

## Δημοσιεύσεις στο **Minor Planet Bulletin** και υποβολή μετρήσεων στην **ALCDEF**

Νίκος Σιούλας

NOAK Observatory, Σταυράκι Ιωαννίνων (IAU–MPC code L02)

[nsioulas@hotmail.com](mailto:nsioulas@hotmail.com)

### Περίληψη

Στην εισήγηση αυτή θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία η οποία χρησιμοποιήθηκε, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο υποβλήθηκαν οι φωτομετρικές μετρήσεις των αστεροειδών της Κύριας Ζώνης Sabine (665) και Ara (849) από το Αστεροσκοπείο NOAK που βρίσκεται στα Ιωάννινα, με σκοπό της εύρεση της περιόδου περιστροφής τους. Το Παρατηρητήριο είναι πιστοποιημένο από το Minor Planet Center και την International Astronomical Union με τον Κωδικό Παρατηρητηρίου (Observatory Code) L02. Τα αποτελέσματα υποβλήθηκαν στη βάση δεδομένων Asteroid Lightcurve Photometry Database καθώς και στο Minor Planet Bulletin.

## 1. Εισαγωγή

Η φωτομετρική μελέτη ενός αστεροειδούς είναι πολύ σημαντική καθώς μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την περίοδο περιστροφής του, το σχήμα και το μέγεθος όπως και τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής του. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού τους είναι σημαντική η συμβολή όλων των διαθέσιμων τηλεσκοπίων για την παρακολούθησή τους. Επίσης είναι απαραίτητο να υπάρχει μια βάση δεδομένων που να χρησιμοποιεί έναν μόνο τρόπο υποβολής της μέτρησης και μια φόρμα όπου θα υποβάλλονται οι μετρήσεις, ώστε να γίνεται πιο εύκολος ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούν να μελετηθούν και να ταξινομηθούν όλα αυτά τα αντικείμενα. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων Asteroid Lightcurve Photometry Database (ALCDEF)<sup>1</sup>.

Το Minor Planet Bulletin<sup>2</sup> είναι ένα τριμηνιαίο επιστημονικό περιοδικό που εκδίδεται από την Association of Lunar and Planetary Observers ALPO (Ένωση Παρατηρητών Σελήνης και Πλανητών) των Η.Π.Α. Όλοι οι ερασιτέχνες καθώς και οι επαγγελματίες μπορούν να δημοσιεύσουν τα αποτελέσματα των φωτομετρικών μετρήσεών τους καθώς και άλλες πληροφορίες. Οι δημοσιεύσεις αυτές εντάσσονται στις βάσεις δεδομένων της NASA .

### 2.1 Εξοπλισμός

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια ενός κατοπτρικού οπτικού σωλήνα Skywatcher 0.25m με εστιακό λόγο f/4.7. Ο οπτικός σωλήνας είναι τοποθετημένος σε ρομποτική βάση NEQ6 της Skywatcher και είναι εξοπλισμένος με κάμερα CCD ATIK 460exm. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το τηλεσκόπιο να ακολουθεί με μεγάλη ακρίβεια το στόχο, ώστε να μην υπάρχει trail του στόχου αλλά και των άστρων (οδήγηση του τηλεσκοπίου), για την καλύτερη αστρομετρική καταγραφή και απεικόνιση της φωτομετρικής καμπύλης. Δεν χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα για βελτίωση του σήματος ως προς το θόρυβο (θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και το φωτομετρικό φίλτρο V). Ο χρόνος έκθεσης ήταν 120 sec για τον ARA και 90 sec για τον Sabine. Οι φωτογραφίες πάρθηκαν σε bin 1x1 και το image scale ήταν 0.78 arcsec/pixel. Τέλος το field of view ήταν 35.77' x 28.61' .

## 2.2 Software

Το Cartes Du Ciel<sup>3</sup> χρησιμοποιήθηκε ως το λογισμικό πλανηταρίου με τις πιο πρόσφατες ephemerides που λήφθηκαν από το Minor Planet Center<sup>4</sup> (ή από ιστοσελίδα της NASA SSD JPL<sup>5</sup>). Το Artemis Capture<sup>6</sup> χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη εικόνων.

Για την καθοδήγηση του τηλεσκοπίου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα PHD2<sup>7</sup> στην τελευταία του έκδοση.

Μεγάλη σημασία έχει η ακρίβεια του χρόνου του υπολογιστή. Έτσι, το δωρεάν πρόγραμμα Dimension4<sup>8</sup> είναι απαραίτητο, γιατί μπορεί να μας παρέχει μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις μας κατά την καταγραφή του χρόνου λήψης στο FIT μας. Πολύ καλό πρόγραμμα είναι το Network Time Synchronization που βασίζεται και αυτό στο πρωτόκολλο NTP ώστε να παρέχει ακρίβεια της τάξης των msec.

Από όλες τις εικόνες αφαιρέθηκαν σφάλματα που οφείλονται σε θορύβους, ανομοιόμορφη κατανομή του φωτός και άλλους παράγοντες με τη βοήθεια εικόνων βαθμονόμησης darks, flats και bias με τη χρήση του προγράμματος DeepSkyStalker<sup>9</sup>.

## 3. Το λογισμικό MPO – CANOPUS

Οι αστρομετρικές και φωτομετρικές μετρήσεις καθώς και η ανάλυση καμπύλης φωτός πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MPO Canopus<sup>10</sup>.

Το Minor Planet Observer MPO Canopus είναι ένα λογισμικό που βασίζεται στην πλατφόρμα των Windows και εξειδικεύεται στη δημιουργία καμπυλών φωτός για αστεροειδείς, μεταβλητά αστέρια, εξωπλανήτες καθώς και στην αστρομετρία αστεροειδών και κομητών. Κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό ερασιτέχνη αστρονόμο Brian D. Warner στο Palmer Divide Observatory. Το πρόγραμμα αυτόματα αναγνωρίζει τα αστέρια αναφοράς στα παρατηρούμενα πεδία χρησιμοποιώντας τον κατάλογο MPOSC3 καθώς και άλλους καταλόγους, όπως οι APASS, UCAC4 και USNO SA2. Επίσης μέσω της ρουτίνας του Photored βαθμονομεί το παρατηρούμενο πεδίο, για τη σωστή απεικόνιση της φωτεινότητας (magnitude) και των δεικτών φωτός (color index) του αντικειμένου. Τέλος με τη ρουτίνα του StarBGone το πρόγραμμα μπορεί να σχεδιάσει την τροχιά του αστεροειδούς, που είναι πολύ χρήσιμο ιδίως σε πεδία με πολλά άστρα.

### 3.1 Η βάση δεδομένων ALCDEF

Η βάση δεδομένων Asteroid Lightcurve Data Exchange Format (ALCDEF) δημιουργήθηκε από τον ερασιτέχνη αστρονόμο Brian D. Warner εξαιτίας της ανάγκης που υπήρχε για μια βάση που να βασίζεται σε ένα τύπο αρχείων ώστε να γίνει πιο εύκολη η μελέτη τους. Φιλοξενείται στον ιστότοπο του Minor Planet Center. Σήμερα, πάνω από 11.500 καμπύλες φωτός αστεροειδών αυτής της βάσης βοήθησαν τους αστρονόμους να κατανοήσουν το ηλιακό σύστημα (φαινόμενο YORP και πολλά άλλα). Επίσης οι καμπύλες φωτός επέτρεψαν τη σημαντική αύξηση στον αριθμό των μοντέλων σχήματος (3D shape), που περιλαμβάνουν τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής, από επαγγελματίες και ερασιτέχνες αστρονόμους.

### 3.2 Το Minor Planet Bulletin

Το Minor Planet Bulletin (MPB) είναι η επίσημη έκδοση του Τμήματος Μικρών Πλανητών της Ένωσης Σεληνιακών και Πλανητών Παρατηρητών (ALPO). Είναι το περιοδικό που ερασιτέχνες και επαγγελματίες δημοσιεύουν καμπύλες φωτός και αναλύσεις αστεροειδών που είναι διαθέσιμα δωρεάν στην ιστοσελίδα του. Επίσης είναι περιοδικό με κριτές από το SAO/NASA ADS. Το MPB διαθέτει μελέτες που περιλαμβάνουν παραμέτρους H-G, δείκτες χρωμάτων και μοντέλα σχήματος/περιστροφής.

Αρχισυντάκτης είναι ο Richard P. Binzel, Καθηγητής Πλανητικών Επιστημών στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT) και δημιουργός της Κλίμακας του Τορίνο, της κλίμακας δηλαδή που μας δείχνει την επικινδυνότητα μιας σύγκρουσης μεταξύ ενός σώματος και της Γης

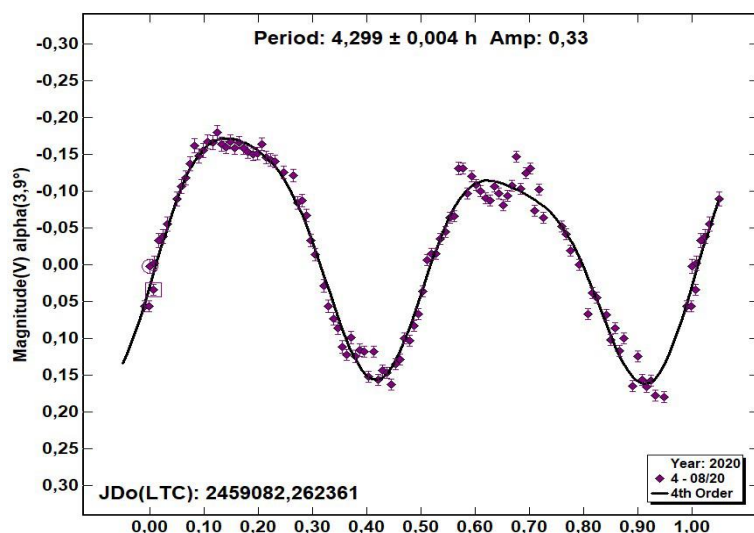
σε συνάρτηση με τις επιπτώσεις που θα προκληθούν.

## 4.1 Αστεροειδής Sabine (665)

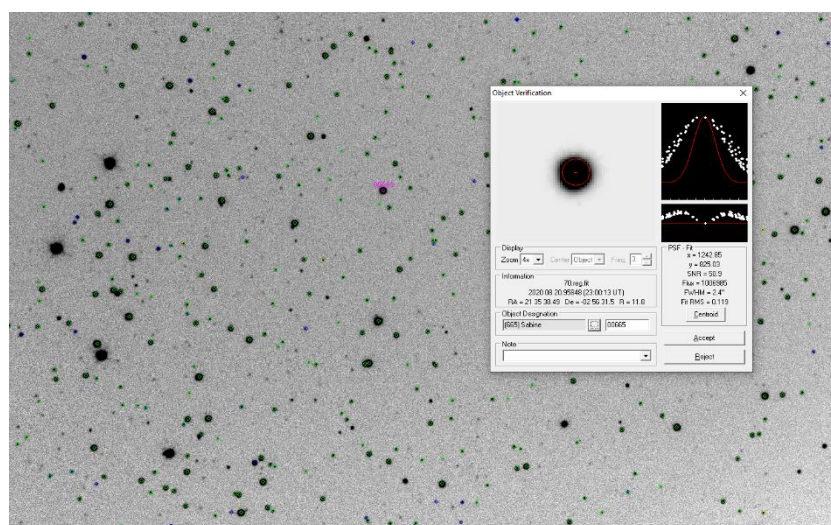
Ο αστεροειδής 665 Sabine (A908 OE) ανακαλύφθηκε από τον Γερμανό αστρονόμο Wilhelm Lorenz στις 22 Ιουλίου 1908 στη Χαϊδελβέργη. Είναι ένας εξωτερικός αστεροειδής της κύριας ζώνης με ημι-κύριο άξονα 3.144 AU, εκκεντρότητα 0.172, κλίση 14.753 μοίρες και τροχιακή περίοδο 5.58 ετών. Το απόλυτο μέγεθός του είναι  $H = 8.7$  (JPL, 2020)<sup>11</sup>.

Οι παρατηρήσεις και η φωτομέτρηση του αστεροειδούς έγινε στις 20 Αυγούστου 2020. Η απόστασή του από τη Γη εκείνη την εποχή ήταν 281.000.000 km και η φωτεινότητά του ήταν 12.7 mag. Η διάμετρός του είναι 51 χλμ.

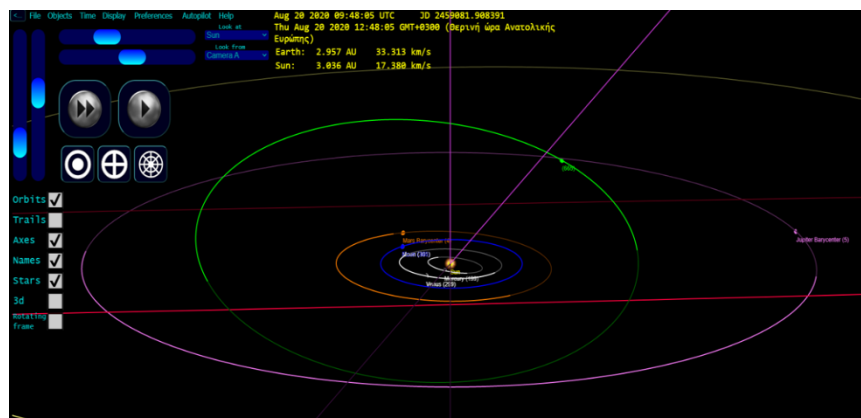
Η ανάλυση περιόδου δείχνει μια λύση για την περίοδο περιστροφής  $P = 4,299 \pm 0,004$  h με πλάτος  $A = 0,33 \pm 0,03$  mag και είναι κοντά στα προηγούμενα δημοσιευμένα αποτελέσματα της βάσης δεδομένων αστεροειδών, που είναι 4,294 h (LCDB, Warner et al., 2009). Η μελέτη δημοσιεύτηκε στο MPB τεύχος 48-2 με tracking number 48-204<sup>12</sup>.



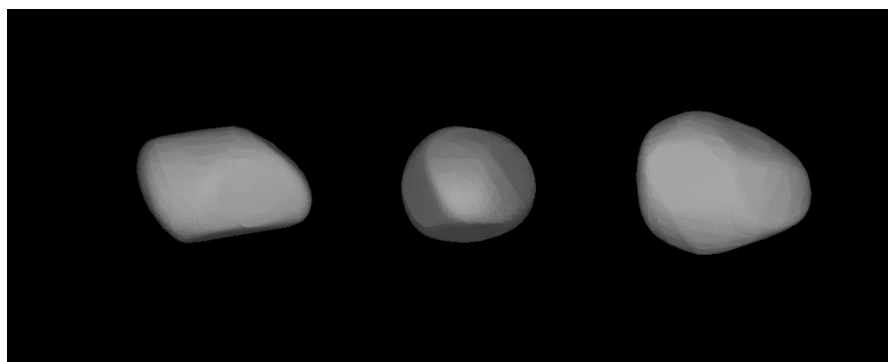
Εικόνα 1 : Η καμπύλη φωτός του αστεροειδή Sabine με το πρόγραμμα MPO Canopus.



Εικόνα 2: Αστρομετρική καταγραφή με το πρόγραμμα Astrometrica<sup>13</sup> του αστεροειδή Sabine (665).



Εικόνα 3: Η θέση του αστεροειδούς Sabine την περίοδο των μετρήσεων σύμφωνα με το πρόγραμμα Find\_Orb<sup>14</sup>.



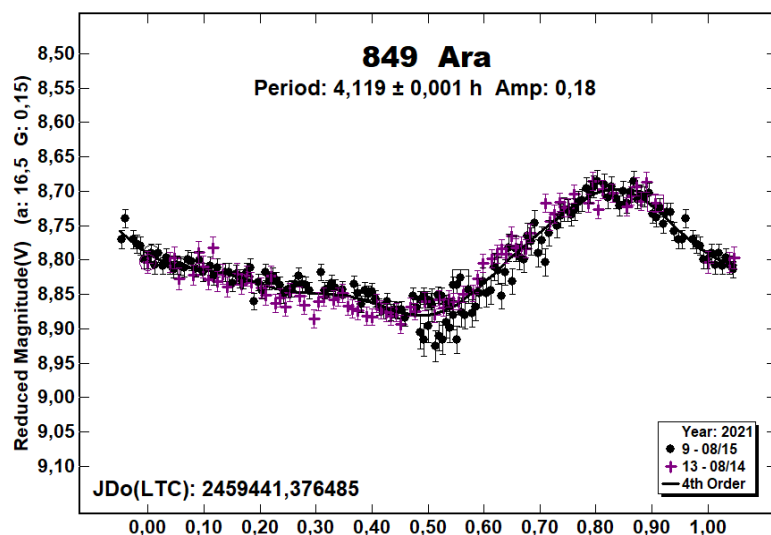
Εικόνα 4: Το σχήμα του αστεροειδούς Sabine σύμφωνα με την Database of Asteroid Models from Inversion Techniques (DAMIT)<sup>15</sup>.

## 4.2 Αστεροειδής Ara (849)

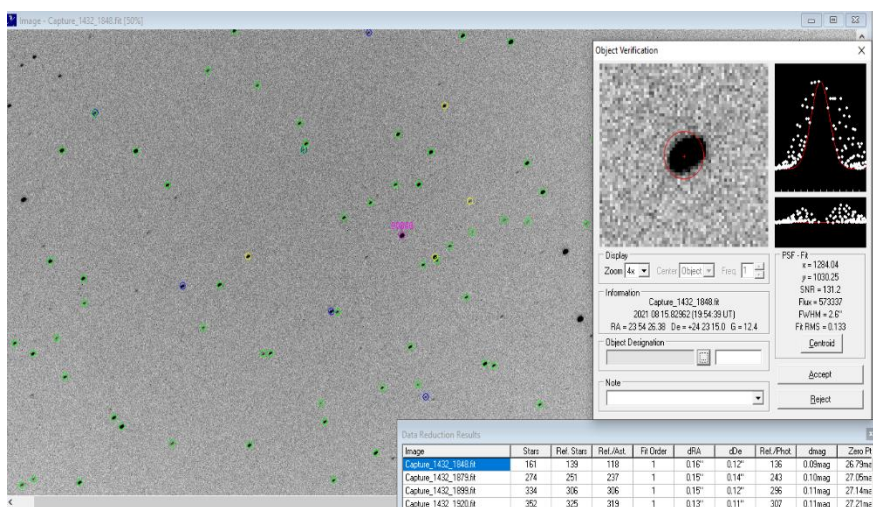
Ο αστεροειδής 849 ARA ανακαλύφθηκε στις 9 Φεβρουαρίου 1912 από τον Ρώσο αστρονόμο Sergey Belyavsky, στο Παρατηρητήριο Σίμειζ της Κριμαίας, και πήρε το όνομά του από τα αρχικά American Relief Administration (ARA), μιας αμερικανικής επιχείρησης βοήθειας ενάντια στον λιμό στην Ευρώπη και στη Ρωσία κατά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Είναι και αυτός ένας εξωτερικός αστεροειδής της κύριας ζώνης με ημι-κύριο άξονα 3.144 A.U, εκκεντρότητα 0.201, κλίση 19.53 μοίρες και τροχιακή περίοδο 5.576 χρόνια. Το απόλυτο μέγεθός του είναι  $H=8.24$  mag (MPO681835)<sup>16</sup>. Η διάμετρος του είναι 80.756 χλμ και η φωτεινότητά του την περίοδο της παρατήρησης ήταν 14.2 mag.

Οι παρατηρήσεις και η φωτομέτρηση του αστεροειδούς έγιναν δυο συνεχόμενες νύχτες στις 14 και 15 Αυγούστου 2021.

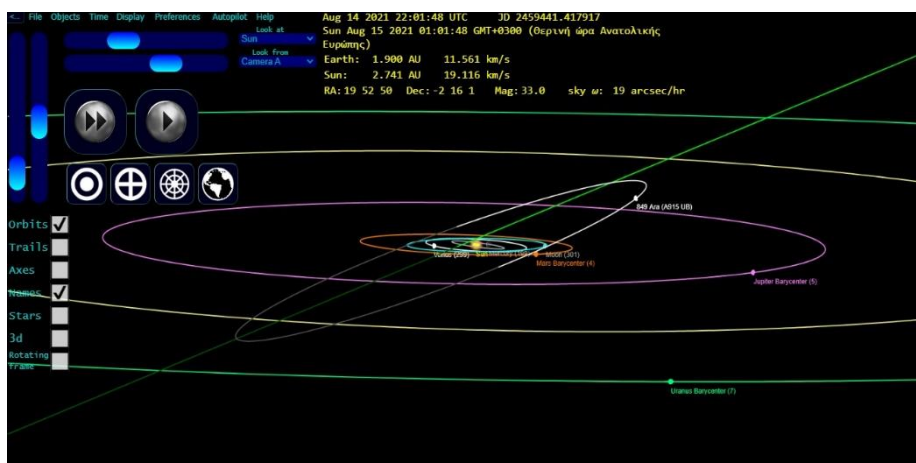
Η ανάλυση περιόδου μας δίνει μια λύση για την περίοδο περιστροφής  $P = 4.119 \pm 0.001$  h με πλάτος  $A = 0.18 \pm 0.03$  mag, που είναι πολύ κοντά στα προηγούμενα δημοσιευμένα αποτελέσματα της βάσης δεδομένων αστεροειδών που είναι 4,116h (LCDB, Warner et al., 2009). Η μελέτη δημοσιεύτηκε στο MPB τεύχος 48-2 με tracking number 49-202<sup>17</sup>.



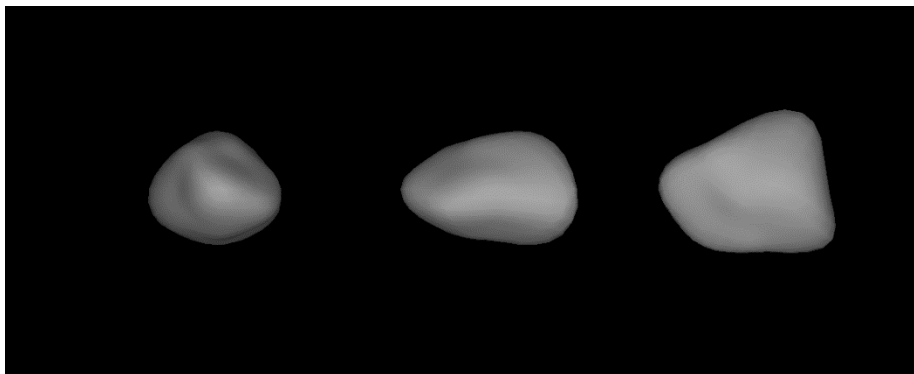
Εικόνα 5 : Η καμπύλη φωτός του αστεροειδή ARA με το πρόγραμμα MPO Canopus.



Εικόνα 6: Αστρομετρική καταγραφή με το πρόγραμμα Astrometrica του αστεροειδή Ara (849).



Εικόνα 7: Η θέση του αστεροειδούς Ara την περίοδο των μετρήσεων σύμφωνα με το πρόγραμμα Find\_Orb.



Εικόνα 8: Το σχήμα του αστεροειδούς Ara σύμφωνα με την Database of Asteroid Models from Inversion Techniques (DAMIT).

## Επίλογος

Ολοκληρώνοντας, το αστεροσκοπείο NOAK συμμετέχει και στην εκστρατεία Ancient Asteroid<sup>18</sup>. Το project ξεκίνησε το 2020 στο Αστεροσκοπείο του Πανεπιστημίου Αθηνών (UOAO) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών από τον Δρ. Κοσμά Γαζέα, σε συνεργασία με το Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Astronomical Institute of the Charles University, το Lowell Observatory και το BSA Observatory στο Savigliano. Στόχος του προγράμματος είναι ο χαρακτηρισμός αστεροειδών, οι οποίοι είναι μέλη αρχέγονων διασκορπισμένων οικογενειών της Κύριας Ζώνης του Ηλιακού Συστήματος.

Όπως μπορούμε να καταλάβουμε η ανάγκη για παρατηρήσεις και μετρήσεις για την μελέτη αστεροειδών είναι πολύ σημαντική. Πιστεύω ότι ο ρόλος των ερασιτεχνών αστρονόμων είναι να βοηθήσουν τους επαγγελματίες να προσδιορίσουν αυτά τα αντικείμενα με ακρίβεια και η συνεργασία μεταξύ τους είναι απαραίτητη ιδίως σε τέτοιου είδους έρευνες.

## Αναφορές

- [1] Asteroid Lightcurve Photometry Database: <http://alcddef.org/index.php>
- [2] Minor Planet Bulletin: <https://mpbulletin.org/>
- [3] <https://www.ap-i.net/skychart/el/start>
- [4] <https://minorplanetcenter.net/>
- [5] <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/app.html#/>
- [6] <https://www.atik-cameras.com/capture-software/>
- [7] <https://openphdguiding.org/downloads/>
- [8] <http://www.thinkman.com/dimension4/>
- [9] <http://deepskystacke.free.fr/english/index.html>
- [10] <http://bdwpublishing.com/mpocanopusv10.aspx>
- [11] [https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb\\_lookup.html#/?sstr=665](https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=665)
- [12] <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021MPBu...48...99S/abstract>
- [13] <http://www.astrometrica.at/default.html?/download.html>
- [14] <https://www.projectpluto.com/fo.htm>
- [15] <https://astro.troja.mff.cuni.cz/projects/damit/>
- [16] [https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb\\_lookup.html#/?sstr=849](https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=849)
- [17] <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022MPBu...49...69S/abstract>
- [18] [http://users.uoa.gr/~kgaze/ancient\\_asteroids.html](http://users.uoa.gr/~kgaze/ancient_asteroids.html)