking Plugin v1.2](#)
- [LRPT-Decoder v56](#)
- [LRPT Image Processor v2020.3.17.53](#)
- [Smooth Meteor v1.68](#)

### 3. Setup SDRSharp & RTL-SDR (USB) driver

Αρχικά, δημιουργούμε ένα φάκελο με όνομα *Meteor* στον δίσκο *C:\* για να έχουμε όλα τα εργαλεία μας συγκεντρωμένα εκεί. Έπειτα, κατεβάζουμε και εγκαθιστούμε στον φάκελο *C:\Meteor\SDRSharp* το SDRSharp. Το SDRSharp είναι μια πλατφόρμα ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, που θα χρησιμοποιήσουμε για να χειριστούμε το RTL-SDR καθώς και τα plugins που θα εγκαταστήσουμε στη συνέχεια.

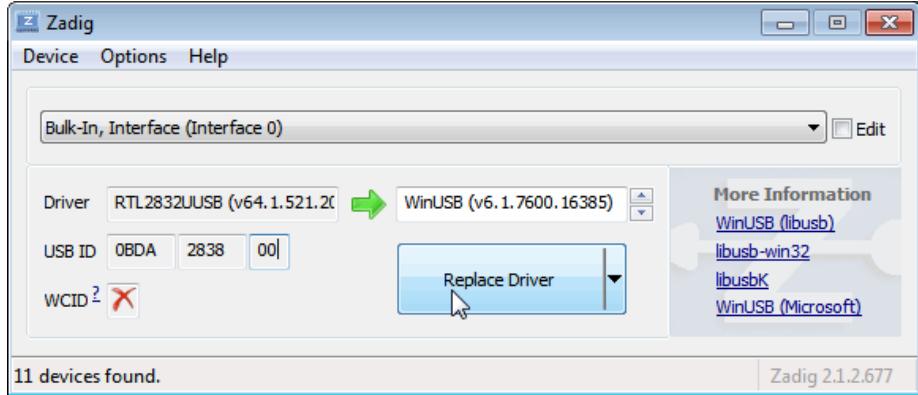
Εν συνεχεία, πρέπει να εγκαταστήσουμε τον driver του RTL-SDR για να μπορεί ο υπολογιστής μας να αναγνωρίσει την SDR συσκευή μας. Τρέξτε το αρχείο εγκατάστασης *install-rtlsdr.bat*, που βρίσκεται στον φάκελο *C:\Meteor\SDRSharp*. Το αρχείο θα κατεβάσει ότι επιπλέον αρχεία χρειάζονται και θα κλείσει μόνο του το παράθυρο που άνοιξε. Αν η διαδικασία ήταν επιτυχής, θα πρέπει να δείτε μέσα στον φάκελο του SDRSharp ένα αρχείο με όνομα *rtlsdr.dll* και ένα αρχείο με όνομα *zadig.exe*.

Συνδέστε τώρα την RTL-SDR συσκευή στο laptop σας και μην εγκαταστήσετε κανένα software που ίσως τη συνοδεύει. Τρέξτε το *zadig.exe* ως διαχειριστής και πατήστε *'Options' → 'List all devices'*. Αν χρησιμοποιείτε Windows 10 τότε σε κάποιες περιπτώσεις ίσως να χρειαστεί να αποεπιλέξετε και το *'Ignore Hubs or Composite Parents'*.



Εικόνα 1: Ρυθμίσεις Zadig - 1.

Επιλέξτε από την λίστα *Bulk-In, Interface (Interface 0)*. Προσοχή! Σε κάποιους υπολογιστές ίσως να φαίνεται κάτι διαφορετικό, όπως *RTL2832UHIDIR* ή *RTL2832U* αντί του *Bulk-In, Interface*. Μην επιλέξετε *USB Receiver (Interface 0/1)* ή οτιδήποτε άλλο και του αντικαταστήσετε τον driver γιατί πιθανώς να χαλάσετε κάποια άλλη συσκευή. Για να είστε σίγουροι ότι έχετε επιλέξει τη σωστή συσκευή ελέγξτε το *USB ID*, να είναι ακριβώς ίδιο με *0BDA 2838 00*.



Εικόνα 2: Ρυθμίσεις Zadig - 2.

Χρειάζεται να εγκαταστήσουμε τον WinUSB driver οπότε, σιγουρευτείτε ότι αυτός είναι επιλεγμένος στο κουτάκι δεξιά από το πράσινο βελάκι, όπως φαίνεται στην εικόνα και πατήστε 'Replace Driver'.

## 4. Setup Orbitron & DDE-Tracking Client

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία στον φάκελο *C:\Meteor\Orbitron* για το Orbitron. Τέλος, κατέβάστε το DDE-Tracking Plugin και προσθέστε τα αρχεία του μέσα στον φάκελο του SDRSharp, αντιγράφοντας τις γραμμές από το αρχείο *MagicLine.txt* στο αρχείο *plugins.xml*. Επαναλάβετε τη διαδικασία για το Meteor Demodulator Plugin.

Το Orbitron είναι ένα πρόγραμμα παρακολούθησης διαστημικών αντικειμένων (ISS, NOAA, Meteor, κλπ.) που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Το Orbitron παρακολουθεί τον δορυφόρο που μας ενδιαφέρει, σε αυτήν την περίπτωση τον Meteor M-N2, και μέσω του DDE-Tracking Client plugin για το SDRSharp, παρέχει τη διόρθωση του Doppler-Shift όπως θα δούμε στη συνέχεια. Το Orbitron μας δίνει επίσης την Άνψωση (Elevation) και το Αζιμούθιο (Azimuth) του δορυφόρου, ώστε να ξέρουμε ανά πάσα στιγμή που βρίσκεται ο δορυφόρος στον ουρανό μας. Ακολουθούν οι ρυθμίσεις για το Orbitron.

- Πηγαίντε στον φάκελο, *C:\Meteor\Orbitron\Config* και προσθέστε στο αρχείο *setup.cfg* στο τέλος του αρχείου, τις παρακάτω γραμμές, για να δείξουμε στο Orbitron που είναι εγκατεστημένο το SDRSharp.

[Drivers]

SDRSharp=C:\Meteor\SDRSharp\SDRSharp.exe

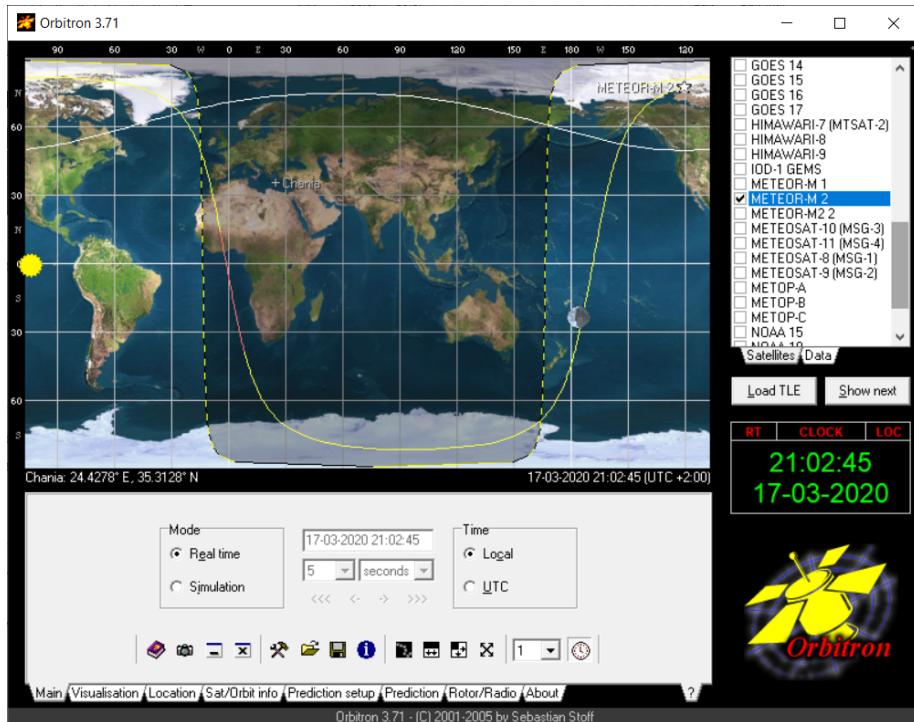
Αποθηκεύστε και κλείστε το αρχείο.

- Ανοίξτε το Orbitron και στην καρτέλα *Main* πατήστε το εικονίδιο με τα εργαλεία. Στο παράθυρο που θα ανοίξει, πάτε στην καρτέλα *TLE updater* και προσθέστε το παρακάτω url στη λίστα μαζί με τα υπόλοιπα. Αν το url υπάρχει ήδη στη λίστα, τότε αγνοείστε αυτό το βήμα. Κλείστε το παράθυρο.

<http://www.celestrak.com/NORAD/elements/weather.txt>

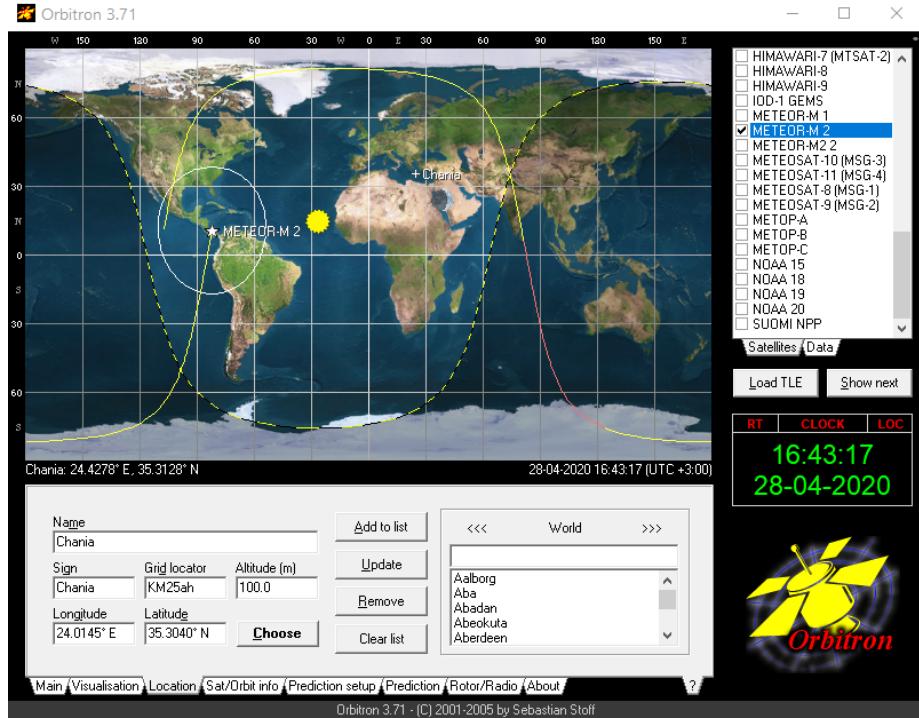
Το βήμα αυτό χρειάζεται για να μπορέσουμε να λάβουμε το ενημερωμένο TLE - Two-Line element set αρχείο του εκάστοτε δορυφόρου. Το TLE αρχείο περιλαμβάνει 2 γραμμές όπως λέει και το όνομα του. Στην 1η γραμμή περιλαμβάνονται δεδομένα όπως η χώρα προέλευσης του δορυφόρου, η χρονολογία εκτόξευσης ένα timestamp κ.α. ενώ στη 2η γραμμή περιλαμβάνονται τα τροχιακά στοιχεία του δορυφόρου όπως η ορθή άνοδος ανοδικού κόμβου, η μέση ανωμαλία, η περίοδος περιστροφής κ.α. Περισσότερες πληροφορίες για τα TLE αρχεία μπορείτε να βρείτε στο [7]. Τα TLE αρχεία χρειάζεται να ενημερώνονται τακτικά γιατί οι τιμές αυτές μπορεί να διαφέρουν σε διάστημα πολλών ημερών καιώντας τη διάρκεια περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο αλλά και τις Σελήνης γύρω από την Γη ασκούνται διαφορετικές βαρυτικές δυνάμεις πάνω στον δορυφόρο, επηρεάζοντας έτσι τις παραπάνω παραμέτρους.

- Στο αρχικό παράθυρο του Orbitron στα δεξιά επιλέξτε τον METEOR-M 2 από την κατηγορία Weather και αποεπιλέξτε όλα τα υπόλοιπα, όπως στην εικόνα παρακάτω.



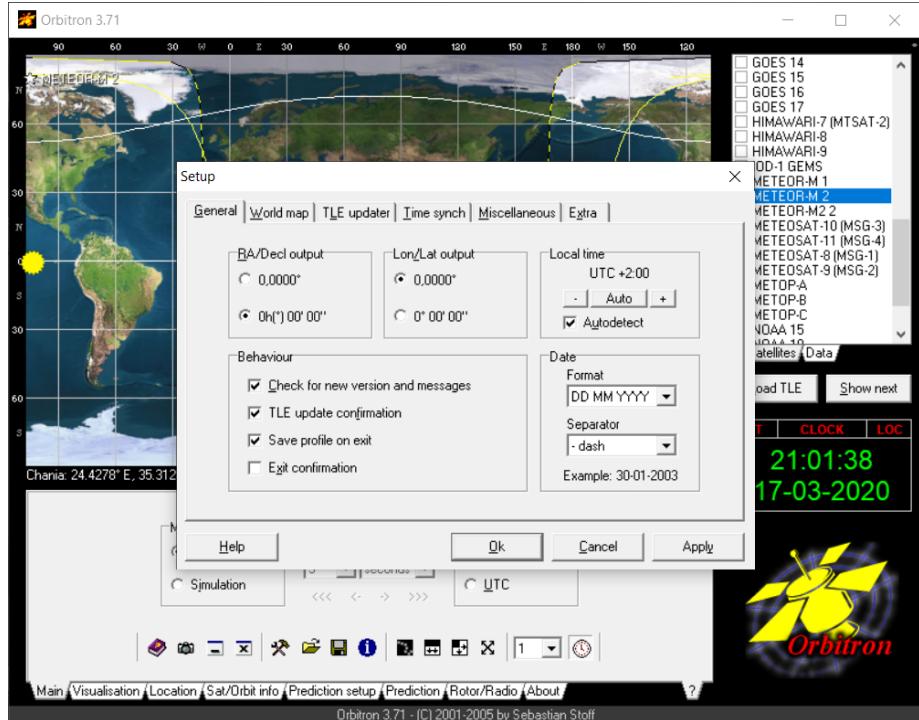
Εικόνα 3: Ρυθμίσεις Orbitron - 1.

- Στην καρτέλα *Location*, δώστε τις συντεταγμένες των Χανίων ( $24.0145^{\circ}$  E,  $35.3040^{\circ}$  N) και αποθηκεύστε τα Χανιά ως τοποθεσία στη λίστα του Orbitron γράφοντας στο πεδίο *Name*: *Chania*, δίνοντας στο πεδίο *Elevation*: *50-100 m* και τέλος πατώντας *Add to list*, όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα.

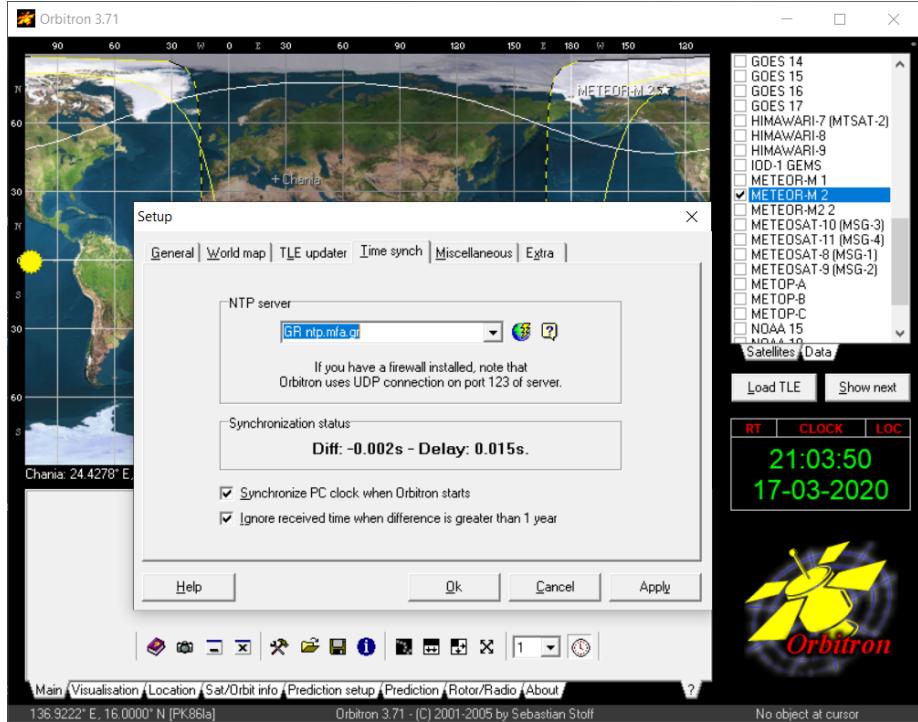


Εικόνα 4: Ρυθμίσεις Orbitron - 2.

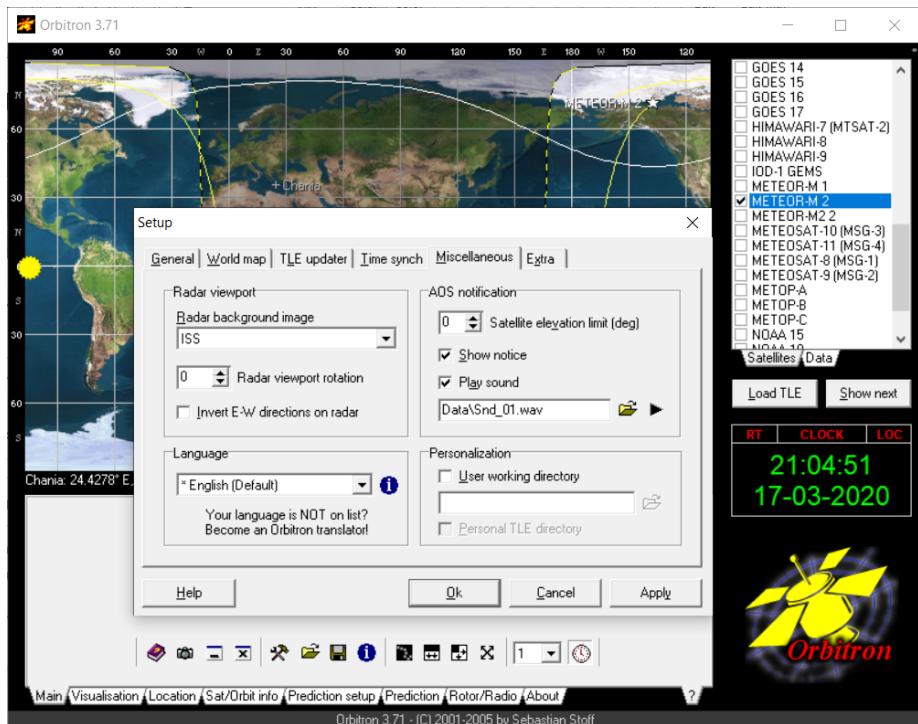
5. Πάτε πάλι στην χαρτέλα *Main* και πατήστε το εικονίδιο με τα εργαλεία. Αντιγράψτε από τις παρακάτω εικόνες τις ρυθμίσεις που πρέπει να κάνετε μια προς μια.



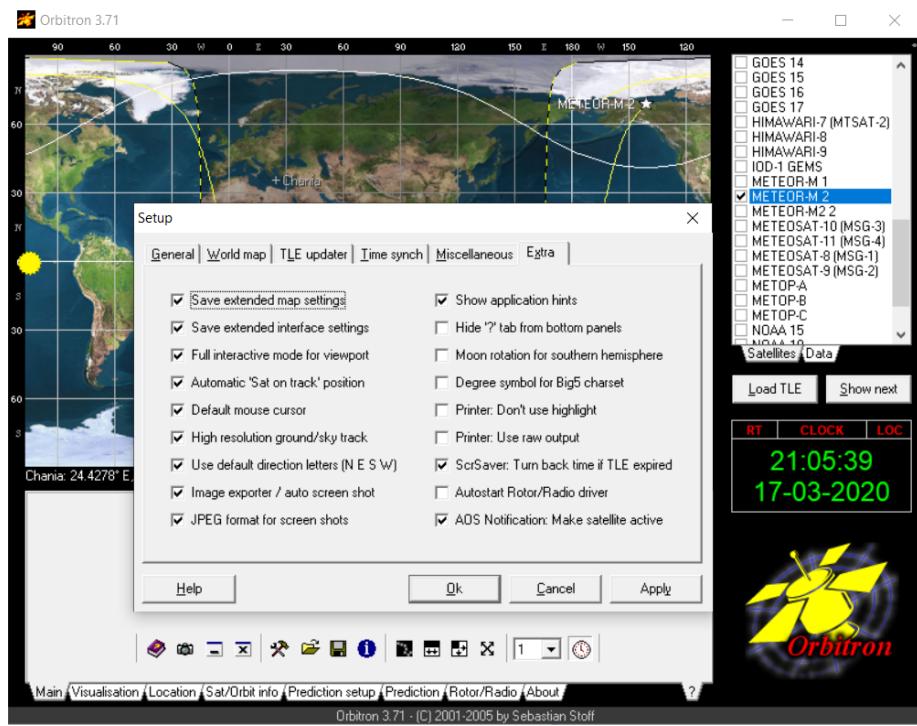
Εικόνα 5: Ρυθμίσεις Orbitron - 3.



Εικόνα 6: Ρυθμίσεις Orbitron - 4.

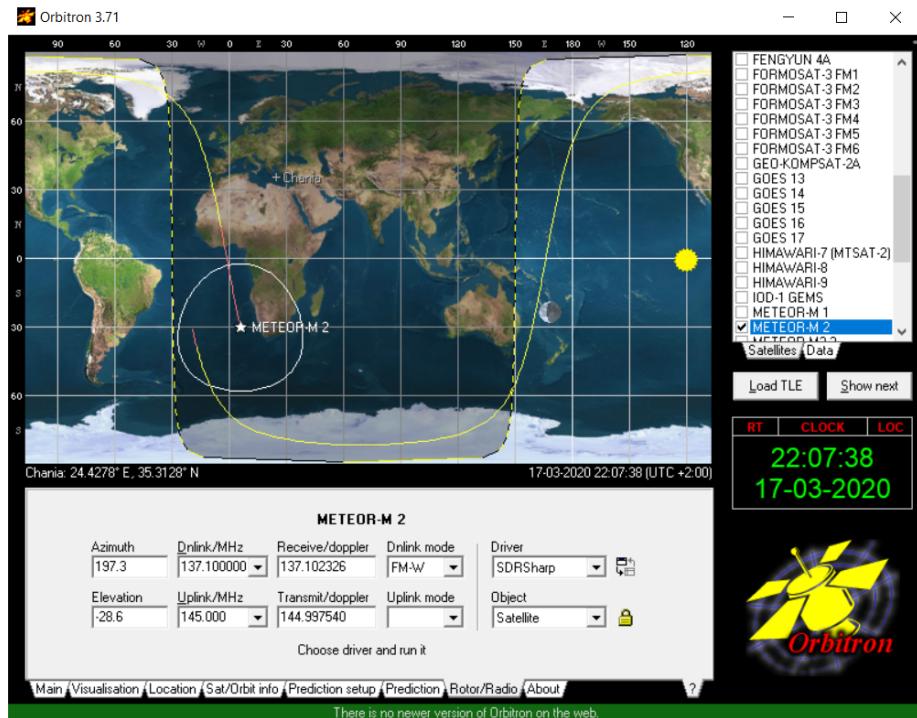


Εικόνα 7: Ρυθμίσεις Orbitron - 5.



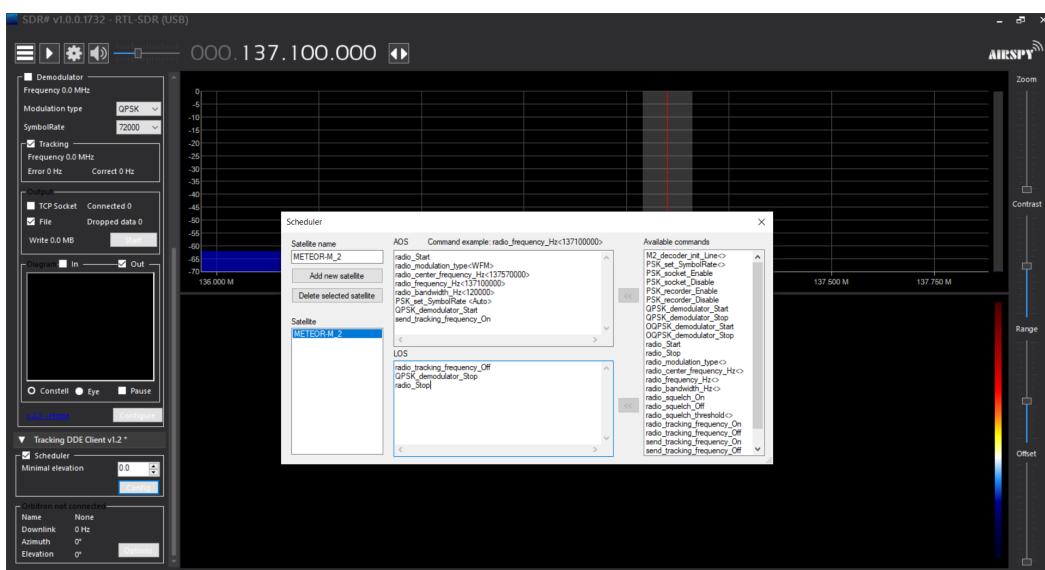
Εικόνα 8: Ρυθμίσεις Orbitron - 6.

6. Στο αρχικό παράθυρο του Orbitron πάτε στην καρτέλα *Rotor/Radio* και κάντε τις εξής ρυθμίσεις στον METEOR-M 2, όπως στην εικόνα παρακάτω. Θέστε την συχνότητα *Dnlink/MHz*: *137.100MHz*, το *Dnlink Mode*: *FM-W* και τον *Driver*: *SDRSharp*.



Εικόνα 9: Ρυθμίσεις Orbitron - 7.

7. Τέλος, κάντε κλικ στο κουμπάκι με τα 2 βελάκια και τα 2 παραθυράκια δίπλα στο Driver: SDRSharp. Θα παρατηρήσετε ότι θα ανοίξει το SDRSharp.
8. Αφού ανοίξει το SDRSharp θα δούμε στα αριστερά του παραθύρου τα plugins που πριν λίγο εγκαταστήσαμε. Στο DDE-Tracking Plugin, πατήστε το κουμπί *Options* και επιλέξτε το Orbitron αν δεν είναι ήδη επιλεγμένο. Έπειτα, πατήστε στο κουμπί *Config* και στο παράθυρο που θα ανοίξει πάνω αριστερά γράψτε ως *Satellite Name: METEOR-M\_2*, όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω και πατήστε *Add new satellite*.
9. Αντιγράψτε τις παρακάτω εντολές στο κουτί του *AOS (Acquisition of Signal/Satellite)*:  
 radio\_Start  
 radio\_modulation\_type<WFM>  
 radio\_center\_frequency\_Hz<137570000>  
 radio\_frequency\_Hz<137100000>  
 radio\_bandwidth\_Hz<120000>  
 PSK\_set\_SymbolRate<72000>  
 QPSK\_demodulator\_Start  
 send\_tracking\_frequency\_On
10. Αντιγράψτε τις παρακάτω εντολές στο κουτί του *LOS (Loss of Signal/Satellite)*:  
 send\_tracking\_frequency\_Off  
 QPSK\_demodulator\_Stop  
 radio\_Stop
11. Αφού αντιγράψετε τις παραπάνω εντολές, κλείστε το παράθυρο και αριστερά στο plugin του DDE-Tracking Client δώστε ως *Minimal elevation: 0.0*. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μόλις το Orbitron δώσει στο SDRSharp elevation δορυφόρου ίσο με 0°, τότε το SDRSharp θα ξεκινήσει αυτόματα όλη την διαδικασία λήψης, διόρθωσης του Doppler shift και αποδιαμόρφωσης του σήματος.



Εικόνα 10: Ρυθμίσεις DDE-Tracking Client.

## 5. Setup Meteor Demodulator Plugin

Στην αρχή του βήματος 4 έχει ήδη δειχθεί ο τρόπος εγκατάστασης του Meteor Demodulator Plugin. Το plugin της αποδιαμόρφωσης του σήματος του Meteor έχει ως έξοδο ένα .s αρχείο το οποίο θα δώσουμε ως είσοδο στον LRPT-Decoder για να μας δώσει την πολυπόλητη εικόνα. Το .s αρχείο θα είναι ουσιαστικά τα bits της QPSK που πρέπει να αποκωδικοποιήσουμε για να λάβουμε την εικόνα.

1. Στο Meteor Demodulator Plugin πατήστε στην κάτω μεριά το κουμπί *Configure* και στο παράθυρο που θα ανοίξει δώστε ως *PLL Bandwidth*: 100 και μετά πατήστε *Select Folder* και δώστε ως φάκελο αποθήκευσης των recordings, τον φάκελο εγκατάστασης του SDRSharp ή όποιον άλλο φάκελο επιθυμείτε.
2. Στο plugin του Meteor Demodulator, αντιγράψτε τις ρυθμίσεις που φαίνονται στα αριστερά της εικόνας παραπάνω. Συγκεκριμένα, δώστε ως *Modulation type*: *QPSK*, ως *SymbolRate*: *72000 symbols/second* και στο πλαίσιο του *Output* κάντε check μόνο στο *File*.

## 6. Setup LRPT-Decoder for Meteor M-N2

Όπως και με τα προηγούμενα εργαλεία, έτσι και με αυτό, κατεβάζουμε τον LRPT-Decoder και κάνουμε αποσυμπίεση τα αρχεία του στον φάκελο *C:\Meteor\LRPT Decoder*. Στον φάκελο αυτό, ανοίξτε το αρχείο *M2.LRPT\_Decoder.ini* με ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου όπως είναι το Notepad++ και αντικαταστήστε τα πάντα μέσα στο αρχείο με τις παρακάτω ρυθμίσεις.

```
[IN]
source=man
sat=M2
mode=72k
```

```
[OUT]
rgb=123.jpg
rgb_q=100
mono=yes
logs=no
APID70=no
VCDU=no
path=C:\Meteor\ImagesM2
```

```
[FAST]
FORMAT=bmp
R=1
G=2
B=3
```

Αποθηκεύστε και κλείστε το αρχείο. Δοκιμάστε να τρέξετε το πρόγραμμα *M2\_LRPT\_Decoder.exe*. Αν βλέπετε ένα παράθυρο όπως στην εικόνα παρακάτω, τότε είναι όλα εντάξει.



Εικόνα 11: LRPT Decoder.

## 7. Αποδιαμόρφωση σήματος QPSK

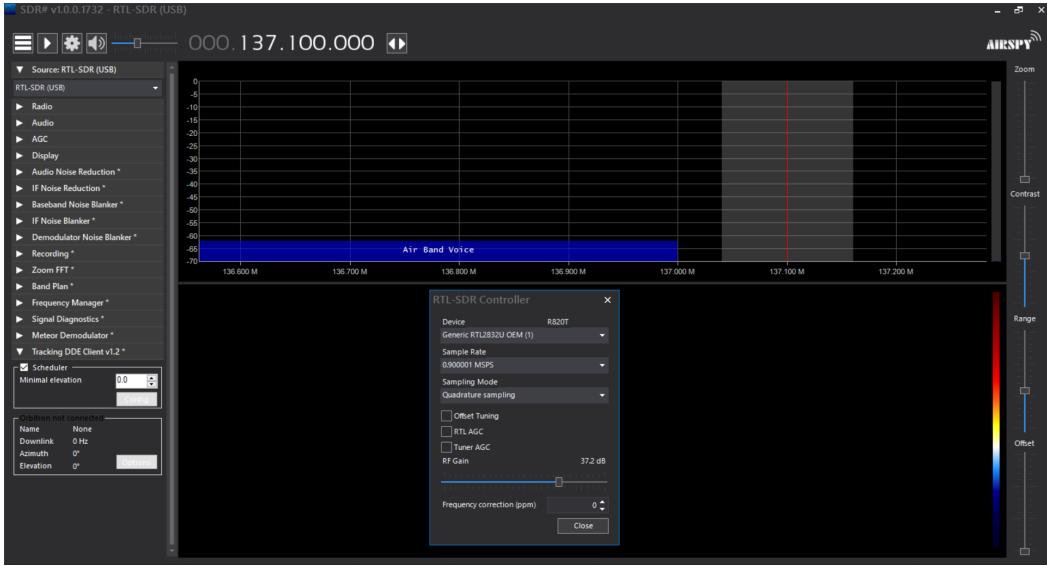
### 7.1. Διαδικασία λήψης και αποδιαμόρφωσης σήματος - Live

Αρχικά, πρέπει να ελέγξουμε πότε περνάει ο Meteor M-N2 με σχετικά καλό elevation πάνω από την Ελλάδα. Αν δεν χρησιμοποιούμε LNA, καλό θα ήταν να διαλέξουμε μια ημερομηνία που το elevation είναι τουλάχιστον  $50^{\circ} - 60^{\circ}$  διαφορετικά δε θα μπορέσουμε να λάβουμε εύκολα σήμα λόγω της μορφολογίας της περιοχής των Χανιών (τα Λευκά Όρη εμποδίζουν λίγο το σήμα σε χαμηλή ανύψωση δορυφόρου). Για να δούμε κάθε πότε περνάει ο δορυφόρος, αλλά και με τι elevation πρέπει να ελέγχουμε τακτικά το site της [N2YO](#), που έχει προβλέψεις για τις επόμενες 10 ημέρες.

Αφού επιλέξουμε μια ημερομηνία και ώρα, βγαίνουμε σε έναν εξωτερικό χώρο που δεν έχει εμπόδια γύρω μας όπως ψηλά κτίρια, ψηλά δέντρα κλπ. για να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερη λήψη.

Συνδέουμε το chain του receiver μας, κεραία→LNA→RTL-SDR→Laptop και ανοίγουμε το Orbitron. Αφού ανοίξει το Orbitron, πάμε στην καρτέλα *Rotor/Radio* και κάνουμε κλικ στο κουμπάκι με τα 2 βελάκια και τα 2 παραθυράκια δίπλα στο *Driver*: *SDRSharp* για να ανοίξουμε το SDRSharp.

Αφού ανοίξει το SDRSharp επιλέγουμε στην πάνω αριστερή μεριά του παραθύρου εκεί που λέει *Source*, το *RTL-SDR (USB)*. Στη συνέχεια, ακριβώς από πάνω, πατάμε το γρανάζι για να δώσουμε τις ρυθμίσεις του SDRSharp όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 12: Ρυθμίσεις SDRSharp.

Το μόνο που πρέπει να κάνουμε τώρα είναι να κρατάμε την κεραία μας με το άνοιγμα του διπόλου να κοιτάζει προς τον Βορρά και να περιμένουμε να περάσει τις  $0^\circ$  το elevation του δορυφόρου για να αρχίσει η αυτόματη διαδικασία. Μόλις τελειώσει το πέρασμα του δορυφόρου η διαδικασία αυτόματα θα σταματήσει και θα έχουμε λάβει το αποδιαμορφωμένο σήμα σε ένα .s αρχείο το οποίο θα βρίσκεται μέσα στον φάκελο εγκατάστασης του SDRSharp.

## 7.2. Διαδικασία αποδιαμόρφωσης σήματος - Offline

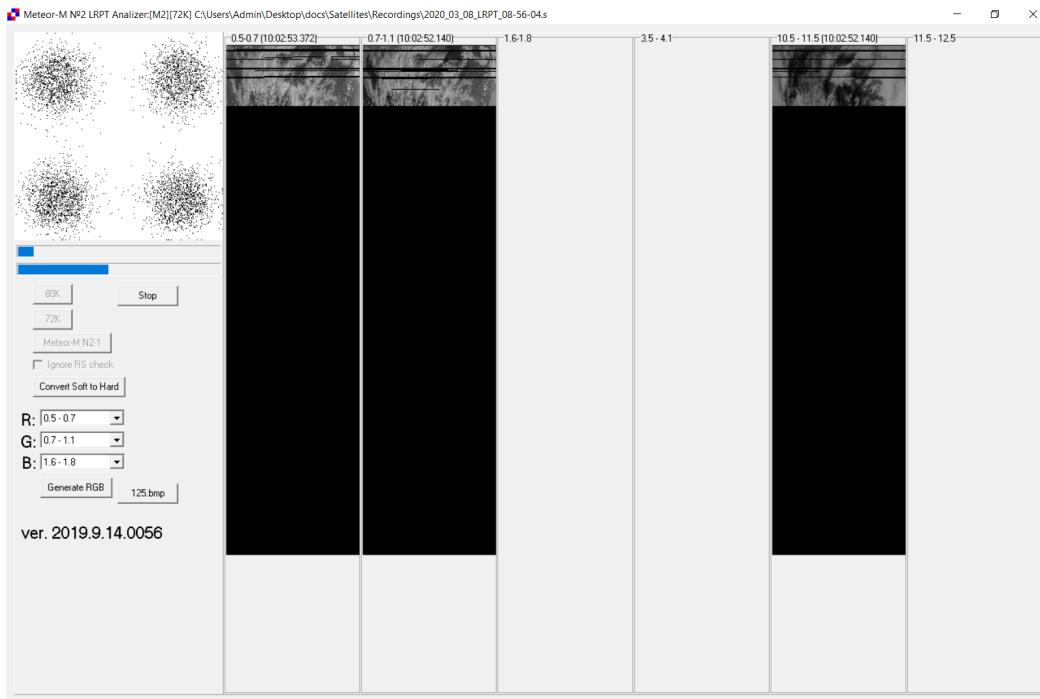
Σε αυτήν την περίπτωση όπως είδαμε και στο εργαστήριο του μαθήματος, δεν χρειαζόμαστε το πρόγραμμα Orbitron ούτε και το plugin DDE-Tracking Client, καθώς η διαδικασία λήψης του σήματος αλλά και διόρθωσης του Doppler-shift του έχει ήδη γίνει για εσάς. Αρχικά, πρέπει να φορτώσετε το .wav αρχείο που σας δόθηκε στο SDRSharp, πατώντας πάνω αριστερά στη λίστα *Source* και διαλέγοντας *I/Q File (\*.wav)*. Στο παράθυρο που θα ανοίξει, πηγαίντε στον φάκελο μέσα στον οποίο κατεβάσατε το .wav αρχείο και επιλέξτε το. Ως επόμενο βήμα, πατήστε στα αριστερά την επιλογή *Radio*, ακριβώς κάτω από την επιλογή *Source*. Κάντε τις στο *WFM*, δώστε ως *Bandwidth*: *120,000 Hz* και τέλος κάντε τις και στο κουτάκι του *Correct IQ*.

Εχοντας τελειώσει με τις ρυθμίσεις πάμε στα αριστερά πάλι, στο *Meteor Demodulator plugin*, δώστε ως *Modulation type*: *QPSK*, ως *SymbolRate*: *72000 symbols/second*, στο πλαίσιο του *Output* κάντε check μόνο στο *File* και μην κάνετε τις στο κουτάκι που γράφει *Tracking*. Τέλος, κάντε τις στο κουτάκι πάνω αριστερά στο plugin που λέει *Demodulator* και έπειτα πατήστε το κουμπί *Play* τέρμα πάνω αριστερά στο παράθυρο του SDRSharp.

Περιμένουμε λίγη ώρα να τελειώσει η διαδικασία της αποδιαμόρφωσης για να λάβουμε ένα .s αρχείο που ουσιαστικά περιλαμβάνει τα σύμβολα της QPSK. Το αρχείο αυτό θα το βρείτε μέσα στον φάκελο εγκατάστασης του SDRSharp. Αν το SDRSharp δεν σταματήσει μόνο του όταν δείτε να έχει χαθεί τελείως το σήμα από το φάσμα που παρατηρούμε, τότε πατήστε το κουμπί *Stop* τέρμα πάνω αριστερά στο παράθυρο του SDRSharp. Ένας ακόμη τρόπος για να καταλάβουμε ότι το playback του .wav αρχείου έχει τελειώσει, είναι να δούμε αν αλλάζει το μέγεθος του αρχείου .s όπως φαίνεται στο Meteor Demodulator plugin στο σημείο που γράφει *Write X MB*.

## 8. Εμφάνιση δορυφορικής μετεωρολογικής εικόνας

Για να δούμε την εικόνα, ανοίγουμε το πρόγραμμα M2\_LRPT\_Decoder.exe και πατάμε το κουμπί 72K. Στο παράθυρο που ανοίγει, δίνουμε το .s αρχείο που λάβαμε στο προηγούμενο βήμα και η διαδικασία αποκωδικοποίησης του σήματος και εμφάνισης της εικόνας θα ξεκινήσει, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13 παρακάτω.



Εικόνα 13: Αποκωδικοποίηση του αποδιαμορφωμένου σήματος με τον LRPT Decoder.

Μόλις τελειώσει και αυτή η διαδικασία θα λάβουμε 3 εικόνες στον φάκελο *C:\Meteor\ImagesM2*, μια για κάθε channel εκπομπής που είναι ενεργό στον Meteor. Για να ελέγξουμε ποιά channels εκπομπής είναι ενεργά κατά τη διάρκεια της λήψης του σήματος μας, πάμε στην παρακάτω ιστοσελίδα, [http://happysat.nl/Meteor/html/Meteor\\_Status.html](http://happysat.nl/Meteor/html/Meteor_Status.html), και ελέγχουμε για τον Meteor-M N2 τι αναγράφεται ως τιμή στα Active Channels. Αν αναγράφεται Channel 1 Visible (0.5 0.7), Channel 2 Visible (0.7 1.1), Channel 3 Visible (1.6 1.8) τότε αυτό σημαίνει ότι για να λάβουμε μια έγχρωμη εικόνα πρέπει να δώσουμε στο R την πρώτη τιμή από το dropdown menu, δηλαδή 0.5 - 0.7, στο G την δεύτερη τιμή από το dropdown menu, δηλαδή 0.7 - 1.1 και στο B την τρίτη τιμή από το dropdown menu, δηλαδή 1.6 - 1.8. Στο παράδειγμα της Εικόνας 13, τα κανάλια που ήταν ενεργά στον Meteor κατά την περίοδο λήψης τους σήματος ήταν τα 1,2,3 και όπως παρατηρείτε έχουν δοθεί οι αντίστοιχες τιμές και στα κουτάκια *RGB*. Αφού δώσουμε στα κουτάκια τις σωστές τιμές τότε πατάμε το κουμπί *Generate RGB* και λαμβάνουμε την έγχρωμη εικόνα στον φάκελο που αναφέρεται στην αρχή αυτής της παραγράφου, ενώ ταυτόχρονα θα ανοίξει και ένα μικρό παράθυρο για να μπορέσουμε να δούμε πως μοιάζει η εικόνα που πήραμε. Στο σήμα που δόθηκε σε εσάς για την εργασία, ήταν ενεργά τα κανάλια 1 (0.5 - 0.7) για το *R:Red* και 2 (0.7 - 1.1) για τα *G:Green* και *B:Blue*. Μπορείτε αν θέλετε να πειραματιστείτε και με άλλες τιμές στα κουτιά *RGB* για να δείτε και *Infrared*, *Thermal* και άλλου τύπου εικόνες.

## 9. Smooth Meteor/LRPT Image Processor

Τα δυο αυτά προγράμματα δεν είναι απαραίτητα στην παραπάνω διαδικασία, αλλά μπορούν να χρησιμεύσουν στην βελτίωση της τελικής εικόνας που θα λάβουμε από τον δορυφόρο, διορθώνοντας τη γεωμετρία της εικόνας ή ενισχύοντας τις περιοχές βλάστησης στη Γη και άλλα πολλά. Για αυτόν τον λόγο δεν θα επεκταθούμε καθόλου σε αυτά και θα αφεθούν στην ευχέρεια του αναγνώστη.

## 10. Ερωτήσεις

1. Για ποιο λόγο χρειάζεται σύνδεση του λογισμικού με έναν εξυπηρετητή network time protocol (NTP); Απαντήστε συνοπτικά.
2. Διαβάστε την δομή ενός two line element (TLE) [7]. Εξηγήστε πώς μπορεί να γίνει πρόβλεψη της θέσης του δορυφόρου μια δεδομένη μέρα και ώρα, με βάση ένα TLE που αναφέρεται σε χρονική στιγμή, μίας εβδομάδας πριν. Η απάντησή σας θα πρέπει να χρησιμοποιήσει (μόνο) γνώσεις και εξισώσεις που διδάχθηκαν στο μάθημα. Απαντήστε συνοπτικά.
3. Κατεβάστε το .wav αρχείο με τα I/Q samples της QPSK από το link που σας δόθηκε στο Courses. Ακολουθήστε τις οδηγίες των βημάτων 3 (μόνο το SDRSharp, 1η παράγραφος), 5, 6, 7.2 και 8 ώστε να καταλήξετε στην εικόνα. Ποιά περιοχή του κόσμου δείχνει η εικόνα; Παραδώστε την εικόνα.

## Βιβλιογραφία

- [1] RTL-SDR (RTL2832U) dongle: <https://www.rtl-sdr.com/buy-rtl-sdr-dvb-t-dongles/>.
- [2] SAWbird+ NOAA LNA 137MHz: <https://www.nooelec.com/store/sdr/sdr-addons/sawbird-sawbird-plus-noaa-308.html>.
- [3] 137 MHz WX SAT V-dipole antenna: <http://lna4all.blogspot.com/2017/02/diy-137-mhz-wx-sat-v.html>.
- [4] Meteor M-N2 and N2-2 Satellite Operational Status: [http://happysat.nl/Meteor/html/Meteor\\_Status.html](http://happysat.nl/Meteor/html/Meteor_Status.html).
- [5] Configuring the reception of weather images from Russian meteorological satellites of the METEOR-M series: <https://r4uab.ru/priyom-meteosnimkov-so-sputnikov-meteor-m/>.
- [6] Setup Meteor M-N2/N2-2 with LRPT-Decoder: [http://happysat.nl/Setup\\_Meteor/Setup.html](http://happysat.nl/Setup_Meteor/Setup.html).
- [7] Two-Line element set: [https://en.wikipedia.org/wiki/Two-line\\_element\\_set](https://en.wikipedia.org/wiki/Two-line_element_set)