



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ  
ΗΛΙΑΚΟΥ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ARTEMIS IV / JLS**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΩΝ-ΝΟΣ ΧΑΡΙΛΑΣ**

**ΑΜ:00009**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΕΛΑΝΤΕΣ**

**ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ**

**ΛΑΜΙΑ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2023**



## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

«Ο υπογράφων Γεώργιος Κων/νος Χαρίλας , δηλώνω ότι:

1. Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία με τίτλο “ Επεξεργασία δεδομένων από παρατηρήσεις του Ηλιακού ραδιοφασματογράφου ARTEMIS IV/JLS” είναι καρπός δικής μου εργασίας.
2. Σε οποιοδήποτε σημείο του κειμένου έχει χρησιμοποιηθεί αυτούσιο κείμενο από άλλη εργασία, βιβλίο, άρθρο, ιστοσελίδα κλπ., αυτό περικλείεται υποχρεωτικά σε εισαγωγικά και αναφέρεται η ακριβής προέλευσή του με σχετική αναφορά στη βιβλιογραφία της Πτυχιακής Εργασίας. Χρήση αυτούσιου κειμένου χωρίς εισαγωγικά και χωρίς αναφορά στην πηγή θεωρείται λογοκλοπή. Χρήση αυτούσιου κειμένου χωρίς εισαγωγικά ακόμα κι αν αναφέρεται η πηγή του θεωρείται αντιγραφή. Αντίστοιχα αναφέρονται και οι εξισώσεις, τμήματα κώδικα, φωτογραφίες, πίνακες κλπ. τα οποία δεν είναι αποκλειστικά καρπός δικής μου εργασίας.

Γεώργιος Κων/νος Χαρίλας

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Γεώργιο Βελντέ Επικουρο Καθηγητή του τμήματος Φυσικής για την τιμή που μου έκανε να έχει την επίβλεψη της εργασίας μου. Η συνεχής και αδιάλειπτη βοήθεια του σε επιστημονικό αλλά και ηθικό επίπεδο, ήταν πολύτιμη και καθοριστική για την υλοποίηση της. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Φυσικής Κ.Φάνη Σμάνη, για την αμέριστη συμπαράσταση και παροχή επιστημονικού υλικού. Τέλος οφείλω πολλές ευχαριστίες στις Κυρίες Δήμητρα Ανδρίτσου, Αλεξάνδρα Μίγκου, Αγγελική Αναγνωστοπούλου, μέλη της Βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει σαν αντικείμενο μελέτης τα δεδομένα από παρατηρήσεις του Ηλιακού ραδιοφασματογράφου ARTEMIS IV/JLS. Γίνεται αρχικά μια αναφορά στη ερευνητική υποδομή του και στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά, εμπορικά λογισμικά, για τη μελέτη των δεδομένων του ραδιοφασματογράφου. Το βασικό θέμα μελέτης και ανάλυσης είναι οι ραδιοεξάρσεις τύπου III. Παρουσιάζονται τα δυναμικά φάσματα των αρχείων λήψης του ARTEMIS IV και πραγματοποιείται, μελέτη και ανάλυση της ροής ακτινοβολίας (FLUX), με πρωτότυπες υπολογιστικές ρουτίνες και χρήση των προαναφερθέντων εμπορικών λογισμικών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η ανάλυση και παρουσίαση των ραδιεξάρσεων που κατέγραψε ο Ηλιακός ραδιοφασματογράφος ARTEMIS IV/JLS, που βρίσκεται στο δορυφορικό σταθμό του ΟΤΕ, στις Θερμοπύλες.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στη δημιουργία των ραδιεξάρσεων και ειδικότερα στη κατηγορία τύπου III. Επίσης παρουσιάζεται η ερευνητική υποδομή του ARTEMIS IV/JLS, ο ραδιοφασματογράφος ASG, το GPS, ο H/Y που συνδέεται με τον ASG καθώς και το δωμάτιο ελέγχου. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις δυο βασικές κεραίες, την παραβολική και την Διπολική ανεστραμμένου V. Επίσης περιγράφονται η απόκτηση δεδομένων από τον ASG, τα δυναμικά φάσματα καθώς και τα είδη των διάφορων παρεμβολών, που αποτελούν ουσιαστικό μέρος για την ανάλυση του ραδιοφάσματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση των αρχείων FITS (flexible images transport system), που αποτελούν το πιο βασικό εργαλείο μεταφοράς αστρονομικών δεδομένων. Περιγράφεται και ερμηνεύεται η δομική τους σύσταση καθώς και η λειτουργία τους. Εδώ πρέπει να προσθέσουμε ότι ένα σημαντικό μέρος των δεδομένων που λαμβάνουμε από τον ASG είναι αρχεία FITS. Γίνεται μια λεπτομερής παρουσίαση των λειτουργιών του προγράμματός SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory), του Αστρονομικού Ινστιτούτου του Harvard.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερής επεξεργασία των δεδομένων του ASG αναλυτή. Αυτό πραγματοποιείται με δυο βασικές μεθόδους τεμαχισμού δεδομένων (extracting) που βασίζονται στο πρόγραμμα του EXCELL, αλλά και σε πρωτότυπο κώδικα της Python. Και οι δυο μέθοδοι περιγράφονται με λεπτομέρεια όπου ο βασικός λειτουργικός σκοπός τους, είναι να διαιρέσουν αρχεία τύπου FLX του ASG. Τα αρχεία

FLX παρέχουν πληροφορίες της ροής ακτινοβολίας (FLUX) συναρτήσει του χρόνου. Η ανάλυση και παρουσίασή τους γίνεται επίσης και με το εμπορικό λογισμικό Grapher. Έχουμε επιλέξει δέκα αρχεία, δυο χρονικών περιόδων, από το ARTEMIS IV/, όπου γίνεται σύγκριση και εκτίμηση των τιμών των ροών της ακτινοβολίας, καθώς και σχολιασμός του είδους των παρεμβολών που εμφανίζεται στο ραδιοφάσμα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

|                                                        |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| <b>1.1 Ηλιακές ραδιοεξάρσεις τύπου III</b>             | <b>1</b> |
| 1.1.1 Μαγνητικά πεδία του Ήλιου                        | 1-2      |
| 1.1.2 Ηλιακές ραδιοεξάρσεις                            | 2        |
| 1.1.3 Ραδιοεξάρσεις τύπου III                          | 3-4      |
| 1.1.4 Στάδια δημιουργίας ραδιοεξάρσεων τύπου III       | 5        |
| <b>1.2 Ο Ηλιακός ραδιοφασματογράφος ARTEMIS IV/JLS</b> |          |
| 1.2.1 Εισαγωγή                                         | 6 -7     |
| 1.2.2 Οι δυο κεραίες του ARTEMIS IV                    | 9-12     |
| 1.2.3 Απόκτηση δεδομένων από τον ASG                   | 12-16    |
| 1.2.4 Βαθμονόμηση                                      | 16-20    |
| 1.2.5 Ανάλυση και αξιολόγηση δεδομένων                 | 20-23    |

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

|                                                          |              |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| <b>2.1 Τι είναι τα αρχεία FITS</b>                       | <b>24-32</b> |
| <b>2.2 World Coordinate System</b>                       | <b>32-33</b> |
| <b>2.3 Χρήση και εφαρμογή του SAODS9 στα αρχεία FITS</b> |              |
| 2.3.1 Γνωριμία με το SAODS9                              | 34           |
| 2.3.2 Βασικές λειτουργίες του SAO                        |              |
| 2.3.2.1 Διεπαφή με το SAO                                | 34           |
| 2.3.2.2 Πίνακας πληροφοριών                              | 34-35        |
| 2.3.2.3 Panner                                           | 35           |
| 2.3.2.4 Μεγεθυντικός φακός                               | 36           |
| 2.3.2.5 Χειριστήριά                                      | 36           |
| 2.3.2.6 Πλαίσιο Οθόνης                                   | 37           |
| 2.3.2.7 Colors                                           | 37           |
| 2.3.2.8 Δημιουργία περιγραμμάτων                         | 38           |



|                                                                          |              |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>2.3.2.9 Οριζόντιο και κάθετο γράφημα φωτεινότητας εικονοστοιχείων</b> | <b>39</b>    |
| <b>2.3.2.10 Στατιστικά συμπεράσματα σε μια περιοχή εικόνας</b>           | <b>40-41</b> |
| <b>2.3.2.11 Ιστόγραμμα</b>                                               | <b>41-42</b> |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

|                                                                  |              |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>3.1 Επεξεργασία δεδομένων από τον ASG αναλυτή</b>             | <b>43-44</b> |
| <b>3.1.α Διαχωρισμός των δεδομένων με χρήση του EXCELL</b>       | <b>45-47</b> |
| <b>3.1.β Διαχωρισμός των δεδομένων με εφαρμογή κώδικα Python</b> | <b>47</b>    |
| <b>3.2 Παρουσίαση και ανάλυση ραδιεξάρσεων τύπου III</b>         | <b>48-70</b> |
| <b>3.3 Σύγκριση γραφικών παραστάσεων TIME-FLUX , δυο ομάδων</b>  | <b>71-72</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>                                               | <b>73-74</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>                                               | <b>75-76</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</b>                                               | <b>77-78</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>                                              | <b>79</b>    |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΗΛΙΑΚΕΣ ΕΞΑΡΣΕΙΣ ΣΤΑ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ

#### 1.1. Ηλιακές ραδιοεξάρσεις τύπου III.

##### 1.1.1 Μαγνητικά πεδία του Ηλίου.

Η δημιουργία μαγνητικών πεδίων αποτελεί χαρακτηριστική και συνεχή δραστηριότητα του Ηλίου. Χωρίζονται κυρίως σε αυτά που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του Ηλίου και σε αυτά που αναπτύσσονται τοπικά. Η έντασή τους είναι αντίστοιχα, περίπου  $2.5$  και  $10^3$  Gauss. Σύμφωνα με τις θεωρίες που υπάρχουν για την δημιουργία τους, αυτά τα πεδία δημιουργούνται από την κίνηση του πλάσματος στην περιοχή, κάτω από την φωτόσφαιρα. Στη παραγωγή των πεδίων που εκτείνονται σε όλη την επιφάνεια, συμβάλει και η διαφορική κίνηση του Ηλίου. Για τα ισχυρά τοπικά πεδία επικρατεί η ερμηνεία ότι οφείλονται στο ότι το πλάσμα μπορεί να επηρεάσει το μαγνητικό πεδίο και να δημιουργήσει την εικόνα «παγωμένων» δυναμικών γραμμών. Η ένταση του πεδίου αυξάνεται διότι μεταβάλλεται η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών. Αυτό συμβαίνει γιατί η κάθετη μετατόπιση θερμότητας στις δυναμικές γραμμές προκαλεί συμπίεση της ύλης. Έχουμε επίσης, έντονη μαγνητική δραστηριότητα όταν ο ηλιακός κύκλος είναι στο μέγιστο του. Τότε έχουμε φαινόμενα ηλιακών εκλάμψεων αλλά και εκτοξεύσεις εκατομμυρίων τόνων μάζας από την περιοχή του στέμματος του Ηλίου. Η τεράστια ύλη που εκτινάσσεται οφείλεται στη βίαιη αλλαγή της ενέργειας από μαγνητική σε κινητική ενέργεια πλάσματος. Επίσης λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας της ύλης έχουμε επιτάχυνση των σωματιδίων.

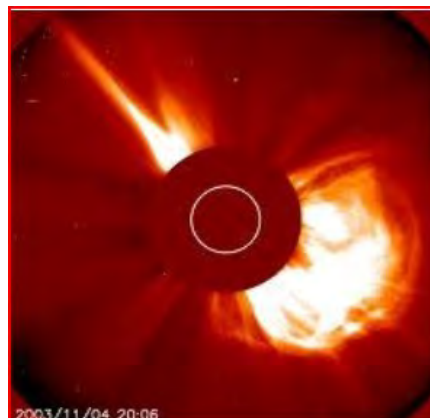
Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στην ύλη και στην ατμόσφαιρα του Ηλίου έχει σαν αποτέλεσμα η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία να αυξάνεται πολύ γρήγορα και απότομα. Τότε έχουμε εμφάνιση ακτινών X (μαλακές, σκληρές), υπεριώδους ακτινοβολία,

ραδιοκύματα, καθώς και ορατό φως. Επίσης εκλύεται τεράστια ποσότητα ενέργειας περίπου  $10^{19}$ -  $10^{31}$  erg και έχουμε τον σχηματισμό βρόχων από την ύλη του στέμματος.



**Εικόνα 1.1.α.**Εκλαμψη 23/10/2010

Η καταγραφή έγινε από το SOHO



**Εικόνα 1.1.β.**Φαινομενο CME,4/11/2003.

Καταγράφηκε από το SOHO/LASCO.

(coronal mass ejections)

### 1.1.2.Ηλιακές ραδιοεξάρσεις

Οι ραδιοεξάρσεις είναι ηλιακή ακτινοβολία που συμβαίνει στη περιοχή του στέμματος αλλά και στον Ηλιακό άνεμο. Έχουν διάρκεια από μερικά δευτερόλεπτα έως ημέρες. Οι ραδιοεξάρσεις παρουσιάζουν τεράστιο ενδιαφέρον για μελέτη διότι είναι το αποτέλεσμα της δράσης του πλάσματος στην ατμόσφαιρα του Ηλίου. Οι ραδιοεξάρσεις ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την εικόνα που εμφανίζουν τα δυναμικά τους φάσματα στους ηλιακούς ραδιοφασματογράφους. Στα δυναμικά φάσματα καταγράφεται ο χρόνος (οριζόντιος άξονας) και η συχνότητα (κάθετος άξονας) κάθε ραδιοπαρατήρησης.

Οι ραδιοεξάρσεις ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες και υποκατηγορίες:

1.Ραδιοφαινόμενα τύπου I η στιγμιαίες ραδιοεξάρσεις.

2.Ραδιοεξάρσεις συνεχούς ζώνης που διακρίνονται σε:

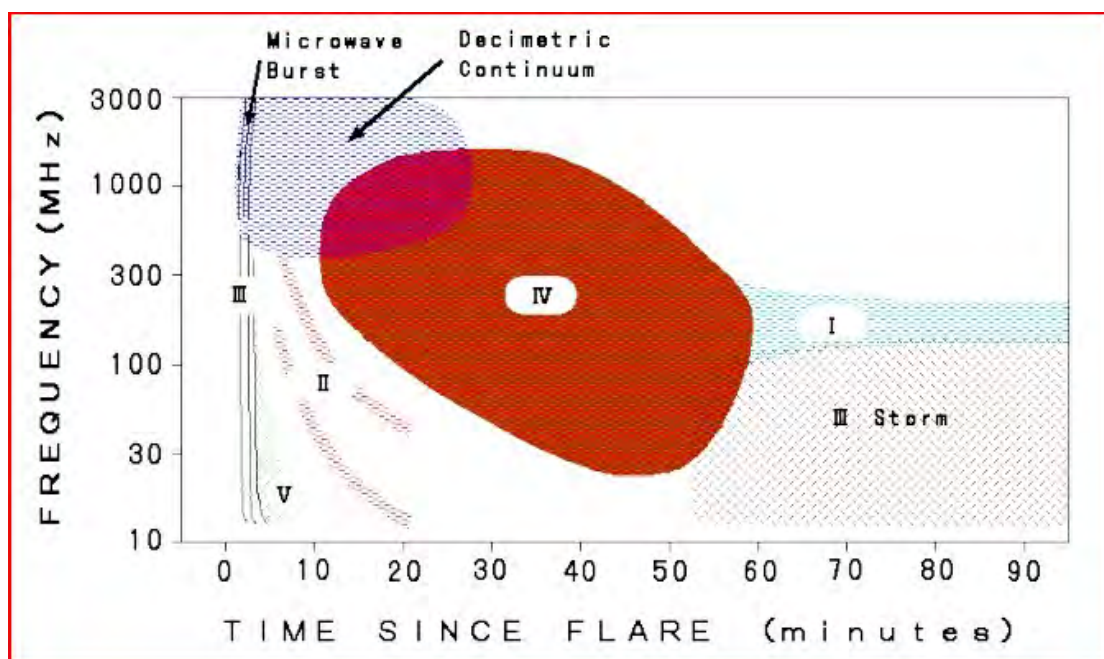
α. τύπου II

β. τύπου III

3. Συνεχεις ραδιοεξάρσεις που διακρίνονται σε :

α. τύπου IV

β. τύπου V.

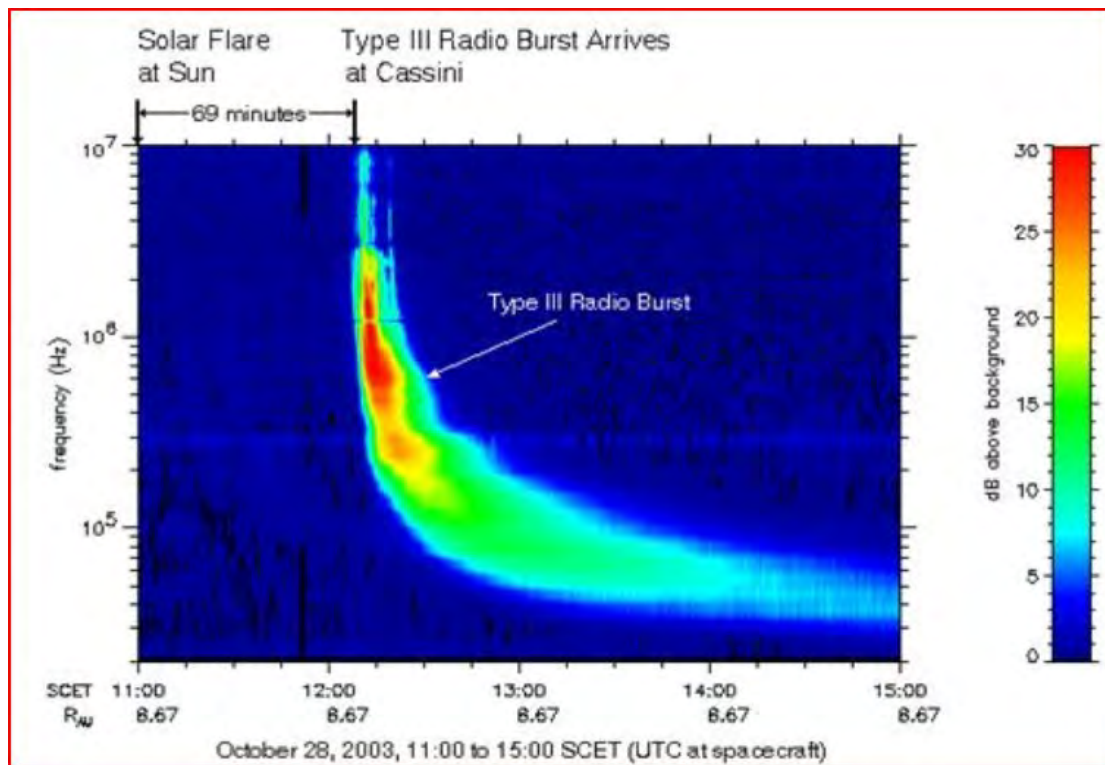


**Εικόνα 1.2.** Δυναμικά φάσματα διάφορων τύπων ραδιοεξάρσεων. (I, II, III, IV και V). [1].

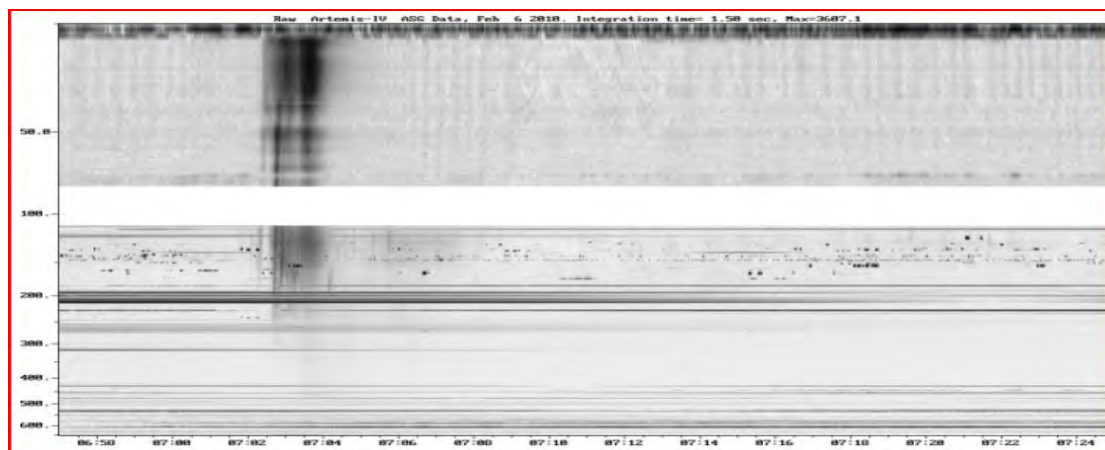
### 1.1.3 Ραδιοεξάρσεις τύπου III.

Κύριο χαρακτηριστικό των ραδιοεξάρσεων τύπου III, είναι η εικόνα που παρουσιάζουν στο ραδιοφάσμα τους. Ολισθαίνουν πολύ γρήγορα σε μικρότερες συχνότητες και παραμένουν πολύ λίγα δευτερόλεπτα σε κάθε συχνότητα μεμονωμένα. (Εικ. 1.3). Οι ραδιοεξάρσεις τύπου III οφείλουν την ύπαρξη τους στα υπέρθερμα ηλεκτρόνια που οι ταχύτητες τους είναι της τάξεως 0.05c μέχρι 0.3c. Οι τροχιές τους είναι πάνω στις δυναμικές γραμμές του στέμματος, ταξιδεύουν προς τα έξω και οι ενέργειες τους είναι από 1KeV έως 100KeV. Η ταχύτητα των ραδιοεξάρσεων είναι της τάξεως της ταχύτητας

του φωτός.(1AAU/8min).Ελαττώνουν, τη συχνότητά τους καθώς τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τον Ήλιο. Μια πτώση της συχνότητας από  $10^7$  MHz στα  $3 \times 10^4$  MHz διαρκεί 3 ώρες περίπου.



**Εικόνα 1.3.** Ραδιοέξαρση τύπου III, καταγράφηκε από το Cassini .(28/10/2003).



**Εικόνα 1.4.** Φαινόμενα τύπου III. Καταγραφή από το ARTEMIS IV(6/2/2010).

#### 1.1.4 Στάδια δημιουργίας ραδιοεξάρσεων τύπου III.[1]

- **Πρώτο Στάδιο.**

Καθώς τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τον Ήλιο, αφού επιταχυνθούν και αναπτύξουν ενέργειες κάποιων KeV δημιουργούν σε τοπικό επίπεδο ταλαντώσεις πλάσματος. Αν ονομάσουμε με  $f_p$  την συχνότητα πλάσματος και  $n_e$  την πυκνότητα των ηλεκτρονίων πλάσματος, τότε ισχύει η σχέση:

$$f_p = 9(n_e)^{1/2} \quad (1.1)$$

όπου οι μονάδες συχνότητας  $f_p$  είναι σε KHz και της  $n_e$  είναι σε  $\text{cm}^{-3}$ .

- **Δεύτερο Στάδιο.**

Οι παραπάνω ταλαντώσεις του πλάσματος δημιουργούν μη γραμμικά κύματα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η συχνότητα αυτών των κυμάτων ελαττώνεται με το χρόνο καθώς τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τον Ήλιο. Οι ραδιοεξάρσεις φαίνονται τότε ότι έχουν ξεκινήσει με καθυστέρηση.

Σήμερα, οι σύγχρονοι μέθοδοι καταγραφής ραδιοσημάτων, εντοπίζουν την πηγή των ραδιοεξάρσεων τύπου III. Η ακτινική απόσταση από το σημείο εκπομπής καθορίζεται από ένα συνδυασμό θεωρητικού μοντέλου της πυκνότητας και της συχνότητας που αποτελεί μέτρηση της πυκνότητας του πλάσματος της πηγής.[1].

## **1.2. Ο Ηλιακός ραδιοφασματογράφος ARTEMIS IV/JLS του πανεπιστημίου Αθηνών.**

### **1.2.1 Εισαγωγή.**

Στο δορυφορικό Σταθμό Θερμοπυλών, του ΟΤΕ (38.824166° N, 22.686666° E) είναι εγκατεστημένος ο βελτιωμένος ηλιακός Ραδιοφασματογράφος του ΕΚΠΑ.

Ο ARTEMIS IV /JLS αποτελεί ένα πλήρες σύστημα καταγραφής διαφόρων φαινομένων που συμβαίνουν στο στέμμα του ηλίου και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την εξέλιξη και πορεία διαφόρων ηλιακών γεγονότων που φθάνουν αργότερα στη γη.

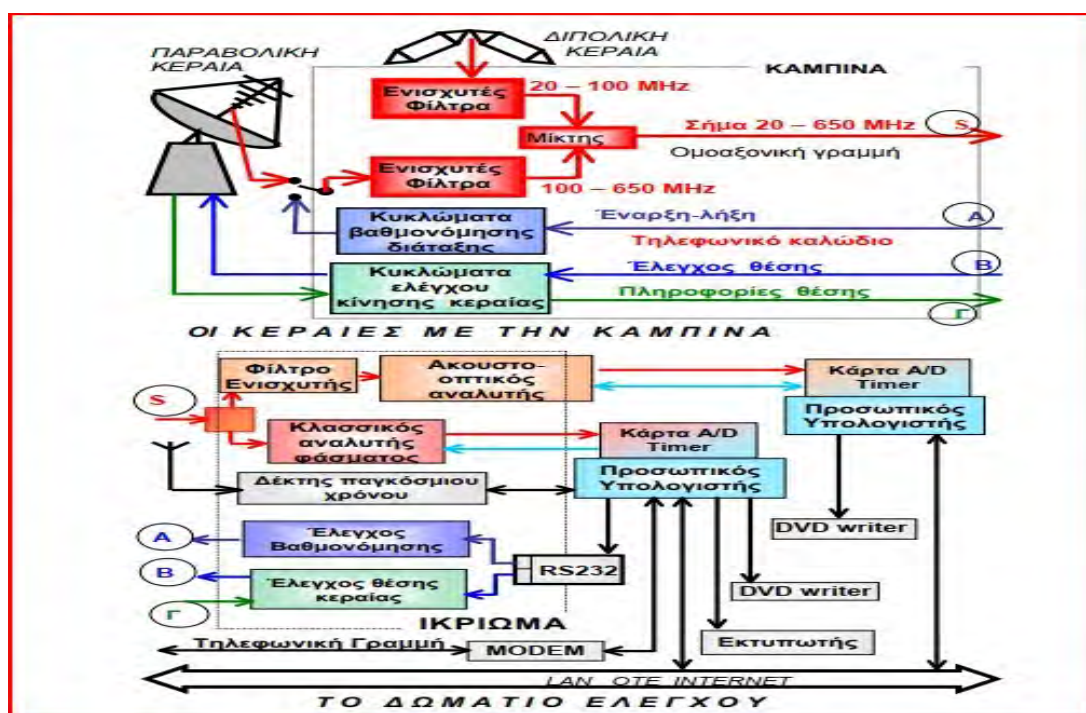
Οι ηλιακές ραδιοεξάρσεις καταγράφονται σε καθημερινή βάση. Οι ηλιακές ραδιοεξάρσεις συμβαίνουν στη κατώτερη περιοχή του ηλιακού στέμματος. Για να μπορούμε να καταγράψουμε νέα ηλιακά γεγονότα στο υψηλότερο στέμμα είναι αναγκαίο να επεκταθούμε σε χαμηλότερες συχνότητες για να επιτευχθεί η αποκοπή της τοπικής ιονόσφαιρας. Η συχνότητα αποκοπής είναι κατά προσέγγιση 10 MHz. Το εύρος συχνοτήτων 10-20 MHz δέχεται πολλές παρεμβολές από ισχυρές εκπομπές βραχέων κυμάτων και ως εκ τούτου καθίστανται ακατάλληλες για χρήση στη ραδιοφασματογραφία. Στο εύρος συχνοτήτων κάτω από 100 MHz οι ηλιακές ραδιοεκρήξεις παρατηρούνται εύκολα γιατί είναι πολύ ισχυρές. Έτσι κρίθηκε αναγκαία η κατασκευή μιας κεραίας προκειμένου να καλυφθεί η περιοχή 20-100 MHz συχνοτήτων. Ένας δεύτερος σημαντικός λόγος επιλογής χαμηλών συχνοτήτων αποτέλεσε και η συνεργασία με το πείραμα STEREO-WAVES το οποίο χρησιμοποιεί συχνότητες στην περιοχή 10KHz-16MHz και έχει σταθερή συχνότητα δέκτη 50 MHz.

Ο Ραδιοφασματογράφος ARTEMIS IV/JLS λειτουργεί σε συχνότητες από 20 έως 650 MHz. Το κύριο στοιχείο του είναι μια κινούμενη παραβολική κεραία που τροφοδοτείται από μία περιοδική-λογαριθμική κεραία που καλύπτει τις συχνότητες 100 έως 650 MHz. Επίσης η διάταξη περιλαμβάνει και μία σταθερή κεραία δίπολου

αντεστραμμένου  $V$  , που καλύπτει τη ζώνη συχνοτήτων από 20 έως 100 MHz. Ένας combiner παίρνει το σήμα από τις κεραίες και μέσω ενός ομοαξονικού καλωδίου (χαρκτηριστικής αντίστασης  $50\Omega$ ) μήκους 70m ,χαμηλών απωλειών το στέλνει στο δωμάτιο ελέγχου. Στη συνέχεια το σήμα μέσω ενός διαχωριστή καταλήγει σε δυο δέκτες οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα. Ο ένας εξ αυτών(ASG) καλύπτει 10 φάσματα ανά δευτερόλεπτο και έχει 630 κανάλια ανά φάσμα. Ο άλλος δέκτης (SAO) ,ο οποίος είναι οπτικοακουστικός καλύπτει τις συχνότητες από 270 έως 450 MHz και 100 φάσματα με 128 κανάλια ανά φάσμα. Το όλο σύστημα είναι συνδεδεμένο με δυο υπολογιστές, ένας για κάθε δέκτη. Η ανάλυση είναι 12-bit και ο ρυθμός δειγματοληψίας 225 KSample ανά δευτερόλεπτο. Όλη η διάταξη είναι πλήρως αυτοματοποιημένη .Οι παρατηρήσεις γίνονται σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα όπου καθημερινά έχουμε λήψη καθολικής ώρας (από GPS) και η κεραία « βλέπει », συνεχώς τον Ήλιο. Το σύστημα μπορεί να ελεγχθεί μέσω διαδικτύου. Πρέπει να σημειωθεί δε ότι με την πάροδο των ετών, η φθορά των υλικών, προκάλεσε διάφορες βλάβες, μη επισκευάσιμες. Τα φθαρμένα υλικά κρίθηκαν ακατάλληλα και έγινε αντικατάσταση με σύγχρονα ψηφιακά συστήματα, με αναβαθμισμένο λογισμικό . [2].



Στην ακόλουθη Εικ. 1.5, βλέπουμε το block διάγραμμα του ηλιακού ραδιοφασματογράφου και τα βασικά μέρη του.



**Εικόνα 1.5.** Συνοπτικό διάγραμμα δομικής σύστασης του ηλιακού ραδιοφασματογράφου ARTEMIS IV /JLS. [2]



**Εικόνα 1.6.** Στην φωτογραφία διακρίνονται από πάνω προς τα κάτω: 1. Η μετόπη του κυκλώματος που ελέγχει την κίνηση της HB κεραίας με τις ενδείξεις θέσης. 2. Ο ραδιοφασματογράφος ASG και η οθόνη εμφάνισης φάσματος. 3. Το όργανο του GPS. 4. Τα κυκλώματα διασύνδεσης της RS32 του ASG PC με τα κυκλώματα κίνησης της κεραίας και της διάταξης βαθμονόμησης. [2]



**Εικόνα 1.7.**Άποψη του υπολογιστή του ASG.[2].

## **1.2.2 Οι δύο κεραίες του ARTEMIS IV.**

### **1.2.2.A) Παραβολική κεραία (High Band ,HB).**

Στη Εικ. 1.8 παρακάτω , βλέπουμε την παραβολική κεραία που έχει ο ARTEMIS IV/JLS. Η κεραία έχει διάμετρο 7 μέτρα και τροφοδοτείται από μια περιοδική - λογαριθμική κεραία που καλύπτει τη ζώνη συχνοτήτων 100- 650 MHz.Το μήκος της είναι 2.25 μέτρα, αποτελείται από 13 δίπολα και έχει γωνία κορυφής 45 μοιρών. Η είσοδος έχει ωμική αντίσταση 50 Ω και θεωρείται ανεξάρτητη από την συχνότητα.

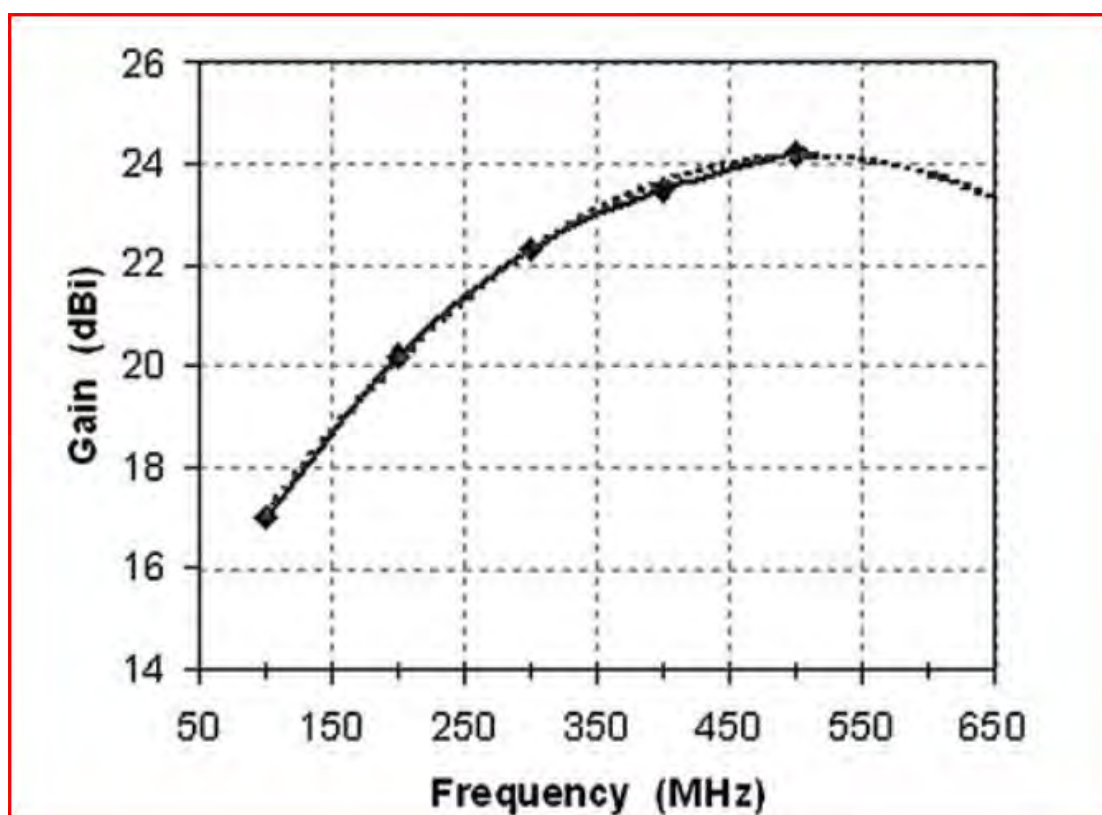


**Εικόνα 1.8.** Η κεραία παραβολικού κάτοπτρου καλύπτει τις συχνότητες 20-650MHz.Είναι ευδιάκριτα δε, η περιοδικη-λογαριθμικη, ο προενισχυτής και η καμπίνα.[2].

Ένα άλλο φυσικό μέγεθος που συσχετίζεται με τη κεραία είναι το συνολικό κέρδος το οποίο συμβολίζουμε G. Είναι συνάρτηση της συχνότητας, μετράτε σε dBi και δίνεται από το πολυώνυμο δευτέρου βαθμού. (σχέση 1.2). [2].

$$G_f = -4 \cdot 10^{-5} f^2 + 0,043 f + 13,18 \quad f = 100, 101, 102, \dots, 650 \quad (1.2)$$

Το παρακάτω σχεδιάγραμμα, (Εικ. 1.9) δείχνει την γραφική παράσταση του κέρδους της κεραίας σε συνάρτηση με την συχνότητα.



**Εικόνα 1.9.** Εδώ βλέπουμε την καμπύλη κέρδους της κεραίας και κάποιες σηματοδοτημένες μετρήσεις.[2].

Η κεραία έχει μια τυπική ισημερινή στήριξη και καθημερινά ακολουθεί τον ήλιο ,ακολουθώντας μια εποχιακή τροχιά. Το λαμβανόμενο σήμα διέρχεται μέσα από φίλτρα συχνότητας 110-650 MHz, από τον προενισχυτή (G=10db,F=4db) και από τον ενισχυτή πολλαπλών σταδίων(G=30 db).Κάθε πρωί η το σύστημα εκτελεί αυτοβαθμονόμηση και θέτει αυτόματα την κεραία σε κίνηση. Μια γεννήτρια που παράγει λευκό



θόρυβο είναι συνδεμένη ( $T = 10^4 \text{ K}$ ) ,η οποία αυξάνει γραμμικά , συναρτήσει του χρόνου το επίπεδο θορύβου , από  $10^{1.5} \text{ K}$  σε  $10^8 \text{ K}$ . Η διάρκεια της βαθμονόμησης είναι περίπου 1 min και πραγματοποιείται σε 64 βήματα του 1dB . Κατόπιν τούτου, το σήμα έχει καταγραφεί και χρησιμοποιείται προκειμένου να κατανοηθεί η συμπεριφορά ολοκλήρου του συστήματος και να γίνει βαθμονόμηση. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας η κεραία επανασυνδέεται με το σύστημα.[2].

### 1.2.2.B) Διπολική κεραία ανεστραμμένου V.

Στην παρακάτω Εικ. 1.10α και 1.10β έχουμε μια λεπτομερέστερη άποψη της δεύτερης (όρθιας) διπολικής κεραίας ,από Βορρά.



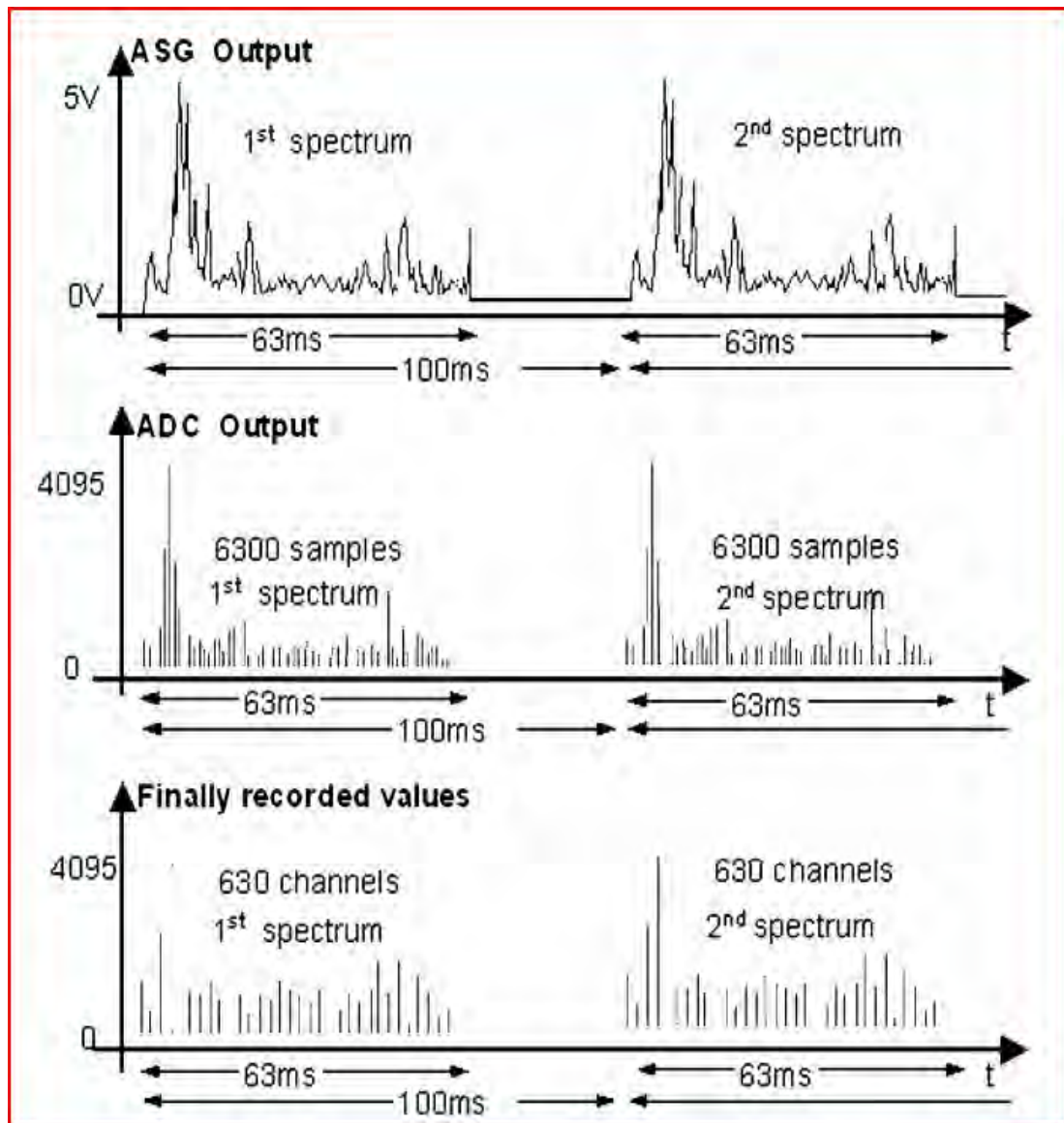
**Εικόνα 1.10.α)** Άποψη της ανεστραμμένης V διπολικής κεραίας , από το Βορρά. **β)** Εδώ εμφανίζεται το κουτί στη κορυφή της κεραίας και τα δυο βασικά καλώδια τροφοδοσίας (χοντρό και σήματος (λεπτό)).[2].

Η δεύτερη κεραία είναι χαμηλής ζώνης και καλύπτει τις συχνότητες 20-100MHz. Είναι τοποθετημένη σε κατακόρυφο επίπεδο προσανατολισμένη ανατολικά - δυτικά και είναι σχήματος ανεστραμμένο V. Τα δυο σκέλη της κεραίας είναι σε γωνία 90 μοιρών, έχουν μήκος 3.5m και πλάτος 1m. Η κορυφή της κεραίας απέχει από το έδαφος 3.6 m, το δε υλικό κατασκευής είναι ο χαλκοσωλήνας. Η κεραία κάνει λήψη κατακόρυφων πολωμένων σημάτων ανατολικά - δυτικά καθώς επίσης και οριζόντιων πολωμένων σημάτων από νότο προς βορά. Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η κεραία μας «δείχνει» προς κάθε κατεύθυνση και λαμβάνει τα ηλιακά ραδιοσήματα, αλλά και πολλά σήματα παρεμβολής κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας. Το σήμα μετά τη λήψη του, φιλτράρεται προκειμένου να απορριφθούν οι ισχυρές παρεμβολές των τοπικών σημάτων FM αλλά και ισχυρών βραχέων σημάτων μετάδοσης.[2].

### **1.2.3 Απόκτηση δεδομένων από τον ASG.**

Όπως βλέπουμε στην Εικ. 1.5, η γραμμή μεταφοράς στέλνει το σήμα από τις δυο κεραίες στο δωμάτιο ελέγχου. Εκεί ένας διαχωριστής το οδηγεί σε δυο διαδρομές με την πρώτη να περιλαμβάνει έναν τροποποιημένο αναλυτή σάρωσης συχνοτήτων που λειτουργεί σε συχνότητες από (20-650) MHz. Το στιγμιαίο εύρος ζώνης του, είναι 1MHz και εκτελεί 10 σαρώσεις ανά δευτερόλεπτο. Το δυναμικό του εύρος είναι 70 dB. Η αναλογική έξοδος του ASG οδηγείται σε μια κάρτα ADC (Analog to Digital Converter) ανάλυσης 12-bit και στη συνέχεια σε ένα υπολογιστή (PC ASG). Η κάρτα ADC διαθέτει ένα χρονιστή και σε κάθε παλμό του εκτελείται μια σάρωσή από τις χαμηλότερες στις ψηλότερες συχνότητες του ASG. Η κάρτα ADC σε κάθε σάρωση λαμβάνει 6300 δείγματα. (Εικ. 1.6). Κάθε δείγμα είναι ένας ακέραιος που ανήκει στο διάστημα [0, 4095]. Τα δείγματα ομαδοποιούνται ανά 10 και για κάθε ομάδα βρίσκουμε το μέσο όρο έτσι ώστε όλο το φάσμα 20-650 MHz να διαιρείται σε 630 κανάλια με ανάλυση

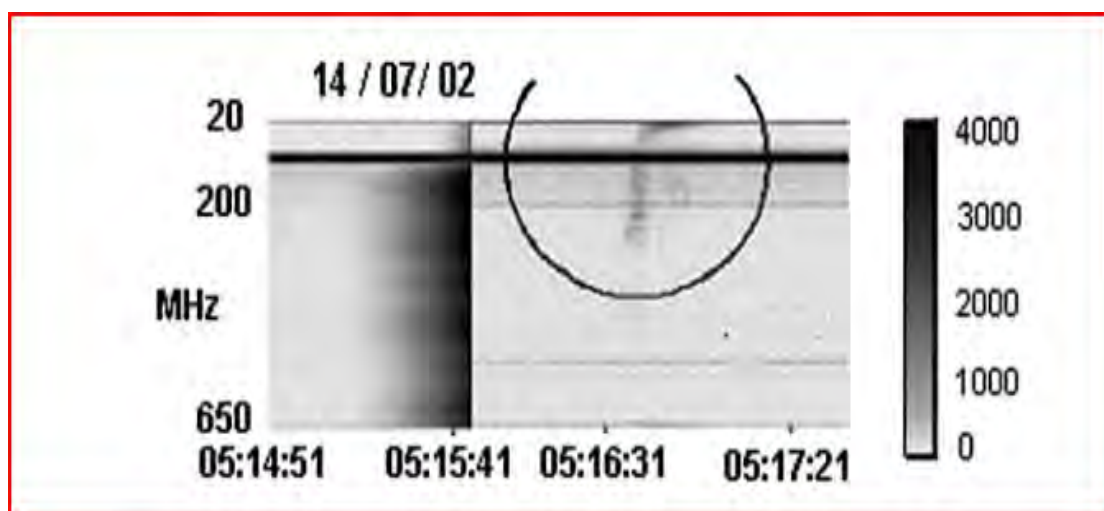
εύρους ζώνης (bandwidth) 1MHz. Είναι σημαντικό σε πραγματικό χρόνο να αποφεύγουμε τις ισχυρές παρεμβολές από ραδιόφωνο και τηλεόραση που λειτουργούν σε προκαθορισμένη συχνότητα. Πρέπει να απορρίπτουμε αυτές τις τιμές δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα εάν σε ένα κανάλι έχουμε «ελαττωματικές ή μολυσμένες» συχνότητες (TV, RADIO) τότε ο μέσος όρος λαμβάνεται από τις μη «μολυσμένες» μετρήσεις. Εάν δε σε ένα ή περισσότερα κανάλια όλες οι μετρήσεις είναι μολυσμένες, τότε οι τιμές αυτές αντικαθίστανται από τα παρακείμενα μη «μολυσμένα» κανάλια, εφαρμόζοντας γραμμική παρεμβολή. Τα δεδομένα μετά από πέντε συνεχείς σαρώσεις (φάσματα) ενώνονται σε ένα πακέτο και στέλνονται στον HY του ASG. Στην οθόνη εμφανίζεται το δυναμικό φάσμα. Όλα τα δεδομένα που έχουμε πάρει στο τέλος της ημέρας, περίπου 0.5 Gb, μπορούν με καθολική χρονική σήμανση και αρχειοθετούνται, στο σύστημα αποθήκευσης (σύστημα σκληρών δίσκων) για περαιτέρω ανάλυση και χρήση. Σε καθημερινή βάση πριν αρχίσουν οι μετρήσεις ο HY του ASG μέσω της θύρας RS232, εκτελεί βαθμονόμηση και ελέγχει την κίνηση της κεραίας. Στον υπολογιστή χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού Delfi για τις μετρήσεις αλλά και για το έλεγχο του GPS, διάμεσου του οποίου λαμβάνει την παγκόσμια ώρα (UT) και διορθώνει το τοπικό ρολόι του. Όλες οι λειτουργίες του προγράμματος καταγράφονται και αρχειοθετούνται λεπτομερώς σε ένα αρχείο κειμένου.[2].



**Εικόνα 1.11.** Οι τελικές καταγεγραμμένες τιμές από την αναλογική έξοδο του ASG.[2].

Στη παρακάτω Εικ. 1.12 ,απεικονίζεται ένα δείγμα δυναμικού φάσματος από τον ASG.Η ταξινόμηση των μετρήσεων των ραδιοεξάρσεων ,από τους ευρείας ζώνης συχνοτήτων φασματογράφους, απεικονίζεται στα δυναμικά φάσματα. Τα δυναμικά φάσματα απεικονίζουν τη ροή ακτινοβολίας συναρτήσει του χρόνου(οριζόντιος άξονας) και της συχνότητας(κατακόρυφος άξονας).Η συχνότητα μειώνεται προς τα πάνω που δείχνει ότι το ύψος εκπομπής αυξάνεται(προς τα επάνω).Είναι σε κλίμακα του γκρι , στις μαύρες περιοχές έχουμε ισχυρό σήμα και στις λευκές περιοχές έχουμε ασθενές σήμα. Αριστερά είναι η κλίμακα βαθμολογίας του σήματος από την γεννήτρια λευκού

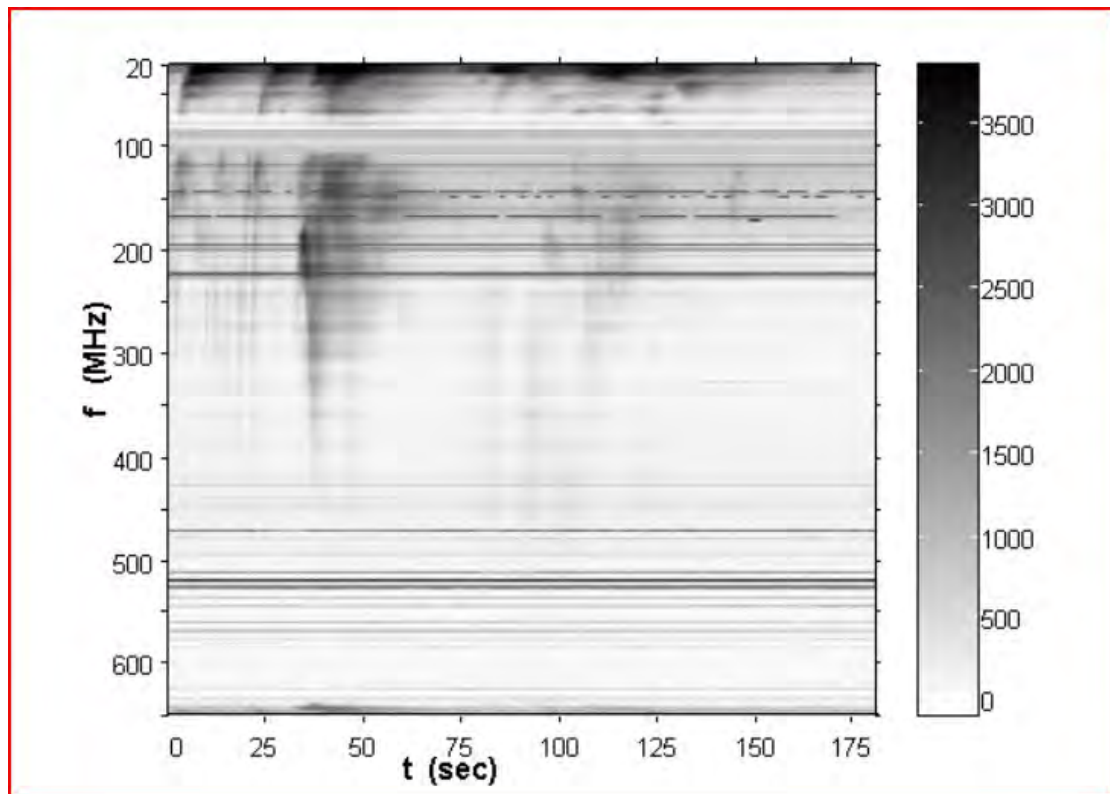
θορύβου σε MHz και δεξιά υπάρχει μια βαθμολόγηση του γκρι σε αυθαίρετες μονάδες. Στη περιοχή σε κύκλο, παρατηρούμε μια ηλιακή ραδιοέξαρση( bursts type III). Επίσης παρατηρούμε οριζόντιες γκρι και μαύρες γραμμές που υποδηλώνουν την ύπαρξη ισχυρών παρεμβολών από ραδιόφωνο και τηλεόραση, σε προκαθορισμένες σταθερές συχνότητες.



**Εικόνα 1.12.** Δείγμα δυναμικού φάσματος του ASG. Αριστερά διακρίνεται η βαθμονόμηση. Η περιοχή σε κύκλο σηματοδοτεί μια ραδιοεκπομπή τύπου III. Παρατηρούμε επίσης τις οριζόντιες γκρι και μαύρες γραμμές που υποδεικνύουν ισχυρές παρεμβολές από ράδιο και TV. [2].

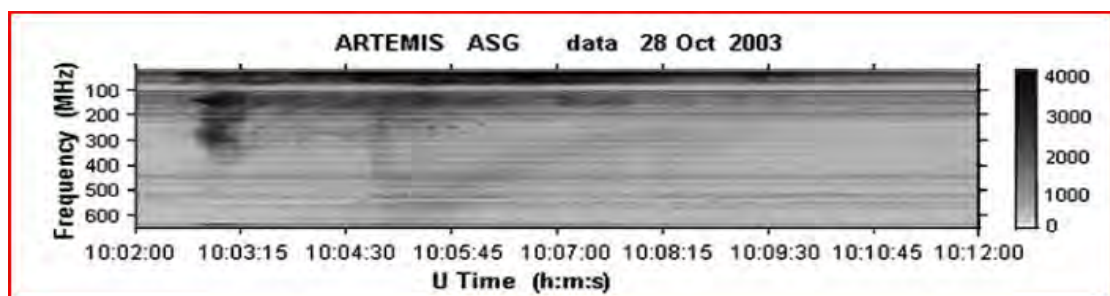
Στην Εικ. 1.13 παραθέτουμε άλλο ένα δείγμα δυναμικού φάσματος με μεγαλύτερη έμφαση στις ερμηνείες των οριζοντίων γραμμών και κάθετων γραμμών. Στην περιοχή των 150 MHz διακρίνουμε τις μικρές οριζόντιες γραμμές που είναι παρεμβολή, στενής ζώνης. Στην περιοχή των 200MHz και 500MHz έχουμε μεγάλες οριζόντιες γραμμές που είναι παρεμβολή μεγάλης διάρκειας και ευρείας ζώνης. Μέχρι τα 30 sec, παρατηρούμε σχεδόν κατακόρυφες γραμμές που διευρύνονται χρονικά στις χαμηλές συχνότητες. Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε γεγονότα τύπου III. Στη συνέχεια ακολουθεί το συνεχές φάσμα 30sec μέχρι 60sec και έχουμε γεγονότα τύπου V. Ακολουθούν και πάλι γεγονότα τύπου III. Στη συχνότητα των 150MHz και για κάποιο χρονικό διάστημα η ηλιακή ραδιοέξαρση καλύπτει την ραδιοεπικοινωνία.[2].





**Εικόνα 1.13.** Ο ASG έχει καταγράψει ένα δυναμικό φάσμα στις 26/4/2003 και ώρα 0:8:05:00UTC. Διακρίνονται οι λεπτές και φαρδιές οριζόντιες γραμμές που αντιστοιχούν σε παρεμβολές στενής και ευρείας ζώνης καθώς και οι κάθετες γραμμές των γεγονότων τύπου III και V.[2].

Στην Εικ. 1.14 έχουμε ένα χαρακτηριστικό δυναμικό φάσμα του ASG στο οποίο καταγράφεται ένα μεγάλης έντασης ηλιακό γεγονός.



**Εικόνα 1.14.** Στις 28/10/2003 και από τις 10:02:00 έως 10:12:00 έγινε καταγραφή από τονASG ενός εντόνου ηλιακού γεγονότος.[2].

#### 1.2.4 Βαθμονόμηση.

Ένας βασικός λόγος που εκτελούμε την βαθμονόμηση είναι για να εξάγουμε την σχέση της πυκνότητας ροής που ξεκινάει από την ηλιακή ραδιοέξαρση και φθάνει στην κε-

ραία .Εξετάζουμε επίσης όλες τις δυνατές τιμές των δεδομένων (0-4095) για 630 κανάλια από 20-650 MHz με εύρος ζώνης 1 MHz.Οι μονάδες της πυκνότητας ροής είναι  $Wm^{-2}Hz^{-1}$  η Solar Flux Unit  $1SFU = 10^{-22}Wm^{-2}Hz^{-1}$ .

Η βαθμονόμηση εκτελείται σε δυο βήματα ,ένα για κάθε κεραία (HB και LB ).

Βήμα 1:Η καταγραφή της τιμής του σήματος βαθμονόμησης και η μέτρηση της θερμοκρασίας θορύβου (της γεννήτριας θορύβου) μας δίνουν την θερμοκρασία της κεραίας.

Η σχέση ανάμεσα στη πυκνότητα ροής και στη θερμοκρασία της κεραίας προκύπτει από την θερμοκρασία της κεραίας και το μοτίβο μακρινού πεδίου της κεραίας.

Πριν την αρχή αλλά και μετά το πέρας το μετρήσεων ,αυτομάτως εκτελείται μια βαθμονόμηση. Ο προ ενισχυτής είναι αποσυνδεδεμένος από την κεραία η οποία όμως είναι συνδεδεμένη με μια βαθμονομημένη γεννήτρια λευκού θορύβου .Στη συνέχεια έχουμε μια γραμμική αύξηση ,συναρτήσε του χρόνου, της θερμοκρασίας του σήματος από  $10^{1.5}K$  σε  $10^8K$  σε 64 dB βήματα. Η διάρκεια του κάθε βήματος είναι 0.8 sec.Αν θεωρήσουμε  $T_{f,s}$  την θερμοκρασία θορύβου για κάθε κανάλι συχνότητας  $f$  (100,...650) και  $s$  κάθε βήμα θερμοκρασίας ( $s=1,s=2,s=3,...,s=64$ ), τότε έχουμε τη παρακάτω σχέση:

$$\text{Log} (T_{f,s}) = 1.5 +s (6.5/64) \quad (1.3)$$

Την ίδια χρονική στιγμή ο ASG για τα παραπάνω  $s$  και  $f$  καταγράφει ένα ακέραιο  $m_{i,s}$  από 0 έως 4095. Για κάθε  $s$  έχουμε όμως 8 ακέραιες τιμές  $m_{i,s}$  από τις οποίες λαμβάνουμε το μέσο όρο  $M_{i,s}$  προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο θόρυβος. Επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι σε κάθε τιμή  $M_{i,s}$  αντιστοιχεί μια θερμοκρασία κεραίας  $T_{i,s}$  . Μετά την παρεμβολή εξάγεται η παρακάτω σχέση :

$$T_{f,j} = \tau_{HB} (f , j) \quad \text{όπου} \quad f=100,101,102,...,650 \quad j = 0,1,2,...,4095 \quad (1.4)$$

Από την θερμοκρασία της κεραίας  $T_{f,j}$  μπορούμε στη συνέχεια να υπολογίσουμε την πυκνότητα ροής  $S_{f,j}$  χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τύπο [2]:

$$S_{f,j} = (2kT_{f,j})/A_f \quad (1.5)$$

όπου ο αριθμός  $A_f$  είναι το ενεργό άνοιγμα της κεραίας που αντιστοιχεί στη συχνότητα  $f$  και  $k$  είναι η σταθερά του Boltzmann  $(k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})$ .

Το ενεργό άνοιγμα της κεραίας, δίνεται από τον παρακάτω τύπο [3]:

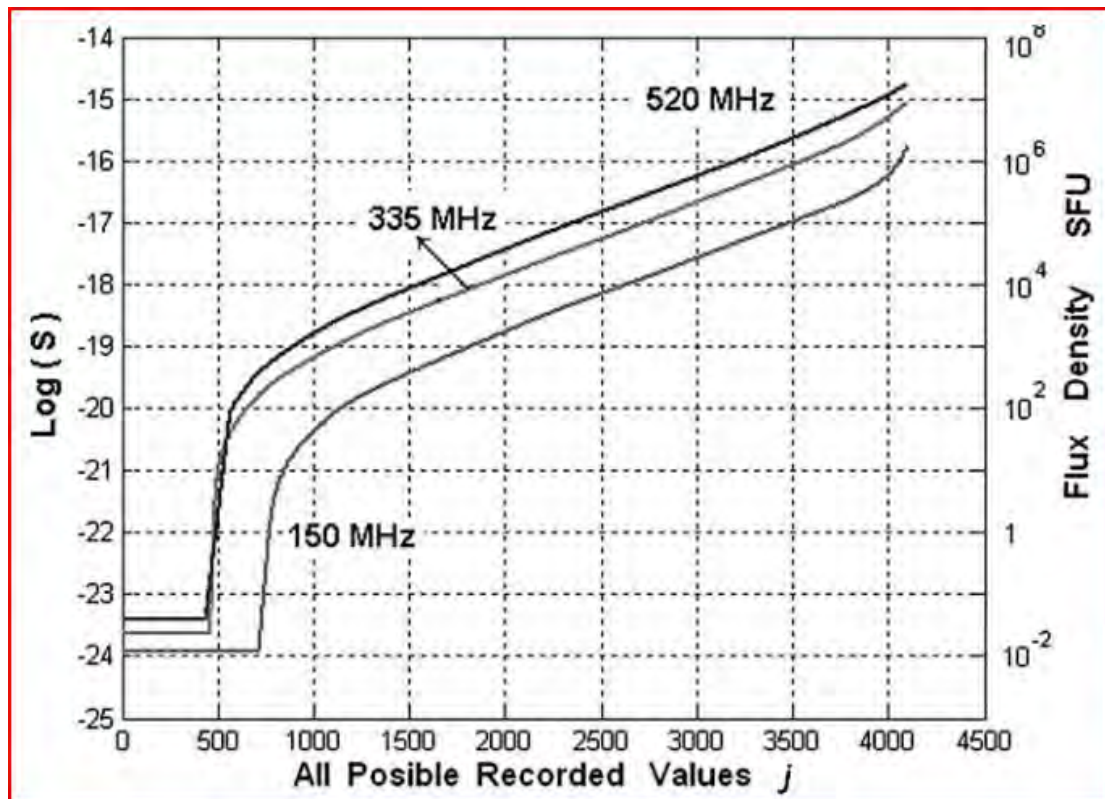
$$A_f = (G_f \lambda_f^2)/4\pi \quad (1.6)$$

όπου το  $G_f$  είναι το κέρδος της κυρίας δέσμης της παραβολικής κεραίας  $\lambda_f$  το μήκος κύματος της συχνότητας  $f$ . (Ισχύει ο τύπος  $\lambda_f = 3 \times 10^8 / f$ )

Το κέρδος της κεραίας δίνεται από τη σχέση (1.2) και είναι ανεξάρτητο από τη θέση του ηλίου, επειδή «βλέπει» πάντοτε τον ήλιο. Ο συνδυασμός των σχέσεων (1.2), (1.6), (1.4) και (1.5) δίνει τη σχέση :

$$S_{f,j} = \sigma_{HB}(f, j), \quad f=100, 200, \dots, 650 \text{ και } j = 0, 1, 2, \dots, 4095 \quad (1.7)$$

Η Εικ. 1.15 δείχνει αυτή τη σχέση (1.7) για τρεις ενδεικτικές συχνότητες. Στην αρχή και στο τέλος των καμπυλών παρατηρούμε μη γραμμικά τμήματα, τα οποία οφείλονται στις μη γραμμικές επιδράσεις των ενισχυτών. Οι γραφικές παραστάσεις είναι σε λογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο άξονα είναι καταγεγραμμένες όλες οι δυνατές τιμές του  $j$  από 0 έως 4095. Είναι εμφανής δε, η κύρτωση των καμπυλών στην αρχή και στο τέλος τους.



**Εικόνα 1.15.** Οι αντίστοιχες καμπύλες βαθμονόμησης για τρεις ενδεικτικές συχνότητες για την παραβολική κεραία HB.[3].

Βήμα 2: Η προηγούμενη διαδικασία που εφαρμόστηκε στην παραβολική HB κεραία εφαρμόζεται και στην χαμηλής ζώνης LB κεραία. Δηλαδή αποσύνδεση από το φίλτρο ενισχυτή και σύνδεση με τη γεννήτρια λευκού θορύβου. Εξάγουμε δε μια αντίστοιχη σχέση που δίνεται παρακάτω:

$$T_{f,j} = \tau_{LB}(f, j) \quad \text{και} \quad f = 20, 21, \dots, 100, \quad j = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095 \quad (1.8)$$

Όποτε συμβαίνει ένα ηλιακό γεγονός ραδιοέξαρσης, η κατεύθυνση  $(\phi, \theta)$  του ήλιου υπολογίζεται από τη παγκόσμια ώρα (UT). Για αυτή τη θέση του ήλιου το κέρδος της κεραίας υπολογίζεται από τη προσομοίωση κάθε συχνότητας  $f = 20, 21, 22, \dots, 100$ . Η πυκνότητα ροής δίνεται από ανάλογό τύπο αφού πάρουμε τη τιμή  $G_f$  του κέρδους και τις σχέσεις (1.5) και (1.6) :

$$S_{f,j} = \sigma_{LB}(f, j) \text{ και } f = 20, 21, 22, \dots, 100, s = 0, 1, 2, \dots, 4095 \quad (1.9)$$

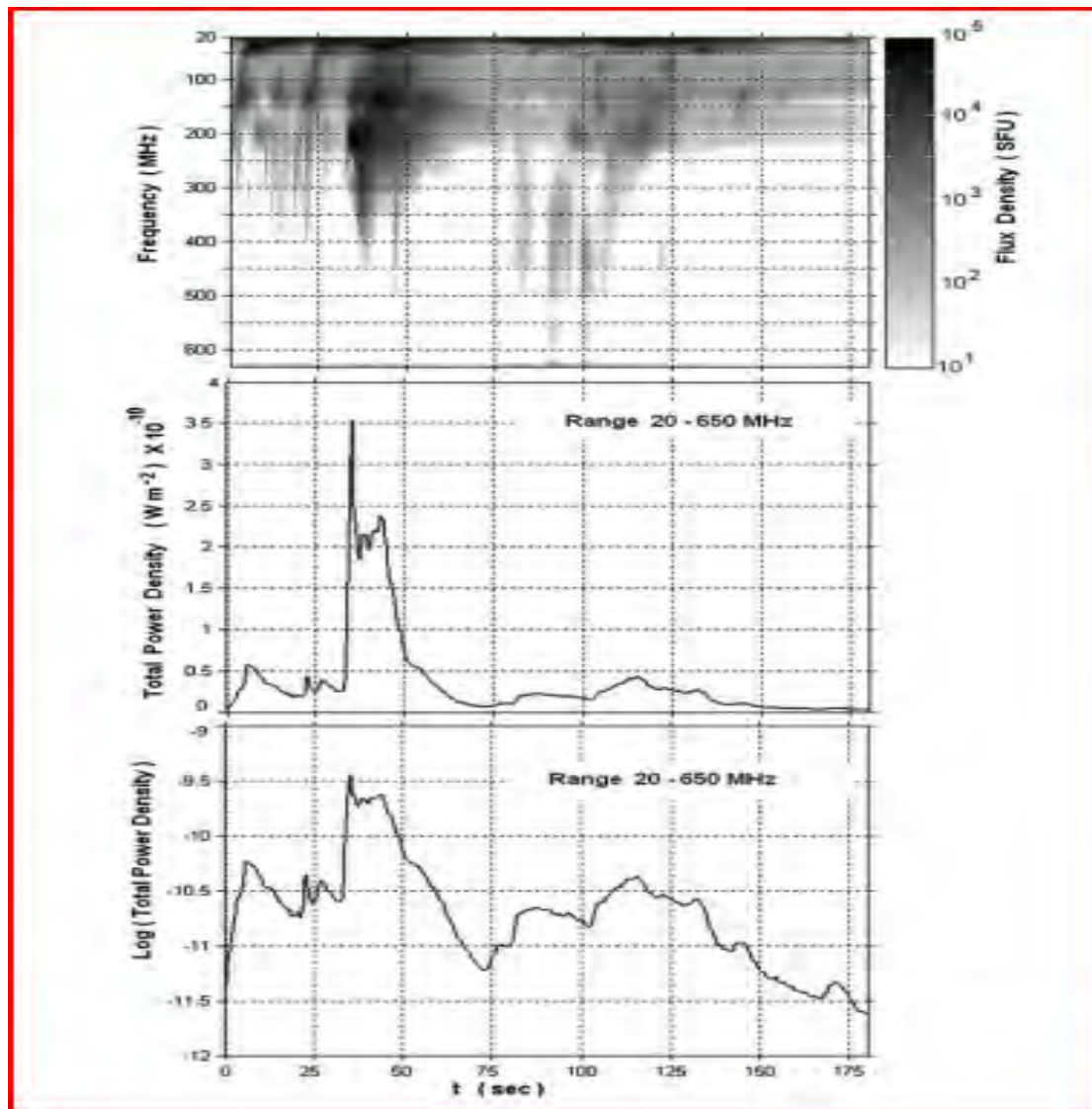
Με βάση τα αποτελέσματα, για δυναμικό εύρος 45db. οι τιμές της ευαισθησίας είναι 30SFU και 3SFU αντίστοιχα για την HB και LB κεραία. Έτσι μπορούμε να ανιχνεύουμε μόνο σήματα ηλιακών ραδιοεκρήξεων και όχι ραδιοφωνικών όταν ο ήλιος ηρεμεί και παράγει χαμηλή πυκνότητα ροής σ' αυτή τη συχνότητα. Πρέπει να αναφέρουμε εδώ ότι οι μέθοδοι αλλά και τα αποτελέσματα βαθμονόμησης της LB κεραίας έχουν επαληθευθεί.[2,3].

### 1.2.5 Ανάλυση και αξιολόγηση δεδομένων.

Τα δεδομένα από κάθε ηλιακό γεγονός ραδιοέξαρσης καταγράφονται και αποθηκεύονται σε ένα αρχείο που περιλαμβάνει ένα πίνακα  $M \times N$  διαστάσεων. Ο αριθμός  $M$  είναι το πλήθος των καναλιών ( $M=630$ ) και  $N$  είναι ο αριθμός των φασμάτων που καλύπτουν το γεγονός. Ο ASG καταγράφει ένα φάσμα σε κάθε δέκατο του δευτερολέπτου. Ο πίνακας  $M \times N$  είναι ακέραιοι αριθμοί από 0 έως 4095 που αντιπροσωπεύουν την ένταση του γεγονότος.

Η αξιολόγηση και ανάλυση των δεδομένων αποτελείται από τρεις βασικές διαδικασίες. Η πρώτη λειτουργία αφορά το φιλτράρισμα του σήματος για να αφαιρεθούν οι διαφορές παρεμβολές. Η δεύτερη λειτουργία είναι η εύρεση της πυκνότητας ροής του δυναμικού φάσματος και η τρίτη λειτουργία είναι η εύρεση της πυκνότητας ισχύος για το εύρος συχνοτήτων 20 έως 650 MHz. Η πυκνότητα ισχύος μετριέται σε  $Wm^{-2}$ .

Στην Εικ. 1.16, απεικονίζουμε τις καμπύλες της πυκνότητας ισχύος και πυκνότητας ροής, ενός δυναμικού φάσματος στο εύρος συχνότητας 20 – 650 MHz. Το δείγμα έχει ληφθεί στις 26 / 4 / 2003 και άρχισε η καταγραφή του στις 8:05:00 UT. Παρουσιάζονται ηλιακές ραδιοεξάρσεις τύπου III και V.



**Εικόνα 1.16** Το γράφημα παρουσιάζει την συνολική πυκνότητα ισχύος σε λογαριθμική κλίμακα ηλιακών γεγονότων τύπου III και V.[2,3]

Η πυκνότητα ροής του δυναμικού φάσματος προκύπτει από τη βαθμονόμηση των σχέσεων (6) και (8), μετρείται δε σε SFU.

Από τις πιο σημαντικές δυσκολίες των ραδιοαστρονομικών παρατηρήσεων είναι οι ισχυρές παρεμβολές που δέχονται οι διατεθειμένες για ραδιοαστρονομία, συχνότητες . Οι διάφορες παρεμβολές έχουν την αφετηρία τους στη ολοένα αυξανόμενη κοινωνική δραστηριότητα ,δηλαδή είναι ανθρωπογενείς αλλά και στην εξέλιξη διάφορων φυσικών φαινομένων . Παραθέτουμε στη συνέχεια 5 κυρίως περιπτώσεις παρεμβολών :

1. Στιγμιαία παρεμβολή στενής ζώνης διότι το εύρος ζώνης είναι μικρότερο του 1 MHz . Έχουμε τέτοια παρεμβολή από σήματα FM η AM αλλά και από σήματα κινητής τηλεφωνίας, σε διάφορες συχνότητες. Τότε γίνεται κατάληψη ενός καναλιού για μερικά λεπτά το πολύ. Απεικονίζονται σαν μικρές, λεπτές, οριζόντιες γραμμές.
2. Σε σταθερές συχνότητες ,από εκπομπές FM η AM , έχουμε συνεχή κατάληψη καναλιού, όταν το εύρος ζώνης είναι μικρότερο από το εύρος ζώνης 1 MHz.Η διάρκεια της κατάληψης μπορεί να διαρκέσει μέχρι και ώρες. Στο ραδιοφασματογράφο εμφανίζονται σαν μακρόστενες ,οριζόντιες ,γραμμές.
3. Περίπτωση που το εύρος ζώνης είναι μεγαλύτερο του εύρους του καναλιού (1MHz), λόγω ραδιοφωνικών εκπομπών σε σταθερές συχνότητες. Η παρεμβολή είναι διαρκής ,για κάποιες ώρες και γίνεται κατάληψη κάποιων καναλιών (4 – 10). Επίσης τέτοιου είδους παρεμβολές εμφανίζονται όταν υπάρχουν παρεμβολές διάρκειας , στενής ζώνης, σε γειτονικά κανάλια ραδιοφώνου FM (88-108 MHz) ή ζώνη συχνοτήτων TV.Οι παρεμβολές αντιστοιχούν σε φαρδιές οριζόντιες γραμμές.
4. Στιγμιαία παρεμβολή λόγω κεραυνού. Έχουμε κατάληψη όλων των καναλιών από 20MHz έως αρκετές εκατοντάδες MHz λόγω μεγάλης ευρύτητας ζώνης. Η μέγιστη διάρκεια του κεραυνού είναι περίπου 1 sec.Στο φάσμα εμφανίζονται σαν λεπτές κάθετες γραμμές.
5. Η ακτινοβολία ευρείας ζώνης του Γαλαξιακού κέντρου ασκεί μεγάλη επίδραση στο θόρυβο του συστήματος στη ζώνη 20 – 100 MHz. Κυριαρχεί περισσότερο στο κατώτερο μέρος της ζώνης ,όταν το γαλαξιακό κέντρο είναι στον ουρανό από τον Νοέμβριο έως τον Φεβρουάριο κατά την διάρκεια της ημέρας.[2,3].

Πάρα τις δυσκολίες που προαναφέρθηκαν στη καταγραφή των ηλιακών ραδιοξάρσεων λόγω των διαφόρων παρεμβολών, τα ηλιακά συμβάντα είναι τύπου I, II, III, IV και V και μπορούν να ανακτηθούν από τα δεδομένα. Είναι ευρείας ζώνης και διαρκούν από μερικά δευτερόλεπτα έως κάποιες ώρες. Για την ανάκτηση και αξιολόγηση τους, χρησιμοποιούνται τεχνικές φίλτρων απόρριψης των απότομων μεταβολών, όπως φίλτρο μέσης τιμής και το φίλτρο κινητής ενδιάμεσης τιμής.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΡΧΕΙΑ FITS

#### ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ SAODS9

##### 2.1 Τι είναι τα αρχεία FITS.

Το **Flexible Image Transport System (FITS)**, αναπτύχθηκε στα τέλη του 1970, αρχικά από αστρονόμους στις ΗΠΑ και Ευρώπη και αποτελεί έως σήμερα ένα ευρέως διαδεδομένο σύστημα ανταλλαγής δεδομένων και αρχείων μεταξύ των αστρονομικών παρατηρητήριων. Σημαίνει «Εύκαμπτο Σύστημα Μεταφοράς Εικόνων». Το 1982 υιοθετήθηκε από την ΔΙΕΘΝΗ ΕΝΩΣΗ ΑΣΤΡΟΝΟΜΩΝ (IAU). Πιο συγκεκριμένα, στις 8 Ιουνίου 1979, το Basic FITS παρουσιάστηκε σε διεθνές συνέδριο επεξεργασίας εικόνας στην Τεργέστη της Ιταλίας (Wells and Greisen 1979)[4]. Κέρδισε την άμεση αποδοχή και μέσα σε ένα χρόνο το FITS έγινε το παγκοσμίως de facto πρότυπο στην αστρονομία. (Wells, Greisen, and Harten, 1981)[4]. Τα αρχεία FITS έχουν σχεδιαστεί να αποθηκεύουν, να μεταδίδουν και να χειρίζονται επιστημονικές εικόνες και σχετικά δεδομένα. Το FITS έχει σχεδιαστεί για τη σαφή μετάδοση n-διαστατών συστοιχιών δεδομένων σε κανονική απόσταση ενός n-κύβου. Αυτές οι συστοιχίες είναι πακέτα δεδομένων που μπορεί να είναι φάσματα 1-D, λίστες φωτονίων, εικόνες 2-D ήτοι κύβοι δεδομένων 3 διαστάσεων. Οι δυσδιάστατοι πίνακες που αποτελούνται από σειρές και στήλες (TABLES) καθώς και βάσεις δεδομένων, πινάκων, μπορούν να αποθηκευτούν σε FITS FILES. Πολλές φορές τα αρχεία FITS μεταφέρουν εικόνες που είναι σε δυο μορφές: δυσδιάστατο (X,Y) με μεμονωμένες τιμές σε κάθε σημείο (σαν συντεταγμένες) και τρισδιάστατη (X,Y, χρώμα). Στη 2-διαστασεων μορφή μπορεί να συσχετίζεται με την μέτρηση της έντασης σε μια συγκεκριμένη φασματική ζώνη (σύγκριση στη κλίμακα του γκρι). Στη 3-διαστασεων μορφή (X, Y, χρώμα), ο τρίτος άξονας αντιπροσωπεύει διαφορετικά σημεία σε ένα φασματικό άξονα, όπου μπορεί να μετράτε το μήκος κύματος, συχνότητα ή κάποια άλλη

κατάλληλη κλίμακα .Στην αστρονομική ανάλυση και στα FITS δεν μπορούμε να κάνουμε καμιά υπόθεση σε μια καθορισμένη χρωματικά περιοχή(όπως στο RGB) . Μια κοινή εφαρμογή του προτύπου χρώματος RGB είναι οι οθόνες καθοδικού σωλήνα, υγρών κρυστάλλων ή πλάσματος. Κάθε μονοκύτταρο (πιξελ) στην οθόνη μπορεί να αντιπροσωπευθεί ως τιμές έντασης για το κόκκινο, μπλε και πράσινο .Αρκετά συχνά στην Αστρονομία οι εικόνες εμφανίζονται με χρωματικό φίλτρο προκειμένου να γίνει ορατή η υπέρυθρη και η υπεριώδης ακτινοβολία.[4,5]

Το FITS σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποτελείται από διαχρονική και μακροπρόθεσμη δομή και έχει διασφαλιστεί η δυνατότητα να διαβάζονται όλα τα αρχεία, ανεξάρτητου παλαιότητας. Μια «φορά FITS για πάντα FITS» ,είναι η βασική τους φιλοσοφία ,ανεξάρτητα από την εξέλιξη των νέων δυνατοτήτων . Ένα βασικό δομικό στοιχείο των αρχείων FITS αποτελεί η μονάδα δεδομένων κεφαλίδας (Header Unit Data).Μπορεί να είναι μια η περισσότερες .Η πρώτη κεφαλίδα ονομάζεται πρωτεύων πίνακας.

Η **κεφαλίδα** (HDU) μπορεί να είναι κενή ,να αποτελείται από ένα πίνακα n-διαστάσεων pixel όπως ένα φάσμα 1-D,μια εικόνα 2-D η ένας κύβος δεδομένων 3-D.Οι τύποι δεδομένων που υποστηρίζονται είναι ακέραιοι των 8,16,32 και 64 bit με ακρίβεια μονής η κινητής υποδιαστολής. Ο κύριος πίνακας δεδομένων μπορεί να περιέχει έναν πίνακα διαστάσεων 1-999 με ακέραιους αριθμούς 1, 2 ή 4 byte ή αριθμούς κινητής υποδιαστολής 4 ή 8 byte. Μια κεφαλίδα πρωτεύοντος πίνακα δισδιάστατης εικόνας, για παράδειγμα, ξεκινά με τις ακόλουθες λέξεις-κλειδιά:

- SIMPLE = T / αρχείο συμμορφώνεται με το πρότυπο FITS
- BITPIX = 16 / αριθμός bit ανά pixel δεδομένων
- NAXIS = 2 / αριθμός αξόνων δεδομένων
- NAXIS1 = 440 / μήκος άξονα δεδομένων 1

- $NAXIS2 = 300 / \text{μήκος άξονα δεδομένων } 2.$

Ένα αρχείο FITS μπορεί να έχει κενό ένα πρωτεύοντα πίνακα και να περιλαμβάνει μόνο επεκτάσεις. Έχουμε τρεις βασικές κατηγορίες επεκτάσεων, οι οποίες καθιερώθηκαν στο πρότυπο FITS, από τα μέσα της δεκαετίας του 1990:

**α) Επέκταση εικόνων** n-διαστατών εικονοστοιχείων, όπως σε ένα πρωτεύοντα πίνακα. Οι επεκτάσεις εικόνας περιέχουν έναν πίνακα διαστάσεων 0-999 pixel, παρόμοιο με έναν κύριο πίνακα. Τα εικονοστοιχεία εικόνας σε έναν κύριο πίνακα ή μια επέκταση εικόνας μπορεί να έχουν έναν από τους 5 υποστηριζόμενους τύπους δεδομένων:

- 8-bit (ανυπόγραφα) ακέραια byte
- 16-bit (υπογεγραμμένοι) ακέραιοι αριθμοί
- 32-bit (υπογεγραμμένοι) ακέραιοι αριθμοί
- Πραγματικοί αριθμοί κινητής υποδιαστολής μονής ακρίβειας 32 bit
- Πραγματικός αριθμός κινητής υποδιαστολής διπλής ακρίβειας 64 bit

(η κεφαλίδα ξεκινά με XTENSION = 'IMAGE')

**β) Επέκταση πίνακα ASCII**, με δεδομένα από χαρακτήρες ASCII, σε σειρές και στήλες. Οι επεκτάσεις πίνακα ASCII αποθηκεύουν πληροφορίες πίνακα με όλες τις αριθμητικές πληροφορίες αποθηκευμένες σε μορφές ASCII. Ενώ οι πίνακες ASCII είναι γενικά λιγότερο αποδοτικοί από τους δυαδικούς πίνακες, μπορούν να γίνουν σχετικά αναγνώσιμοι από τον άνθρωπο και μπορούν να αποθηκεύσουν αριθμητικές πληροφορίες με ουσιαστικά αυθαίρετο μέγεθος και ακρίβεια (π.χ. 16 byte real).

(η κεφαλίδα ξεκινά με XTENSION = 'TABLE')

**γ) Επέκταση δυαδικού πίνακα**, σε σειρές και στήλες δεδομένων σε δυαδική αναπαράσταση, όμοια με τους τύπους δεδομένων που υποστηρίζονται στο κύριο πίνακα. Οι επεκτάσεις δυαδικού πίνακα αποθηκεύουν πληροφορίες πίνακα σε μια δυαδική αναπαράσταση. Κάθε κελί στον πίνακα μπορεί να είναι ένας πίνακας, αλλά η διάσταση του πίνακα πρέπει να είναι σταθερή μέσα σε μια στήλη. Το αυστηρό πρότυπο υποστηρίζει μόνο μονοδιάστατους πίνακες, αλλά μια σύμβαση για την υποστήριξη πολυδιάστατων πινάκων είναι ευρέως αποδεκτή.[5].

(η κεφαλίδα ξεκινά με XTENSION = 'BINTABLE')

Στη συνέχεια παραθέτουμε δυο παράδειγμα μιας κεφαλίδας (HEADER), αρχείων FITS. Το **πρώτο αρχείο** μας είναι από το ARTEMIS-Jean-LouisSteinbergradio-spectrograph. (2012/9/12917.ASG.INT.FITS). Έχουμε «ανοίξει» το αρχείο μας με το πρόγραμμα SAODS9 από όπου παίρνουμε και τις αντίστοιχες πληροφορίες για την κεφαλίδα (HEADER) του συγκεκριμένου αρχείου (metadata) ,καθώς και για την αριστερή στήλη που αποτελούν τα δομικά στοιχεία της κεφαλίδας.[4,5]

| ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΕΦΑΛΙΔΑΣ   | ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ      |
|-----------------------------|----------------------------|
| SIMPLE = T                  | STANDARD FITS FILE         |
| BITPIX = 16                 | INTEGER*2, 16-BIT INTEGERS |
| NAXIS = 2                   | NUMBER OF AXES             |
| NAXIS1 = 11452              | POINTS ALONG AXIS 1        |
| NAXIS2 = 610                | POINTS ALONG AXIS 2        |
| CTYPE1 = ' TIME (UT)'       | CONTENTS OF AXIS 1         |
| CTYPE2 = ' FREQUENCY (MHZ)' | CONTENTS OF AXIS 2         |

|                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| CRPIX2 = 1                          | REFERENCE PIXEL, TIME AXIS    |
| CRVAL2 = 629.9682006836             | FREQUENCY (MHZ) AT REF. PIXEL |
| CDEL2 = -1.0015869141               | SAMPLING RATE IN MHZ          |
| BUNIT = ' ARBITRARY '               | FLUX UNITS                    |
| BLANK = -32767                      | VALUE AT DELETED POINTS       |
| DATAMIN = 419.0000000000            | MINIMUM DATA VALUE            |
| DATAMAX = 4071.0000000000           | MAXIMUM DATA VALUE            |
| DATAAVER= 729.5440063477            | AVERAGE DATA VALUE            |
| DATASIG = 344.2980651855            | RMS OF DATA VALUES            |
| OBJECT = ' SUN'                     | OBJECT                        |
| ORIGIN = 'ARTEMIS-IV, GREECE'       | ORIGIN                        |
| TELESCOP= ' RADIOSPECTROGRAPH'      | TELESCOPE                     |
| INSTRUME= ' ASG'                    | RECEIVER                      |
| DATE = '2020-09-20T04:01:57.000'    | FILE CREATION DATE            |
| DATE-OBS= '2012-17-09T10:43:44.050' | OBSERVATION DATE              |
| TIME-OBS= '10:43:44.050'            | START UTC                     |
| END                                 |                               |

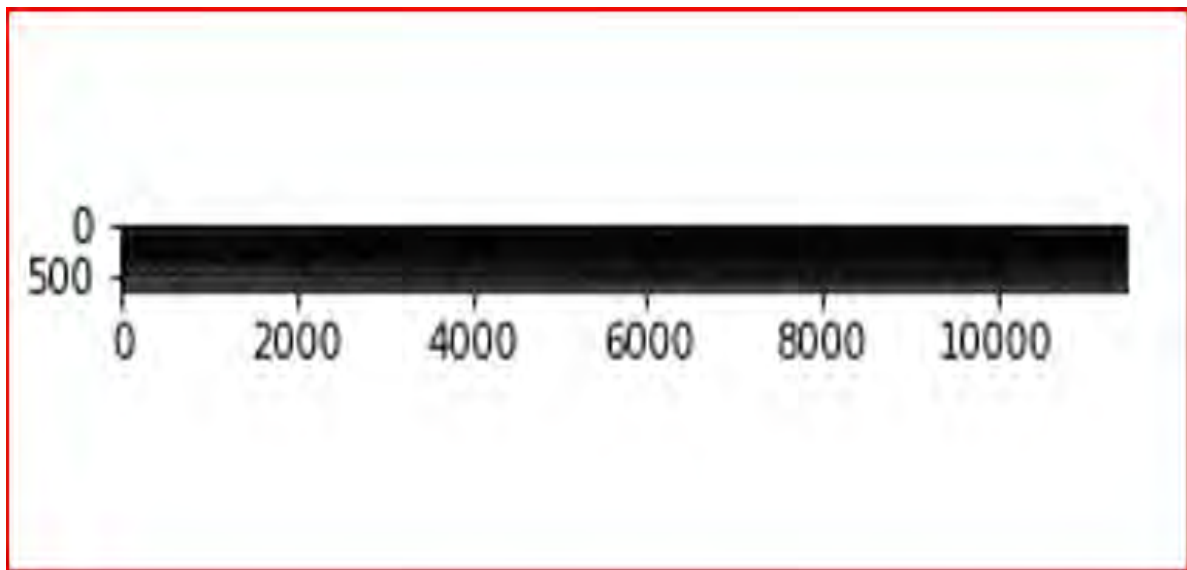


**Εικόνα 2.1** Παρουσίαση του φάσματος ,του αρχείου 7/0/2012 .ASG.INT.FITS με χρήση του προγράμματος SAODS9.

Στην παραπάνω Εικ. 2.1, έχουμε την μετατροπή του FITS αρχείου σε εικόνα και ερμηνεύοντας κατάλληλα τις ομάδες των pixels (λευκά , γκρι) εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία θα αναλύσουμε λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο 3.Αξίζει να σημειωθεί ότι για το διάβασμα και για τη μελέτη των FITS αρχείων χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό η γλώσσα προγραμματισμού Python η οποία έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα στη διαχείριση των FITS αρχείων . Διαθέτει έτοιμα πακέτα όπως το satrapy.ion.fits που προτείνεται για ανάγνωση και εγγραφή αρχείων FITS καθώς έχει γενική χρησιμότητα .Ένα άλλο πακέτο ,το fission, που δημιουργός του είναι ο Erin Sheldon μας επιτρέπει την άμεση πρόσβαση στις στήλες ενός δυαδικού πίνακα FITS ,ιδιαίτερα ,χρήσιμο για την ανάγνωση μεγάλων αρχείων. Σε περιπτώσεις όπου τα FITS αρχεία είναι μεγαλύτερα από 2GB περίπου ,η ανάγνωση είναι ιδιαίτερα δύσκολη και η απλούστερη μέθοδος είναι η χρήση της ενότητας fitsioPython. Το ίδιο αρχείο 17/9/2012.ASG.INT.FITS μπορούμε να το ανοίξουμε ,χρησιμοποιώντας κατάλληλο κώδικα στη PYTHON , τον οποίο παραθέτουμε ,αναλύουμε (δες παράρτημα Α)και εμφανίζουμε τα αποτελέσματα. Αφού «τρέξουμε» τον κώδικα παίρνουμε τα παρακάτω εξαγόμενα:

| No. | Name    | Ver | Type       | Cards | Dimensions   | Format             |
|-----|---------|-----|------------|-------|--------------|--------------------|
| 0   | PRIMARY | 1   | PrimaryHDU | 26    | (11452, 610) | int16 (610, 11452) |

<matplotlib.colorbar.Colorbar at 0x7f2496bc52d0>



**Εικόνα 2.2** Εμφάνιση της εικόνας , «αφού» τρέξουμε τον κώδικα σε Python.

Ενα δεύτερο αρχείο (M87-32. FITS) που χρησιμοποιούμε αφορά τον γιγαντιαίο ελλειπτικό γαλαξία, στον αστερισμό της παρθένου ,γνωστός ως Messier 87 (επίσης γνωστός ως M87, Virgo A ή NGC 4486) ,ο οποίος έχει ένα ιδιαίτερα ενεργό πυρήνα ,πλούσιο σε φάσματα και σε ραδιοκύματα .Ανακαλύφθηκε το 1781 από τον Γάλλο αστρονόμο Charles Messier, ο οποίος τον κατέγραψε ως νεφελώδες στοιχείο. Είναι ο δεύτερος λαμπρότερος γαλαξίας στο βόρειο σμήνος της παρθένου και απέχει περίπου  $16,4 \times 10^6$  parsec ( $53,5 \times 10^6$  έτη φωτός) από τη Γη. Στον πυρήνα αυτού του ασυνήθιστα μεγάλου γαλαξία υπάρχει μια ασυνήθιστα μεγάλη υπερμεγέθους μαύρη τρύπα. Αυτή είναι μια ισχυρή πηγή ακτινοβολίας σε πολλά μήκη κύματος, ιδιαίτερα ραδιοκύματα. Αυτή η μαύρη τρύπα είναι η πρώτη και, μέχρι σήμερα, η μόνη για την οποία οι αστρονόμοι έχουν καταφέρει να κάνουν μια άμεση εικόνα. Μια εικόνα στα ραδιοκύματα που ελήφθη από το τηλεσκόπιο Event Horizon το 2017 δημοσιεύθηκε στις 10 Απριλίου 2019. Η Εικ. 2.3 παρακάτω δείχνει τη σκιά της μαύρης τρύπας, που περιβάλλεται από έναν δακτύλιο εκπομπής με διάμετρο  $3,36 \times 10^{-3}$  parsecs ( $0,0110$  έτη φωτός).[4],[8].



**Εικόνα 2.3** Εμφάνιση της σκιάς της μαύρης τρύπας και του δακτυλίου εκπομπής που την περιβά-  
λει. [8].

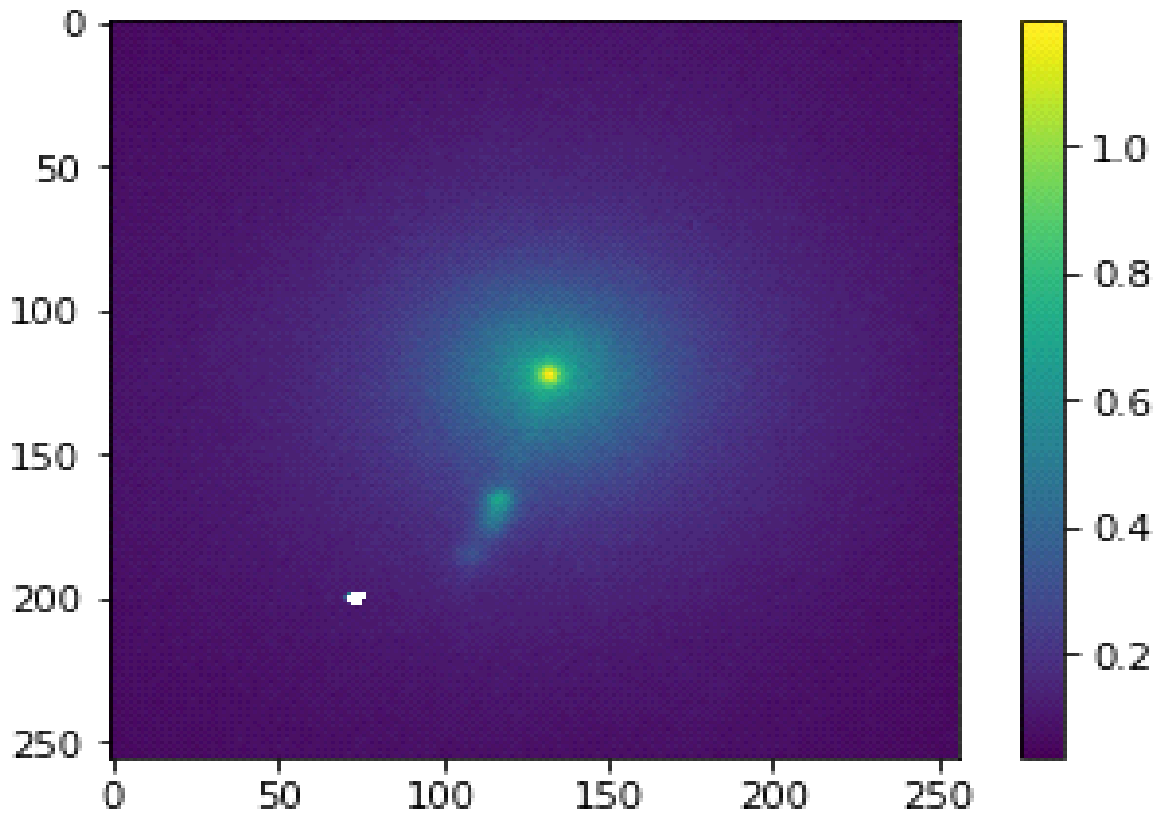
Ο **Messier 87** είναι κοντινός στη γη και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι αντικεί-  
μενο παρατήρησης τόσο για ερασιτεχνικές παρατηρήσεις όσο και για τους επιστήμονες. Προ-  
κειμένου να μελετήσουμε το εν λόγω αρχείο χρησιμοποιήσαμε παρόμοιο κώδικα σε γλώσσα  
PYTHON όπως προηγουμένως.(Δες Παράρτημα Β).Όταν «τρέξουμε" το αρχείο θα πάρουμε  
τα παρακάτω αποτελέσματα:

(Πληροφορίες για το αρχείο μας και για την κεφαλίδα . metadata)

| No. | Name    | Ver | Type       | Cards | Dimensions | Format                      |
|-----|---------|-----|------------|-------|------------|-----------------------------|
| 0   | PRIMARY | 1   | PrimaryHDU | 35    | (256, 256) | int32 (rescales to float64) |

<matplotlib.colorbar.Colorbar at 0x7fe9fc185dd0>





**Εικόνα 2.4** Εμφάνιση του αποτελέσματος της επεξεργασίας του FITS αρχείου μας (M87-32.FITS) μετά την αποκωδικοποίηση με Python.

## 2.2 World Coordinate Systems (Παγκόσμια Συστήματα Συντεταγμένων)

Επειδή το FITS είναι παγκόσμιο μέσο ανταλλαγής δεδομένων, οι μορφές επέκτασης πρέπει να συντονίζονται στο πλαίσιο της Διεθνούς Αστρονομικής Ένωσης (IAU), για την αποφυγή ασυνεπειών στη χρήση του. Προκειμένου να ερμηνεύσουμε επιστημονικά ένα σημείο που βρίσκεται σε ένα πίνακα δεδομένων ενός αρχείου FITS είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε τις φυσικές ή τις παγκόσμιες συντεταγμένες που αντιστοιχούν στο σημείο αυτό. Αν θεωρήσουμε για παράδειγμα ένα πίνακα που αντιπροσωπεύει ένα φάσμα πρέπει να γνωρίζουμε τη σχέση αναμεσά στον αριθμό του δείκτη του άξονα του μήκους κύματος και του μήκους κύματος.

**Ανακεφαλαιώνοντας,** θα λέγαμε ότι το FITS αποτελεί μια τυπική μορφή δεδομένων που χρησιμοποιείται στην Αστρονομία και Ραδιοαστρονομία. Υποστηρίζεται από την NASA και την IAU και είναι κάτι πολύ περισσότερο από μια απλή μορφή εικόνας

(JPEG ,GIF). Με τα FITS αρχεία μπορούμε να αποθηκεύουμε ,να αναλύουμε και να μεταφέρουμε επιστημονικά δεδομένα διαφόρων μορφότυπων όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα. Το FITS μπορεί επίσης να μεταφέρει αυθαίρετες ποσότητες κείμενου σε τυπικά αρχεία δεδομένων.[4,5].

## **2.3 Χρήση και εφαρμογή του SAODS9 στα αρχεία FITS**

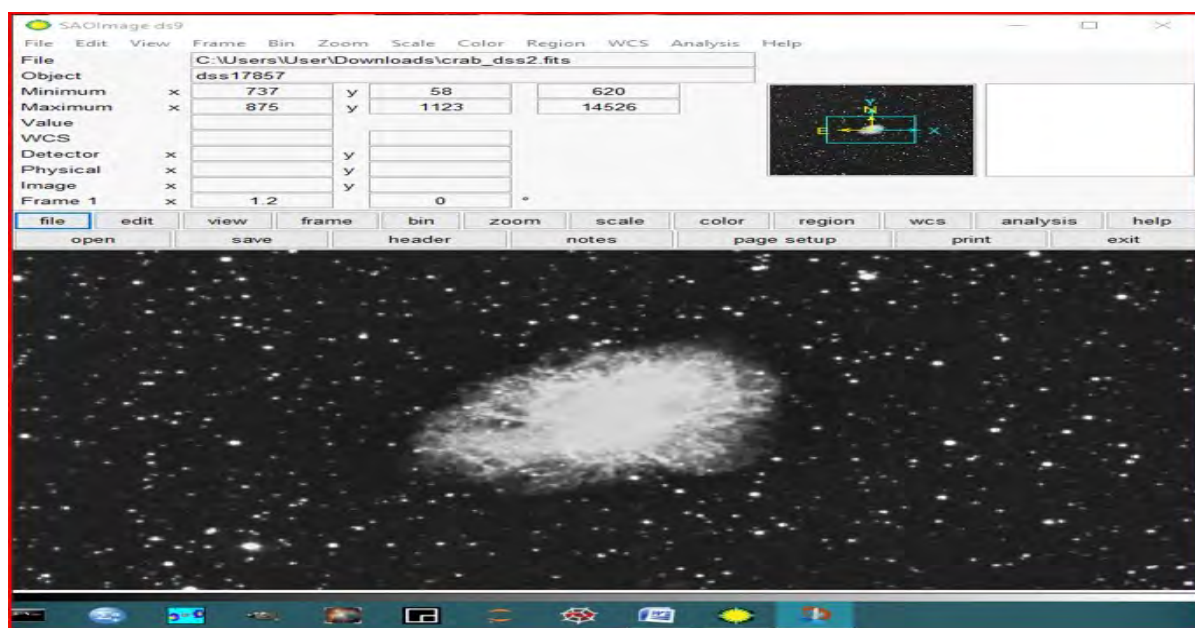
### **2.3.1 Γνωριμία με το SAODS9.**

Το 1990, ο Mike Van Hilst, στο Smithsonian Astrophysical Observatory, Κέντρο Αστροφυσικής, στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, ανέπτυξε το SAOImage υπό τη διεύθυνση του Eric Mandel. Το SAOImageDS9 (Deep Space 9), αποτελεί ένα πρόγραμμα αστρονομικών εικόνων και απεικόνισης δεδομένων. Το SAO υποστηρίζει δυαδικούς πίνακες FITS ,πολλαπλά buffers καρέ καθώς και τμηματικά, χειρισμό περιοχής. Είναι εφοδιασμένο με πολλούς αλγορίθμους κλίμακας καθώς και με χάρτες χρωμάτων. Είναι ένα εξαιρετικά παραμετροποιήσιμο και επεκτάσιμο πρόγραμμα και αποτελεί μια εφαρμογή χωρίς να απαιτούνται αρχεία εγκατάστασης και υποστήριξης. Παρέχει εύκολη επικοινωνία με εργασίες εξωτερικής ανάλυσης. Όλες οι εκδόσεις και οι πλατφόρμες υποστηρίζουν με συνέπεια το GUI (Graphical User Interface) και παρουσιάζει εξαιρετικές λειτουργικές δυνατότητες. Το DS9 υποστηρίζει προηγμένες λειτουργίες όπως 2-D, 3-D και RGB buffers καρέ, μωσαϊκά εικόνες, παράθεση, γρήγορη εναλλαγή εικόνων, γεωμετρικούς δείκτες, χειρισμό χρωματικών χαρτών, κλιμάκωση, αυθαίρετο ζουμ, περικοπή, περιστροφή, μετατόπιση και μια ποικιλία συστημάτων συντεταγμένων. Το GUI για DS9 μπορεί να διαμορφωθεί από το χρήστη. Τα στοιχεία GUI, όπως η οθόνη συντεταγμένων, ο μεγεθυντικός φακός, τα οριζόντια και κάθετα γραφήματα, η γραμμή κουμπιών και η γραμμή χρώματος μπορούν να διαμορφωθούν μέσω μενού ή γραμμής εντολών.[7]

## 2.3.2 Βασικές λειτουργίες του SAODS9

### 2.3.2.1 Διεπαφή με το SAO

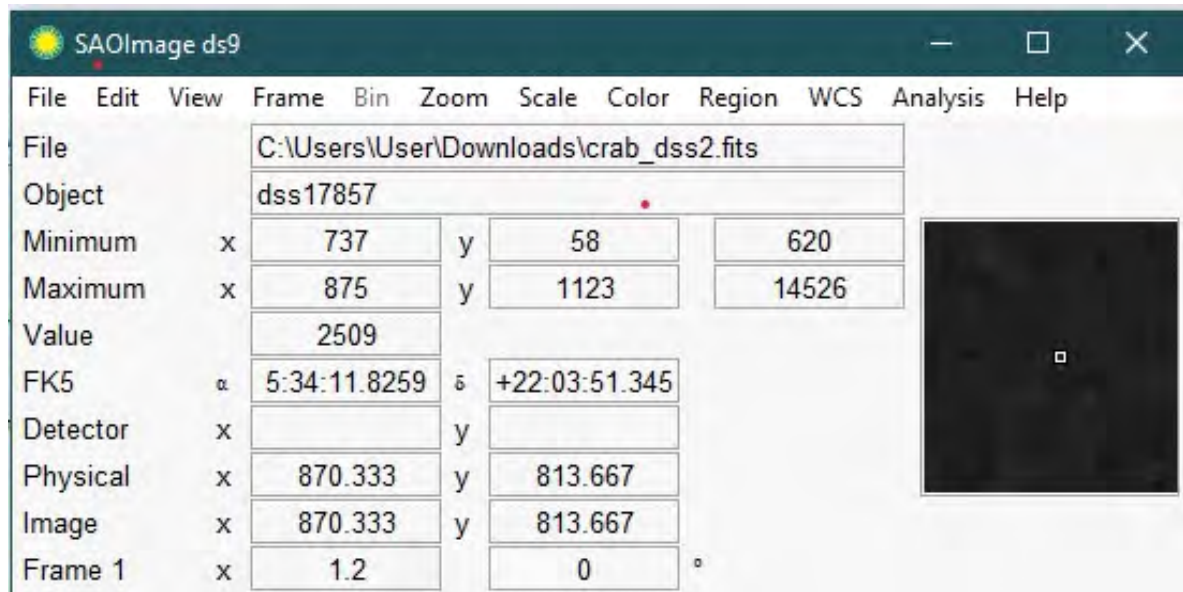
Η πρώτη διεπαφή με το SAODS9 γίνεται όταν ανοίξουμε το αρχείο μας crab-dss2.FITS.(Ανοιγμα με...SAODS9). Τότε αναδύεται το γραφικό περιβάλλον του SAO και παίρνουμε την ακόλουθη Εικ. 2.5 .



**Εικόνα 2.5** Το γραφικό περιβάλλον (GUI) του SAODS9 ,έχοντας ανοίξει ένα τυπικό αρχείο (crabds2.FITS).[8].

### 2.3.2.2 Πίνακας πληροφοριών

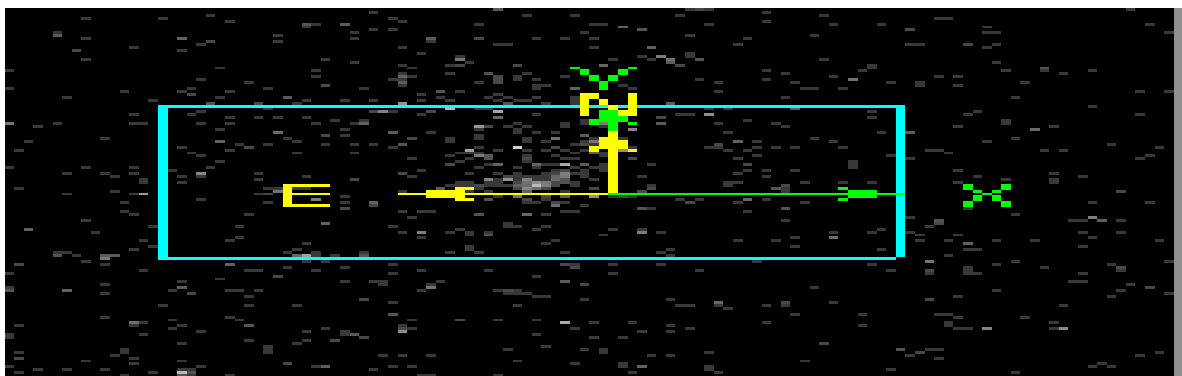
Ο πίνακας πληροφοριών εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με το αρχείο δεδομένων και τις τιμές στη θέση του δρομέα. Στην Εικ. 2.6 ,έχει φορτωθεί το αρχείο μας από τη θέση που βρίσκεται αφού έχει πάρει πληροφορίες από την κεφαλίδα του αρχείου. Καθώς μετακινείται ο δρομέας η τιμή και η θέση της εικόνας ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο.( σε WCS φυσικές συντεταγμένες και συντεταγμένες εικόνας).



**Εικόνα 2.6** Η θέση του κέρσορα πάνω στην εικόνα δίνει τις WCS συντεταγμένες αλλά και τις συντεταγμένες της σημειακής θέσης του κέρσορα σε σχέση με την εικόνα.

### 2.3.2.3 Panner

Το panner Εικ. 2.7, επιτρέπει στο χρήστη να βλέπει περιοχές του πλαισίου που βρίσκονται εκτός του τρέχοντος οπτικού πεδίου. Παρόλο που το πλαίσιο της οθόνης γεμίζει από τα δεδομένα, το panner υποδεικνύει ότι είναι διαθέσιμο μεγαλύτερο μέρος της εικόνας. Κάνοντας κλικ και σύροντας το πλαίσιο οριοθέτησης προβολής στο πλαίσιο - που φαίνεται με μπλε χρώμα στην Εικόνα θα εμφανιστεί ένα διαφορετικό τμήμα της εικόνας. Το πλαίσιο περιέχει επίσης άξονες που υποδεικνύουν τις κατευθύνσεις Βορρά και Ανατολής και τις κατευθύνσεις των φυσικών (x,y) αξόνων των δεδομένων.

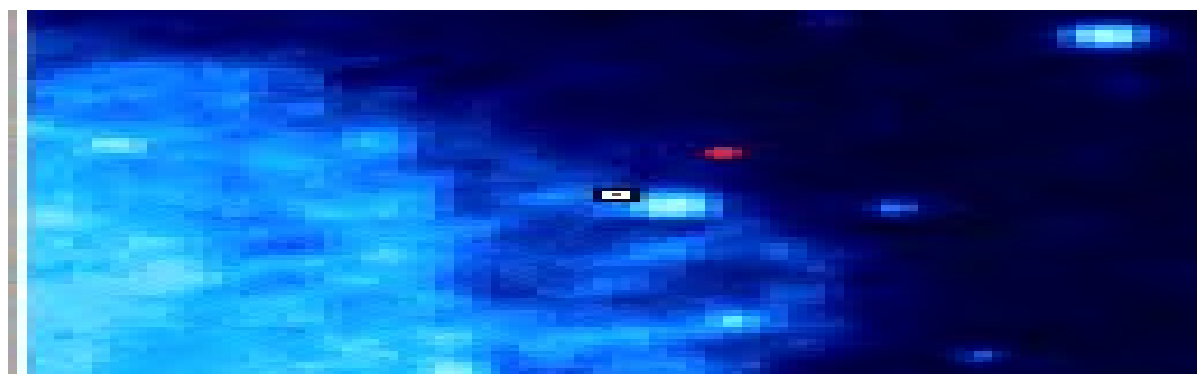


**Εικόνα 2.7** Το panner δίνει την δυνατότητα προσανατολισμού ενός σημείου μιας καθορισμένης περιοχής και περαιτέρω ακριβέστερου εντοπισμού του.

#### 2.3.2.4 Μεγεθυντικός φακός

Ο μεγεθυντικός φακός εμφανίζει μια μεγεθυμένη προβολή της τρέχουσας θέσης του δρομέα.

Ο μεγεθυντικός δρομέας - το μικρό τετράγωνο στο κέντρο της Εικ. 2.8 - περιγράφει το μέγεθος και τον προσανατολισμό ενός pixel, λαμβάνοντας υπόψη το τρέχον ζουμ και τον προσανατολισμό του πλαισίου.



**Εικόνα 2.8** Ο μεγεθυντικός φακός «διευρύνει» την εικόνα τοπικά, δίνοντας μας λεπτομερέστερη άποψη.

#### 2.3.2.5 Χειριστήρια

Η γραμμή κουμπιών αντιγράφει πολλές από τις διαθέσιμες επιλογές από τη γραμμή μενού.

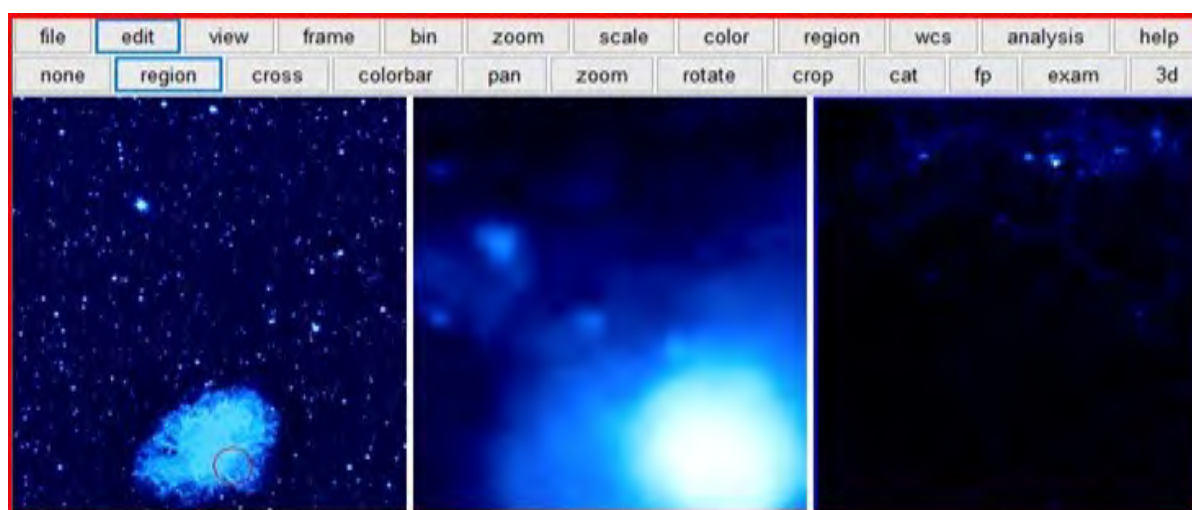
Τα κουμπιά παρέχουν γρήγορη πρόσβαση για αλλαγή των ενεργειών ds9 που χρησιμοποιούνται πιο συχνά (π.χ. αλλαγή της κλίμακας και της γραμμής χρώματος, που αναβοσβήνουν και πλακάκια πλαισίων κ.α.). Όταν επιλέγεται μια κατηγορία από την επάνω σειρά, οι επιλογές σε αυτήν την κατηγορία εμφανίζονται στην κάτω σειρά των κουμπιών. Στην εικόνα 2.9, επιλέγεται η κατηγορία χρώματος και η κάτω σειρά δείχνει τις δέκα επιλογές χρωματικών χαρτών που χρησιμοποιούνται περισσότερο (πρόσθετοι χρωματικοί χάρτες είναι διαθέσιμοι από το μενού " color ").

|      |      |      |       |     |      |       |       |        |         |      |
|------|------|------|-------|-----|------|-------|-------|--------|---------|------|
| file | edit | view | frame | bin | zoom | scale | color | region | wcs     | help |
| grey | a    | b    | bb    | he  | i8   | aips0 | heat  | cool   | rainbow |      |

**Εικόνα 2.9** Εδώ εμφανίζεται η γραμμή των κουμπιών ,για γρήγορη πρόσβαση στις λειτουργίες του προγράμματος SAO.

### 2.3.2.6 Πλαίσιο οθόνης

Το πλαίσιο οθόνης είναι η περιοχή του ds9 όπου εμφανίζεται η εικόνα FITS. Στην Εικ. 2.10 φαίνεται ένα μόνο πλαίσιο. Πολλά καρτέ μπορούν να ανοίξουν ταυτόχρονα σε ds9. Από την στήλη `frame` επιλέγουμε `NEW frame`. Στην Εικ. 2.10, έχουν ανοίξει τρία καρτέ και έχουν ρυθμιστεί στην εμφάνιση `"tile"` από το κουμπί `"frame"`. Το τρέχον πλαίσιο υποδεικνύεται από ένα μπλε περίγραμμα γύρω του (δεύτερη στήλη, κεντρικό πλαίσιο). Ο τρόπος τοποθέτησης των πλαισίων ορίζεται στο μενού `"frame → Frame Parameters → Tile"` menu". Η προεπιλογή είναι να τοποθετήσουμε τα πλαίσια σε ένα πλέγμα.

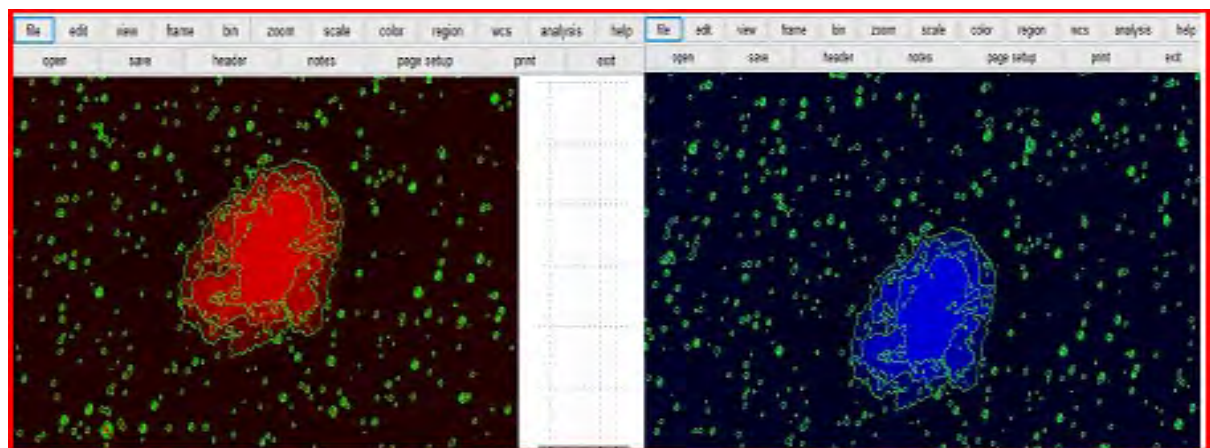


**Εικόνα 2.10** Εμφάνιση πολλών καρτέ στο ίδιο πλαίσιο, αφού έχουμε καθορίσει την περιοχή μας

### 2.3.2.7 Colors

Για να αλλάξουμε τον χρωματικό χάρτη, χρησιμοποιούμε το μενού ή το κουμπί `"Color"`. Το πλαίσιο διαλόγου `"Color → Colormap Parameters"` μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αλλαγή της αντίθεσης και της προτίμησης.

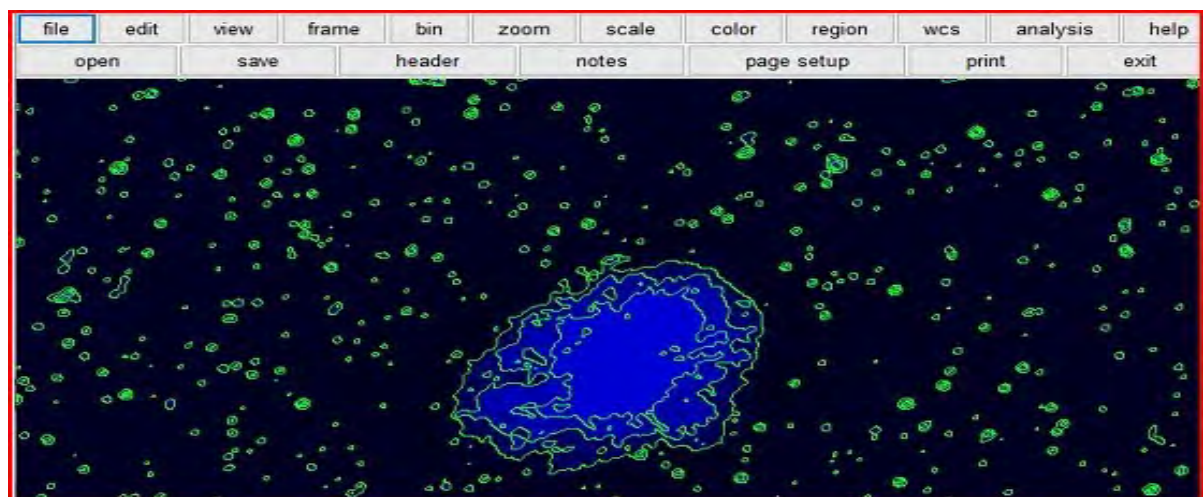




**Εικόνα 2.11** Παρουσίαση αλλαγής, χρωματικής κλίμακας και παραμετροποίηση εμφάνισης.

### 2.3.2.8 Δημιουργία περιγραμμάτων σε αστρονομική εικόνα.(Contours)

Αφού φορτώσουμε την εικόνα μας στο ds9 ,πάμε στο μενού Analysis και επιλέγουμε Contours για να εμφανίσουμε περίγραμμα.(Εικ. 2.12).Στη συνέχεια επιλέγουμε «Analysis → Contours Parameters» για να διαμορφώσουμε το περίγραμμα.(Εικ. 2.13).



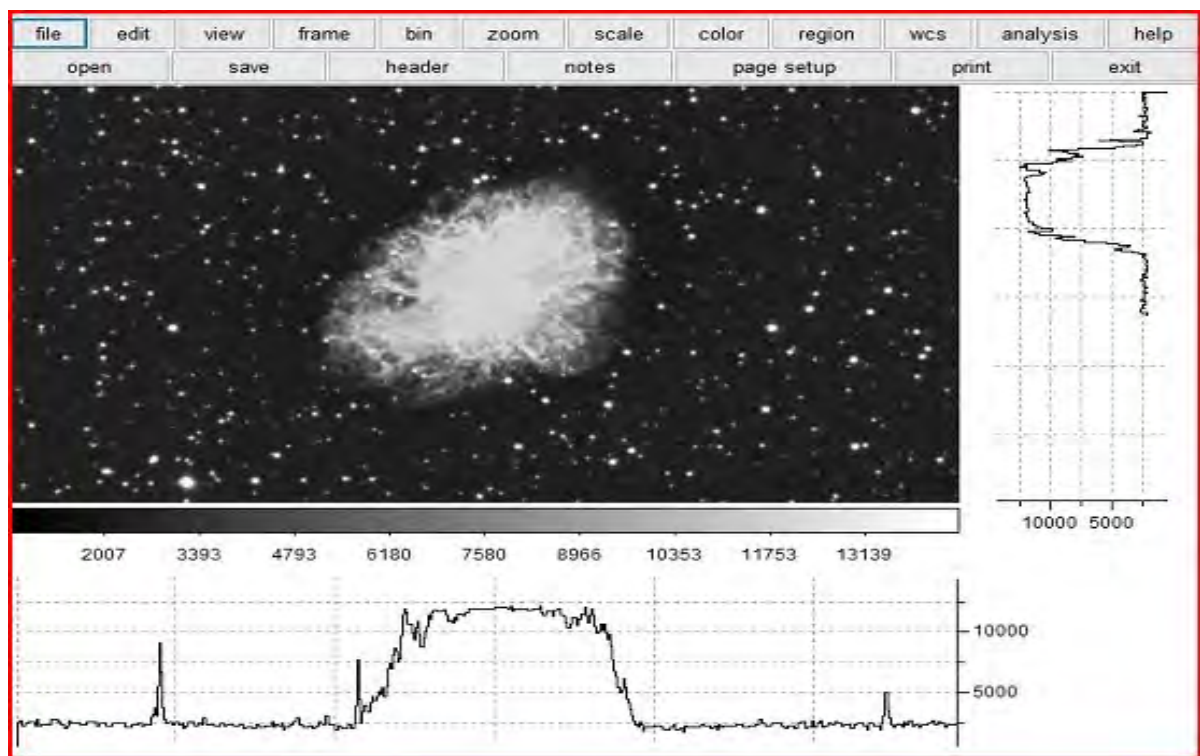
**Εικόνα 2.12** Δημιουργία περιγράμματος, σε επιλεγμένη περιοχή.



**Εικόνα 2.13** Εισαγωγή παραμέτρων από δυο οριζόντιες κλίμακες για την διαμόρφωση του περιγράμματος.(Contours parameters).

### 2.3.2.9 Οριζόντιο και κάθετο γράφημα της φωτεινότητας των εικονοστοιχείων.

Επιλέγοντας View->Horizontal (vertical) Graph μπορούμε να πάρουμε το γράφημα της φωτεινότητας σε κάθε pixel κάθε περιοχής. Εικ. 2.14.

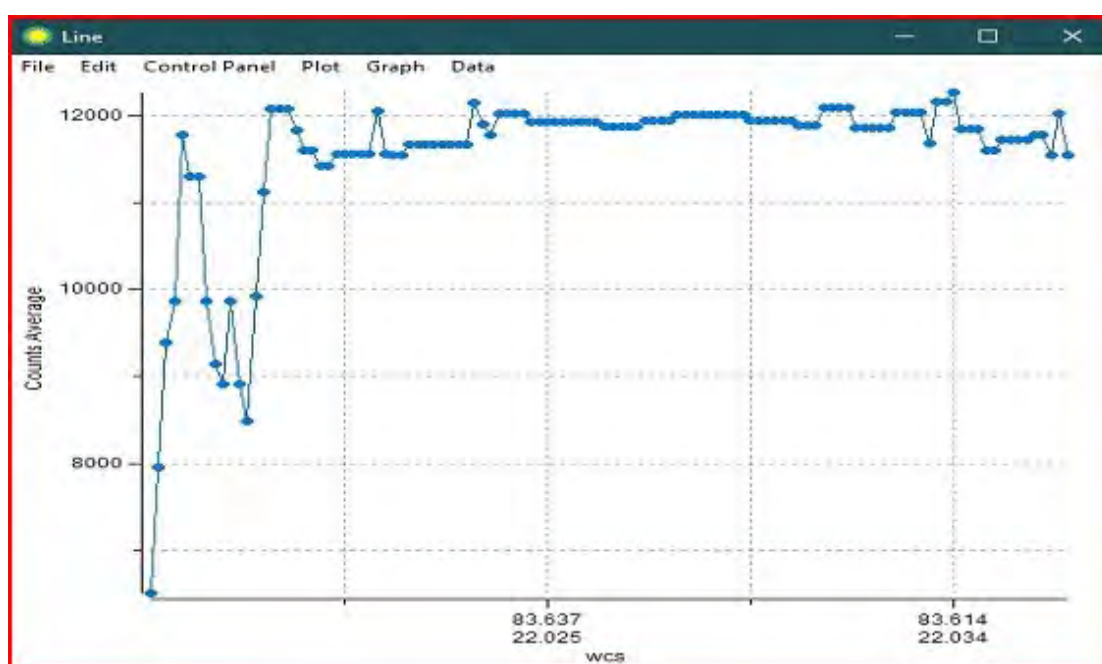
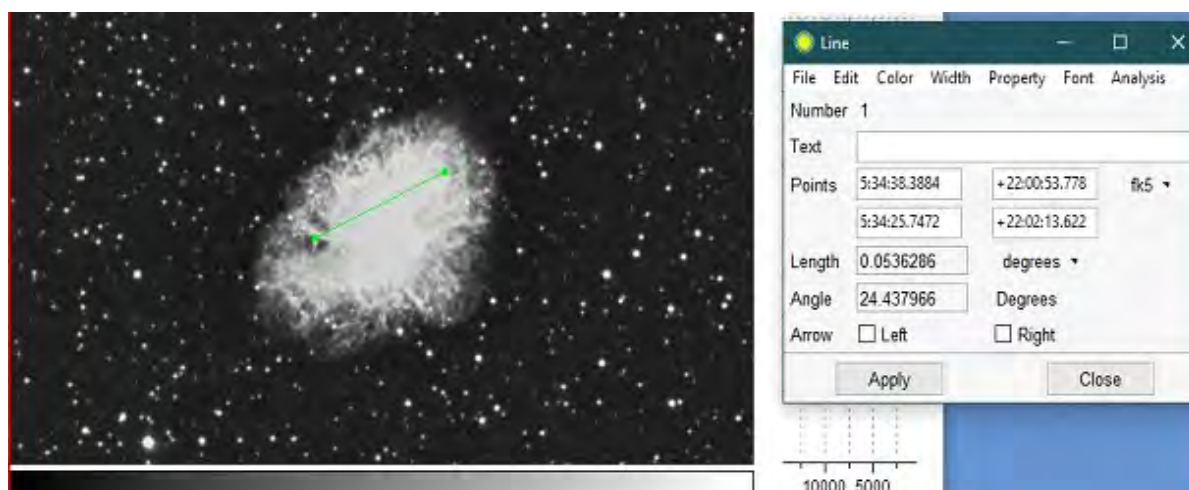


**Εικόνα 2.14** Μετακινώντας τον κέρσορα πάνω στην εικόνα μας ,παιρνούμε και την αντίστοιχη καμπύλη φωτεινότητας του εικονοστοιχείου .(pixel).



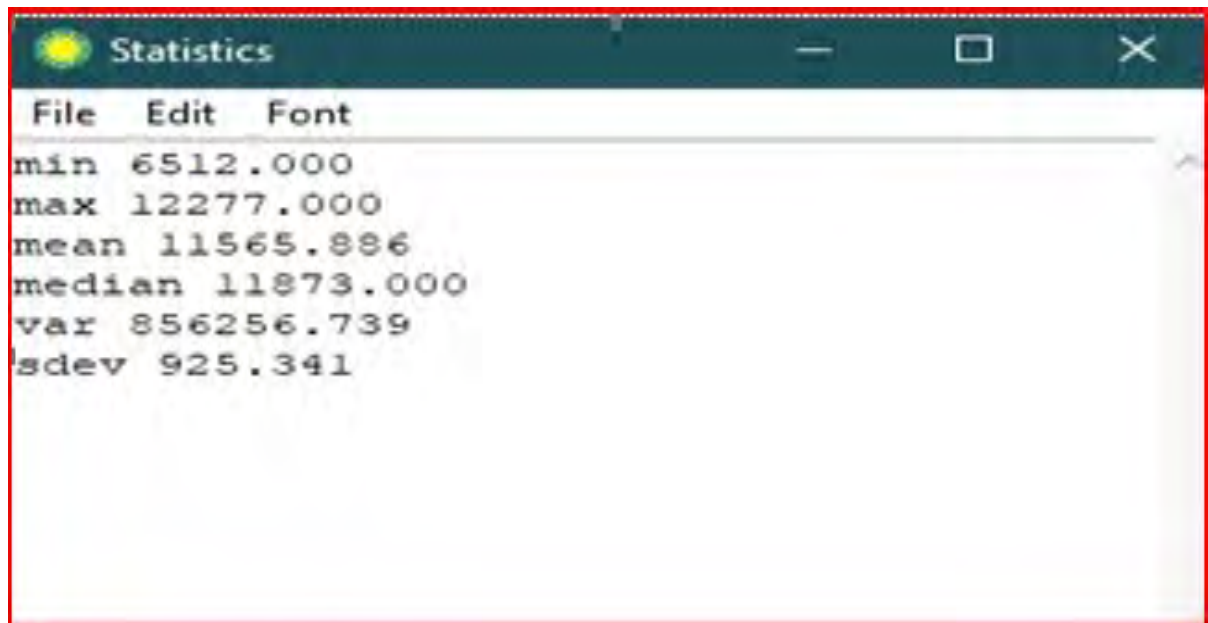
### 2.3.2.10 Στατιστικά συμπεράσματα από μια περιοχή εικόνας.

Ακολουθώντας την στήλη Region και επιλέγοντας Region->shape->line και αφού μαρκάρουμε πατώντας το άκρο της γραμμής (πράσινη) παίρνουμε την Εικ. 2.15.α. Απο το παράθυρο Line επιλέγουμε Analysis->2-D και παίρνουμε την Εικ. 2.15.β



**Εικόνα 2.15. α.** Το πρώτο βήμα για τη στατιστική ανάλυση μιας επιλεγμένης περιοχής. **β.** Εδώ εμφανίζεται η γραφική παράσταση της φωτεινότητας των εικονοστοιχείων της επιλεγμένης περιοχής. Στον οριζόντιο άξονα αναγράφονται οι παγκόσμιες συντεταγμένες και στο κάθετο η μέση τιμή φωτεινότητας των pixels.

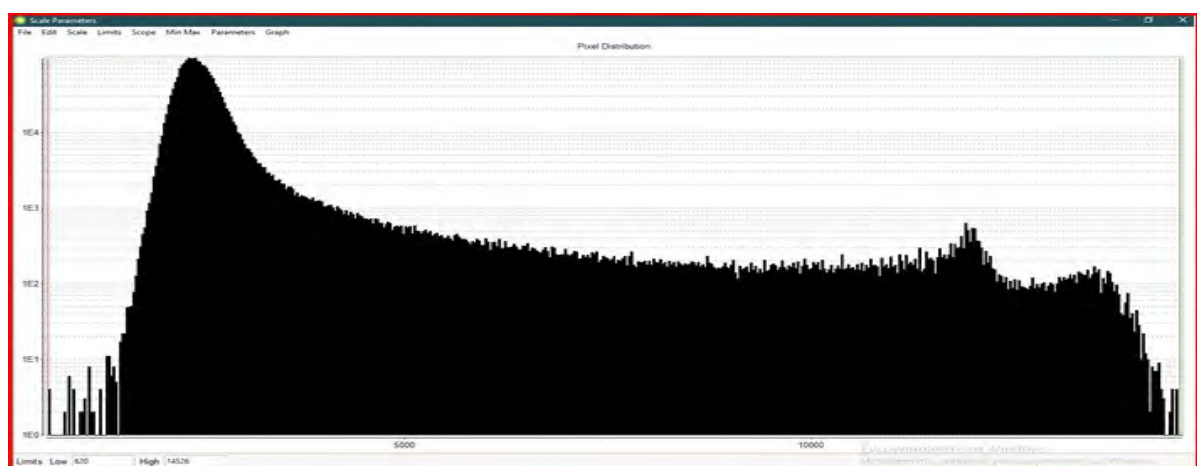
Από το παραπάνω παράθυρο και τη στήλη File επιλέγουμε “statistics” και παίρνουμε την Εικ. 2.16 παρακάτω ,που μας παρέχει χρήσιμα στατιστικά δεδομένα.



**Εικόνα 2.16** Παρουσίαση στατιστικών αποτελεσμάτων της καθορισμένης περιοχής.

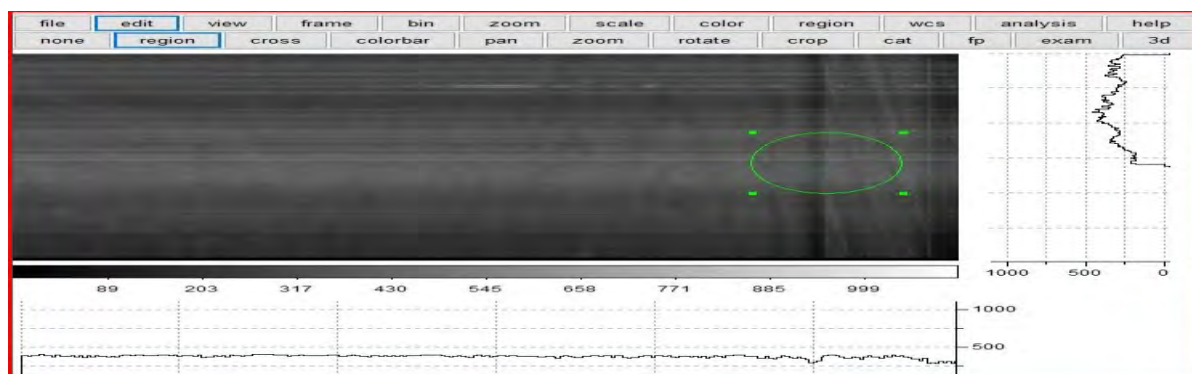
### 2.3.2.11 Ιστόγραμμα ( Histogram)

Επιλέγοντας Scale > ScaleParameters...μπορούμε να δούμε με λεπτομερή τρόπο το ακριβές προφίλ της εικόνας ως προς τη φωτεινότητά της ανά εικονοστοιχείο . Εικ. 2.17.



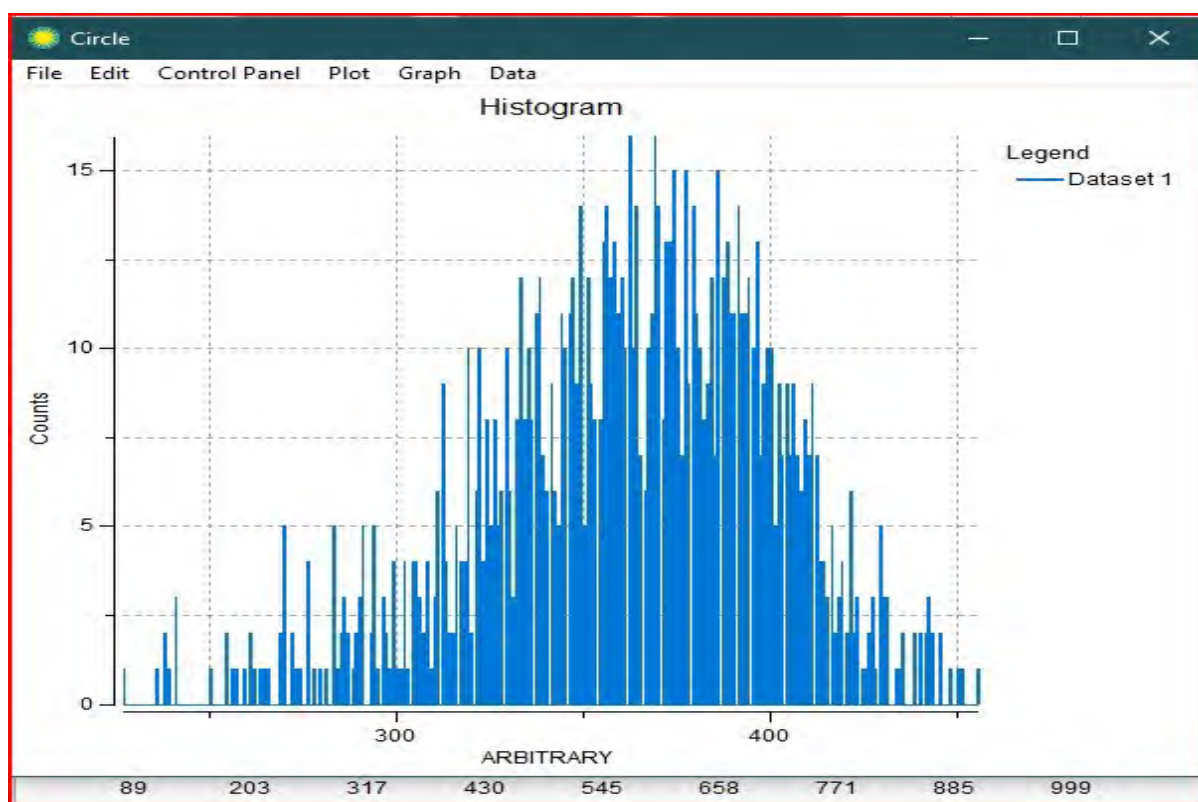
**Εικόνα 2.17** Εμφάνιση φωτεινότητας κάθε εικονοστοιχείου.

Παραθέτουμε και άλλο ένα παράδειγμα ιστογράμματος από ένα διαφορετικό αρχείο. Επιλέγουμε το αρχείο 03A07\_00AASG.INT.FITS από τα δεδομένα του ARTEMIS IV. (<http://artemisjls.phys.uoa.gr/ARTEMIS/QuickLooks/2007/03/>) και το ανοίγουμε με το SAODS9. Στη περίπτωση αυτή η επιλεγμένη περιοχή είναι κυκλικός δίσκος. Εικ. 2.18.



**Εικόνα 2.18** Εμφάνιση επιλεγμένης κυκλικής περιοχής, στη πράσινη στεφάνη.

Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία όπως παραπάνω παίρνουμε το αντίστοιχο ιστογράμμο της κυκλικής περιοχής, στη Εικ. 2.19 παρακάτω.



**Εικόνα 2.19** Παρουσίαση του ιστογράμματος κλειστής περιοχής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ASG ANALYTH

#### 3.1 Επεξεργασία δεδομένων (raw data) από τον ASG.(Δυο βασικές μέθοδοι)

Στη παρούσα παράγραφο αναπτύσσουμε δυο βασικές μεθόδους επεξεργασίας δεδομένων, με απώτερο σκοπό τη λήψη πολύτιμων πληροφοριών για τις ραδιοεξάρσεις τύπου III αλλά και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Η πρώτη μέθοδος επεξεργασίας πραγματοποιείται με τη βοήθεια του προγράμματος του EXCELL και η δεύτερη γίνεται με τη βοήθεια προγράμματος γραμμένο σε γλώσσα PYTHON. Πριν περάσουμε όμως στη παρουσίαση αυτών των δυο μεθόδων θα δούμε ένα τυπικό αρχείο ,τη μορφή των δεδομένων του και τι παρουσιάζεται σε αυτό. Από την ηλεκτρονική διεύθυνση :

[http://artemisjls.phys.uoa.gr/ARTEMIS/QuickLooks/2003/10/03A01\\_00.ASG.FLX](http://artemisjls.phys.uoa.gr/ARTEMIS/QuickLooks/2003/10/03A01_00.ASG.FLX)

λαμβάνουμε το αρχείο 03 A01\_\_00.ASG.FLX που έχει την παρακάτω μορφή:

Display of Artemis-IV (SA0/ASG) data

Computed on Sep 13 2020, 3:41

Input file: 03A01\_00.ASG, ASG data,  
Start block # 1 at 05:14:59.320 UT of Oct 1, 2003  
End block # 75601 at 15:45:00.350 UT of Oct 1, 2003  
75601 blocks, 0 Missing blocks, 630 Frequency channels  
Time step=0.10 sec

Start: 05:15:01.070 UT, End: 15:44:57.570 UT; Integration time= 3.50 sec

10800 Data points

Background mode: 1, Background file:

Filter widths: 0.0 sec and 0.0 min  
Uncalibrated data

| Time (UT) | Flux   | Time (UT)    |
|-----------|--------|--------------|
| 5.250297  | 341977 | 05:15:01.070 |
| 5.251269  | 342116 | 05:15:04.570 |
| 5.252242  | 341510 | 05:15:08.070 |
| 5.253214  | 340669 | 05:15:11.570 |
| 5.254186  | 342950 | 05:15:15.070 |
| 5.255158  | 341725 | 05:15:18.570 |
| 5.256131  | 343980 | 05:15:22.070 |
| 5.257103  | 340547 | 05:15:25.570 |
| 5.258075  | 342841 | 05:15:29.070 |
| 5.259047  | 341149 | 05:15:32.570 |
| 5.260019  | 341148 | 05:15:36.070 |

```

5.260992 341301 05:15:39.570
5.261964 343188 05:15:43.070
5.262936 341676 05:15:46.570
5.263908 340517 05:15:50.070
5.264881 342198 05:15:53.570
5.265853 343522 05:15:57.070
5.266825 341530 05:16:00.570
5.267797 343462 05:16:04.070
5.268769 341989 05:16:07.570
5.269742 341148 05:16:11.070
5.270714 345108 05:16:14.570
5.271686 341889 05:16:18.070
5.272658 343039 05:16:21.570
5.273631 344291 05:16:25.070
5.274603 343819 05:16:28.570
5.275575 345225 05:16:32.070
5.276547 346239 05:16:35.570
5.277519 342015 05:16:39.070
5.278492 345584 05:16:42.570
5.279464 345657 05:16:46.070
5.280436 345021 05:16:49.570
5.281408 346395 05:16:53.070
5.282381 345397 05:16:56.570
5.283353 342079 05:17:00.070
5.284325 342484 05:17:03.570
5.285297 341739 05:17:07.070

```

```

... . ... . ... .
15.747381 398512 15:44:50.570
15.748353 399607 15:44:54.070
15.749325 397765 15:44:57.570

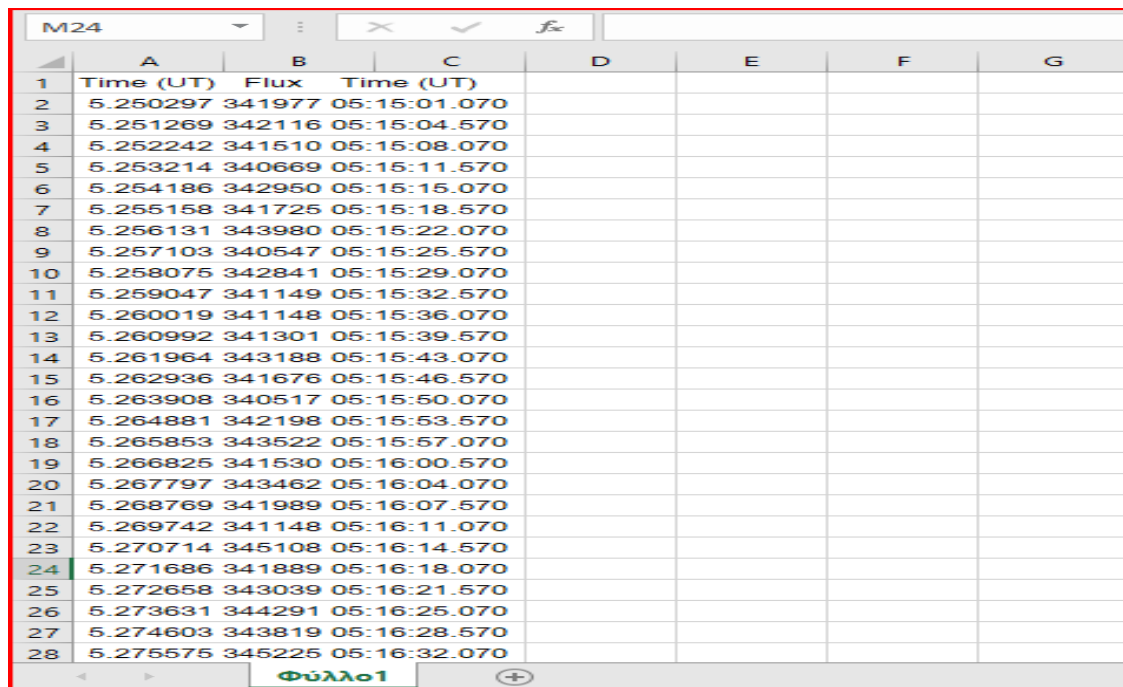
```

Το αρχείο στην αριστερή στήλη παρουσιάζει την παγκόσμια ώρα TIME(UT) ,στη μεσαία στήλη παρουσιάζει την ροή ακτινοβολίας (FLUX) και στη δεξιά στήλη παρουσιάζει το χρόνο στη συνήθη μορφή (hh:mm:ss). Στην αρχή του αρχείου εμφανίζεται η ώρα της εκκίνησης της καταγραφής του FLUX καθώς και η ώρα του τέλους καταγραφής. Στη περίπτωση μας η καταγραφή αρχίζει στις 05:14:59 και τελειώνει στις 15:45:00. Έχουμε 630 κανάλια συχνοτήτων και ο χρόνος βηματισμού είναι 0.10sec,όπως έχουμε αναφέρει στο Κεφ. 1. Τα δεδομένα έχουν καταγραφεί από τον ραδιοφασματογράφο ASG και έχουν αρχικά μια ενιαία και αδιάσπαστη δομική σύσταση .Οι δυο μέθοδοι επεξεργασίας έχουν σαν κύριο σκοπό το σαφή και ακριβή διαχωρισμό αυτών των στηλών και την χρήση των δεδομένων τους τους ξεχωριστά .



### 3.1.α.Διαχωρισμός (extracting) των δεδομένων με χρήση του EXCEL

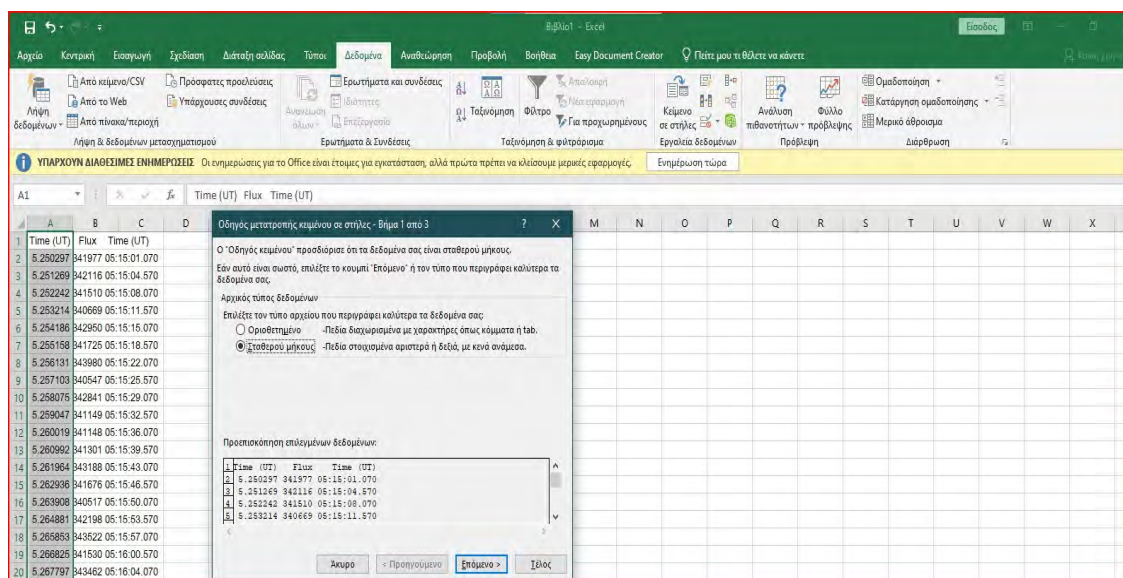
Βήμα 1.Μετα από αντιγραφή αυτών των τριών στηλών και την επικόλληση σε ένα λογιστικό φύλλο του EXCEL παίρνουμε την παρακάτω Εικ. 3.1.



|    | A         | B      | C            | D | E | F | G |
|----|-----------|--------|--------------|---|---|---|---|
| 1  | Time (UT) | Flux   | Time (UT)    |   |   |   |   |
| 2  | 5.250297  | 341977 | 05:15:01.070 |   |   |   |   |
| 3  | 5.251269  | 342116 | 05:15:04.570 |   |   |   |   |
| 4  | 5.252242  | 341510 | 05:15:08.070 |   |   |   |   |
| 5  | 5.253214  | 340669 | 05:15:11.570 |   |   |   |   |
| 6  | 5.254186  | 342950 | 05:15:15.070 |   |   |   |   |
| 7  | 5.255158  | 341725 | 05:15:18.570 |   |   |   |   |
| 8  | 5.256131  | 343980 | 05:15:22.070 |   |   |   |   |
| 9  | 5.257103  | 340547 | 05:15:25.570 |   |   |   |   |
| 10 | 5.258075  | 342841 | 05:15:29.070 |   |   |   |   |
| 11 | 5.259047  | 341149 | 05:15:32.570 |   |   |   |   |
| 12 | 5.260019  | 341148 | 05:15:36.070 |   |   |   |   |
| 13 | 5.260992  | 341301 | 05:15:39.570 |   |   |   |   |
| 14 | 5.261964  | 343188 | 05:15:43.070 |   |   |   |   |
| 15 | 5.262936  | 341676 | 05:15:46.570 |   |   |   |   |
| 16 | 5.263908  | 340517 | 05:15:50.070 |   |   |   |   |
| 17 | 5.264881  | 342198 | 05:15:53.570 |   |   |   |   |
| 18 | 5.265853  | 343522 | 05:15:57.070 |   |   |   |   |
| 19 | 5.266825  | 341530 | 05:16:00.570 |   |   |   |   |
| 20 | 5.267797  | 343462 | 05:16:04.070 |   |   |   |   |
| 21 | 5.268769  | 341989 | 05:16:07.570 |   |   |   |   |
| 22 | 5.269742  | 341148 | 05:16:11.070 |   |   |   |   |
| 23 | 5.270714  | 345108 | 05:16:14.570 |   |   |   |   |
| 24 | 5.271686  | 341889 | 05:16:18.070 |   |   |   |   |
| 25 | 5.272658  | 343039 | 05:16:21.570 |   |   |   |   |
| 26 | 5.273631  | 344291 | 05:16:25.070 |   |   |   |   |
| 27 | 5.274603  | 343819 | 05:16:28.570 |   |   |   |   |
| 28 | 5.275575  | 345225 | 05:16:32.070 |   |   |   |   |

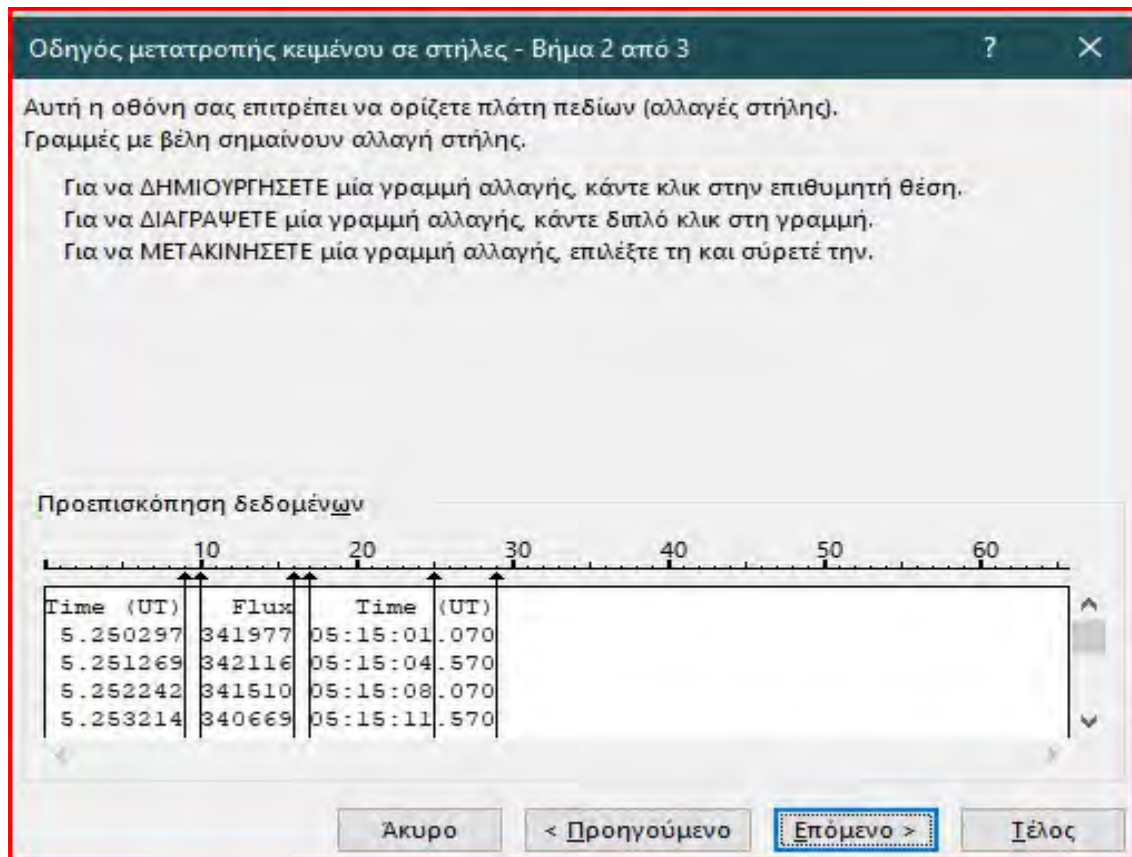
Εικόνα 3.1 Αντιγραφή και επικόλληση των “row data” σε ένα λογιστικό φύλλο του EXCELL.

Βήμα 2.Πρωτα μαρκάρουμε την αριστερή στήλη . Μετά επιλέγουμε δεδομένα ->κείμενο σε στήλες και παίρνουμε την παρακάτω Εικ. 3.2.



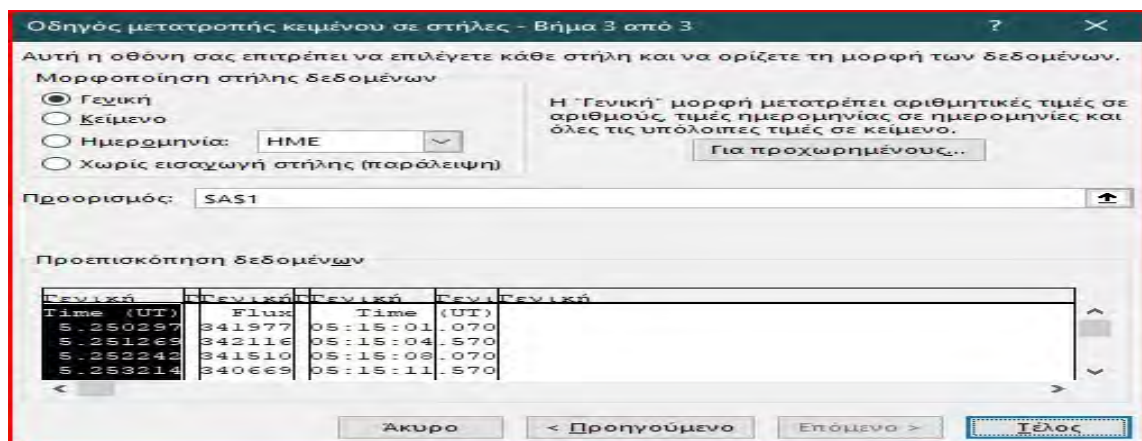
Εικόνα 3.2 Εμφάνιση του οδηγού μετατροπής κειμένου σε στήλες.

Βήμα 3. Στο τρίτο βήμα είμαστε στον παραπάνω εμφανισμένο οδηγό και εισάγουμε δίπλες κάθετες γραμμές στις εμφανιζόμενες στήλες και παίρνουμε την παρακάτω Εικόνα 3.3.



**Εικόνα 3.3** Εισάγουμε (με το ποντίκι) κατακόρυφες γραμμές ανάμεσα στις στήλες και πατάμε επόμενο.

Στη συνέχεια εμφανίζεται ο οδηγός όπως στην Εικ. 3.4, παρακάτω.



**Εικόνα 3.4** Επιλέγουμε «τέλος» και έχουμε διαχωρίσει τις στήλες.

Τα δεδομένα μας έχουν διαχωριστεί και μπορούμε πλέον να τα επιλέξουμε κατά το δοκούν. Το λογιστικό φύλλο μας έχει την παρακάτω μορφή.(Εικ. 3.5).

|    | A         | B | C      | D | E         | F    | G |
|----|-----------|---|--------|---|-----------|------|---|
| 1  | Time (UT) |   | Flux   |   | Time (UT) |      |   |
| 2  | 5.250.297 |   | 341977 |   | 5:15:01   | 0.07 |   |
| 3  | 5.251.269 |   | 342116 |   | 5:15:04   | 0.57 |   |
| 4  | 5.252.242 |   | 341510 |   | 5:15:08   | 0.07 |   |
| 5  | 5.253.214 |   | 340669 |   | 5:15:11   | 0.57 |   |
| 6  | 5.254.186 |   | 342950 |   | 5:15:15   | 0.07 |   |
| 7  | 5.255.158 |   | 341725 |   | 5:15:18   | 0.57 |   |
| 8  | 5.256.131 |   | 343980 |   | 5:15:22   | 0.07 |   |
| 9  | 5.257.103 |   | 340547 |   | 5:15:25   | 0.57 |   |
| 10 | 5.258.075 |   | 342841 |   | 5:15:29   | 0.07 |   |
| 11 | 5.259.047 |   | 341149 |   | 5:15:32   | 0.57 |   |
| 12 | 5.260.019 |   | 341148 |   | 5:15:36   | 0.07 |   |
| 13 | 5.260.992 |   | 341301 |   | 5:15:39   | 0.57 |   |
| 14 | 5.261.964 |   | 343188 |   | 5:15:43   | 0.07 |   |
| 15 | 5.262.936 |   | 341676 |   | 5:15:46   | 0.57 |   |
| 16 | 5.263.908 |   | 340517 |   | 5:15:50   | 0.07 |   |
| 17 | 5.264.881 |   | 342198 |   | 5:15:53   | 0.57 |   |
| 18 | 5.265.853 |   | 343522 |   | 5:15:57   | 0.07 |   |
| 19 | 5.266.825 |   | 341530 |   | 5:16:00   | 0.57 |   |
| 20 | 5.267.797 |   | 343462 |   | 5:16:04   | 0.07 |   |
| 21 | 5.268.769 |   | 341989 |   | 5:16:07   | 0.57 |   |
| 22 | 5.269.742 |   | 341148 |   | 5:16:11   | 0.07 |   |
| 23 | 5.270.714 |   | 345108 |   | 5:16:14   | 0.57 |   |
| 24 | 5.271.686 |   | 341889 |   | 5:16:18   | 0.07 |   |
| 25 | 5.272.658 |   | 343039 |   | 5:16:21   | 0.57 |   |
| 26 | 5.273.631 |   | 344291 |   | 5:16:25   | 0.07 |   |
| 27 | 5.274.603 |   | 343819 |   | 5:16:28   | 0.57 |   |
| 28 | 5.275.575 |   | 345225 |   | 5:16:32   | 0.07 |   |

**Εικόνα 3.5** Τελικό στάδιο ,”extracting row data” με χρήση excel . Έχουμε σαφή και ακριβή διαχωρισμό των δεδομένων σε ξεχωριστές στήλες.

Μας δίνεται πλέον η δυνατότητα λήψης οιασδήποτε στήλης, αλλά κυρίως θα επιλέγουμε την κεντρική και δεξιά στήλη δεδομένων στις παρακάτω χρήσεις.

### 3.1.β. Διαχωρισμός (extracting) δεδομένων με εφαρμογή κώδικα σε Python.

Ένας δεύτερος τρόπος διαμέλισης των δεδομένων ενός αρχείου FLX, πραγματοποιείται με εφαρμογή χρήσης κώδικα σε γλώσσα Python.(Δες Παράρτημα Γ).

Αρχικά παίρνουμε ένα αρχείο με κατάληξη FLX και το μετατρέπουμε σε ένα αρχείο EXCEL με απομονωμένες πλέον, γραμμές και στήλες για οιαδήποτε χρήση.



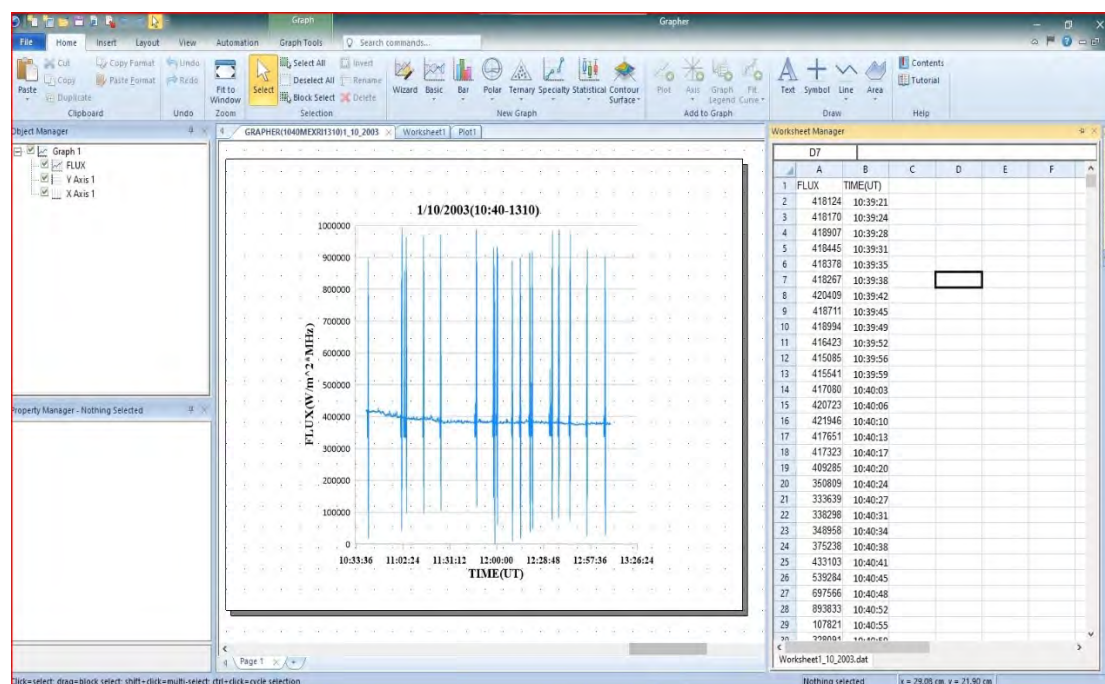
Το αρχείο στο παράδειγμα μας έχει ληφθεί τυχαία από τα δεδομένα του ARTEMIS IV και είναι το 00401\_01.ASG.FLX

### 3.2. Παρουσίαση και ανάλυση ηλιακών ραδιοεξάρσεων τύπου III.

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζουμε πέντε αρχεία FITS και τα αντίστοιχα αρχεία FLX και BITMAP. Η λήψη των αρχείων έγινε από τα DATA του ARTEMIS .

( <http://artemisjls.phys.uoa.gr/ARTEMIS/index.html> )

Τα αρχεία μας είναι από διαδοχικές ημερομηνίες , προκειμένου να γίνει σύγκριση και μελέτη των ραδιοεξάρσεων κατά τη χρονική εξέλιξη . Για κάθε αρχείο χρησιμοποιούμε το SAO και παίρνουμε το αντίστοιχο (χρονικά ) φάσμα , καθώς και το Ιστόγραμμα των καθορισμένων περιοχών. Επίσης χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα Grapher προκειμένου να απεικονίσουμε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις της ροής (FLUX) , σε σχέση με το χρόνο. Στην Εικ. 3.6, εμφανίζεται μια τυπική μορφή του προγράμματος Grapher με τα αντίστοιχα στοιχεία FLUX και TIME(UT) καθώς και το αντίστοιχο γράφημα .



**Εικόνα 3.6** Εμφάνιση στα δεξιά των στοιχείων που έχουμε πάρει από ένα αρχείο τύπου FLX και αριστερά η γραφική παράσταση της ροής (FLUX) συναρτήσεως του χρόνου (TIME UT).

## Αρχείο 1. (Ημερομηνία: 1/10/2003)

### Α Μέρος. ( Διάρκεια: 10:40-13:10)

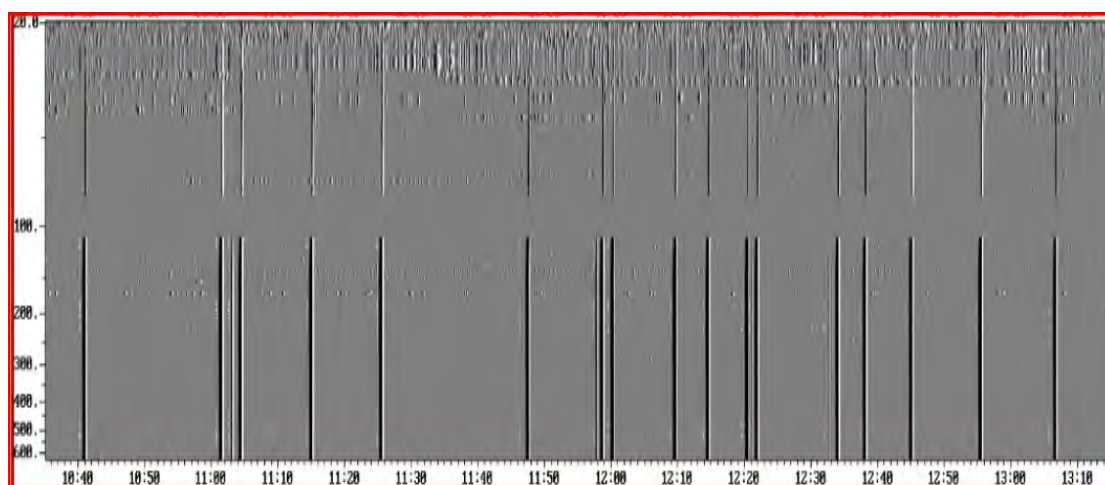
Στην παρακάτω Εικ. 3.7 έχουμε το αρχείο2003-10/03A01\_00.ASG.Dif01.BMP



**Εικόνα 3.7** Στην εικόνα αυτή έχουμε τρία ραδιοφάσματα του ASG από τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους. Είναι εμφανές ότι το κάτω ραδιοφάσμα παρουσιάζει έντονες ραδιοεξάρσεις και ως εκ τούτου είναι αυτό που θα μελετηθεί παρακάτω.(10:40 – 13:10).

Στην παρακάτω Εικ. 3.8 έχουμε το αρχείο 2003-10/03A01\_00.ASG.Dif01.BMP

Ακριβώς από κάτω, Εικ. 3.9 παρουσιάζεται το αντίστοιχο (χρονικά) FITS αρχείο ανοιγμένο με το πρόγραμμα SAO ,και στο οποίο οι περιοχές ραδιοέξαρσης φαίνονται με πράσινο ορθογώνιο πλαίσιο. Στην Εικ. 3.10 εμφανίζεται το αντίστοιχο διάγραμμα ραδιοέξαρσης της περιοχής, με το SAO.Τέλος η Εικ. 3.11 εμφανίζει τη γραφική παράσταση της ροής (FLUX ) συναρτήσεως του χρόνου (με χρήση του προγράμματος Grapher).



**Εικόνα 3.8** Το ηλιακό ραδιοφάσμα του ASG από 10:40 μέχρι 13:10.

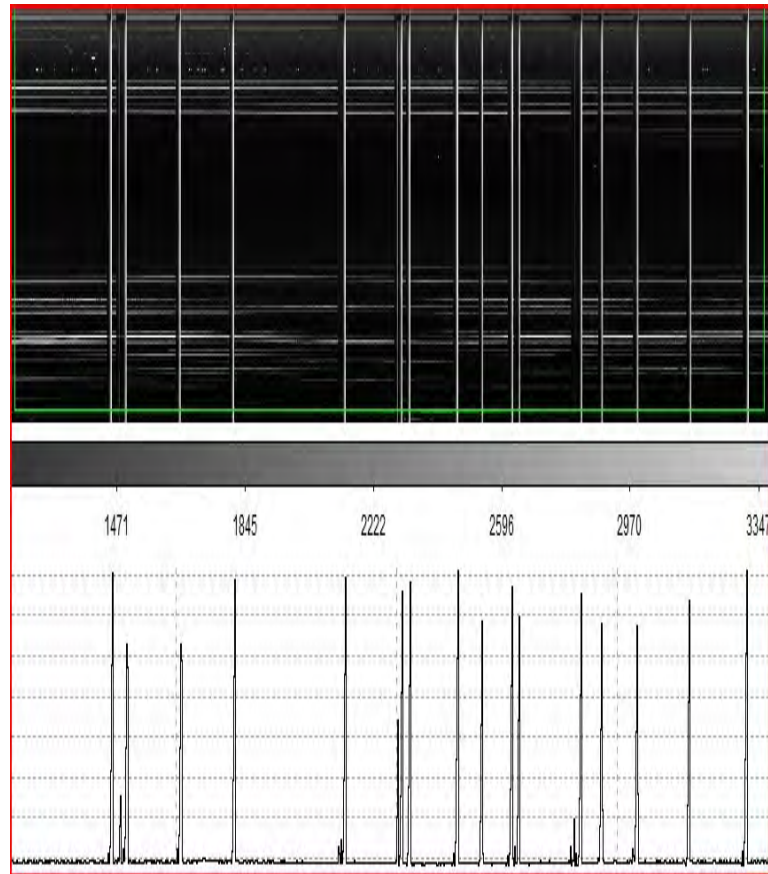


( $t_1=10.655423$  UT)

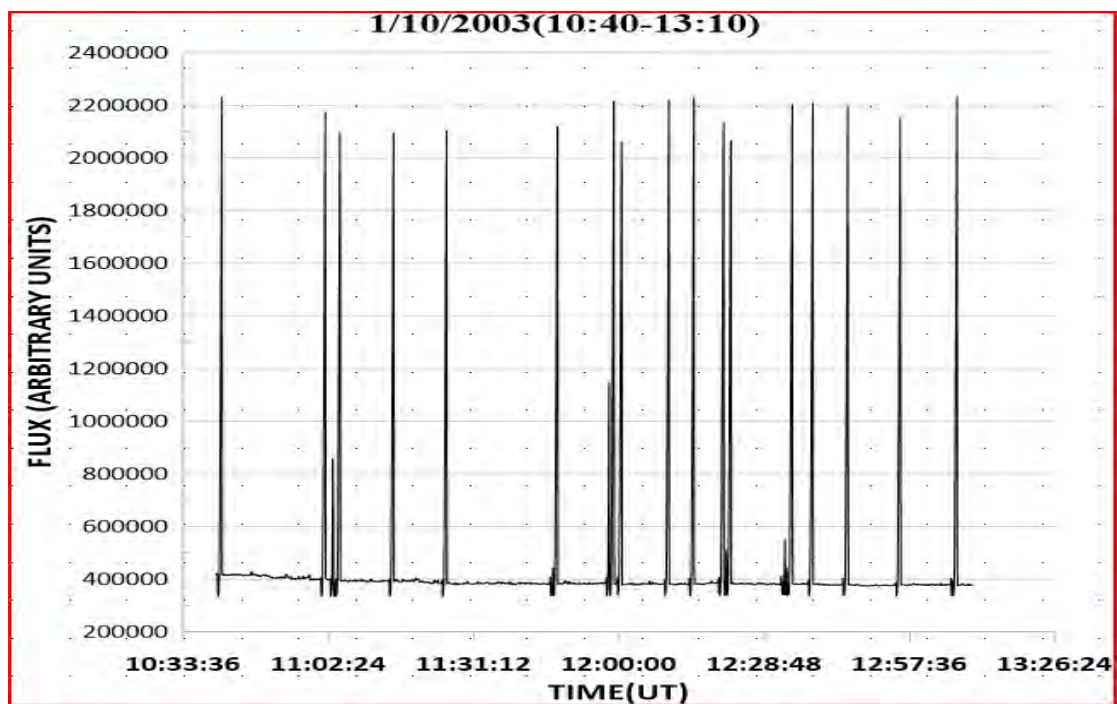
( $t_2=13.168666$  UT)

**Εικόνα 3.9** Εμφάνιση του αντίστοιχου ‘χρονικά’, τμήματος του αρχείου 03A01.ASG.INT.FITS από τη χρονική στιγμή  $t_1 \sim 10:40$  μέχρι  $t_2 \sim 13:10$  με το πρόγραμμα SAO.





**Εικόνα 3.10** Στην εικόνας καταγράφονται οι ραδιοεξάρσεις που αντιστοιχούν στις κατακόρυφες γραμμές του ραδιοφάσματος με το πρόγραμμα SAO.



**Εικόνα 3.11** Εμφάνιση της καμπύλης της Ροής (FLUX) συναρτήσει του χρόνου. (Grapher).

Συγκρίνοντας τις Εικόνες 3.8 και 3.9 παρατηρούμε τη πλήρη ταύτιση τους ,και κατά συνέπεια έχουμε την ίδια απεικόνιση του ηλιακού ραδιοφάσματος του ASG με το πρόγραμμα SAO.Οι ραδιοεξάρσεις στις δυο εικόνες ,που διακρίνονται από τις κατακόρυφες γραμμές, είναι σε πλήρη συντονισμό, συμβαίνουν την ίδια χρονική στιγμή. Επίσης στην Εικ. 3.9 είναι ευδιάκριτες οι οριζόντιες λευκές γραμμές ,ανάλογου πάχους. Κάποιες είναι συνεχείς και άλλες είναι διακοπτόμενες. Όπως προαναφέραμε στο πρώτο κεφάλαιο υποδεικνύουν την ύπαρξη παρεμβολών, διαφόρων τύπων, ανάλογα με τη χρονική διάρκεια τους.

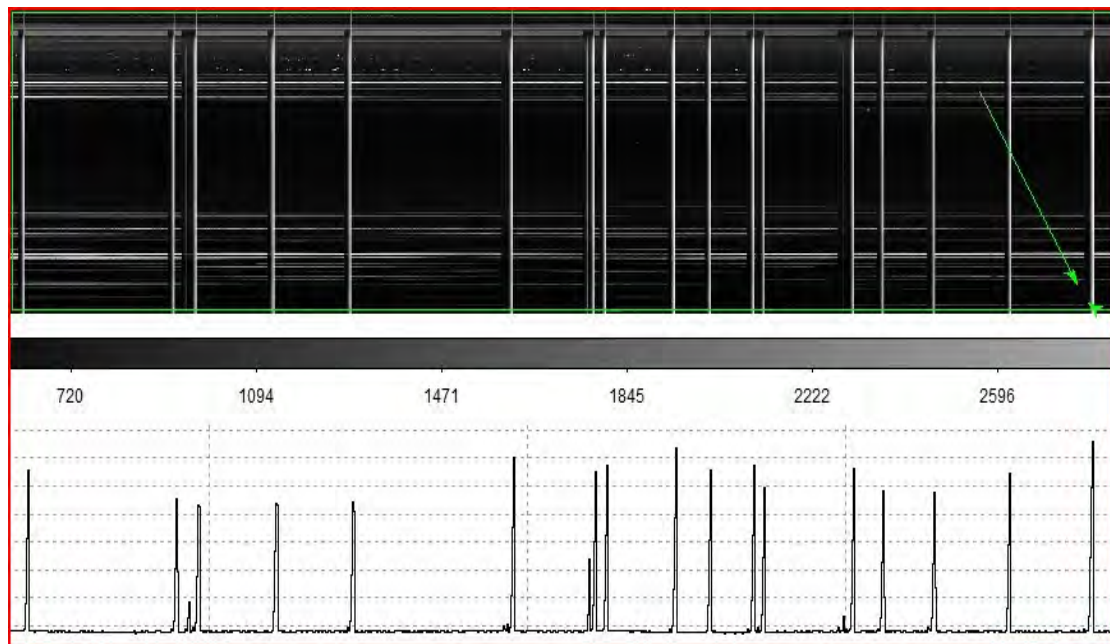
Στη συνέχεια παρατηρώντας τις εικόνες 3.10 και 3.11 βλέπουμε ότι οι κατακόρυφες λευκές γραμμές ραδιοφάσματος είναι σε αυστηρή αντιστοιχία με τις «αυξανόμενες» κάθετες γραμμές του γραφήματος(Grapher). Παρατηρούμε ότι το ύψος τους μεταβάλλεται και αυτό υποδηλώνει την διαφορετική ένταση της ροής (FLUX). Επίσης εντύπωση προκαλεί η ύπαρξη ενεργειακών «δεσμών» σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Με τη βοήθεια του Grapher εντοπίσαμε τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές που παρατηρήθηκαν αυτές οι ενεργειακές “συστάδες”. Οι χρονικές στιγμές είναι:

$t_1= 11:01:52$ ,  $t_2= 11:57:41$ ,  $t_3=12:20:05$  και  $t_4= 12:32:42$ .

Αναφέρουμε δε την αρχή και το τέλος αυτών των ομαδοποιημένων ροών και έτσι είναι πλέον εμφανές το μικρό χρονικό διάστημα που λαμβάνουν χώρα.

- 1<sup>η</sup> συστάδα: 11:00:56 -- 11:04:36, διάρκειας  $\Delta t = 00:03:40$
- 2<sup>η</sup> συστάδα: 11:57:27 --12:00:26, διάρκειας  $\Delta t =00:02:59$
- 3<sup>η</sup> συστάδα : 12:19:41 -- 12:22:04 διάρκειας  $\Delta t = 00:02:23$
- 4<sup>η</sup> συστάδα : 12:32:17 --12:34:02 διάρκειας  $\Delta t = 00:01:45$

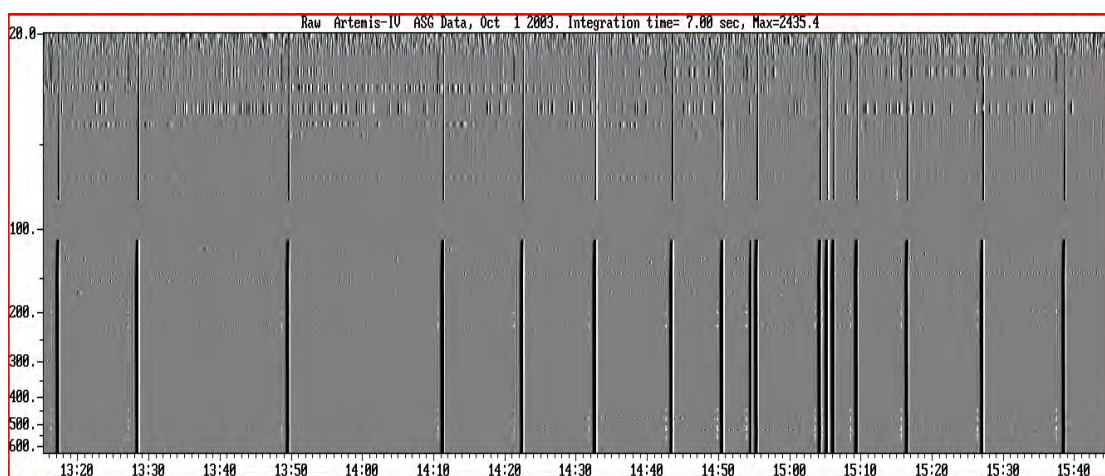
Η μέγιστη δε τιμή της ροής είναι  $F_{\max} = 2.23 \times 10^6$  AU(Arbitrary Units) στη  $t_{\max}=13:06$  και η ελάχιστη τιμή της είναι  $F_{\min}=0.3 \times 10^6$  AU όταν  $t_{\min}=11:02:48$ .



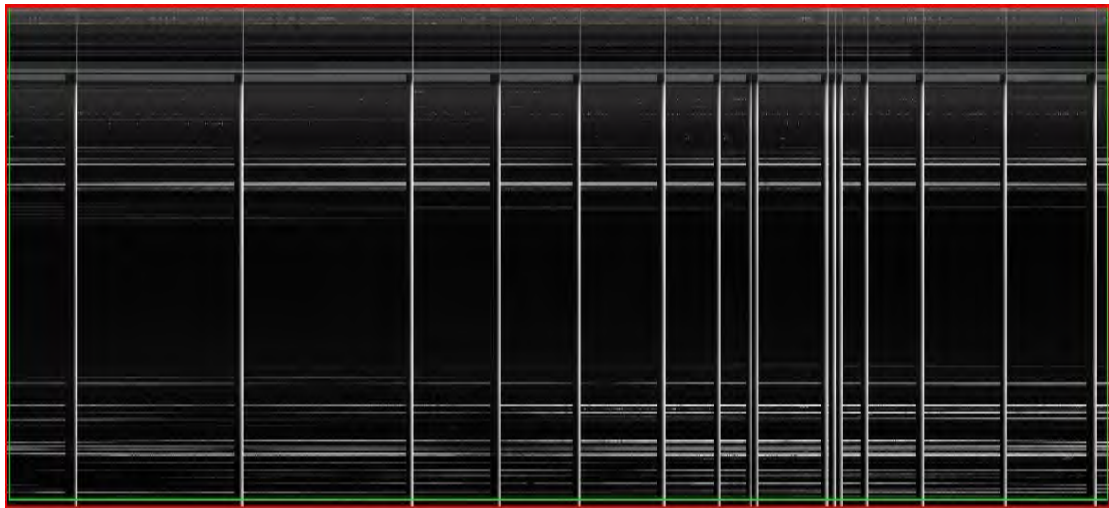
**Εικόνα 3.12** Το πράσινο βέλος δείχνει τη χρονική στιγμή (πράσινο σημείο) που έχουμε μέγιστη ροή, άλλωστε ακριβώς κάτω από το φάσμα (SAO) είναι ορατή η μέγιστη ραδιοέξαρση.

### **Β Μέρος. (Διάρκεια: 13:20 -15:40)**

Επιλέγουμε στη συνέχεια το δεύτερο αρχείο 03A01.ASG.BMP που αφορά τη χρονική περίοδο 13:20 -15:40, της ίδιας φυσικά, ημερομηνίας 1-10-2003. Όπως βλέπουμε παρουσιάζει και αυτό το ηλιακό ραδιοφάσμα, έντονη ηλιακή δραστηριότητα με αρκετές ραδιοξάρσεις. (Εικ. 3.13). Μετά παραθέτουμε το αντίστοιχο (χρονικά) αρχείο 03A01\_00.ASG(2).FITS με χρήση του SAO. (Εικ. 3.14).

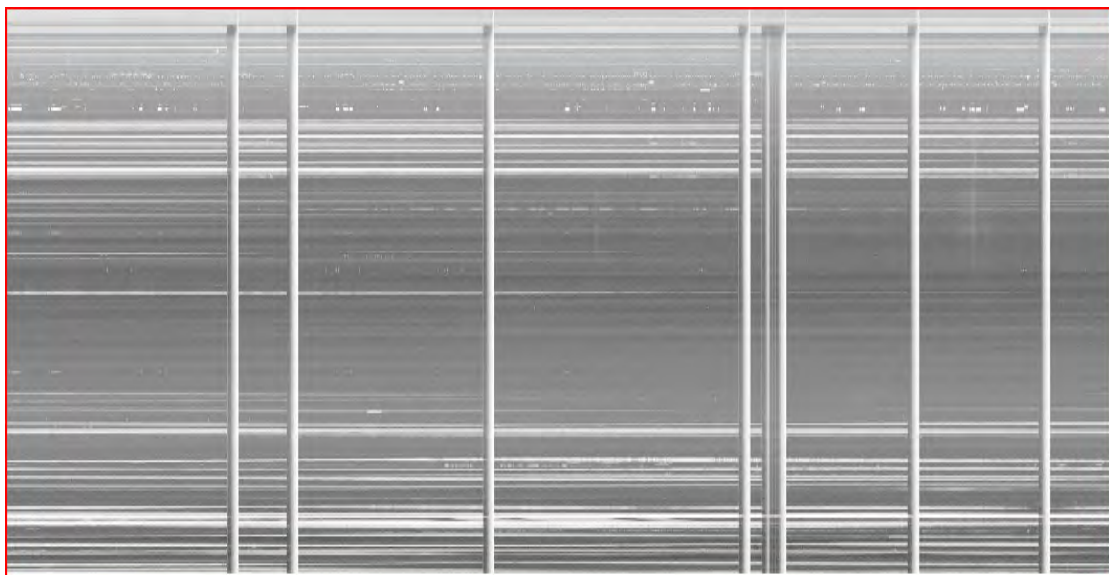


**Εικόνα 3.13** Το ηλιακό ραδιοφάσμα του ASG από 13:20 -15:40.(1-10-2003).



**Εικόνα 3.14** Άνοιγμα του αρχείου 03A01\_00.ASG(2).FITS με αποκωδικοποίηση του προγράμματος SAO. Τα δυο αρχεία παρουσιάζουν την ίδια διάταξη και μορφολογία των ραδιοεξάρσεων.

Συγκρίνοντας τις εικόνες 3.13 και 3.14, βλέπουμε την ακριβή αποκωδικοποίηση του αρχείου FITS με το πρόγραμμα SAO καθώς και την πλήρη ταύτιση τους. Πρέπει δε, να αναφέρουμε επιπροσθέτως ότι το άνοιγμα του FITS αρχείου έχει γίνει σε γραμμική κλίμακα. Το ίδιο αρχείο ανοιγμένο σε λογαριθμική κλίμακα παρουσιάζει την παρακάτω Εικ.3.15.



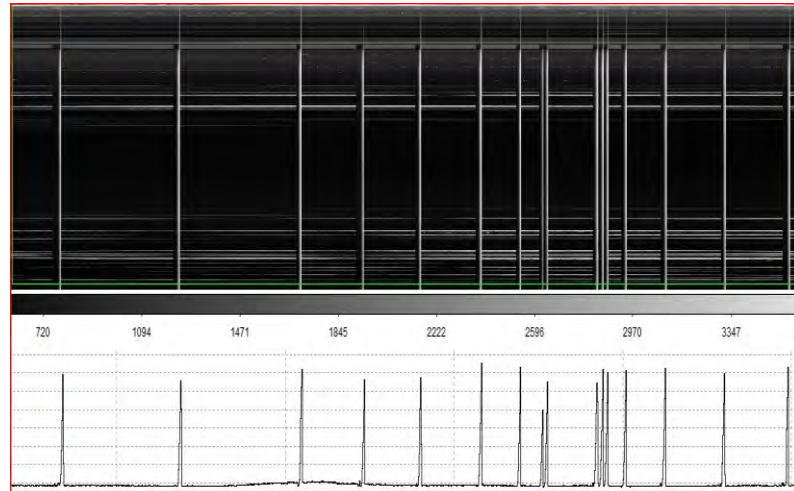
**Εικόνα 3.15** Παρουσίαση του παραπάνω αρχείου FITS με λογαριθμική κλίμακα.

Στην συνέχεια παρατηρώντας τις εικόνες 3.16(SAO) και 3.17 (Grapher) παρακάτω, διαπιστώνουμε την πλήρη αντιστοίχιση των ενεργειακών ροών στον ίδιο χρόνο. Εν

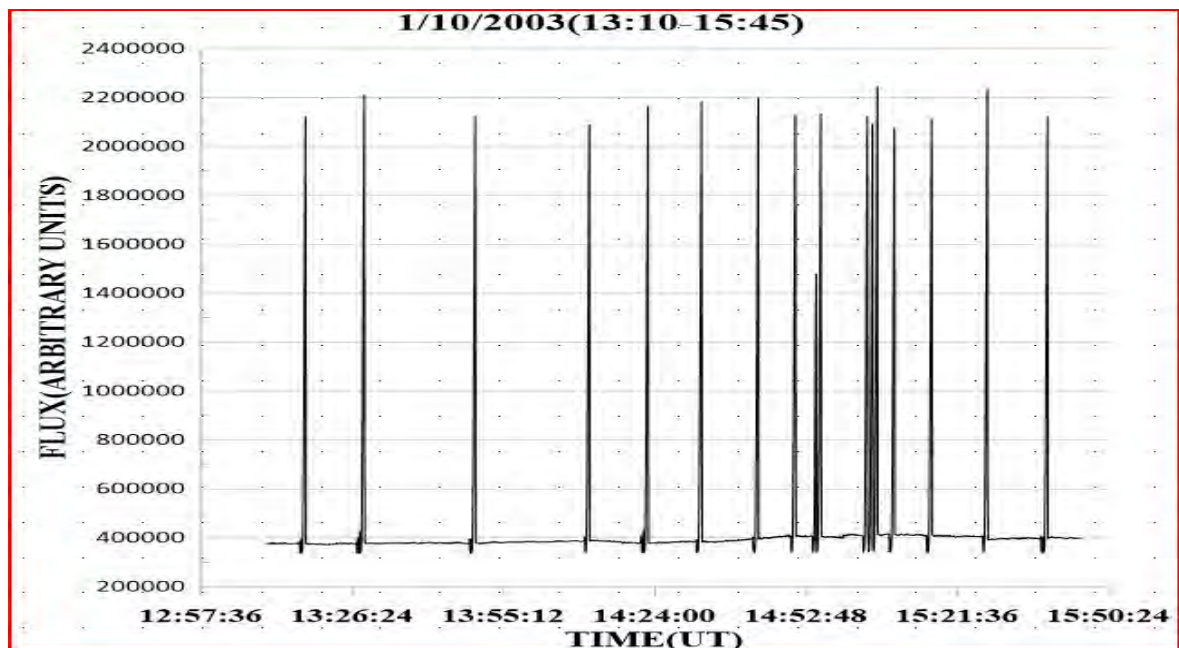


συνέχεια στην καμπύλη του Grapher έχουμε εντοπίσει την χρονική στιγμή που έχουμε την μέγιστη ροή (FLUX) .

Στην παρακάτω Εικ. 3.17 εμφανίζεται το αποτέλεσμα του Grapher μετά από επεξεργασία των δεδομένων FLUX και TIME(UT).

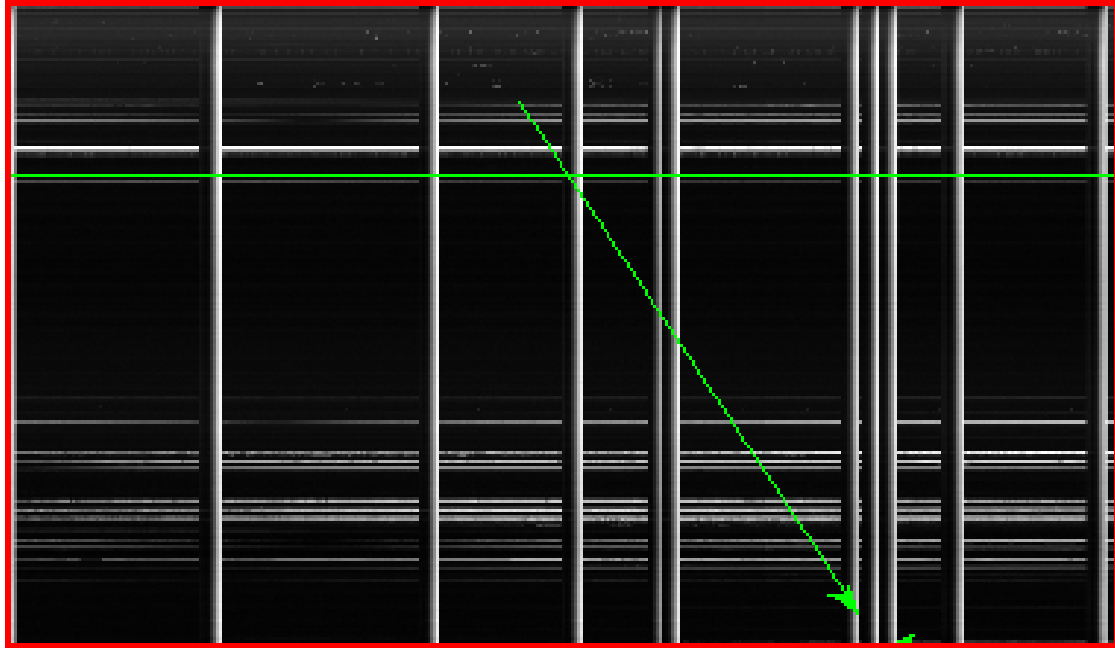


**Εικόνα 3.16** Το αντίστοιχο αρχείο FITS με το γράφημα των ηλιακών ραδιοεξάρσεων. (SAO).



**Εικόνα 3.17** Το γράφημα της ροής ακτινοβολίας συναρτήσει του χρόνου από 13:20 έως 15:40 με το πρόγραμμα Grapher.

Στο ηλιακό ραδιοφάσμα του SAO σηματοδοτείται η χρονική στιγμή της μέγιστης ροής.(Εικ.3.18). Είναι  $T_{\max} = 15:06:20$  και η αντίστοιχη τιμή της ροής είναι  $F_{\max} = 2243910$  AU.



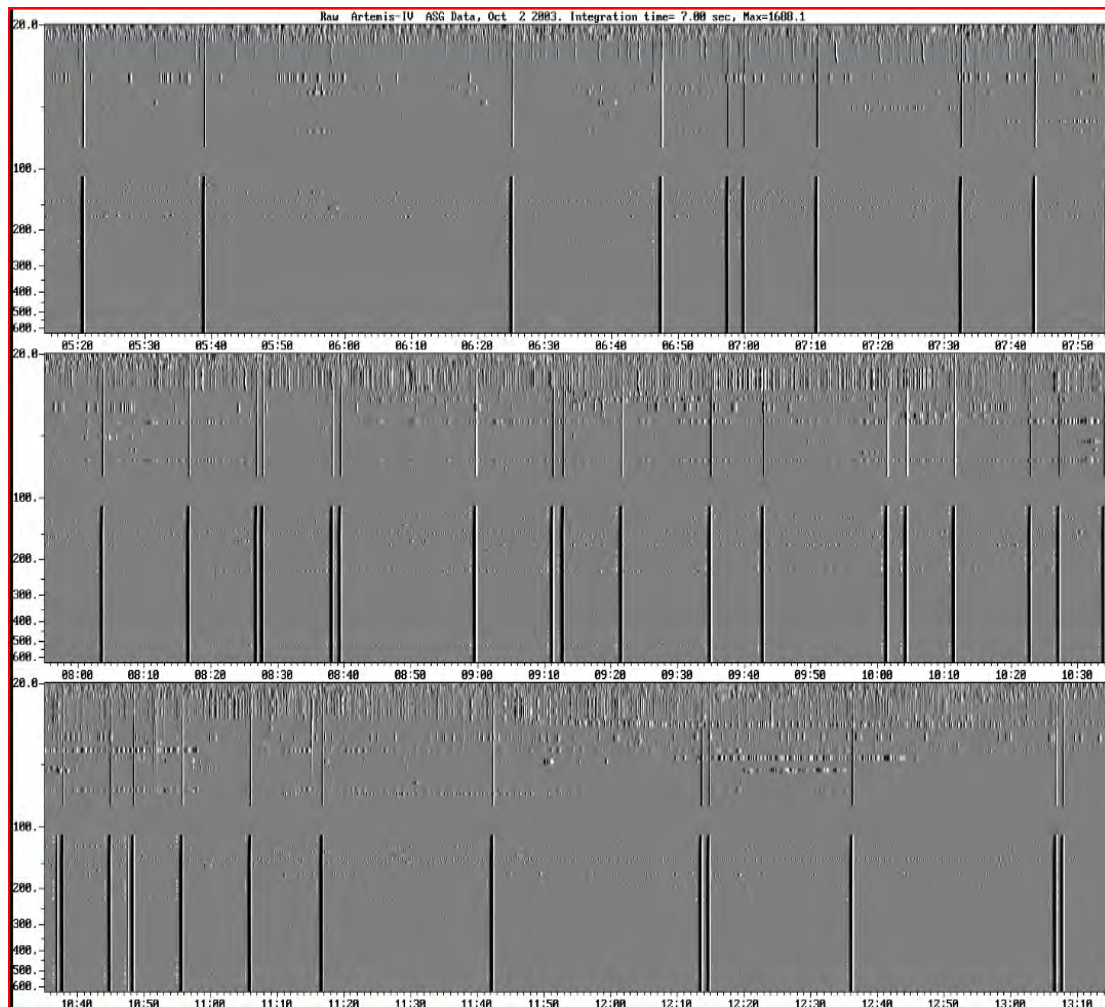
**Εικόνα 3.18** Το βέλος στο ραδιοφάσμα του SAO δείχνει την ραδιοέξαρση με τη μέγιστη τιμή ροής(FLUX) καθώς και τη αντίστοιχη χρονική στιγμή. ( 15:06:20).

Συγκρίνοντας τις μέγιστες τιμές της ροής των δυο μερών A και B βλέπουμε ότι μεγαλύτερη τιμή είναι η 2243910 AU που συμβαίνει στο δεύτερο Μέρος (13:20 -15:40) και στη ακριβή χρονική στιγμή 15:06:20 (15.105714 UT).

**Αρχείο 2. (Ημερομηνία: 2/10/2003)**

**Μέρος Α. (Διάρκεια: 5:20 – 13:10).**

Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει το ραδιοφάσμα του ASG από τις 5:15 – 13:10.

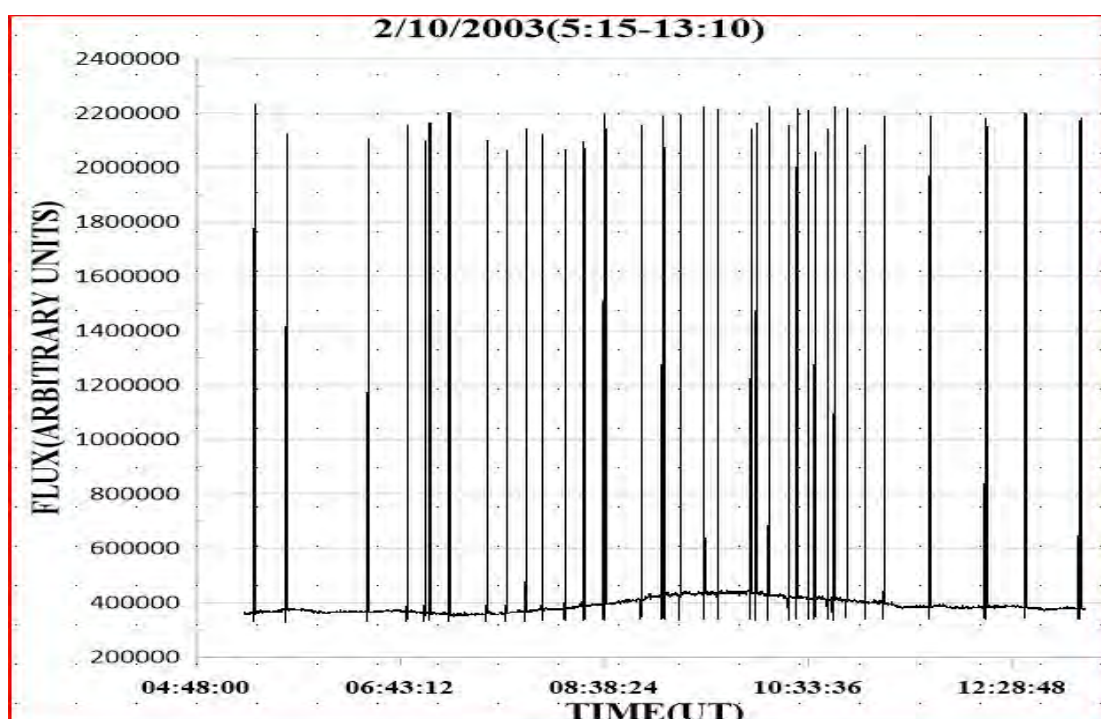


**Εικόνα 3.19** Το πρώτο ραδιοφάσμα του ASG από 5:20 – 13:10. Παρατηρούμε την έντονη Ηλιακή δραστηριότητα και πλήθος αρκετών ραδιοεξάρσεων ιδιαίτερα στην δεύτερη και τρίτη εικόνα, στις δυο τελευταίες περιόδους.

Στην συνέχεια παραθέτουμε το αντίστοιχο (χρονικά), αρχείο FITS του ASG με χρήση του SAO (Εικ. 3.20) και το ανάλογο γράφημα του Grapher (Εικ. 3.21) μετά από λήψη και επεξεργασία των δεδομένων, της ροής συναρτήσεως του χρόνου, του κατάλληλο αρχείο τύπου FLX του ASG.



**Εικόνα 3.20** Εμφάνιση του αντίστοιχου χρονικά αρχείου (5:15-13:10) FITS του ηλιακού ραδιοφασματογράφου ASG, με χρήση του SAO.



**Εικόνα 3.21** Γράφημα της ροής (FLUX) συναρτήσεως του χρόνου.(Grapher).

Συγκρίνοντας προσεκτικά τις δυο παραπάνω εικόνες παρατηρούμε την ακριβή αντιστοιχία, χρονικά, αναμεσά στις κατακόρυφες γραφές που στο γράφημα εκφράζουν τις υψηλές τιμές της ροής, ενώ στο SAO υποδηλώνουν τις ραδιοεξάρσεις. Πρέπει δε να αναφέρουμε τις λευκές οριζόντιες γραμμές που υποδεικνύουν την ύπαρξη διάφορων τύπων παρεμβολών. Στο κάτω μέρος δεξιά είναι εντονότατη η ύπαρξη δυο χαρακτηριστικών παρεμβολών με το πάχος και το μήκος τους αρκετά μεγάλα και με μεγάλη

διάρκεια .Είναι εμφανέστατα επίσης τα διάφορα μικρά (λευκά) νέφη παρεμβολών ,ιδιαίτερα στο επάνω μέρος του ραδιοφάσματος. Στην συνέχεια με το Grapher εντοπίσαμε την χρονική στιγμή, που έχουμε τη μέγιστη ροή καθώς και την τιμή της. Είναι  $T_{\max} = 5:20:24$  και  $F_{\max} = 2232932$  AU(Arbitrary Units).

Μια άλλη μέτρηση έγινε αναμεσα σε δυο διαδοχικές ραδιοξάρσεις που απέχουν το μέγιστο χρόνο μεταξύ τους .Οι αντίστοιχοι χρόνοι είναι  $T_1 = 5:38:38$  (5.643333 UT) και  $T_2 = 6:25:04$  (6.417477 UT).Επίσης είναι ορατές οι ενεργειακές συστάδες της ροής στο γράφημα της. Οι τιμές δε αυτών των δεσμών μπορούν να εντοπιστούν και από το Worksheet Manager του προγράμματος Grapher.Στην παρακάτω Εικ. 3.22 δείχνουμε ένα μικρό απόσπασμα.(Έντονο μαύρο).

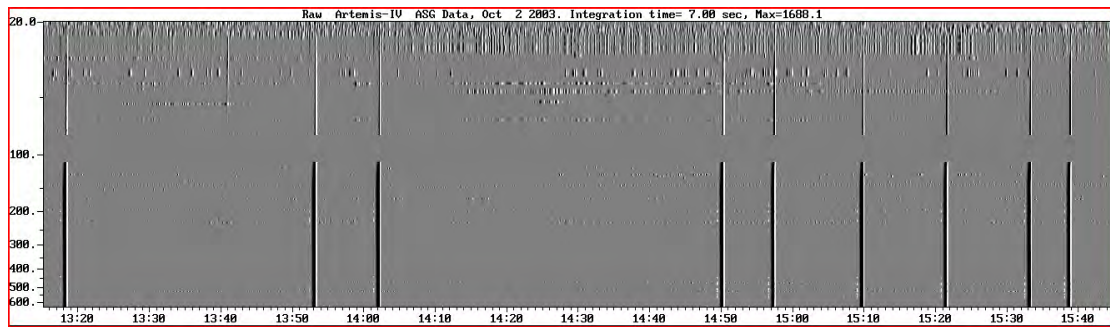
|      | A       | B       | C | D | E | F |
|------|---------|---------|---|---|---|---|
| 4440 | 433983  | 9:33:54 |   |   |   |   |
| 4441 | 433187  | 9:33:57 |   |   |   |   |
| 4442 | 430413  | 9:34:01 |   |   |   |   |
| 4443 | 432151  | 9:34:04 |   |   |   |   |
| 4444 | 430487  | 9:34:08 |   |   |   |   |
| 4445 | 418840  | 9:34:11 |   |   |   |   |
| 4446 | 362250  | 9:34:15 |   |   |   |   |
| 4447 | 337664  | 9:34:18 |   |   |   |   |
| 4448 | 341463  | 9:34:22 |   |   |   |   |
| 4449 | 349620  | 9:34:25 |   |   |   |   |
| 4450 | 374332  | 9:34:29 |   |   |   |   |
| 4451 | 430481  | 9:34:32 |   |   |   |   |
| 4452 | 534647  | 9:34:36 |   |   |   |   |
| 4453 | 690228  | 9:34:39 |   |   |   |   |
| 4454 | 883029  | 9:34:43 |   |   |   |   |
| 4455 | 1097957 | 9:34:46 |   |   |   |   |
| 4456 | 1320154 | 9:34:50 |   |   |   |   |
| 4457 | 1541804 | 9:34:53 |   |   |   |   |
| 4458 | 1770309 | 9:34:57 |   |   |   |   |
| 4459 | 2011090 | 9:35:00 |   |   |   |   |
| 4460 | 2223736 | 9:35:04 |   |   |   |   |
| 4461 | 644401  | 9:35:07 |   |   |   |   |
| 4462 | 433346  | 9:35:11 |   |   |   |   |
| 4463 | 434887  | 9:35:14 |   |   |   |   |
| 4464 | 438584  | 9:35:18 |   |   |   |   |
| 4465 | 432389  | 9:35:21 |   |   |   |   |
| 4466 | 438662  | 9:35:25 |   |   |   |   |

**Εικόνα 3.22** Οι ενεργειακές ομάδες έντονης ροής μπορούν να εντοπιστούν με το πρόγραμμα Grapher με εμφάνιση του Worksheet Manager.Για παράδειγμα ,από 9:34:46 μέχρι 9:35:04 παρατηρούμε ιδιαίτερα υψηλές τιμές της ροής(FLUX).Η διάρκεια αυτής της ομάδας ροών είναι λιγότερη από ένα λεπτό.

### Μέρος Β. ( Διάρκεια: 13:10-15:40)

Στο δεύτερο μέρος παραθέτουμε το αντίστοιχο αρχείο τύπου BMP από τα δεδομένα του ASG που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 13:10 μέχρι 15:40.στην Εικ. 3.23 παρακάτω.



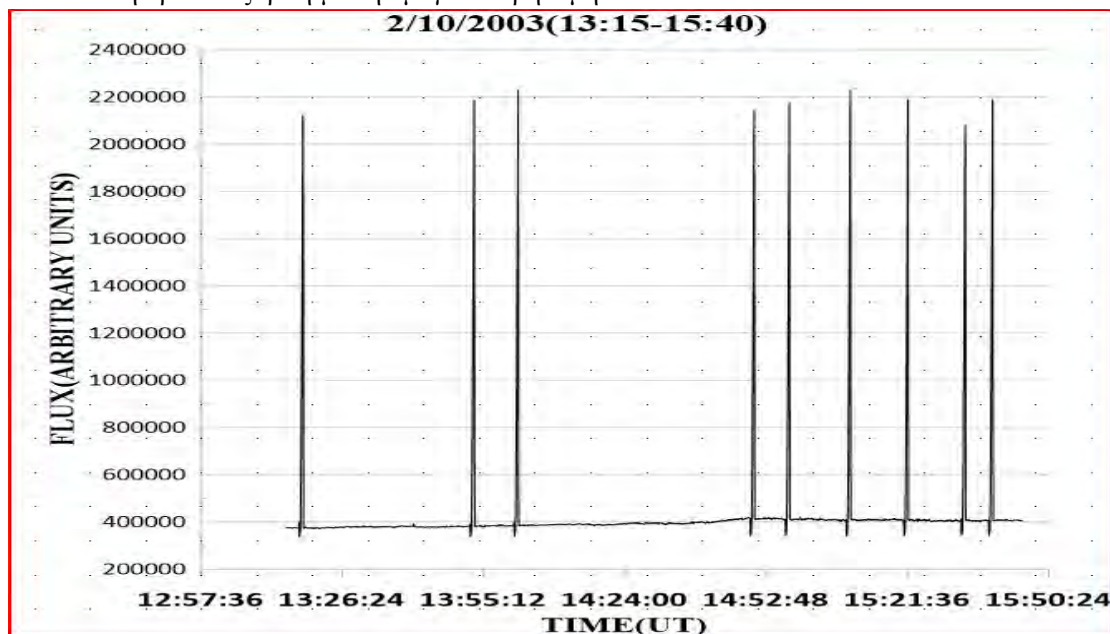


**Εικόνα 3.23** Εμφάνιση του BMP αρχείου ,του ASG από 13:20 μέχρι 15:40.

Παρακάτω εμφανίζεται το αντίστοιχο γράφημα του Grapher(TIME,FLUX) και το αρχείο FITS του ASG «ανοιγμένο» με το πρόγραμμα του SAO.



**Εικόνα 3.24** Το ραδιοφάσμα του SAO στην αντίστοιχη χρονική περίοδο. Το πράσινο βέλος δεικνύει την ραδιοέξαρση με την μεγαλύτερη τιμή.

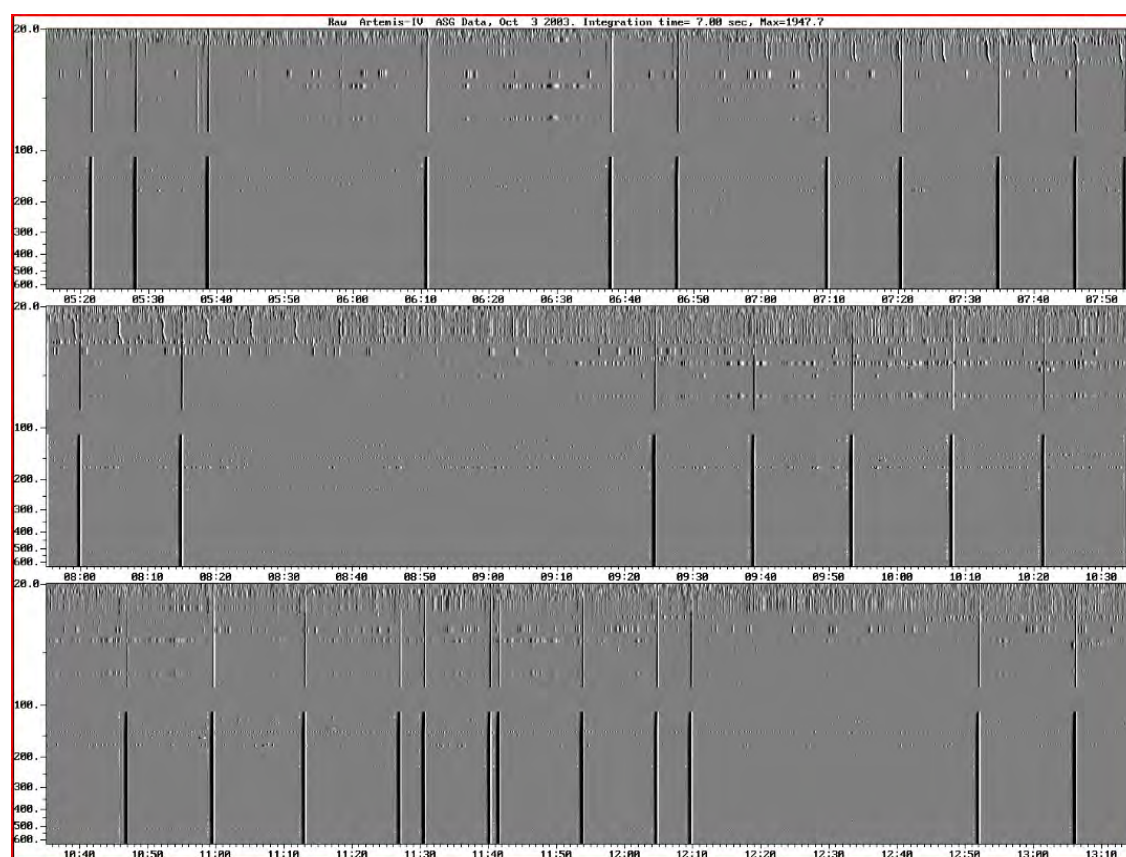


**Εικόνα 3.25** Η γραφική παράσταση χρόνου -ροής στο διάστημα 13:15-15:40(Grapher)

Σαφώς υπάρχει μια πλήρη και ακριβής αντιστοίχιση, ανάμεσα στο γράφημα του Grapher και στο ραδιοφάσμα του SAO. Η ροή (FLUX) παίρνει την μέγιστη τιμή της  $F_{\max} = 2229383$  AU (Arbitrary Units), στη χρονική στιγμή  $T_{\max} = 14:02:17$ . Μετρήθηκε δε η μέγιστη χρονική απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικές εξάρσεις και είναι ίση με  $\Delta T = 14:48:01 - 14:01:18$ . Εξετάζοντας επίσης, προσεκτικά το ηλιακό ραδιοφάσμα διαπιστώνουμε αρκετές, συνεχείς λευκές γραμμές, μεγάλες σε μήκος. Αυτό το φαινόμενο υποδηλώνει την ύπαρξη εντόνων παρεμβολών με μεγάλη σχετικά διάρκεια. Πιθανότατα η μορφολογία αυτών των παρεμβολών να παραπέμπει σε ραδιοσήματα από ραδιόφωνο και τηλεόραση, σύμφωνα με την θεωρία του πρώτου κεφαλαίου.

### Αρχείο 3. (Ημερομηνία: 3/10/2003)

#### Μέρος Α. (Διάρκεια: 5:15-13:20)



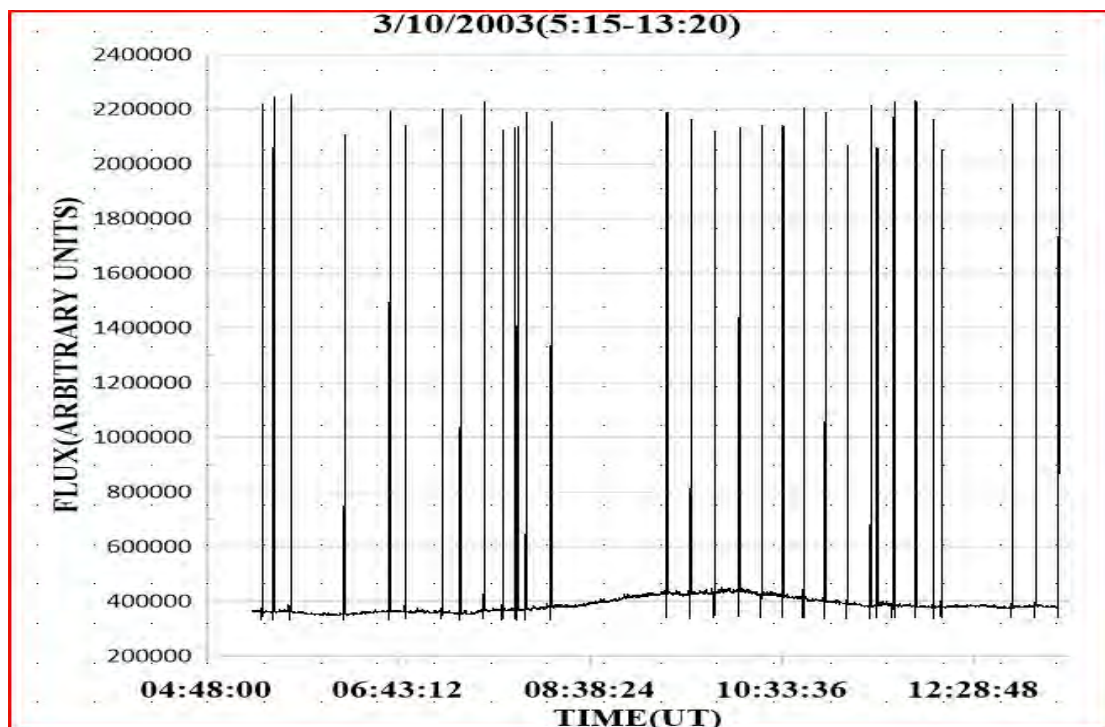
**Εικόνα 3.26** Το BMP αρχείο του ASG από 5:15 μέχρι 13:20.



Στην συνέχεια παρουσιάζουμε το αντίστοιχο αρχείο FITS από το SAO και την γραφική παράσταση, χρόνου- ροής μετά από πέρασμα των στοιχείων στο Grapher.



**Εικόνα 3.27** Το αρχείο FITS του ASG με χρήση του SAO, στον αντίστοιχο χρόνο. Το πράσινο βέλος εντοπίζει την ραδιοεκπομπη με την μέγιστη ροή.

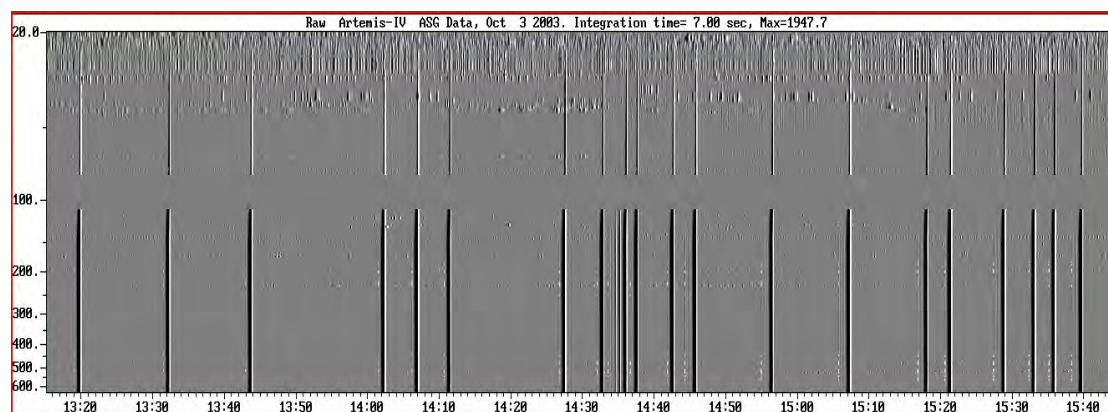


**Εικόνα 3.28** Η γραφική παράσταση του χρόνου -ροής (TIME-FLUX) (Grapher).

Η μέγιστη τιμή της ροής είναι  $F_{\max} = 2252692$  AU και συμβαίνει την χρονική στιγμή  $T_{\max} = 5:38:52(5.647942 \text{ UT})$ . Η μέγιστη χρονική απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικές ραδιοεξάρσεις είναι  $\Delta T = 9:24:30 - 8:15:02$ . Σε αυτό το χρονικό διάστημα 1 ώρας και 10 λεπτών περίπου δεν υπήρξε καμμία έντονη και αξιοσημείωτη ραδιοέξαρση.

## Μέρος Β. (Διάρκεια :13:15- 15:45)

Το Β Μέρος παρουσιάζει τα δεδομένα του ραδιοφασματογράφου ASG (13:10- 15:45) το FITS αρχείο καθώς και την αντίστοιχη, «χρονικά» ,καμπύλη του Grapher.

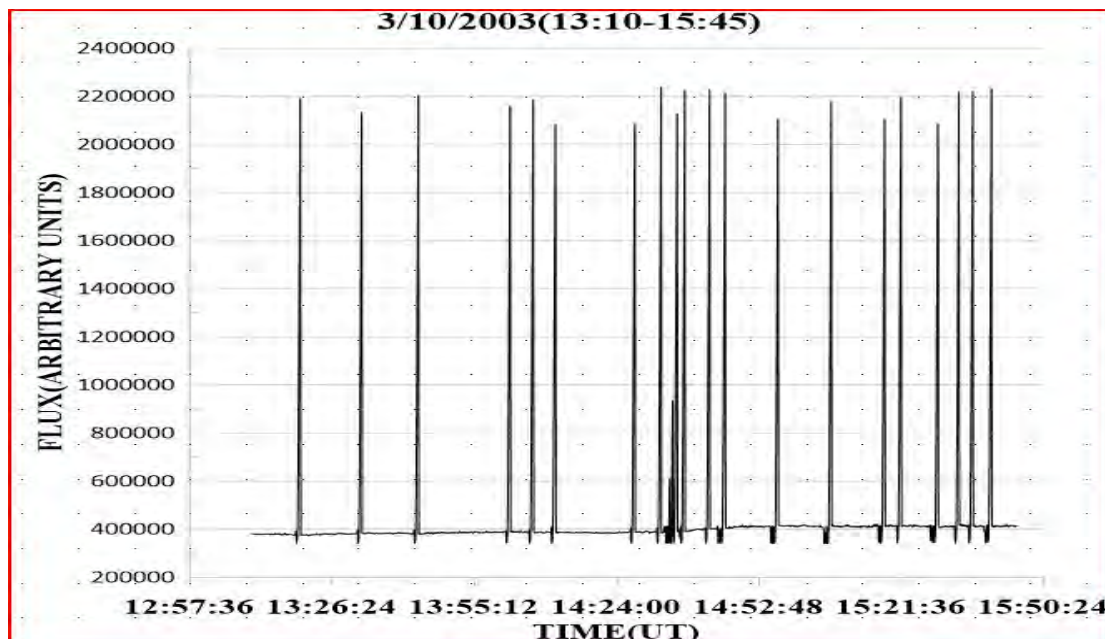


**Εικόνα 3.29** Το αρχείο BMP του ηλιακού ραδιοφασματογράφου ASG (13:15-15:45).



**Εικόνα 3.30** Το αρχείο FITS του ASG με το πρόγραμμα του SAO.

Το πράσινο βέλος στη παραπάνω Εικ.3.30 δείχνει την ραδιοέξαρση με την μέγιστη τιμή, η οποία είναι  $F_{\max}=2238918$  AU και συμβαίνει τη χρονική στιγμή  $T_{\max} =14:32:58$ . Η δε μέγιστη χρονική απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικές ραδιοεξάρσεις είναι:  $\Delta T=14: 00:36-13:42:45$ . Στο ραδιοφάσμα του SAO μπορούμε επίσης να διακρίνουμε με αρκετή ευκρίνεια δυο έντονες ραδιοπαρεμβολές μεγάλης διάρκειας που αρχίζουν περίπου στις 14:30 μέχρι τις 15:40.

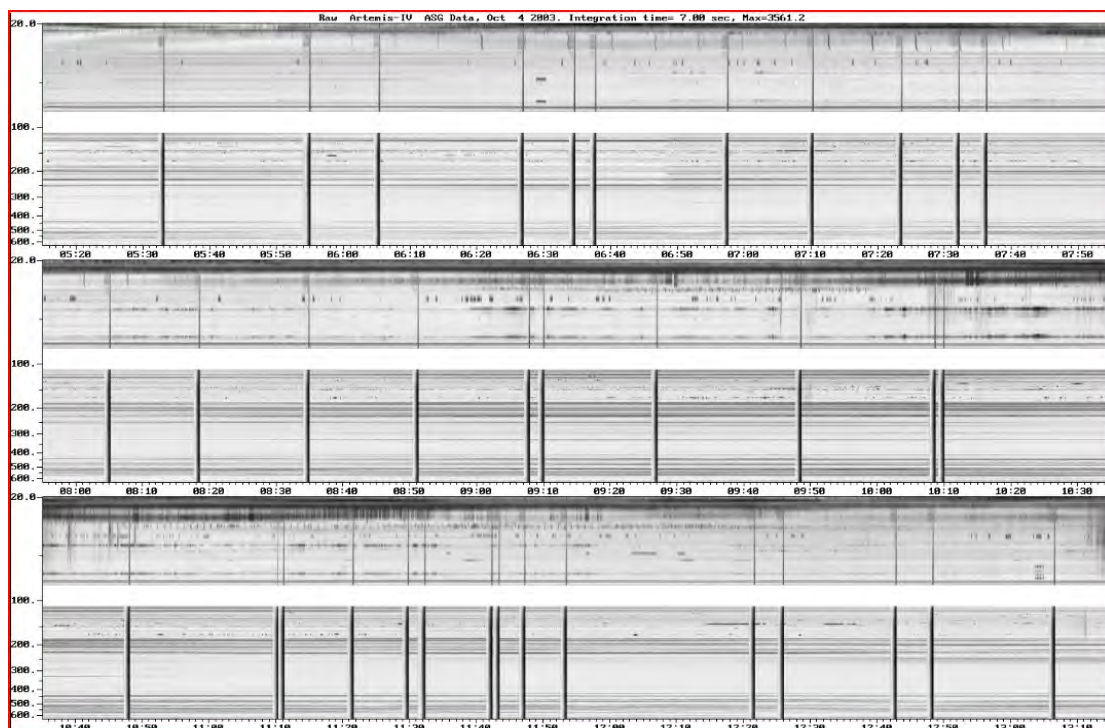


**Εικόνα 3.31** Γραφική παράσταση χρόνου – ροής (TIME-FLUX) Grapher.

**Αρχείο 4 (Ημερομηνία: 4/10/2003)**

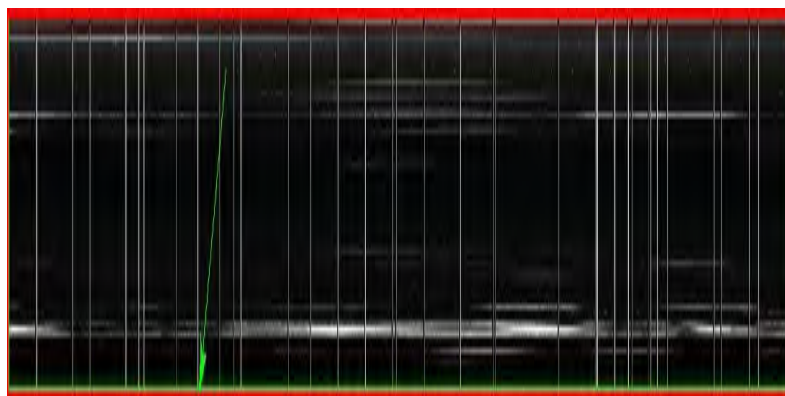
**Μέρος Α. (Διάρκεια: 5:20-13:10)**

Ακριβώς στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζουμε το αρχείο BMP του ASG .

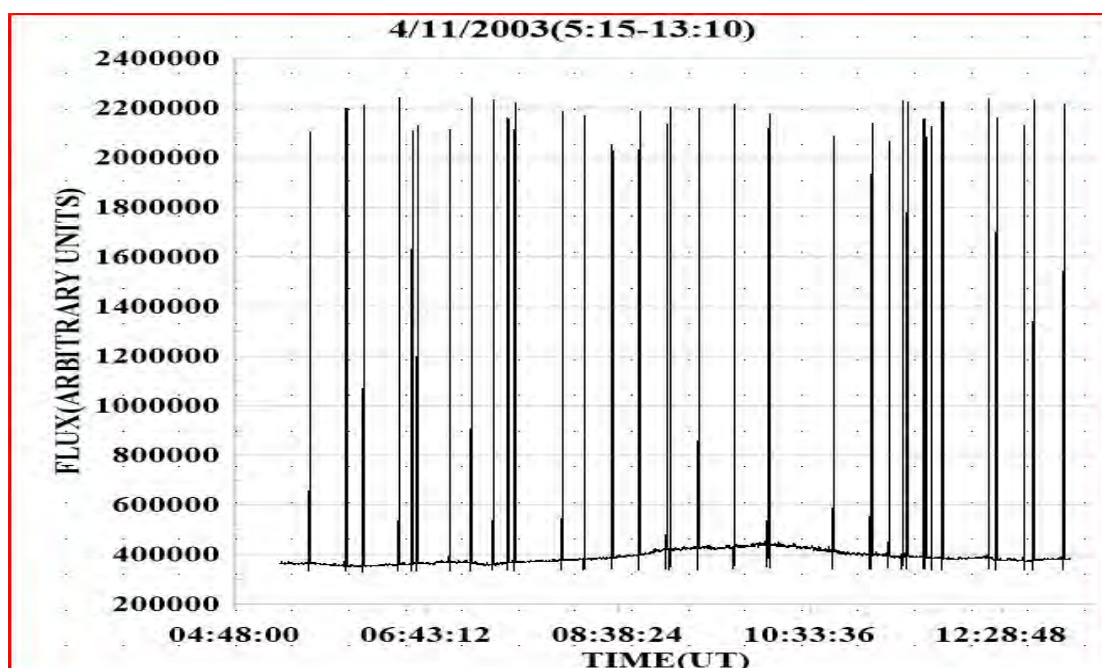


**Εικόνα 3.32** Εδώ εμφανίζεται το ραδιοφάσμα του ASG σε τρεις διαδοχικές εικόνες (BMP) από τις 5:20 μέχρι 13:10.

Παρακάτω εμφανίζεται το πρόγραμμα του SAO και η γραφική παράσταση ροής- χρόνου στον αντίστοιχο χρόνο.



**Εικόνα 3.33** Το αντίστοιχο, χρονικά, ραδιοφάσμα του ASG, «ανοιγμένο» με το SAO.



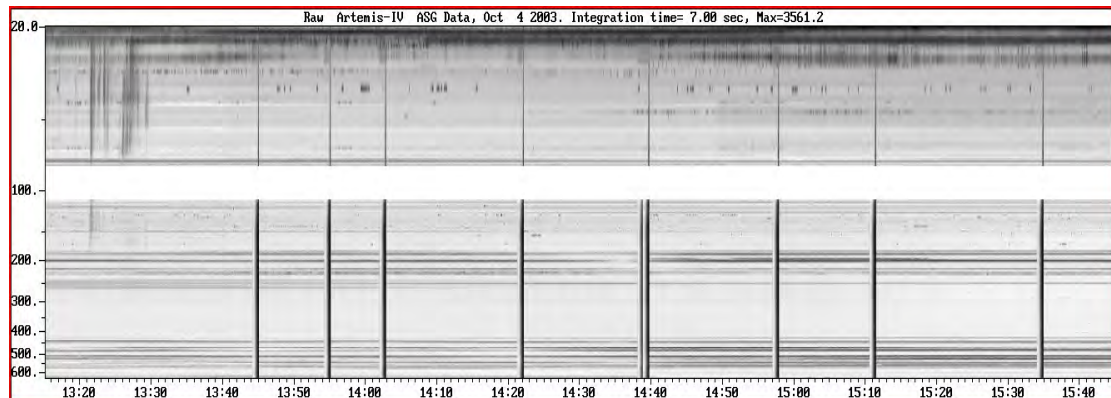
**Εικόνα 3.34** Παρουσίαση του γραφήματος χρόνου – ροής(TIME,FLUX) με το Grapher.

Το βέλος (Εικ.3.33) δείχνει την ραδιοέξαρση με την μεγαλύτερη τιμή η οποία είναι  $F_{\max}=2243691$  AU και συμβαίνει την χρονική στιγμή  $T_{\max} = 7:10:17$ . Επίσης ο μέγιστος χρόνος ανάμεσα σε δυο διαδοχικές ραδιοεκπομπές είναι  $\Delta T = 10:47:27 - 10:07:51$ . Παρατηρούμε επίσης αρκετές ενεργειακές δέσμες, δηλαδή σε λίγο χρόνο έχουμε αρκετές ραδιοεξάρσεις, «πυκνά» μεταξύ τους. Έχουμε ακόμα μια ισχυρή παρεμβολή που διαρκεί αρκετό χρονικό διάστημα από 8:19:07 μέχρι 10:56:26.

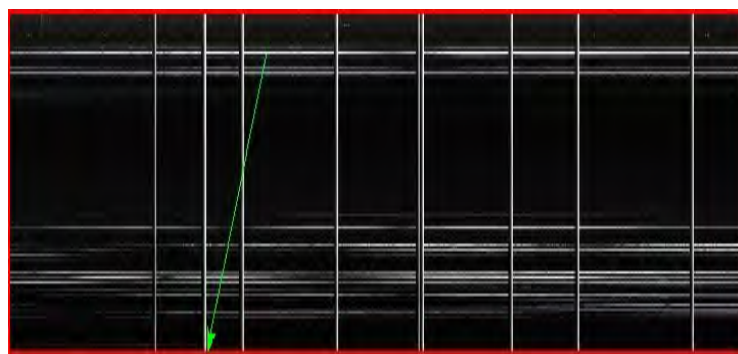


## Μέρος Β.( Διάρκεια:13:15 – 15:45 )

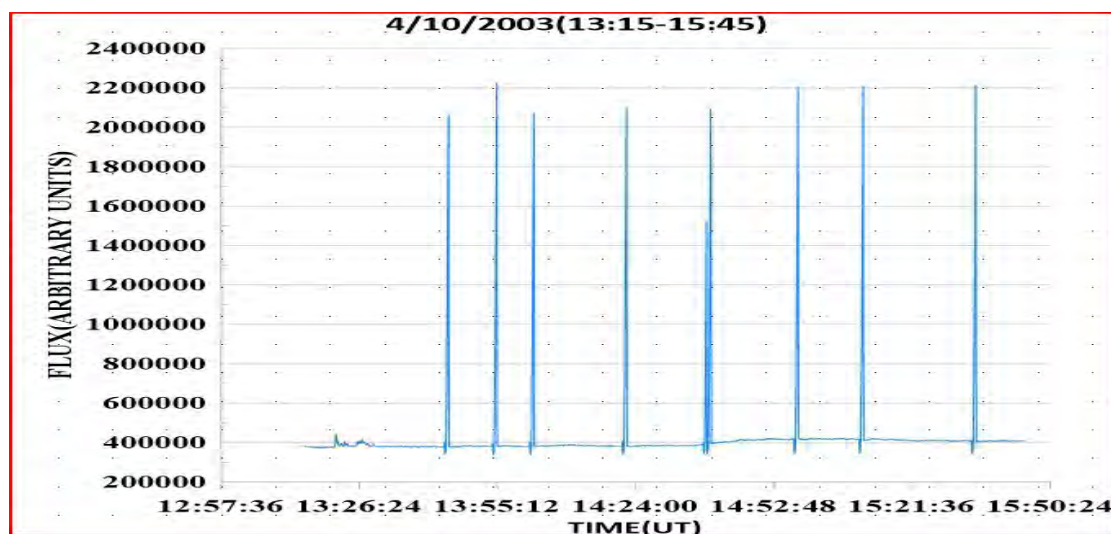
Εμφάνιση του αρχείου BMP του ηλιακού ραδιοφασματογράφου ASG ,του Grapher και του SAO.



Εικόνα 3.35 Το ραδιοφάσμα του ASG(BMP) από 13:15 μέχρι 15:45.



Εικόνα 3.36 Παρουσίαση με το SAO του αρχείου FITS του ASG.



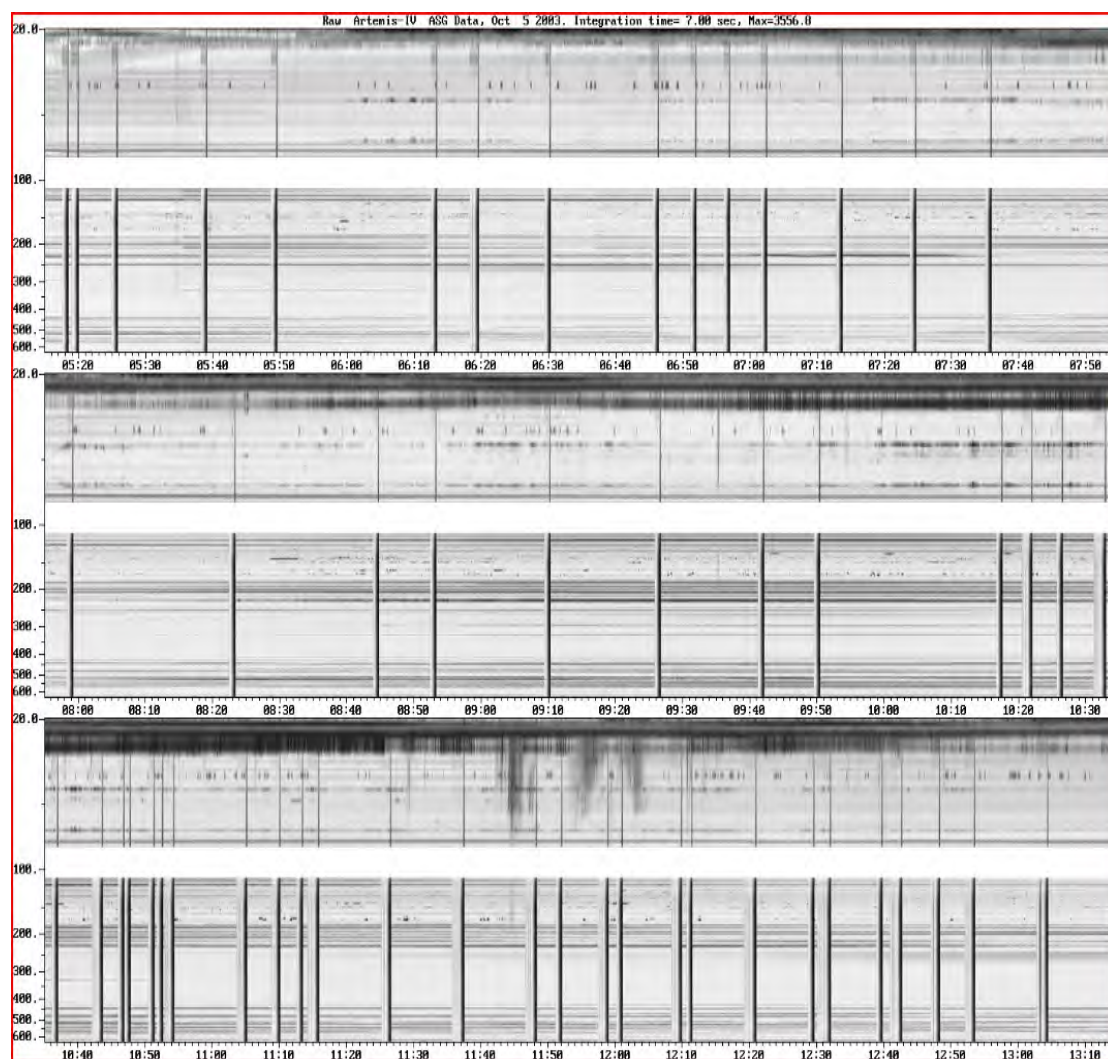
Εικόνα 3.37 Εμφάνιση γραφικής παράστασης χρόνος – ροή (TIME-FLUX) με το Grapher.

Στη Εικ. 3.36 το βέλος σηματοδοτεί τη ραδιοέξαρση με την μέγιστη τιμή η οποία είναι  $F_{\max} = 2224513$  AU και συμβαίνει στη χρονική στιγμή  $T_{\max} = 13:55:03$ . Η μέγιστη απόσταση (χρονικά), ανάμεσα σε δυο διαδοχικές και έντονες ραδιοεξάρσεις είναι  $\Delta T = 15:33:24 - 15:09:47$ . Παρατηρούμε δε ότι έχουμε σχεδόν απομονωμένες ραδιοεκπομπές και σχετικά ελάχιστες σε πλήθος, αλλά αρκετές παρεμβολές, όπως δηλώνουν οι λευκές οριζόντιες γραμμές.

**Αρχείο 5. ( Ημερομηνία:5/10/2003 )**

**Μέρος Α. (Διάρκεια:5:20-13:10)**

Παρουσίαση του φάσματος (BMP) του ηλιακού ραδιοφασματογράφου ASG.



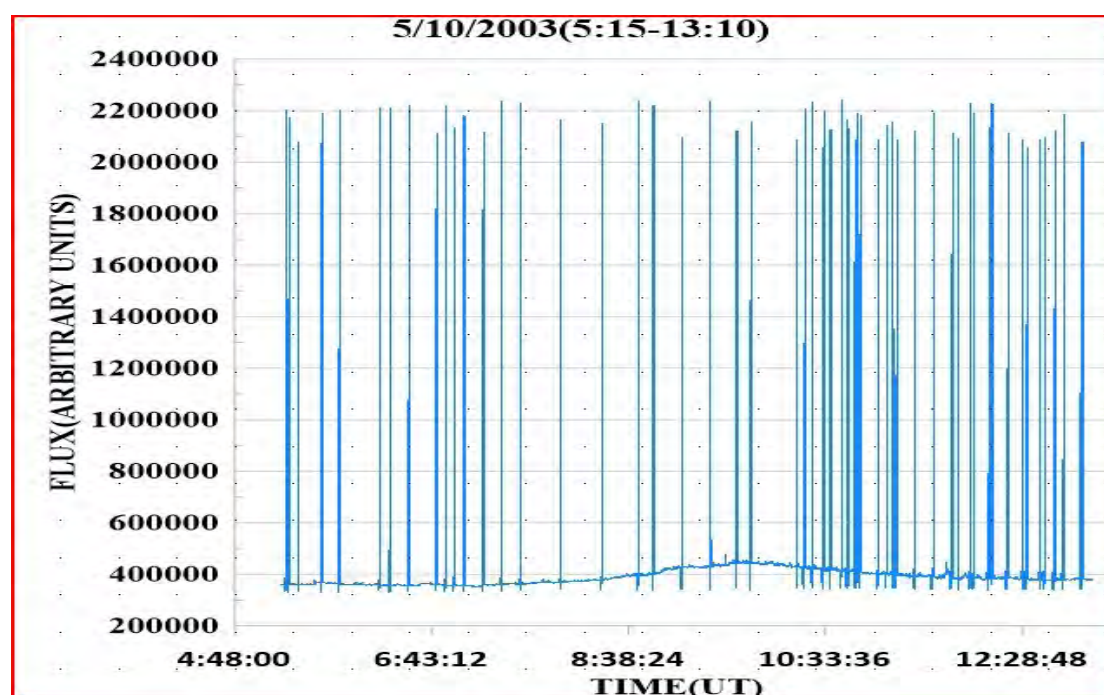
**Εικόνα 3.38** Το ραδιοφάσμα του ASG από ώρα 5:20 μέχρι 13:10.(BMP αρχείο).



Παρουσίαση του FITS αρχείου με το SAO και της γραφικής παράστασης των δεδομένων TIME-FLUX με το Grapher.



Εικόνα 3.39 Παρουσίαση του αρχείου FITS του ASG ανοιγμένο με το SAO.



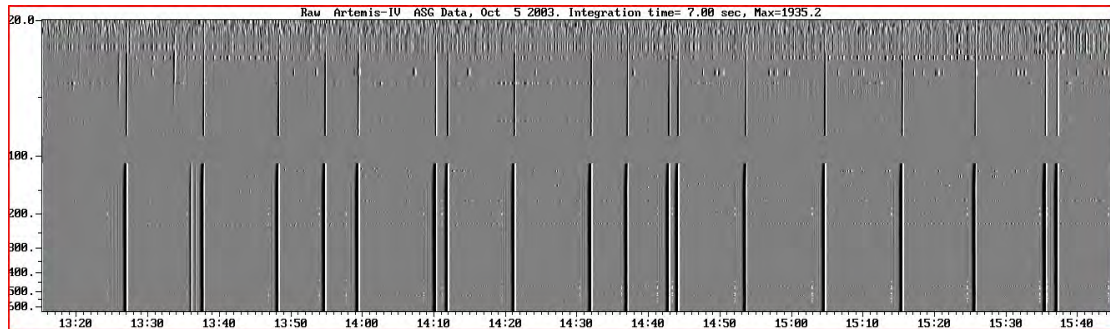
Εικόνα 3.40 Γραφική παράσταση χρόνου – ροής (TIME-FLUX) με το Grapher.

Η ραδιοέξαρση που σηματοδοτείται από το πράσινο βέλος στο ράδιο φάσμα του SAO συμβαίνει στη χρονική στιγμή  $T_{\max}=10:43:40$  και έχει τη μέγιστη τιμή  $F_{\max}=2240629$ .

Η μέγιστη δε χρονική απόσταση ανάμεσα σε δυο έντονες, διαδοχικές ραδιοξάρσεις είναι ίση με  $\Delta T = 10:11:10 - 9:45:51$ . Παρατηρούμε δε αρκετές παρεμβολές, σχετικά, μικρής διάρκειας, οι περισσότερες δε, διακρίνονται σαν οριζόντια λεπτά νέφη.

## Μέρος Β. (Διάρκεια :13:20 – 15:45)

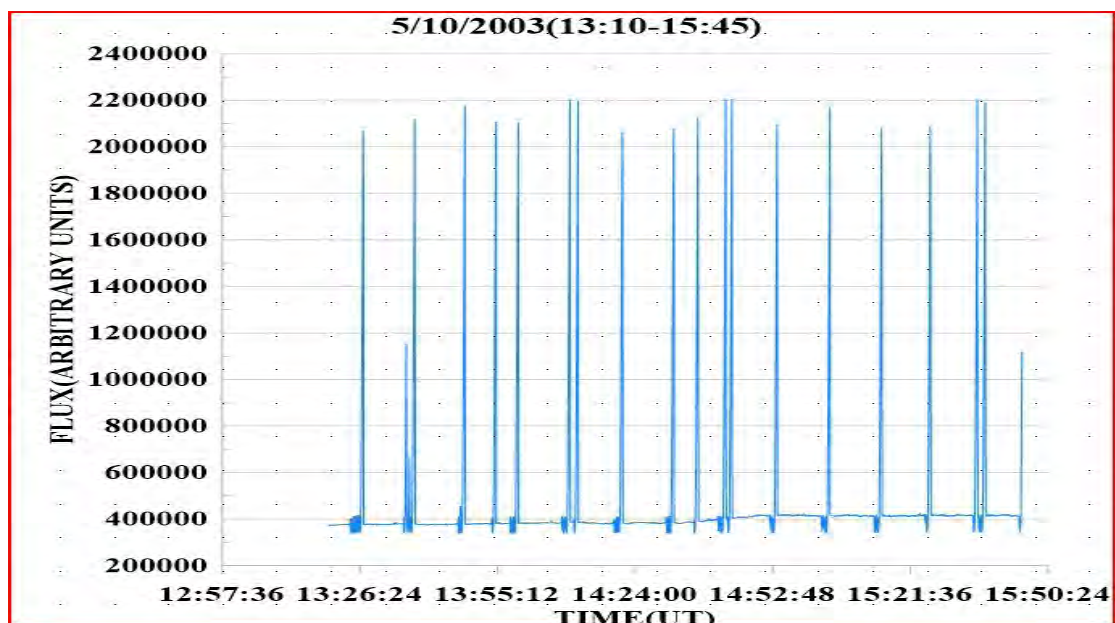
Παρουσίαση του ραδιοφάσματος του ASG(BMP αρχείο) ,Grapher και SAO.



Εικόνα 3.41 Το ραδιοφάσμα του ASG (BMP αρχείο).



Εικόνα 3.42 Το αρχείο FITS του ραδιοφασματογράφου ASG «ανοιγμένο» με το SAO.



Εικόνα 3.43 Γράφημα χρόνου- ροής (TIME-FLUX) με το Grapher.

Η ραδιοέξαρση σημειωμένη με το πράσινο βέλος στο φάσμα του SAO έχει την μέγιστη τιμή και είναι  $F_{\max} = 2203769$  AU, συμβαίνει δε, στη χρονική στιγμή  $T_{\max} = 14:44:14$ . Επίσης η μέγιστη χρονικά απόσταση, μεταξύ δυο διαδοχικών ραδιοεξάρσεων είναι  $\Delta T = 14:10:20 - 13:59:29$ . Παρατηρούμε ακόμα, μια οριζόντια, έντονη, λευκή γραμμή με πλάτος, για αρκετά μεγάλο χρονικά διάστημα που ερμηνεύεται σαν ισχυρή παρεμβολή.

### Συμπεράσματα

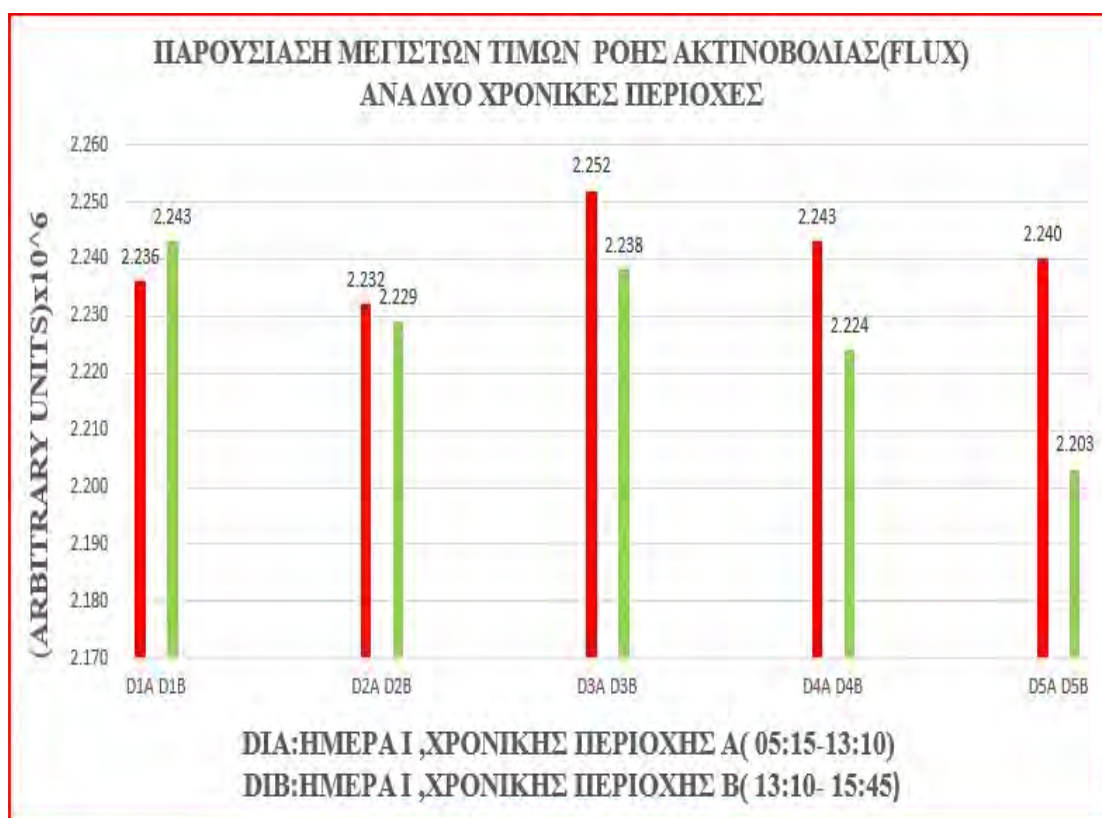
|                  | ΜΕΡΟΣ Α (5:10-13:10)                          | ΜΕΡΟΣ Β(13:10-15:45)                          |
|------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ΑΡΧΕΙΟ 1/10/2003 | $T_{\max} = 13:06$<br>$F_{\max} = 2236222$    | $T_{\max} = 15:06:02$<br>$F_{\max} = 2243910$ |
| ΑΡΧΕΙΟ 2/10/2003 | $T_{\max} = 5:20:24$<br>$F_{\max} = 2232932$  | $T_{\max} = 15:06:02$<br>$F_{\max} = 2229383$ |
| ΑΡΧΕΙΟ 3/10/2003 | $T_{\max} = 5:38:52$<br>$F_{\max} = 2252692$  | $T_{\max} = 14:32:58$<br>$F_{\max} = 2238918$ |
| ΑΡΧΕΙΟ 4/10/2003 | $T_{\max} = 7:10:17$<br>$F_{\max} = 2243691$  | $T_{\max} = 13:55:03$<br>$F_{\max} = 2224513$ |
| ΑΡΧΕΙΟ 5/10/2003 | $T_{\max} = 10:43:40$<br>$F_{\max} = 2240629$ | $T_{\max} = 14:44:14$<br>$F_{\max} = 2203769$ |

**Εικόνα 3.44** Ο πίνακας παρουσιάζει τη χρονική στιγμή και τη τιμή, της μέγιστης ροής. Οι μονάδες της ροής (FLUX) είναι σε AU(Arbitrary Units). Ο χρόνος έχει τη μορφή HH:mm:ss.

Όπως βλέπουμε από τον παραπάνω πίνακα η μικρότερη τιμή ροής είναι  $2203769$  AU και η μεγαλύτερη τιμή είναι  $2252692$  AU. Δηλαδή το εύρος όλων των τιμών της ροής, ανεξαρτήτου χρονικής ομάδας είναι :  $R_{TOT} = 2252692 - 2203769$  AU.

Επίσης υπολογίζοντας τον μέσο όρο των ροών (FLUX) των δέκα χρονικών περιόδων παίρνουμε την τιμή  $F_{ave} = 2234665.9$  AU(Arbitrary Units).

Στην παρακάτω Εικ. 3.45 παραθέτουμε ένα μεικτό ραβδόγραμμα όλων των παραπάνω μέγιστων τιμών της ροής ακτινοβολίας (FLUX) ανά δυο χρονικές περιόδους οι οποίες είναι A(5:15-13:10) και B(13:10-15:45).Οι κόκκινοι ράβδοι αντιστοιχούν στη χρονική περίοδο A και οι πράσινοι ράβδοι στην B χρονική περίοδο. Οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι, επί  $10^6$  AU.



**Εικόνα 3.45** Εμφάνιση μεικτού ραβδογράμματος, μέγιστης ροής ακτινοβολίας(FLUX) , κατά τις δυο χρονικές περιόδους.(A και B).

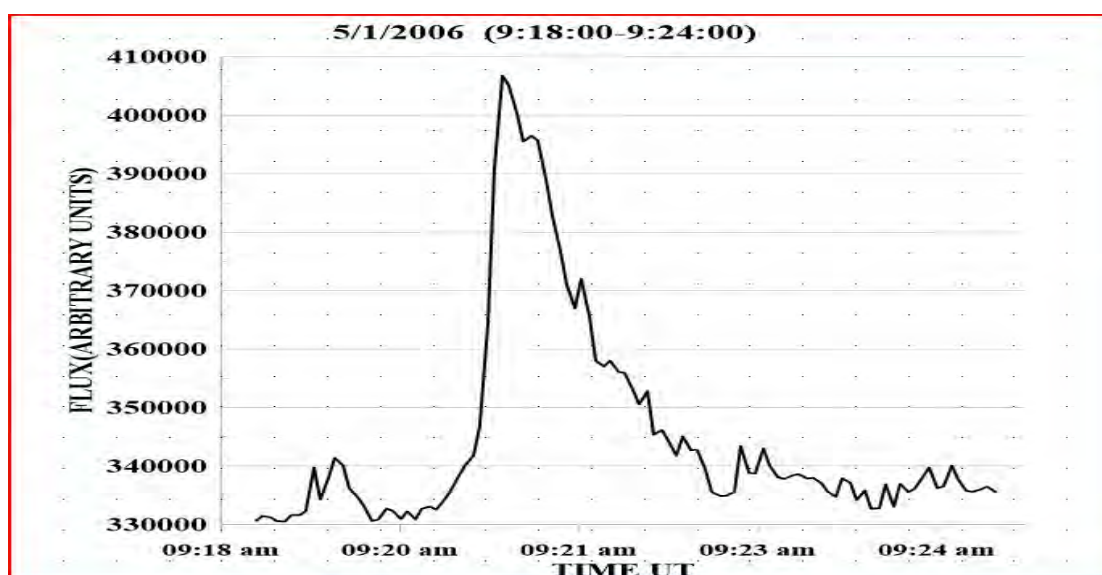
Παρατηρούμε ότι οι τιμές ροής ακτινοβολίας κατά την A χρονική περίοδο (κόκκινη ράβδος) είναι σχετικά κοντά, ενώ κατά τη B χρονική περίοδο παρουσιάζει μια μικρή απόκλιση προς τα κάτω, η πέμπτη τιμή της (πράσινη ράβδος). Συμπληρωματικά αναφέρουμε ότι το εύρος τιμών για την A ομάδα είναι  $R_1 = (2.252 - 2.229) \times 10^6$  AU ,ενώ για την B ομάδα είναι  $R_2 = (2.243 - 2.203) \times 10^6$  AU.



### 3.3 Σύγκριση γραφικών παραστάσεων TIME- FLUX ,δυο ομάδων.

Κλείνοντας το κεφάλαιο 3 ,παραθέτουμε δυο ομάδες από γραφικές παραστάσεις .Η κάθε ομάδα περιλαμβάνει την καμπύλη TIME-FLUX από τον ηλιακό ραδιοφασματογράφο ASG αλλά και από το Αστρονομικό Ινστιτούτο της Τσεχίας. Φυσικά έχουμε την ίδια χρονική περίοδο και στις δυο περιπτώσεις αρχείων .

- Πρώτη ομάδα.

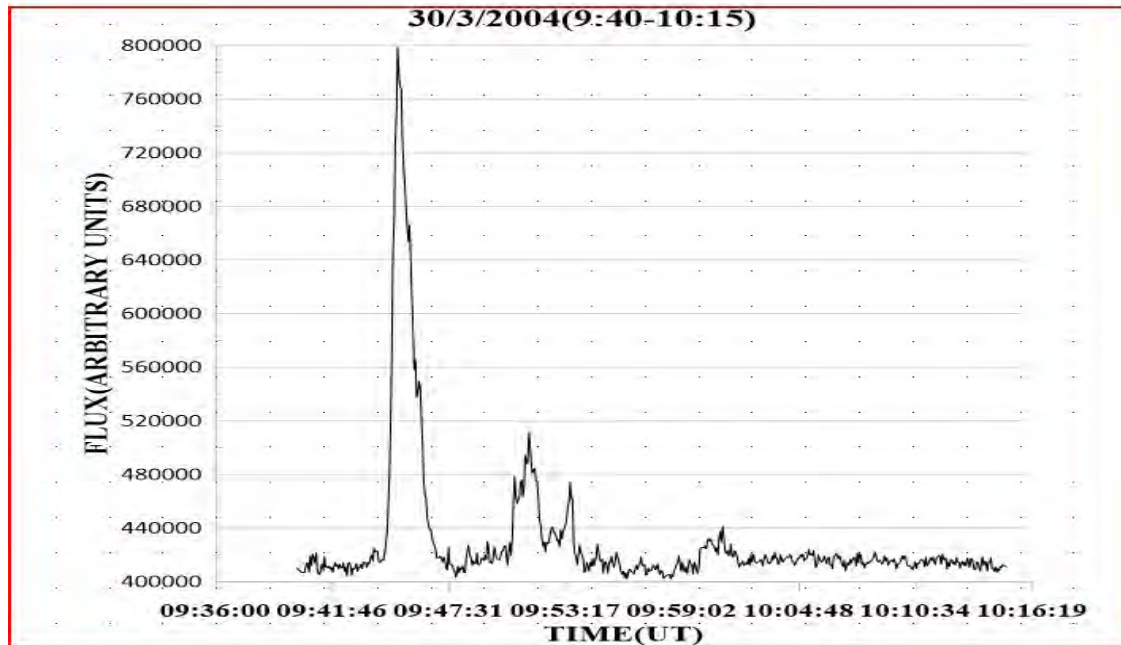


Εικόνα 3.46 Παρουσίαση TIME-FLUX του AGS με το Grapher.



Εικόνα 3.47 Η καμπύλη TIME-FLUX από το Αστρονομικό Ινστιτούτο Τσεχίας. [9].

- Δεύτερη ομάδα.



Εικόνα 3.48 Παρουσίαση με το Grapher το αρχείο TIME-FLUX του ASG.



Εικόνα 3.49 Η καμπύλη TIME-FLUX από το Αστρονομικό Ινστιτούτο Τσεχίας.[9].

Εξετάζοντας τις γραφικές παραστάσεις και στις δυο ομάδες παρατηρούμε, ότι έχουμε όμοιες καμπύλες, με τις ραδιοεξάρσεις να συμβαίνουν στην ίδια χρονική στιγμή. Επιπλέον αναφέρουμε ότι η επιλογή των αρχείων από την πηγή [9] έγινε με τυχαίο τρόπο.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ 12917.ASG(ARTEMIS IV/JLS)

| ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΟΛΗΣ | ΕΝΤΟΛΗ                                                                                     | ΕΞΗΓΗΣΗ ΕΝΤΟΛΗΣ                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | <code>From astropy. utils.data import-<br/>get_pkg_data_filename</code>                    | Το πακέτο <code>astropy.utils</code> περιέχει συναρτήσεις και κλάσεις βοηθητικού προγράμματος γενικής χρήσης. Εισάγουμε την κλάση <code>get_pkg_data_filename</code> για να ανασύρουμε τα δεδομένα του αρχείου μας. |
| 2               | <code>from satrapy.io import fits</code>                                                   | Το πακέτο <code>astropy.io.fits</code> παρέχει πρόσβαση σε αρχεία FITS.                                                                                                                                             |
| 3               | <code>import matplotlib. pyplot as plt</code>                                              | Το Matplotlib είναι μια βιβλιοθήκη πολλαπλών πλατφορμών, οπτικοποίησης δεδομένων και γραφικών σχεδίων για την Python και την αριθμητική της.                                                                        |
| 4               | <code>image_file = get_pkg_data_file-<br/>name('/con-<br/>tent/12917.ASG.INT.FITS')</code> | Εντολή για να πάρουμε το συγκεκριμένο αρχείο, αφού γράψουμε την Θέση που βρίσκεται.                                                                                                                                 |
| 5               | <code>fits.info(image_file)</code>                                                         | Εντολή για να πάρουμε πληροφορίες για τη δομή του αρχείου το οποίο είναι FITS. Γενικά οι πληροφορίες εικόνας βρίσκονται στο PrimaryHDU.                                                                             |
| 6               | <code>image data = fits. getdata(image<br/>_file, ext=0)</code>                            | Εδώ, χρησιμοποιούμε το " <code>astropy.io.fits.getdata()</code> " για να διαβάσουμε την εικόνα. Για τα δεδομένα από αυτήν την πρώτη επέκταση χρησιμοποιούμε το όρισμα λέξης-κλειδιού " <code>ext=0</code> ".        |
| 7               | <code>print (image_data. shape)</code>                                                     | Εκτυπώνουμε τις διαστάσεις χρησιμοποιώντας το χαρακτηριστικό σχήμα(εντολή <code>shape</code> ).                                                                                                                     |
| 8               | <code>plt.figure()</code>                                                                  | Εμφάνιση εικόνας, με την εντολή <code>plt (plot)</code> .                                                                                                                                                           |
| 9               | <code>plt.imshow(image_data,<br/>cmap='gray')</code>                                       | Εμφάνιση των δεδομένων εικόνας                                                                                                                                                                                      |
| 10              | <code>plt.colorbar()</code>                                                                | Σχεδιασμός εικόνας                                                                                                                                                                                                  |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΕΛΕΙΠΤΙΚΟΥ ΓΑΛΑΞΙΑ MESSIER87-32.FITS

| ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΟΛΗΣ | ΕΝΤΟΛΗ                                                                   | ΕΞΗΓΗΣΗ ΕΝΤΟΛΗΣ                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | <code>from astropy. utils.data import get_pkg_data _filename</code>      | Το πακέτο <code>astropy.utils</code> περιέχει συναρτήσεις και κλάσεις βοηθητικού προγράμματος γενικής χρήσης. Εισάγουμε την κλάση <code>get_pkg_data_filename</code> για να ανασύρουμε τα δεδομένα του αρχείου μας. |
| 2               | <code>from satrapy.io import fits</code>                                 | Το πακέτο <code>astropy.io.fits</code> παρέχει πρόσβαση σε αρχεία FITS.                                                                                                                                             |
| 3               | <code>import matplotlib. pyplot as plt</code>                            | Το Matplotlib είναι μια βιβλιοθήκη πολλαπλών πλατφορμών οπτικοποίησης δεδομένων και γραφικών σχεδίων για την Python και την αριθμητική της.                                                                         |
| 4               | <code>image_file = get_pkg_data_filename('/content /m87-32.fits')</code> | Εντολή για να πάρουμε το συγκεκριμένο αρχείο, αφού γράψουμε την θέση που βρίσκεται.                                                                                                                                 |
| 5               | <code>fits.info(image_file)</code>                                       | Εντολή για να πάρουμε πληροφορίες για τη δομή του αρχείου που είναι FITS. Γενικά οι πληροφορίες εικόνas βρίσκονται στο PrimaryHDU.                                                                                  |
| 6               | <code>image data = fits. getdata(image_file, ext=0)</code>               | Εδώ, χρησιμοποιούμε το " <code>astropy.io.fits.getdata()</code> " για να διαβάσουμε την εικόνα. Για τα δεδομένα από αυτήν την πρώτη επέκταση χρησιμοποιούμε το όρισμα λέξης-κλειδιού " <code>ext=0</code> ".        |
| 7               | <code>print (image_data. shape)</code>                                   | Εκτυπώνουμε τις διαστάσεις χρησιμοποιώντας το χαρακτηριστικό σχήμα(εντολή <code>shape</code> ).                                                                                                                     |
| 8               | <code>plt.figure()</code>                                                | Εμφάνιση εικόνας                                                                                                                                                                                                    |
| 9               | <code>plt.imshow(image_data, cmap='gray')</code>                         | Εμφάνιση των δεδομένων εικόνας                                                                                                                                                                                      |
| 10              | <code>plt.colorbar()</code>                                              | Σχεδιασμός και εμφάνιση εικόνας.                                                                                                                                                                                    |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ(EXTRACTING)

| ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΟΛΗΣ | ΕΝΤΟΛΗ                                                                                                                     | ΕΞΗΓΗΣΗ ΕΝΤΟΛΗΣ                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | <code>import jpy</code>                                                                                                    | Το JPy είναι μια λειτουργική μονάδα Python που παρέχει πλήρη πρόσβαση στην Java από την Python. Επιτρέπει στην Python να κάνει χρήση μόνο βιβλιοθηκών Java, εξερεύνηση και οπτικοποίηση δομών Java, ανάπτυξη και βιβλιοθηκών Java. |
| 2               | <code>import asposecells</code>                                                                                            | Το Aspose.Cells για Python μέσω Java είναι ένα επεκτάσιμο και πλούσιο σε χαρακτηριστικά API για την επεξεργασία υπολογιστικών φύλλων του Excel χρησιμοποιώντας Python.                                                             |
| 3               | <code>from asposecells.api import Workbook, FileFormatType</code>                                                          | Κλάση χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τους τύπους μορφής αρχείου.                                                                                                                                                                  |
| 4               | <pre>def readFLX(flx):     with open(flx) as f:          lines = f.readlines()          lines_cols = []</pre>              | Διαβάζονται οι πρώτες 100 γραμμές από το flx. Ξεκινάμε από την 19 γραμμή για να πάρω μόνο τα acta                                                                                                                                  |
| 5               | <pre>for line in lines[19:120]:      N_line = line.strip()      lines_cols.append(N_line.split())  return lines_cols</pre> | Αφαίρεση ειδικών χαρακτήρων.<br>Διαίρεση της συμβολοσειράς με delimiter το κενό.<br>Για κάποιες εντολές κώδικα είναι καλό να μεσολαβεί κενή γραμμή αναμεσα σε δυο γραμμές για την αποφυγή προβλημάτων στη μεταγλώττιση.            |
| 6               | <pre>def readWithPandas():     workbook = Workbook</pre>                                                                   | Διαβάζει ένα xlsx αρχείο που έχω βάλει μόνο στην 1η γραμμή τις επικεφαλίδες. Αν δεν πάρει όρισμα δημιουργεί ένα καινούργιο.                                                                                                        |

|           |                                                                           |                                                                                                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7</b>  | <code>sheet = workbook.getWorksheets().get(0)</code>                      | Παίρνει το πρώτο φύλλο από το xlsx αρχείο μας μέσω της εντολής <code>getWorksheets</code> .                                       |
| <b>8</b>  | <code>cells = sheet.getCells()</code>                                     | Αναφορά στα κελιά.(Λήψη).                                                                                                         |
| <b>9</b>  | <code>lines = readFLX('00401_01.ASG.FLX')</code>                          | Διαβάζει τις γραμμές από το flx.                                                                                                  |
| <b>10</b> | <code>for row in range(0, len(lines)):<br/>for col in range(0, 3):</code> | Δημιουργία βρόγχων για να διαβαστούν οι γραμμές και οι στήλες.                                                                    |
| <b>11</b> | <code>cells.get(row+1, col).putValue(lines[row][col])</code>              | <code>row+1</code> για να μην χαλάσει η πρώτη γραμμή με τις επικεφαλίδες.                                                         |
| <b>12</b> | <code>workbook.save("flx_file_updated.xlsx")</code>                       | Το καινούριο αρχείο που θα σωθεί.                                                                                                 |
| <b>13</b> | <code>readWithPandas()</code>                                             | Τα αρχεία CSV περιέχουν απλό κείμενο και είναι μια γνωστή μορφή που μπορεί να διαβαστεί από όλους, συμπεριλαμβανομένων των Panda. |
| <b>14</b> | <code>jpype.shutdownJVM()</code>                                          | Κλείνει το JVM. Αυτή η μέθοδος τερματίζει τη λειτουργία του JVM και απενεργοποιεί την πρόσβαση σε υπάρχοντα αντικείμενα Java.     |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Large-Scale Interplanetary Magnetic Field Configuration Revealed by Solar Radio Bursts”, Reinelet al, Science Magazine October 1995, Vol. 270, No 5235, p. 461-464
- [2]. Caroubalos, C., Hillaris, A., Bouratzis, C., Alissandrakis, C.E., Preka-Papadema, P., Polygiannakis, J., Tsitsipis, P., Kontogeorgos, A., Moussas, X., Bougeret, J L., Dumas, G., Perche, C.: Solar type II and type IV radio bursts observed during 1998–2000 with the ARTEMIS IV radiospectrograph. Astron. Astrophys. **413**, 1125–1133 (2004)
- [3]. Κοντογεώργος Αθανάσιος, Λήψη και καταγραφή Ηλιακών ραδιοεξάρσεων. Διδακτορική διατριβή, ΕΚΠΑ, 2006.
- [4]. <https://fits.gsfc.nasa.gov>.
- [5]. Wells D.,C.Greisen, E.W.Harten,R.H.  
FITS.A Flexible Image Transport System.
- [6]. <https://pweb.cfa.harvard.edu/about/about-smithsonian-astrophysical-observatory>
- [7]. <https://fellowships.si.edu/SORSSAO>
- [8]. <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/star-catalog/sao.html>
- [9]. <https://www.asu.cas.cz/en/about/about-the-institute>  
Αστρονομικό Ινστιτούτο Τσεχίας (Ondrejov).