

“Αστρομετρικές παρατηρήσεις σε Near- Earth Αστεροειδείς (NEAs).
Μεθοδολογία παρατήρησης και οι περιπτώσεις
του 2003 UV11, του 2009 VZ, του 2010 RF12,
του 2011 MD και του (1036) Ganymed”



Β α γ γ έ λ η ς Τ σ ά μ η ς

Αστρονομική Ένωση Σπάρτης, <http://www.spartastronomy.gr/astroteams>
IOTA-ES, International Occultation Timing Association, European Section, <http://www.iota-es.de>
[IAU-MPC Observatory Code C68](#) - Αστεροσκοπείο Ελληνογερμανικής Αγωγής
e-mail: vtsamis@aegean.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διεξαγωγή αστρομετρικών παρατηρήσεων σε αστεροειδείς, με σκοπό τον ακριβέστερο προσδιορισμό της τροχιάς τους και την ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας στις αστρονομικές εφημερίδες, είναι ένας τομέας της Αστρονομίας όπου μπορούν να συμβάλλουν με σημαντικά δεδομένα και οι ερασιτέχνες αστρονόμοι. Η πληθώρα των αστεροειδών και οι συνεχείς ανακαλύψεις νέων σωμάτων απαιτούν ένα μεγάλο αριθμό τηλεσκοπίων, αλλά και προσωπικό, που δεν είναι πάντα διαθέσιμα στους αστρονόμους που ασχολούνται με αυτά τα μικρά σώματα του ηλιακού συστήματος (Minor Body Astrometry). Έτσι, είναι ζητούμενες και ευπρόσδεκτες οι παρατηρήσεις και μετρήσεις και από ερασιτέχνες αστρονόμους, αρκεί να γίνονται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και να ακολουθούν κάποια βασικά κριτήρια και κανόνες. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι ένα μέσης ή μεγάλης διαμέτρου τηλεσκόπιο σε ισημερινή στήριξη με αστροστάτη, μια ψηφιακή κάμερα συζευγμένου φορτίου (CCD) και ειδικό λογισμικό, που μπορεί να προμηθευτεί κανείς είτε στο εμπόριο είτε να κατεβάσει ελεύθερα από το διαδίκτυο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι παρατηρήσεις σε αστεροειδείς που είτε πλησιάζουν πολύ τη Γή, είτε η τροχιά τους τέμνει την τροχιά της Γης. Αυτά τα σώματα ανήκουν στην κατηγορία NEO: Near Earth Objects και είναι υπό στενή και διαρκή παρακολούθηση κάθε φορά που οι συνθήκες το επιτρέπουν - ή το επιβάλλουν.

Ειδικές ιστοσελίδες είναι αφιερωμένες στη μελέτη των σωμάτων αυτών και κάθε παρατήρηση είναι ευπρόσδεκτη. Βάσεις δεδομένων με τα απαραίτητα στοιχεία και πληροφορίες για αστεροειδείς, όπως π.χ. το Minor Planet Center, το NeoDys, το Space Guard System, κλπ είναι ανοικτές και διαθέσιμες σε όλους, τόσο για τους επαγγελματίες αστρονόμους, όσο και για το ευρύ κοινό.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται παρατηρήσεις και μετρήσεις σε αστεροειδείς NEAs που έγιναν κατά τα έτη 2009, 2010 και 2011 από το ορειβατικό καταφύγιο Πάρωνα του ΕΟΣ Σπάρτης με τηλεσκόπιο Schmidt-Cassegrain διαμέτρου 25 εκ. κατά τη διάρκεια προγραμματισμένων εξορμήσεων της Αστρονομικής Ένωσης Σπάρτης, από την κατοικία μας στο Χαλάνδρι Αττικής με μικρό 5ιντσο (12,5 cm) τηλεσκόπιο Maksutov-Cassegrain και από το Αστεροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής (ΕΑ) στην Παλλήνη με τηλεσκόπιο Schmidt-Cassegrain διαμέτρου 40 εκ., το οποίο εδράζεται σε θόλο διαμέτρου 7 μ.

Επίσης, περιγράφεται η μεθοδολογία παρατήρησης και η διαδικασία ανάθεσης κωδικού αστεροσκοπείου (IAU-MPC Observatory Code) από το Minor Planet Center σε ερασιτέχνες αστρονόμους.

Τα αντικείμενα που παρατηρήθηκαν και παρουσιάζονται είναι, κατά σειρά μεγέθους: ο 20011 MD (διαμέτρου περίπου 7 μέτρων), ο 2010 RF12 (διαμέτρου το πολύ 10 μέτρων), ο 2009 VZ (διαμέτρου περίπου 260 μέτρων), ο 2003 UV11 (διαμέτρου περίπου 600 μέτρων) και ο 1036-Ganymed (διαμέτρου περίπου 38,5 χιλιομέτρων). Οι αστεροειδείς 2011 MD και 2010 RF12 είναι αναμφίβολα πάρα πολύ μικρά ουράνια σώματα, διαστάσεων σχολικού λεωφορείου. Ο 1036-Γανυμήδης είναι το μεγαλύτερο σώμα της κατηγορίας NEO που έχει περιγραφεί μέχρι στιγμής. Οι αστρομετρικές παρατηρήσεις στον τελευταίο έγιναν εν όψει της παρατηρησιακής εκστρατείας (call for observations) της IOTA-ES (http://www.iota-es.de/ganymed_2011.html) για αστρομετρικές και φωτομετρικές παρατηρήσεις, καθώς και παρατηρήσεις 39 αποκρύψεων αστερών από τον αστεροειδή μεταξύ Απριλίου – Νοεμβρίου 2011, ώστε σε συνδιασμό με αναμενόμενες παρατηρήσεις από επίγεια ραντάρ περί τα τέλη του 2011, να παραχθεί ένα βελτιωμένο μοντέλο του τρισδιάστατου σχήματος, αλλά και της τροχιάς του.

Οι Near-Earth αστεροειδείς

Οι Near-Earth Asteroids, NEAs (σε ελεύθερη απόδοση: κοντινοί στη Γη αστεροειδείς) είναι μικρά κατά κανόνα σώματα τα οποία έχουν τροχιές γύρω από τον Ήλιο που προσεγγίζουν αρκετά ή και διασταυρώνονται με την τροχιά της Γης. Οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από λίγες δεκάδες ή εκατοντάδες μέτρα (στη συντριπτική τους πλειοψηφία) έως και αρκετά χιλιόμετρα. Έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής πάνω από 7.000 NEAs, με μεγαλύτερο τον (1036) Γανυμήδη. Υπεύθυνος φορέας για την καταγραφή, την ονοματοθεσία και τη συλλογή στοιχείων για τα σώματα αυτά, εντεταλμένος γι' αυτό το σκοπό από τη Διεθνή Αστρονομική Ένωση (IAU), είναι το Minor Planet Center (βλ.: <http://www.minorplanetcenter.net/>) του Πανεπιστημίου του Harvard (Harvard - Smithsonian Center for Astrophysics, CfA).

Οι Near-Earth αστεροειδείς διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες: Τους αστεροειδείς τύπου Aten, τύπου Apollo, τύπου Atira και τύπου Amor (πίνακας 1). Πολλοί Atens και Apollos έχουν τροχιές που διασταυρώνονται με την τροχιά της Γης, ενώ αυτό δε συμβαίνει με τους Amors και Atiras - τουλάχιστον προς το παρόν. Όταν η ελάχιστη απόσταση του σημείου τομής της τροχιάς ενός αστεροειδούς με την τροχιά της Γης (Minimum Orbit Intersection Distance, MOID) διαπιστωθεί ότι έχει τιμή ίση ή μικρότερη των 0,05 AU, τότε το σώμα αυτό εντάσσεται στην κατηγορία των Δυνητικά Επικίνδυνων Αστεροειδών (Potentially Hazardous Asteroid, PHA) και έκτοτε παρακολουθείται στενά. Στο MPC και σε άλλους φορείς δημοσιεύονται και ενημερώνονται συνεχώς στοιχεία για NEAs, όπου περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, όλες οι καταγεγραμμένες παρατηρήσεις, τα τροχιακά τους στοιχεία, το μοντέλο τροχιάς, τα γνωστά φυσικά χαρακτηριστικά, πίνακας με τις μελλοντικές διελεύσεις τους που έχουν υπολογιστεί μέχρι το έτος 2100, και η κατάταξή τους σύμφωνα με το βαθμό επικινδυνότητας για πιθανή μελλοντική πρόσκρουση στη Γη, μέσω της κλίμακας Τορίνο (Torino Scale, http://neo.jpl.nasa.gov/torino_scale.html) ή της κλίμακας Παλέρμιο (Palermo Technical Impact Hazard Scale, <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>).

Group	Description	Definition
NEAs	Near-Earth Asteroids	$q < 1.3$ AU
Atiras	NEAs whose orbits are contained entirely with the orbit of the Earth (named after asteroid 163693 Atira).	$a < 1.0$ AU, $Q < 0.983$ AU
Atens	Earth-crossing NEAs with semi-major axes smaller than Earth's (named after asteroid 2062 Aten).	$a < 1.0$ AU, $Q > 0.983$ AU
Apollos	Earth-crossing NEAs with semi-major axes larger than Earth's (named after asteroid 1862 Apollo).	$a > 1.0$ AU, $q < 1.017$ AU
Amors	Earth-approaching NEAs with orbits exterior to Earth's but interior to Mars' (named after asteroid 1221 Amor).	$a > 1.0$ AU, $1.017 < q < 1.3$ AU

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των Near-Earth αστεροειδών. Πηγή: <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/groups.html>

Ανάθεση του κωδικού αστεροσκοπείου C68 από το Minor Planet Center (IAU-MPC Observatory Code) στο Αστεροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής

Ως αποτέλεσμα της υποβολής των παρατηρήσεών μας σε αστεροειδείς Near-Earth από το αστεροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής, που περιγράφονται σε αυτήν την εργασία, στο Minor Planet Center (IAU-MPC) και μετά από την τελευταία υποβολή παρατηρήσεών μας για τον αστεροειδή της Κυρίας Ζώνης (Main Belt Asteroid) 638-Moira στις 10 και 11 Ιουνίου 2011, το MPC στις 22 Ιουνίου 2011 μας παραχώρησε τον κωδικό αστεροσκοπείου C68. Η ανάθεση νέου κωδικού αστεροσκοπείου δημοσιεύτηκε στις 15 Ιουλίου 2011 στο [Minor Planet Circular υπ.αριθμ. MPC 75355](#).

Οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις δημοσιεύονται στην αντίστοιχη [ιστοσελίδα παρατηρήσεων](#) του MPC. Ο πλήρης κατάλογος των μέχρι στιγμής αναγνωρισμένων από το MPC αστεροσκοπείων υπάρχει στην ιστοσελίδα: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/ObsCodesF.html>

ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η καταγραφή αστεροειδών Near-Earth είναι ιδιαίτερα γοητευτική ενασχόληση τόσο για τους ερασιτέχνες όσο και για τους επαγγελματίες αστρονόμους. Επειδή η καταγραφή τους παρουσιάζει μια σειρά από ιδιαιτερότητες, είναι αναγκαίο να προηγείται της παρατήρησης ανάλογη προετοιμασία σχεδιασμός και μελέτη. Οι αστεροειδείς NEA είναι δύσκολοι στόχοι για τρεις κυρίως λόγους: i) είναι γενικά ταχέως κινούμενα αντικείμενα, ειδικά όταν πλησιάζουν τη Γη, ii) είναι στην πλειοψηφία τους αμυδροί στόχοι και iii) κατά κανόνα υπάρχει μικρότερη ή μεγαλύτερη αβεβαιότητα ως προς την ακριβή θέση τους – ειδικά για νεοανακαλυφθέντα σώματα, η αβεβαιότητα είναι σημαντική. Για το σκοπό αυτό άλλωστε γίνονται οι παρατηρήσεις, για τον προσδιορισμό ή τη διόρθωση της πραγματικής τροχιάς τους. Ως εκ τούτου, η ανταμοιβή και η ικανοποίηση είναι μεγάλη όταν επιτύχουν οι παρατηρήσεις και αποβεί καρποφόρα η αναγωγή των δεδομένων. Κάποια ενδεικτικά βήματα και στοιχεία μεθοδολογίας για την προετοιμασία, την παρατήρηση και την ανάλυση των δεδομένων είναι τα εξής:

α. Επιλογή Στόχου

Αρχικά, η επιλογή του στόχου ή των στόχων μπορεί να γίνει είτε απευθείας από την ιστοσελίδα για τα Near-Earth αντικείμενα στο MPC (NEO Page, <http://www.minorplanetcenter.net/iau/NEO/TheNEOPage.html>) είτε από ιστοσελίδες άλλων φορέων που συνεπικουρικά με το MPC προάγουν τη μελέτη και την έρευνα αστεροειδών. Τέτοιοι φορείς είναι:

- Το Space Guard System, μια παγκόσμια συνεργασία αστεροσκοπειών και παρατηρητών αφοσιωμένων στη μελέτη και έρευνα Near-Earth αστεροειδών. Στην ιστοσελίδα “Priority List” <http://spaceguard.iasf-roma.inaf.it/SSystem/lists/plist.html> προτείνονται προς παρατήρηση και έρευνα Near-Earth νεοανακαλυφθέντες αστεροειδείς, οι οποίοι κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: Urgent, Necessary, Useful και Low-Priority, ανάλογα με την ανάγκη διεξαγωγής των ζητούμενων παρατηρήσεων. Η Priority List ενημερώνεται και αναπροσαρμόζεται συνεχώς με νέα στοιχεία. Επίσης,
- Το Near Earth Objects Dynamic Site, NEODyS-2 <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=0>
- Το Near Earth Object Program του Jet Propulsion Laboratory της NASA <http://neo.jpl.nasa.gov/>
- Το Earth's Busy Neighbourhood <http://www.hohmanntransfer.com/> κλπ.

β. Εύρεση αστρονομικών εφημερίδων

Από τη στιγμή που θα επιλεγεί ο στόχος, μπορούμε να ανατρέξουμε σε αστρονομικές εφημερίδες, στις οποίες υπολογίζεται η θέση του στόχου κατά τη συγκεκριμένη βραδιά και ώρα παρατήρησης, για συγκεκριμένες γεωγραφικές συντεταγμένες. Για ταχέως κινούμενους αστεροειδείς, είναι συνήθως απαραίτητο να έχουμε τη θέση του στόχου ανά ημίωρο ή ακόμα και ανά δεκάλεπτο. Από την έως τώρα εμπειρία μας, αυτή ακριβώς η προσέγγιση ήταν απολύτως απαραίτητη για την καταγραφή των γρήγορων αστεροειδών 2003 UV11 και 2011 MD. Η ιστοσελίδα που συνήθως χρησιμοποιούμε για τη δημιουργία αστρονομικών εφημερίδων είναι η ιστοσελίδα του MPC: “Minor Planet & Comet Ephemeris Service”:
<http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>.

Επικουρικά, μπορούμε να εισαγάγουμε τον αστεροειδή ως νέο αντικείμενο στο πρόγραμμα πλανηταρίου που χρησιμοποιούμε στον υπολογιστή μας. Αυτό γίνεται με την εισαγωγή των τελευταίων ή πιο πρόσφατων τροχιακών στοιχείων του αστεροειδούς, τα οποία μπορούμε να βρούμε σε όλες τις παραπάνω ιστοσελίδες.

γ. Εκτύπωση Χαρτών

Στη συνέχεια χρειάζεται να δημιουργήσουμε ψηφιακούς χάρτες ή και να εκτυπώσουμε χάρτες με κέντρο συντεταγμένων την αναμενόμενη θέση του αστεροειδούς σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Μπορούμε να μελετήσουμε εκ των προτέρων τους αστέρες του πεδίου στους χάρτες, ώστε να αναγνωρίσουμε το αστρικό πεδίο κατά την ώρα των λήψεων, ή ακόμα, υπό κάποιες προϋποθέσεις, να εντοπίσουμε τον υπό έρευνα αστεροειδή - συνήθως όμως αυτό δε συμβαίνει συχνά. Πολύ καλή λύση για εκτύπωση χαρτών είναι η ιστοσελίδα VSP της AAVSO <http://www.aavso.org/vsp/>. Μπορούμε να δώσουμε τις συντεταγμένες του κέντρου του πεδίου και να ορίσουμε την κλίμακα του χάρτη και τον προσανατολισμό που μας εξυπηρετεί.

δ. Συγχρονισμός ρολογιού του υπολογιστή με αξιόπιστη πηγή χρόνου

Οι Near-Earth αστεροειδείς είναι συνήθως πολύ γρήγορα αντικείμενα, καθώς προσεγγίζουν πολύ κοντά στη Γη. Στις περισσότερες περιπτώσεις μάλιστα είναι σαφής η παράλλαξη, καθώς η φαινόμενη θέση στον ουρανό για κάθε παρατηρητή είναι διαφορετική και εξαρτάται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες παρατήρησης. Στο

πλαίσιο αυτό είναι φανερό ότι είναι κρίσιμης σημασίας ο όσο το δυνατόν ακριβέστερος χρονικός προσδιορισμός της κάθε μιας λήψης CCD, σε σχέση με το χρόνο UT. Γι' αυτό είναι απολύτως απαραίτητο λίγο πριν την έναρξη των παρατηρήσεων να ελέγξουμε ότι η ακρίβεια χρονικής καταγραφής κυμαίνεται γύρω στο 1 δευτερόλεπτο. Εάν χρειαστεί, θα πρέπει να συγχρονίσουμε το ρολόι του υπολογιστή μας με μια αξιόπιστη πηγή χρόνου. Η πηγή χρόνου που συνήθως χρησιμοποιούμε είναι το ραδιορολόι [RMB-899](#) της Oregon Scientific, το οποίο λαμβάνει σήμα στα βραχεία ραδιοκύματα από τον [πομπό DCF-77](#) που εκπέμπει από τη Φρανκφούρτη της Γερμανίας.

ε. Έναρξη λήψεων – παρατήρηση

Για την καλύτερη διεξαγωγή των παρατηρήσεων μπορούμε να έχουμε κάνει κάποιους υπολογισμούς εκ των προτέρων για τους πιθανούς χρόνους έκθεσης, το binning mode, τη χρήση ή μη μειωτή εστιακού λόγου, τη χρήση ή μη φωτομετρικών φίλτρων, κλπ, ανάλογα με το αναμενόμενο φαινόμενο μέγεθος λαμπρότητας του στόχου και του ύψους του στον ορίζοντα που δίδονται στις αστρονομικές εφημερίδες και τα χαρακτηριστικά του τηλεσκοπίου και του CCD μας. Ωστόσο, η εμπειρία και η πράξη δείχνουν ότι κάποιες δοκιμαστικές λήψεις με την έναρξη της παρατήρησης είναι απαραίτητες για να καθορίσουμε τις παραμέτρους των τελικών λήψεων.

Η συνιστώμενη μεθοδολογία είναι να αρχίσουμε συνεχόμενες λήψεις στα πεδία που έχουμε προκαθορίσει, μερικά λεπτά πριν την αναμενόμενη εμφάνιση του αστεροειδούς στο πεδίο, μέχρι αυτός τελικά να εμφανιστεί στις λήψεις μας. Ο τρόπος ελέγχου της καταγραφής του αστεροειδούς είναι το λεγόμενο blinking μεταξύ ζευγών λήψεων. Σε τακτά διαστήματα, παράλληλα με την καταγραφή και χωρίς αυτή να διακόπτεται, ανοίγουμε δύο ή περισσότερα fits με κάποιο άλλο πρόγραμμα και εναλλάσσουμε γρήγορα τις δύο απεικονίσεις, ώστε το μάτι μας να προσέξει αυθόρμητα τυχόν εμφάνιση κίνησης, δηλαδή αλλαγή θέσης κάποιου φωτεινού σημείου. Αυτό θα σημαίνει την αναγνώριση και ταυτοποίηση του αστεροειδούς.

Εάν δεν έχουμε επιτυχία στην πρώτη απόπειρα, μέσα στο εύλογο χρονικό περιθώριο που ο υπό αναζήτηση αστεροειδής αναμένεται να κάνει διέλευση από το συγκεκριμένο αστρικό πεδίο, μετακινούμε το τηλεσκόπιο στο επόμενο “ραντεβού” που έχουμε προκαθορίσει από τις αστρονομικές εφημερίδες, σε επόμενο αστρικό πεδίο. Εξακολουθούμε να παίρνουμε συνεχόμενες λήψεις και να τις εξετάζουμε με τη μέθοδο blinking, κ.ο.κ. Στην περίπτωση που η αβεβαιότητα θέσης του στόχου είναι αρκετά μεγάλη, ίσως χρειαστεί να στοχεύσουμε και πέραν του προκαθορισμένου αστρικού πεδίου. Πρόσφατα, κατά την παρατήρηση του 2011 MD, η πρώτη - και τυχερή - ταυτοποίηση του αστεροειδούς έγινε ακριβώς στο άκρο του πεδίου, σε μια γωνία του καρέ λήψης, από ανίχνευση κίνησης με τη μέθοδο blinking σε δύο καρέ. Θα ήταν πολύ εύκολο να ξεφύγει της προσοχής μας εάν δεν εξετάζαμε όλα τα καρέ με τη μέθοδο αυτή, ή εάν είχαμε στοχεύσει ελάχιστα μακρύτερα, προς την αντίθετη κατεύθυνση.

στ. Λήψη darks και flats - Image calibration

Ενδιάμεσα ή στο τέλος των παρατηρήσεων θα πρέπει ο παρατηρητής να κάνει λήψεις dark και flat-field frames, ώστε να είναι πιο έγκυρη και αξιόπιστη η μετέπειτα φωτομετρική και αστρομετρική επεξεργασία των λήψεων. Η πρώτη ψηφιακή επεξεργασία των των λήψεων αφορά την επεξεργασία με darks και flats και αποκαλείται image calibration.

Τα dark frames είναι λήψεις ίσου χρόνου έκθεσης με τις πρωτότυπες λήψεις, με το καπάκι πάνω στο τηλεσκόπιο. Καθώς οι τιμές των pixel σε κάθε πρωτότυπη λήψη εμπεριέχουν ένα ποσοστό σήματος που δεν αντιστοιχεί αποκλειστικά στην εγγενή φωτεινότητα των πηγών (αστέρες και άλλα ουράνια αντικείμενα του πεδίου) αλλά σε ανεπιθύμητο ψηφιακό θόρυβο λόγω θερμικής εκπομπής στη συσκευή CCD, με τη λήψη darks αποτυπώνεται το ψηφιακό αυτό ίχνος του θορύβου και γίνεται αλγεβρική αφαίρεσή του, έτσι ώστε να εξουδετερωθεί ο ανεπιθύμητος θόρυβος στις πρωτότυπες λήψεις.

Τα flats, ή flat-field frames, είναι λήψεις μιας όσο το δυνατόν ομοιόμορφα φωτιζόμενης φωτεινής επιφάνειας που μπορεί να είναι μια τεχνητή διάταξη (flat-box flats) ή ο ίδιος ο ουρανός την ώρα του λυκαυγούς (sky flats) ή και ο ίδιος ο θόλος όπου στεγάζεται το τηλεσκόπιό μας, φωτιζόμενος (dome flats). Το πρόβλημα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε και να λύσουμε με τη λήψη των flats είναι το γεγονός ότι οι πρωτότυπες λήψεις είναι σχεδόν πάντα ανομοιόμορφα φωτισμένες, συχνά εμφανίζουν αμυδρό ή και έντονο vignetting που μπορεί να οφείλεται είτε στα οπτικά στοιχεία του εξοπλισμού μας είτε σε διαφορετική ευαισθησία των pixels του αισθητήρα, και επίσης πολύ συχνά σκοτεινούς δακτυλίους διάφορης διαμέτρου, λόγω σωματιδίων σκόνης στην επιφάνεια π.χ. του αισθητήρα. Όλα αυτά τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά εξουδετερώνονται μετά την φωτομετρική επεξεργασία κάθε πρωτότυπης λήψης με το ψηφιακό ίχνος των λήψεων flat-field.

ζ. Αναγωγή δεδομένων – Αστρομετρική ανάλυση

Η αστρομετρική επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με ειδικούς αλγόριθμους που διαθέτουν αρκετά από τα γνωστά προγράμματα επεξεργασίας αστρονομικών δεδομένων, όπως το [Astronomical Image Processing for Windows](#), το [Maxim DL](#), αλλά και άλλα λιγότερο γνωστά αλλά σχεδιασμένα ειδικά γι' αυτό το σκοπό, όπως το [Astrometrica](#) και το [Tangra](#). Το Astrometrica είναι shareware, ελεύθερο στη χρήση του για 100 ημέρες, ενώ το Tangra είναι freeware και επιπλέον έχει τη δυνατότητα αστρομετρικής επεξεργασίας σε αρχεία βίντεο AVI.

Συνοπτικά, η αστρομετρική επεξεργασία απαιτεί την ταυτοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων φωτεινών πηγών (αστέρων) που εμφανίζονται σε μια CCD λήψη μας με τις θέσεις αστέρων από κάποιον αστρομετρικό κατάλογο, μία προς μία. Όταν αυτό επιτευχθεί, επιλέγουμε και υποδεικνύουμε στο πρόγραμμα τη φωτεινή πηγή-στόχο που προηγουμένως έχουμε αναγνωρίσει ως τον αστεροειδή και στη συνέχεια οι αλγόριθμοι του λογισμικού αναλαμβάνουν αυτόματα να υπολογίσουν τις συντεταγμένες R.A. και DEC. (Ορθή Αναφορά και Απόκλιση) του στόχου, οι οποίες ακριβώς είναι και το κύριο ζητούμενο στην αστρομετρική διερεύνηση, καθώς και το φαινόμενο μέγεθος λαμπρότητάς του.

Αφού φορτώσουμε το αρχείο fit στο οποίο θα γίνει η αστρομετρική επεξεργασία, τα λειτουργικά εργαλεία που έχουμε στη διάθεσή μας και τα βήματα της διαδικασίας που ακολουθούμε είναι, σε γενικές γραμμές, τα εξής:

Βήμα 1 - Το πρόγραμμα μας ζητάει να δώσουμε τις συντεταγμένες R.A. και DEC. του κέντρου του πεδίου της λήψης μας, καθώς και το εύρος του πεδίου. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να δοθούν αρχικά κατά προσέγγιση, και θα έχουμε την ευκαιρία να τα προσδιορίσουμε ακριβέστερα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Βήμα 2 - Στο AIP for Windows μας ζητείται να προσδιορίσουμε έναν αστρομετρικό κατάλογο, ως έναν ψηφιακό χάρτη αναφοράς, από τον οποίο το πρόγραμμα θα αντλήσει δεδομένα. Ο αστρομετρικός κατάλογος μπορεί να υπάρχει σε φάκελο στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή μας ή σε ψηφιακό δίσκο (CD-ROM, DVD-ROM) σε κάποιο drive στον υπολογιστή μας. Το λογισμικό Astrometrica δεν απαιτεί κάτι τέτοιο, καθώς έχει τη δυνατότητα να συνδέεται στο διαδίκτυο με τη βάση δεδομένων [VIZIER](#) και να έχει on-line πρόσβαση σε αστρομετρικούς καταλόγους, όπως πχ ο κατάλογος [UCAC3](#) (Zacharias et al, 2009). Για την αναγωγή των δεδομένων μας με το AIP for Windows χρησιμοποιούμε το [Mega Star5 Sky Atlas CDROM](#) που περιέχει τον αστρομετρικό κατάλογο Guide Star Catalog (GSC 1.1).

Βήμα 3 - Στη συνέχεια εμφανίζεται από το πρόγραμμα πάνω στο υπό εξέταση FIT αρχείο μας ένα overlay με κύκλους ή άλλα σύμβολα που αντιπροσωπεύουν τις θέσεις γνωστών αστέρων από τον αστρομετρικό κατάλογο αναφοράς.

Βήμα 4 - Μας ζητείται να προσανατολίσουμε το overlay κατά τρόπο τέτοιο ώστε να γίνει η ταυτοποίηση αστέρων, δηλαδή κάθε κύκλος του overlay να συμπίπτει με κάποια φωτεινή πηγή (αστέρας) της FIT λήψης μας. Για το σκοπό αυτό εμφανίζεται ταυτόχρονα με το overlay ένα user-friendly παράθυρο που επιτρέπει την περιστροφή του πεδίου του overlay, την οριζόντια και κάθετη μετατόπισή του και τη μεταβολή της κλίμακας μεγέθους μέσω της τιμής για την πραγματική εστιακή απόσταση της λήψης που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο πεδίο.

Βήμα 5 - Εφόσον προσανατολίσουμε σωστά το overlay και γίνει η ταυτοποίηση των αστέρων, το επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε και να υποδείξουμε στο πρόγραμμα τη φωτεινή πηγή-στόχο, δηλαδή τον αστεροειδή που καταγράψαμε, καθώς και μια σειρά από αστέρες αναφοράς, δηλαδή αστέρες οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν από το πρόγραμμα για την εξαγωγή των αστρομετρικών στοιχείων του αστεροειδούς. Συνήθως χρησιμοποιούμε όχι λιγότερους από έξι ή επτά αστέρες αναφοράς. Φροντίζουμε να επιλέξουμε όσους αστέρες έχουν αποτυπωθεί καλύτερα στη λήψη, με καλό λόγο σήματος προς θόρυβο, καλοσηματισμένο είδωλο και κοντά στο κέντρο του πεδίου.

Βήμα 6 - Αφού δοθούν στο πρόγραμμα ο αστεροειδής - στόχος και οι αστέρες αναφοράς, με ένα τελευταίο κλικ το λογισμικό αναλαμβάνει αυτόματα να κάνει τις απαραίτητες μετρήσεις και να εξαγάγει τα αστρομετρικά στοιχεία του αστεροειδή. Ταυτόχρονα, εγγράφονται τα μετρηθέντα στοιχεία για τους αστέρες και τον αστεροειδή στο log του προγράμματος και δίδεται η δυνατότητα να τα σώσουμε σε αρχείο .txt της επιλογής μας. Τέλος, δίδεται η δυνατότητα το πρόγραμμα να σώσει τα αστρομετρικά στοιχεία σε μορφή κατάλληλη για την αποστολή αναφοράς των παρατηρήσεων στο Minor Planet Center, σύμφωνα με το τυποποιημένο ειδικά γι' αυτό το σκοπό ειδικό φορμάτ των 80 χαρακτήρων.

Βήμα 7 - Ταυτόχρονα με τα εξαχθέντα αστρομετρικά στοιχεία, το πρόγραμμα AIP for Windows εξάγει στοιχεία

για την ακρίβεια των μετρήσεων, ως residuals, σε arcsec rms, σε RA και DEC. Θα πρέπει να ελέγουμε αυτές τις τιμές, διότι εάν είναι υψηλές (πχ >> 1 arcsec rms) ίσως σημαίνει ότι δεν έχει επιτευχθεί ικανοποιητική ακρίβεια στις μετρήσεις. Οι συνήθειες λόγοι γι' αυτό είναι ότι είτε δεν έχουν επιλεγεί αρκετοί αστέρες αναφοράς, είτε έχουν επιλεγεί ως αστέρες αναφοράς αστέρες πολύ κοντά στα άκρα του πεδίου ή τα αστρικά είδωλα δεν είναι τέτοια που να επιτρέπουν στο πρόγραμμα τον ακριβή προσδιορισμό του κέντρου τους (centroid). Σε μια τέτοια περίπτωση μπορούμε να επαναλάβουμε τη διαδικασία καθορισμού των αστερών αναφοράς και να επανελέγξουμε τις τιμές των residuals, πριν καταλήξουμε στην τελική μας μέτρηση.

η. Υποβολή στοιχείων στο MPC

Οι αστρομετρικές παρατηρήσεις αστεροειδών (αλλά και κομητών και φυσικών δορυφόρων πλανητών) που υποβάλλονται στο Minor Planet Center συντάσσονται με βάση ένα αυστηρά συγκεκριμένο φορμά. Οι παρατηρήσεις αποστέλλονται μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας στο e-mail: mpc@cfa.harvard.edu. Κάθε τέτοια αναφορά e-mail αποτελείται από ένα κωδικό αστεροσκοπείου (εάν υπάρχει), τη διάμετρο του τηλεσκοπίου που χρησιμοποιήθηκε, το όνομα του παρατηρητή ή των παρατηρητών και στοιχεία επικοινωνίας, τον αστρομετρικό κατάλογο που χρησιμοποιήθηκε, τη φασματική περιοχή καταγραφής, κλπ, καθώς και ένα σύνολο γραμμών κειμένου για τις καθ' αυτό αστρομετρικές παρατηρήσεις. Τα στοιχεία αυτά περιγράφονται και επεξηγούνται στην ιστοσελίδα: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/ObsDetails.html>

Κάθε μία αστρομετρική παρατήρηση αποτελείται από μία σειρά κειμένου μήκους 80 αλφαριθμητικών χαρακτήρων στην οποία περιγράφονται: η ονομασία, μόνιμη ή προσωρινή του παρατηρηθέντος αντικείμενου, η ημερομηνία και η ακριβής ώρα παρατήρησης, οι μετρηθείσες ουράνιες συντεταγμένες του στόχου, το μέγεθος λαμπρότητας, η φασματική περιοχή καταγραφής, καθώς και μια σειρά από διευκρινιστικά στοιχεία περί της παρατήρησης (Notes) που αφορούν στο είδος της παρατήρησης (CCD, Radar, εξ' αποκρύψεως, κλπ), διάφορες παραμέτρους για τις συνθήκες και τεχνικά χαρακτηριστικά της παρατήρησης, κλπ.

Αναλυτική παρουσίαση του φορμά παρατήρησης και οδηγίες για τον τρόπο συμπλήρωσής του δίδεται στην ιστοσελίδα: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/OpticalObs.html>. Επεξηγήσεις επί των διευκρινιστικών στοιχείων δίδονται στην ιστοσελίδα: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/ObsNote.html>

Για να δημοσιευτεί κάποια παρατήρηση στο MPC είναι απαραίτητο να προέρχεται από κάποιο αναγνωρισμένο αστεροσκοπείο, ενταγμένο στη λίστα των αστεροσκοπειών με τριψήφιο κωδικό (βλ. αντίστοιχη ιστοσελίδα: [List of Observatory Codes](#)).

Ο τρόπος για να επιτευχθεί η ανάθεση κωδικού αστεροσκοπείου είναι η υποβολή ικανού αριθμού υψηλής ποιότητας αστρομετρικών παρατηρήσεων, οι οποίες, εάν είναι έγκυρες, αξιόπιστες και με μικρά περιθώρια αβεβαιότητας, οδηγούν στην ανάθεση κωδικού στο υποψήφιο προς ένταξη στη λίστα αστεροσκοπείων. Μέχρι τότε, οι παρατηρήσεις υποβάλλονται με τον τριψήφιο κωδικό XXX.

Πρόσφατα, το MPC παρέχει επίσης τη δυνατότητα προς δημοσίευση σε έκτακτου χαρακτήρα παρατηρήσεις, οι οποίες διεξάγονται όχι από κάποιο μόνιμο αστεροσκοπείο με τριψήφιο κωδικό, αλλά από μια προσωρινή θέση, από μετακινούμενους παρατηρητές (mobile station). Οι παρατηρήσεις αυτές καλούνται "Roving Observer" παρατηρήσεις και υποβάλλονται με τον ειδικό κωδικό 247. Καθώς δεν αντιστοιχούν σε κάποια γνωστή μόνιμη θέση, κάθε τέτοια παρατήρηση αποτελείται από όχι μία, αλλά δύο γραμμές των 80 χαρακτήρων. Στη δεύτερη γραμμή δίδονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) και το υψόμετρο της θέσης παρατήρησης. Για πληροφορίες σχετικά με τον κωδικό 247 και οδηγίες για τη σύνταξη φόρμας παρατήρησης μπορεί να ανατρέξει κανείς στην ιστοσελίδα: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/RovingObs.html>.

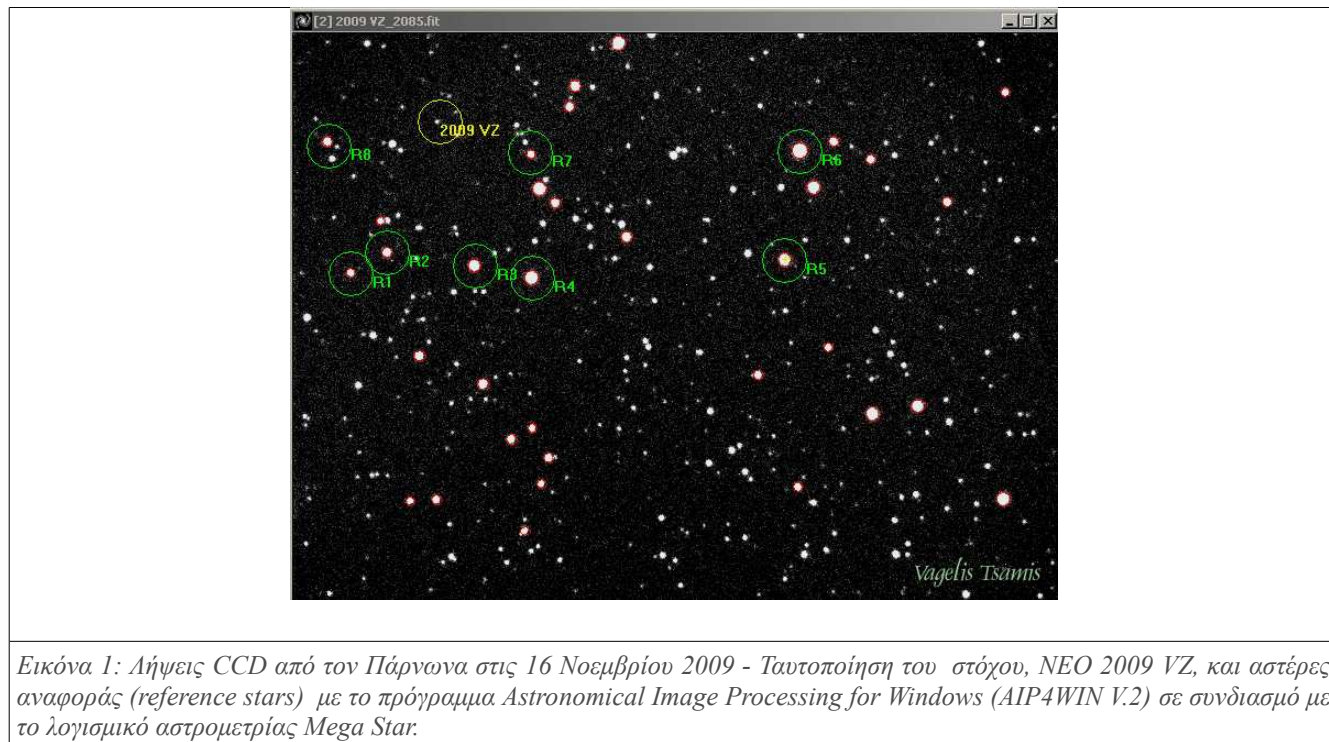
Παραδείγματα υποβολής παρατηρήσεων με τον κωδικό 247 "Roving Observer" μπορεί να δει κανείς στην ιστοσελίδα:

http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_by_date?start_date=2010-05-09&end_date=2011-07-15&observatory_code=247&commit=Show

Ως προς το ουσιαστικό μέρος των παρατηρήσεων, για κάθε στόχο χρειάζονται δύο συνεχόμενες βραδιές παρατήρησης, με τρεις παρατηρήσεις ανά βραδιά, οι οποίες να απέχουν χρονικά μεταξύ τους περίπου μία ώρα. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί ένα κεπλεριανό μοντέλο της ουράνιας τροχιάς του στόχου (orbit solution). Περισσότερες ή πιο συχνές παρατηρήσεις συνήθως δεν προσφέρουν κάτι παραπάνω, εκτός εάν πρόκειται για νεοανακαλυφθέντα αντικείμενα ή εάν έχει εκδοθεί ανάλογο αίτημα – οδηγία προς τους παρατηρητές. Για όλα τα παραπάνω θέματα, καθώς και ο,τιδήποτε έχει να κάνει με τη μέθοδο διεξαγωγής αστρομετρικών παρατηρήσεων, το Minor Planet Center έχει δημιουργήσει την ιστοσελίδα-οδηγό: [Guide to Minor Body Astrometry](#), η οποία απευθύνεται σε υποψήφιους παρατηρητές αστεροειδών και κομητών με χρήση CCD.

ΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Παρατήρηση του αστεροειδούς 2009 VZ (NEO, Apollo)



Στις 14 Νοεμβρίου 2009 καταγράψαμε τον πρώτο μας αστεροειδή Near-Earth από το ορειβατικό καταφύγιο του ΕΟΣ Σπάρτης στον Πάρνωνα, σε υψόμετρο 1.420 μέτρων, κατά τη διάρκεια προγραμματισμένης εξόρμησης για παρατήρηση της Αστρονομικής Ένωσης Σπάρτης. Η καταγραφή του 2009 VZ (βλ. Εικ. 1), νεοανακαλυφθέντος NEO (Near Earth Object) τύπου Apollo, με το 10 ιντσών τηλεσκόπιό μας, ήταν μια ευχάριστη έκπληξη, καθώς ήταν η πρώτη μας καταγραφή σώματος τέτοιου τύπου. Πρόκειται για ένα σώμα μεγέθους 160 - 370 μέτρων το οποίο ταξίδευε ολοταχώς προς τη Γη, για την εγγύτερη διέλευσή του δύο 24ωρα αργότερα, στις 16 Νοεμβρίου, σε απόσταση μόλις 0.0384 AU ή 586.000 χλμ. Ο αστεροειδής αυτός έχει χαρακτηριστεί ως “Δυνητικά Επικίνδυνος” (PHA, Potentially Hazardous Asteroid). Η απόλυτη λαμπρότητά του (absolute magnitude), δηλαδή η φαινόμενη λαμπρότητα που θα είχε εάν βρισκόταν σε απόσταση μιας αστρονομικής μονάδας (1 AU) από τη Γη, είναι 21.2 mag. Τη στιγμή της καταγραφής μας απείχε από τη Γη απόσταση 0.04 AU (περίπου 6.000.000 km) και λαμπρότητα 15.62 mag. Το επόμενο πέρασμά του κοντά στη Γη αναμένεται στις 15 Δεκεμβρίου του 2014.

Η επιλογή της παρατήρησης είχε γίνει όταν ο 2009 VZ εισήχθη στη Λίστα Προτεραιότητας (Priority List) στην ιστοσελίδα του κόμβου “Space Guard“ <http://spaceguard.iasf-roma.inaf.it/servlet/PriorityListServlet>, με την ένδειξη “Necessary Observation”, λίγες μόνο ημέρες πριν την προγραμματισμένη εξόρμησή μας στον Πάρνωνα. Η ανακάλυψη αυτού του σώματος είχε γίνει μόλις 6 ημέρες πριν, στις 8 Νοεμβρίου 2009 από το αυτόματο σύστημα Lincoln Near-Earth Asteroid Research (MIT).

1.Α Μεθοδολογία παρατήρησης

Καταγράψαμε τον αστεροειδή από τις 04:00 ως και τις 06:00 τοπική ώρα (02:00 – 04:00 UT). Οι λήψεις ήταν διάρκειας 10 και 20 δευτερολέπτων, σε binning mode 1X1 και 2X2. Στο τηλεσκόπιό μας χρησιμοποιήσαμε μειωτή εστιακού λόγου (focal reducer) f/6.3 ώστε να μειώσουμε το χρόνο έκθεσης στο ελάχιστο δυνατό. Δε χρησιμοποιήσαμε φωτομετρικά φίλτρα.

Κάναμε επίσης λήψεις darks και sky-flats για τη μετέπειτα αστρομετρική και φωτομετρική επεξεργασία των λήψεων.

2.B Αποτελέσματα

Η αστρομετρική επεξεργασία έγινε με το πρόγραμμα AIP4WIN (πίνακας 2). Χρησιμοποιήθηκαν 8 αστέρες αναφοράς (reference stars) από τον κατάλογο GSC 1.1. Η αναφορά στάλθηκε με τον κωδικό XXX (πίνακας 3). Οι τιμές των residuals σε RA και DEC ήταν υψηλότερες από τις αναμενόμενες, κάτι που διορθώθηκε στις επόμενες παρατηρήσεις NEAs που ακολούθησαν. Πιθανότατα η απόκλιση αυτή οφείλεται στη χρήση του μειωτή εστιακού λόγου, σε συνδιασμό με το διαθέσιμο διαμέτρημα των 25 εκ., καθώς η μικρότερη εστιακή απόσταση (1.538,476 mm) επέτρεψε μεν την πιστότερη φωτομετρική καταγραφή του στόχου, παράλληλα όμως επηρέασε και την ακρίβεια των αστρομετρικών παρατηρήσεων.

TARGET OBJECT(S)

Target name X Y Mpho | RAS DEC Mag

or number pixels pixels | hh mm ss.sss +dd mm ss.ss

2009 VZ 133.711 078.718 15.76 | 06 48 16.255 +24 32 00.29 15.62

ASTROMETRIC SOLUTION

Top left pixel: (0, 0)

Plate center X: 348.00 [pixels]

Plate center Y: 260.00 [pixels]

PA of +Y axis: 7.44 [degrees]

Plate center RA: 06 47 46.620

Plate center DEC: +24 27 35.32

Focal length: 1538.476

Residual in RA: 001.134 [arcsec rms]

Residual in DEC: 002.824 [arcsec rms]

Πίνακας 2: Η αστρομετρική ανάλυση με το πρόγραμμα AIP4WIN.

COD XXX

COM Long. 22 35 05.7 E, Lat. 37 15 39.3 N, Alt. 1420m

CON Vagelis Tsamis, Mobile phone +306973047420 [vtsamis@aegean.gr]

OBS Mr Vagelis Tsamis (Sparta Astronomical Association)

MEA Vagelis Tsamis

TEL Meade LX-50 10" SCT f/6.3 + CCD

ACK MPCReport from Mt.Parnon AES Observing Site

AC2 vtsamis@aegean.gr

NET GSC-1.1

K09V00Z C2009 11 14.16529 06 48 16.25 +24 32 00.29 15.6 XXX

----- end -----

Πίνακας 3. Η αναφορά των αποτελεσμάτων μέτρησης και ανάλυσης του 2009 VZ που στάλθηκε στο Minor Planet Center.

2. Παρατήρηση του αστεροειδούς 2010 RF12 (NEO, Apollo)

Ο αστεροειδής 2010 RF12, τύπου Apollo, ανακαλύφθηκε από το αστεροσκοπείο του Mt. Lemmon στις 5 Σεπτεμβρίου 2010. Έχει απόλυτο μέγεθος 28,1 και υπολογίζεται από 5 έως 15 μέτρα σε διάμετρο. Η παρατήρηση έγινε μόλις δύο 24ωρα μετά την ανακάλυψή του, στις 7 Σεπτεμβρίου 2010, όταν βρισκόταν στον αστερισμό του Πηγάσσου, σε απόσταση 0,0030 AU, δηλαδή περίπου ίση με της Σελήνης (βλ. πίνακα 4). Αφορμή για την παρατήρησή μας υπήρξε μια δημοσίευση στο Astrovox. Την επόμενη βραδιά, 8η προς 9η Σεπτεμβρίου, προσέγγισε τη Γη σε απόσταση μόλις 79.000 χλμ, 0,0006 AU ή 0,2 φορές η απόσταση Γης – Σελήνης. Το μέγεθος του υπολογίζεται σε 13,8 Vmag στο μέγιστό του. Η μέγιστη ταχύτητά του (closest approach) υπολογίστηκε σε 13 arcsec το δευτερόλεπτο. Οι επόμενες δύο κοντινές διελεύσεις του από τη Γη αναμένονται στις 26/02/2012 και 23/09/2022.

2010 RF12 Astrometric Observation Prediction

For 2010/09/07 22:00:00 (UTC); 55446.91667(MJD)

Observatory code = XXX

RA = 22:51:41.221 (HH:MM:SS); 342.92176 (deg)
DEC = +04 13 51.73 (deg min sec); 4.23104 (deg)
RA*cos(DEC)/DEC Apparent motion = -15.729 -29.296 (arcsec/min)
Sun distance = 1.0106 (AU)
Earth distance = 0.003 (AU)
Apparent magnitude = 16.45
Altitude = 56.24 (deg) Airmass = 1.202

*Πίνακας 4: Παρατηρησιακά στοιχεία για τον 2010RF12 κατά την ώρα παρατήρησης.
Πηγή: NEODyS, <http://newton.dm.unipi.it/neodys/>*

2.A. Μεθοδολογία παρατήρησης

Για τον προσδιορισμό της θέσης του αστεροειδή χρησιμοποιήσαμε τις εφημερίδες του MPC (Minor Planet Center Ephemeris Service: <http://www.cfa.harvard.edu/iau/MPEph/MPEph.html>).

Σε τέτοια μικρή απόσταση από τη Γη η παράλλαξή του ήταν έντονη, γι' αυτό είχε σημασία να δηλωθούν με μεγάλη ακρίβεια οι γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης παρατήρησης αλλά και ο χρόνος καταγραφής με ακρίβεια τάξης δευτερολέπτου. Η παρατήρηση έγινε από το αστεροσκοπείο των Εκπαιδευτηρίων Ελληνογερμανική Αγωγή στην Παλλήνη Αττικής. Ελήφθησαν συνεχόμενα fits από ώρα 22:00 UT ως ώρα 00:00 UT, με χρόνους έκθεσης 30 ως 60 δευτερόλεπτα, σε binning mode 2X2.

2.B. Αποτελέσματα

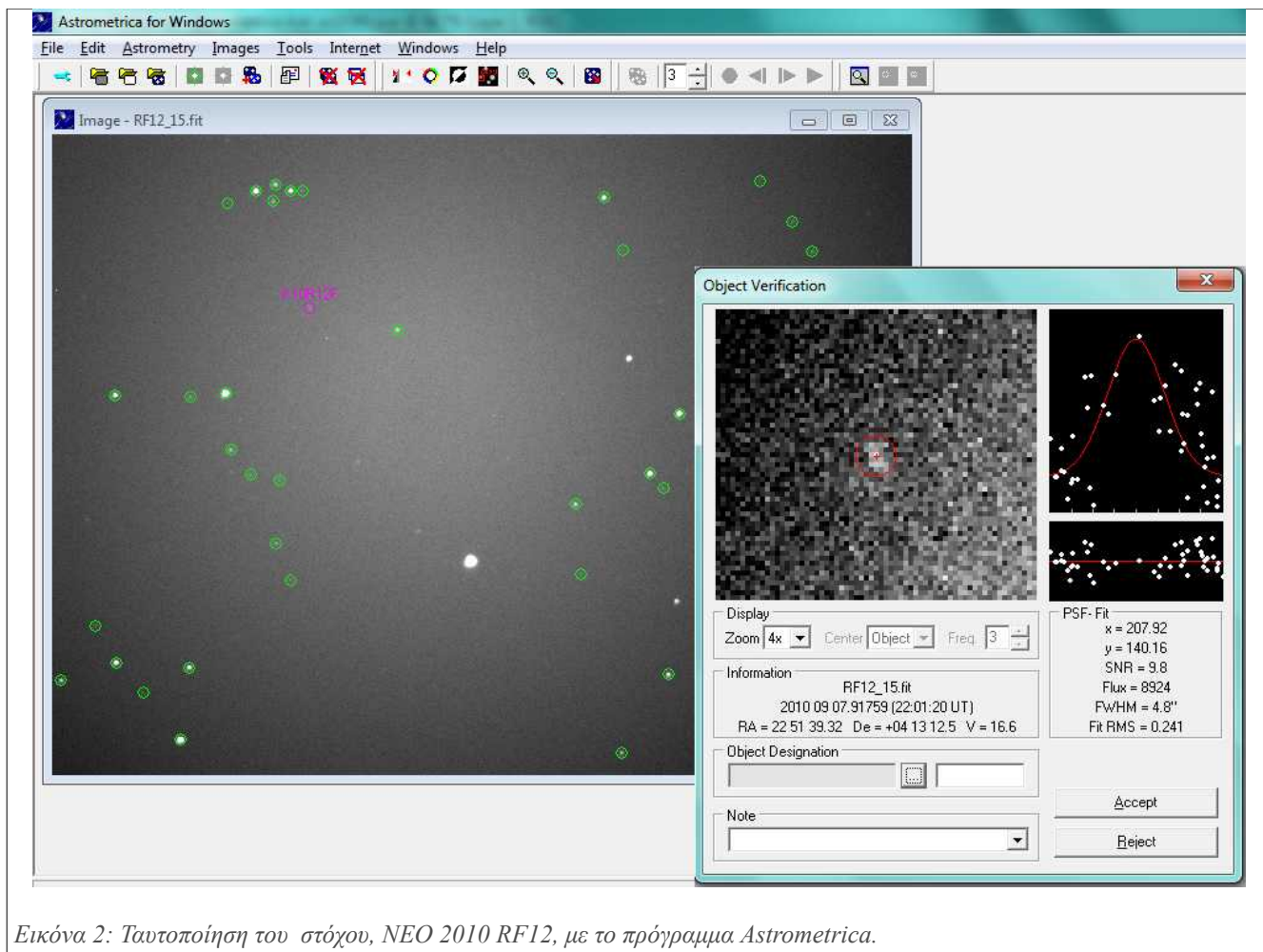
Η αστρομετρική ανάλυση έγινε τόσο με το πρόγραμμα AIP4WIN όσο και με το πρόγραμμα Astrometrica (βλ. εικόνα 2). Χρησιμοποιήθηκαν 40 αστέρες αναφοράς, καθώς ο αστεροειδής διερχόταν από σχετικά πυκνό αστρικό πεδίο. Η ανάλυση με το AIP4WIN (πίνακας 5) έδειξε ότι η καταγραφή είχε γίνει ικανοποιητικά, έτσι ώστε αυτή τη φορά οι αποκλίσεις (residuals) σε RA και DEC ήταν μικρές, τέτοιες που επέτρεπαν την έγκυρη και αξιόπιστη αστρομετρική ανάλυση των δεδομένων. Η αναφορά παρατήρησης συντάχθηκε και στάλθηκε μέσω του λογισμικού Astrometrica (πίνακας 6).

```
TARGET OBJECT(S)
Target name X Y Mpho | RAS DEC Mag
or number pixels pixels | hh mm ss.sss +dd mm ss.ss
2010 RF12 330.758 186.469 15.25 | 22 51 10.341 +03 59 43.97 19.70
ASTROMETRIC SOLUTION
Plate center RA: 22 51 09.863
Plate center DEC: +04 01 40.30
Focal length: 1710.526
Residual in RA: 000.856 [arcsec rms]
Residual in DEC: 000.563 [arcsec rms]
```

Πίνακας 5: Η αστρομετρική ανάλυση με το πρόγραμμα AIP4WIN.

```
COD XXX
COM Long. 23 53 36.2 E, Lat. 37 59 51.7 N, Alt. 165M
CON Vagelis Tsamis, Mobile phone +306973047420 [vtsamis@aegean.gr]
OBS Mr Vagelis Tsamis (Ellinogermaniki Agogi Observatory)
MEA Vagelis Tsamis
TEL Meade LX-200R 16" SCT f/6.3 + CCD
ACK MPCReport file updated 2010.09.19 12:02:52
AC2 vtsamis@aegean.gr
NET UCAC-3
K10R12F tC2010 09 07.91514 22 51 43.02 +04 14 54.3 16.4 V XXX
K10R12F tC2010 09 07.91759 22 51 39.32 +04 13 12.5 16.6 V XXX
----- end -----
```

Πίνακας 6: Η αναφορά παρατήρησης που στάλθηκε στο MPC, μέσω του προγράμματος Astrometrica.



Εικόνα 2: Ταυτοποίηση του στόχου, NEO 2010 RF12, με το πρόγραμμα Astrometrica.

3. Παρατήρηση του αστεροειδούς 2003 UV11 (NEO, Apollo, PHA)

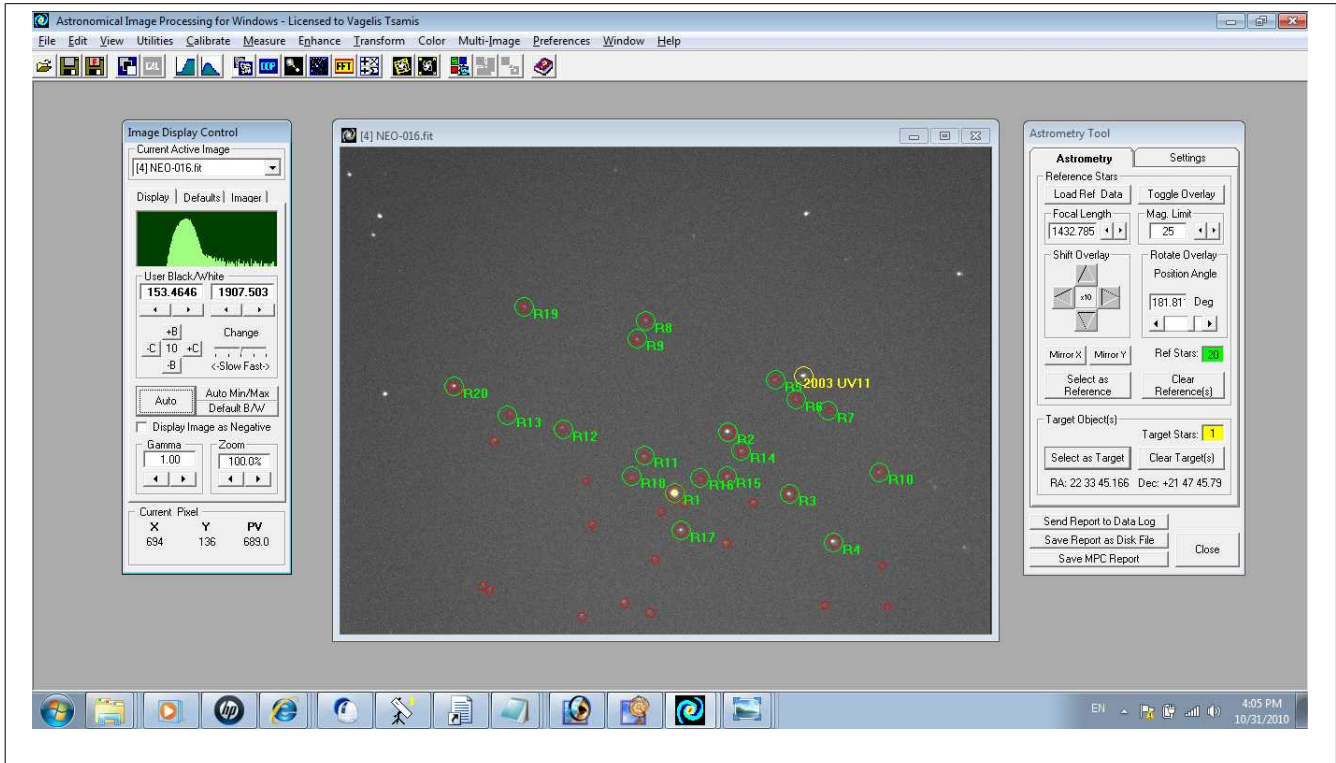
Στις 29 Οκτωβρίου 2010 παρατηρήσαμε τον μεγέθους περίπου 600 μέτρων αστεροειδή 2003 UV11 (τύπου Apollo) από το Αστεροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής στην Παλλήνη Αττικής. Τη στιγμή της παρατήρησης απείχε από τη Γη 0,0139 AU ή 2.085.000 χλμ και είχε φαινόμενο μέγεθος λαμπρότητας 12.1 mag. Έχει επίσης χαρακτηριστεί ως “Δυνητικά Επικίνδυνος” (PHA, Potentially Hazardous Asteroid). Η διέλευσή του από τη γειτονιά της Γης ήταν ταχύτατη. Με φαινόμενη ταχύτητα κατά Ορθή Αναφορά -142.368 (arcsec/min) και κατά Απόκλιση -15.938 (arcsec/min) είχε χαρακτηριστεί ως ο Speedy Gonzales των αστεροειδών. Η επόμενη διέλευσή του αναμένεται στις 31 Οκτωβρίου του 2017.

3.A Μεθοδολογία παρατήρησης

Καταγράψαμε τον αστεροειδή από τις 22:00 ως και τις 00:00 τοπική ώρα (19:00 – 21:00 UT).

Οι λήψεις ήταν διάρκειας 3, 4 και 5 και 10 δευτερολέπτων, σε binning mode 2X2 και 3X3. Για την αστρομετρία χρησιμοποιήσαμε τις λήψεις των τριών δευτερολέπτων, καθώς εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας του στόχου σε λήψεις μεγαλύτερες των τεσσάρων δευτερολέπτων ο στόχος αποτυπωνόταν με εμφανή τάση για trailing. Στο τηλεσκόπιό μας χρησιμοποιήσαμε μειωτή εστιακού λόγου (focal reducer) f/6.3 ώστε να μειώσουμε το χρόνο έκθεσης στο ελάχιστο δυνατό. Δε χρησιμοποιήσαμε φωτομετρικά φίλτρα. Κάναμε επίσης λήψεις darks και dome-flats για τη μετέπειτα αστρομετρική και φωτομετρική επεξεργασία των λήψεων. Για την καλύτερη δυνατή ακρίβεια αποτύπωσης του πραγματικού χρόνου UT στα fits header των λήψεων συγχρονίσαμε το ρολόι του υπολογιστή με ραδιορολόι DCF-77 λίγο πριν την έναρξη της παρατήρησης.

3.B Αποτελέσματα



Εικόνα 3: Λήψεις CCD από το αστεροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής στην Παλλήνη Αττικής - Ταυτοποίηση του στόχου 2003 UV11 και αστέρες αναφοράς (reference stars) με το πρόγραμμα Astronomical Image Processing for Windows (AIP4WIN V.2) σε συνδιασμό με το λογισμικό αστρομετρίας Mega Star.

Στην εικόνα 3 απεικονίζεται ένα screen-shot από πρόγραμμα AIP4WIN, κατά τη διάρκεια της αστρομετρικής επεξεργασίας των δεδομένων παρατήρησης του 2003 UV11.

Στον πίνακα 7 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αστρομετρικής ανάλυσης των λήψεων του αστεροειδούς με το AIP4WIN και η αναφορά παρατήρησης προς το MPC..

```

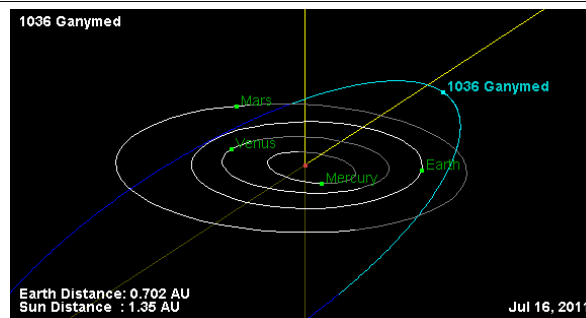
COD XXX
COM Long. 23 53 36.2 E, Lat. 37 59 51.7 N, Alt. 165M
CON Vagelis Tsamis
OBS Mr Vagelis Tsamis (Ellinogermaniki Agogi Observatory)
MEA Vagelis Tsamis
TEL Meade LX-200R 16" SCT f/6.3 + CCD
ACK MPCReport file K03U11V
AC2 vtsamis@aegean.gr
NET UCAC-3
  K03U11V   C2010 10 29.79903 22 41 12.719+22 02 41.73   11.2 V   XXX
  K03U11V   C2010 10 29.83160 22 33 18.926+21 51 17.22   11.4 V   XXX
  K03U11V   C2010 10 29.83303 22 32 57.746+21 50 43.10   11.4 V   XXX
  K03U11V   C2010 10 29.83448 22 32 36.540+21 50 12.10   11.4 V   XXX
----- end -----

```

Πίνακας 7: Η αναφορά των αποτελεσμάτων μέτρησης και ανάλυσης του 2003 UV11 με το πρόγραμμα AIP4WIN, που στάλθηκε στο Minor Planet Center.

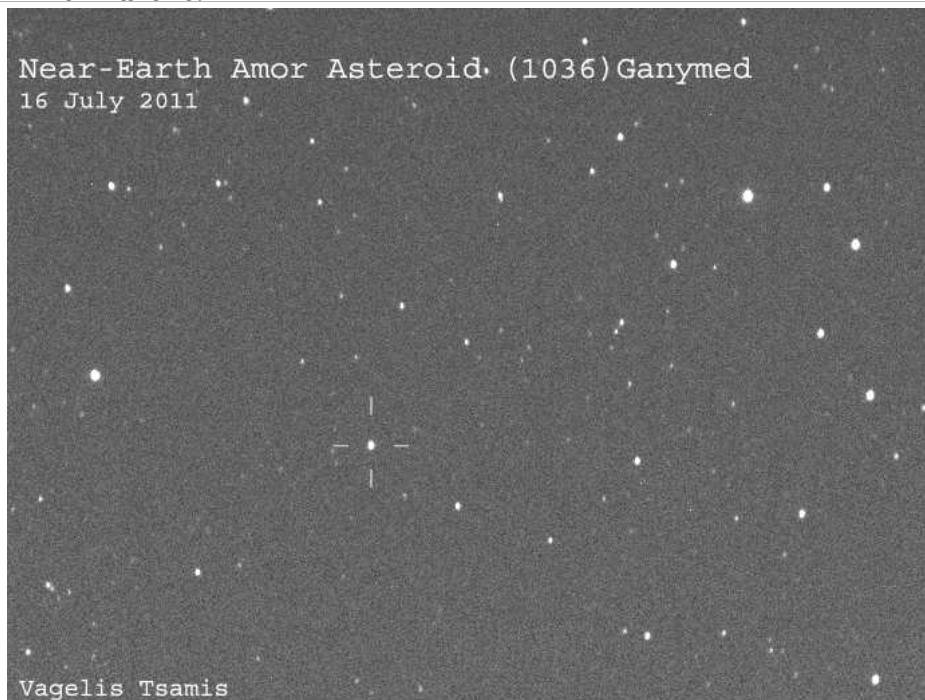
4. Παρατήρηση του αστεροειδούς 1036-Ganymed (NEO, Amor)

Ο αστεροειδής (1036) Γανυμήδης επιλέχθηκε ως αστρομετρικός στόχος λόγω της παρατηρησιακής εκστρατείας (call for observations) της IOTA-ES (http://www.iota-es.de/ganymed_2011.html) για παρατηρήσεις 39 αποκρύψεων αστερών από τον αστεροειδή μεταξύ Απριλίου – Νοεμβρίου 2011, καθώς και για παράλληλες αστρομετρικές και φωτομετρικές παρατηρήσεις. Οι ακριβείς αστρομετρικές παρατηρήσεις ενός αστεροειδούς μπορούν να βοηθήσουν να προσδιοριστεί καλύτερα η θέση του και επομένως να γίνουν πιο ακριβείς οι προβλέψεις των μονοπατιών σκιάς μελλοντικών αποκρύψεων. Επιπλέον, αναμένονται παρατηρήσεις από επίγεια ραντάρ περί τα τέλη του 2011, ώστε σε συνδιασμό με τις παραπάνω παρατηρήσεις να παραχθεί ένα βελτιωμένο μοντέλο του τρισδιάστατου σχήματος και της τροχιάς του (orbit solution). Πρόκειται για τον μεγαλύτερο γνωστό Near-Earth αστεροειδή, με διάμετρο 38.5 χιλιόμετρα. Στο δεύτερο μισό του έτους 2011 διέρχεται κοντά από τη Γη και είναι σε θέση τροχιάς τέτοια, που τον φέρνει ψηλά και μακριά από την εκλειπτική (βλ. Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Η θέση του (1036) Ganymed στην ηλιοκεντρική τροχιά του, κατά τη βραδιά της παρατήρησης, 16 Ιουλίου 2011.
Πηγή: <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=1036&orb=1>

4.A Μεθοδολογία παρατήρησης



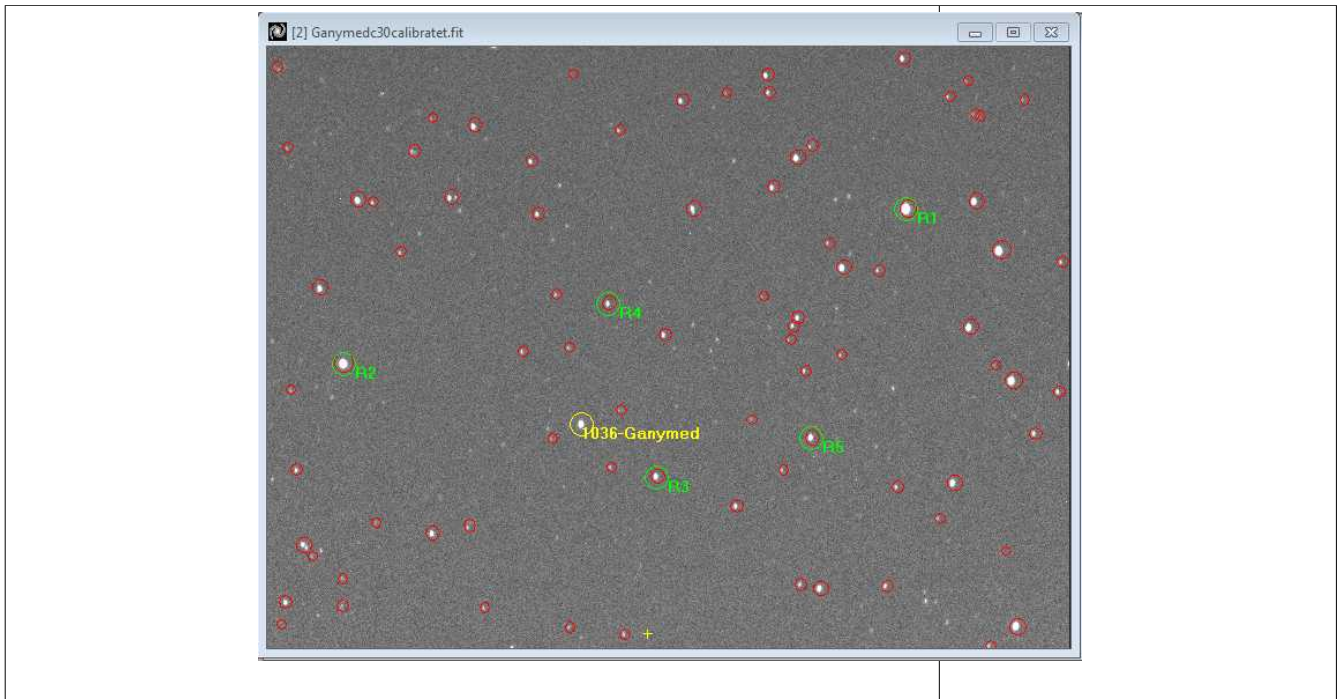
Εικόνα 5: Μια επεξεργασμένη (calibrated) λήψη από τις παρατηρήσεις, με dark frames, flat field frames και bias frames. Η

θέση του αστεροειδούς (1036) Ganymed σημειώνεται με σταυρό.

Παρατηρήσαμε τον (1036) Ganymed στις 15/16 Ιουλίου από την κατοικία μας στο Χαλάνδρι Αττικής, με 5ιντσο τηλεσκόπιο ETX-125 Maksutov-Cassegrain εστιακού λόγου f/15 και την ψηφιακή κάμερα CCD ATIK 16-HR. Ο αστεροειδής ήταν εύκολα ορατός στον αστερισμό του Κύκνου, κοντά στα σύνορα με τον Κηφέα. Κάναμε ψηφιακές λήψεις από UT 19:58 ως UT 20:29. Ο χρόνος έκθεσης ήταν 5 sec, σε binning mode 2X2. Αμέσως μετά κάναμε λήψεις dark frames και αργότερα, λήψεις sky flats από UT 02:37 ως UT 02:52 (εικόνα 5).

4.B Αποτελέσματα

Η αστρομετρική ανάλυση έγινε με το πρόγραμμα AIP4WIN και με αστρομετρικό κατάλογο αναφοράς τον GSC 1.1 του λογισμικού Megastar (βλ. εικόνα 6). Χρησιμοποιήθηκαν 5 αστέρες αναφοράς (reference stars). Τα αποτελέσματα της αστρομετρικής ανάλυσης των δεδομένων παρατήρησης ήταν καλής ποιότητας και ακριβή, με πολύ χαμηλές τιμές residuals: Residual in RA: 000.189 [arcsec rms] και Residual in DEC: 000.105 [arcsec rms] (βλ. πίνακα 9). Η αναφορά προς το MPC στάλθηκε με διαφορετικό από τις άλλες παρατηρήσεις μας φορμά, με τον κωδικό 247, (roving observer code) που υποδηλώνει μη μόνιμη θέση παρατήρησης (βλ. πίνακα 10).



Εικόνα 6: Λήψεις CCD του αστεροειδούς (1036) Ganymed - Ταυτοποίηση του στόχου και αστέρες αναφοράς (reference stars) με το πρόγραμμα Astronomical Image Processing for Windows (AIP4WIN V.2) σε συνδιασμό με το λογισμικό αστρομετρίας Mega Star. Δίπλα, απεικόνιση του παραθύρου "Astrometry Tool" του AIP4WIN, με το οποίο γίνεται η ταυτοποίηση των αστέρων του πεδίου με τις αστέρες του καταλόγου αναφοράς.

REFERENCE STARS

MegaStar

Coordinates direct from the catalog.

Coordinate epoch: 2000.0

Ref #	RAS hh mm ss.sss	DEC +dd mm ss.ss	Mcat	X pixels	Y pixels	Mpho	RArms arcsec	DErms arcsec
R1	21 40 33.629	+51 44 39.10	10.20	552.900	139.339	10.81	-0.080	-0.056
R2	21 39 16.257	+51 48 28.85	09.20	065.101	273.426	11.06	-0.122	-0.023
R3	21 40 00.525	+51 50 37.53	11.90	336.289	371.198	13.72	+0.039	-0.077
R4	21 39 52.770	+51 46 58.21	12.10	294.409	221.739	14.25	+0.215	+0.086
R5	21 40 21.815	+51 49 38.89	11.30	470.303	337.391	13.22	-0.052	+0.070

TARGET OBJECT(S)

Target name X Y Mpho | RAS DEC Mag
or number pixels pixels | hh mm ss.sss +dd mm ss.ss
1036-Ganymed 271.404 325.817 12.38 | 21 39 49.775 +51 49 34.22 10.75

ASTROMETRIC SOLUTION

Top left pixel: (0, 0)
Plate center X: 348.00 [pixels]
Plate center Y: 260.00 [pixels]
PA of +Y axis: 182.52 [degrees]
Plate center RA: 21 40 01.536
Plate center DEC: +51 47 50.92
Focal length: 1788.917

Residual in RA: 000.189 [arcsec rms]
Residual in DEC: 000.105 [arcsec rms]

Πίνακας 9: Τα αποτελέσματα της αστρομετρικής ανάλυσης της παρατήρησης του (1036) Ganymed με το πρόγραμμα AIP4WIN και με αστρομετρικό κατάλογο αναφοράς τον GSC 1.1 από το λογισμικό Megastar.

COD 247

COM No filter used

CON Halandri, near Athens

OBS Vagelis Tsamis

MEA Vagelis Tsamis

TEL 0.12-m f/15 MCT + CCD

ACK Roving Ganymed at Halandri

AC2 vtsamis@aegean.gr

NET GSC-1.1

01036	V2011 07 15.85248	21 39 49.775	+51 49 34.23	10.75	247
01036	V2011 07 15.85248	1 023.7880	+38.0101	190	247

----- end -----

Πίνακας 10: Η αναφορά της αστρομετρικής παρατήρησης του (1036) Ganymed με τον κωδικό 247 (roving observer).

5. Παρατήρηση του Near-Earth αστεροειδούς 2011 MD (NEO, Apollo)



Εικόνα 7: Ο αστεροειδής 2011 MD διακρίνεται μέσα σε κύκλο. Σύνθεση τριών λήψεων, κεντραρισμένων (aligned) πάνω

στον 2011 MD (κινούμενος στόχος). Όλες οι άλλες φωτεινές πηγές (αστέρες πεδίου) αποτυπώνονται στη σύνθεση ως τριπλά φωτεινά σημεία.

Ο 2011 MD, διαμέτρου περίπου 7 μέτρων, παρατηρήθηκε από το αστροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής το βράδυ της 26ης Ιουνίου 2011 (βλ. εικόνα 7), σε απόσταση από τη Γη μόλις 0,0014 AU ή 200.000 χλμ.. Την επομένη, στις 27 Ιουνίου, έφθασε σε απόσταση 0,000125 (!) AU ή 18.750 (!) χλμ από το κέντρο της Γης, δηλαδή περίπου 3 γήινες ακτίνες, ή δύο γήινες ακτίνες από την επιφάνεια της Γης. Από τα στοιχεία που συλλέγει το Minor Planet Center (MPC) από το έτος 1989 και μετά, ο 2011 MD βρίσκεται στην 5η θέση της λίστας με τους αστεροειδείς που προσέγγισαν ή θα προσεγγίσουν πλησιέστερα τη Γη.

(Πηγή: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/Closest.html>).

Η πλησιέστερη τέτοιας τάξεως προσέγγιση που αναμένεται αυτή τη στιγμή για οποιοδήποτε άλλο αστεροειδή μέχρι και το έτος 2178, με τα υπάρχοντα στοιχεία, θα είναι από τον (99942) Apophis στις 13 Απριλίου του 2029, η υπολογισθείσα τροχιά του οποίου αναμένεται να τον φέρει σε απόσταση 0,0002379 AU ή 35.685 χλμ από το κέντρο της Γης, απόσταση διπλάσια από αυτήν του 2011 MD.

(Πηγή: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/PHACloseApp.html>)

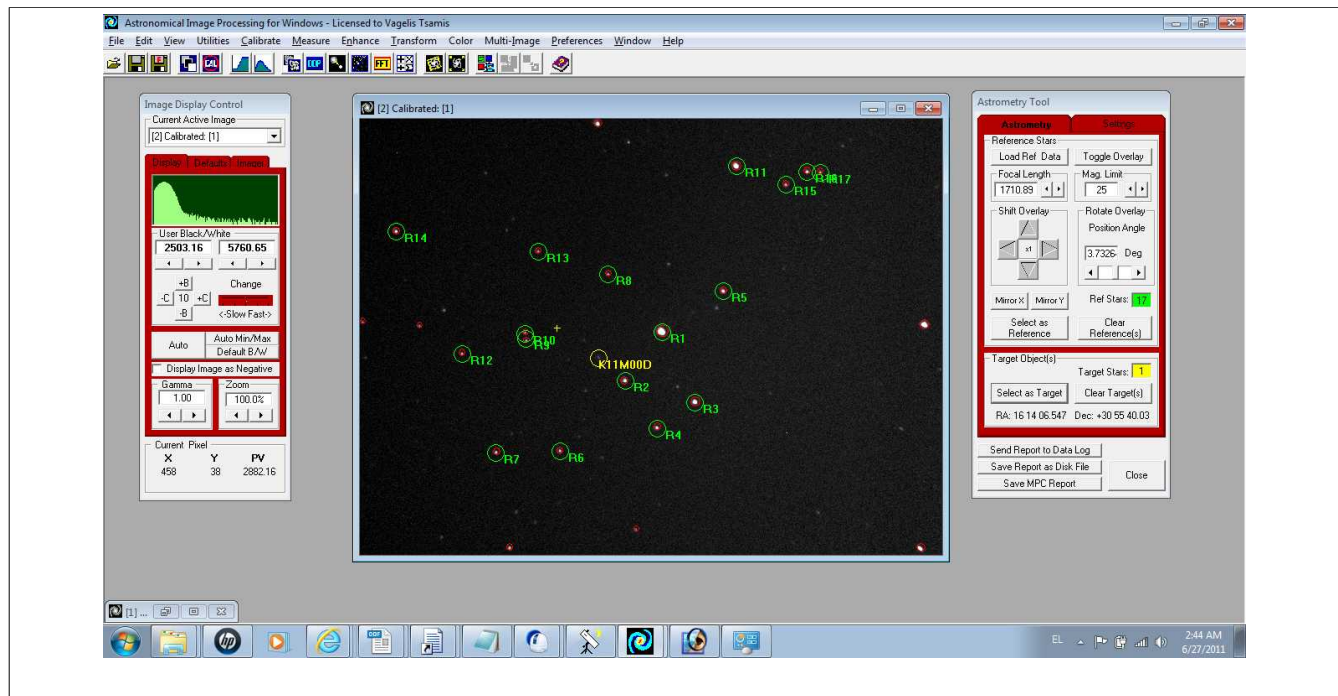
5.A. Μεθοδολογία παρατήρησης

Παρατηρήσαμε τον αστεροειδή από τις 20:32 UT ως τις 22:06 UT, με συνεχείς λήψεις διάρκειας 10 sec, με focal reducer / corrector f/6.3, σε binning mode 2X2. Στις λήψεις δε χρησιμοποιήθηκε κάποιο φωτομετρικό φίλτρο. Όπως αποδείχτηκε στην πράξη, η εύρεσή του έγινε χάρη στην καλή προετοιμασία με τη μελέτη χαρτών με τις θέσεις του αστεροειδή ανά 15 λεπτά, οι οποίες θέσεις υπολογίστηκαν με τη χρήση των αστρονομικών εφημερίδων του [MPC Ephemeris Service](#). Οι χάρτες δημιουργήθηκαν μέσω της ιστοσελίδας [VSP της AAVSO](#).

Καθώς ήταν κρίσιμης σημασίας η ακριβής αναφορά του χρόνου UT σε κάθε μία λήψη (fits header), λίγο πριν την παρατήρηση συγχρονίσαμε το ρολόι του υπολογιστή μας με το ραδιορολόι [RMB-899](#) της Oregon Scientific, το οποίο λαμβάνει σήμα στα βραχεία ραδιοκύματα από τον [πομπό DCF-77](#) της Φρανκφούρτης.

5.B. Αποτελέσματα

Η πρώτη αναφορά αστρομετρικής παρατήρησης αστεροειδούς που στάλθηκε στο Minor Planet Center από το Αστροσκοπείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής με τον κωδικό αστροσκοπείου C68, αφορούσε τον 2011 MD (πίνακας 11). Η αναγωγή των δεδομένων (data reduction) έγινε με το πρόγραμμα AIP4WIN (εικόνα 8).



Εικόνα 8: Λήψεις CCD από το αστροσκοπείο C68 – Ελληνογερμανική Αγωγή στις 26 Ιουνίου 2011 - Ταυτοποίηση του στόχου, NEO 2011 MD και αστέρες αναφοράς (reference stars) με το πρόγραμμα Astronomical Image Processing for

```
COD C68
COM No filter used
CON Ellinogermaniki Agogi Observatory
OBS Vagelis Tsamis
MEA Vagelis Tsamis
TEL 0.40-m f/6.3 SCT + CCD
ACK 2011MD - MPCReport file updated 2011.06.27 06:35:00
AC2 vtsamis@aegean.gr
NET GSC-1.1
  K11M00D C2011 06 26.86880 16 13 33.723+30 41 13.70    16.6    C68
  K11M00D C2011 06 26.87056 16 13 25.744+30 40 01.59    16.2    C68
  K11M00D C2011 06 26.87145 16 13 21.541+30 39 24.11    15.7    C68
  K11M00D C2011 06 26.87532 16 13 03.713+30 36 37.51    15.6    C68
  K11M00D C2011 06 26.87656 16 12 57.909+30 35 43.69    15.9    C68
  K11M00D C2011 06 26.87867 16 12 48.256+30 34 13.13    15.8    C68
  K11M00D C2011 06 26.89606 16 11 27.107+30 20 57.73    15.4    C68
  K11M00D C2011 06 26.89782 16 11 18.807+30 19 34.32    15.4    C68
  K11M00D C2011 06 26.90207 16 10 58.691+30 16 10.79    15.7    C68
  K11M00D C2011 06 26.90436 16 10 47.917+30 14 19.09    15.5    C68
  K11M00D C2011 06 26.90613 16 10 39.665+30 12 52.59    15.4    C68
  K11M00D C2011 06 26.90789 16 10 31.169+30 11 24.04    15.6    C68
----- end -----
```

Πίνακας 11: Η αναφορά αστρομετρικής παρατήρησης του 2011 MD που στάλθηκε στο Minor Planet Center.

Ευχαριστίες

Όλες οι παρατηρήσεις μας έγιναν με την αρωγή και ουσιαστική συμβολή της Κυριακής Τηγάνη, μέλους της Αστρονομικής Ένωσης Σπάρτης. Γόνιμη και καρποφόρα επικοινωνία με τους φίλους Ιρλανδούς ερασιτέχνες αστρονόμους Dave McDonald και Dave Grennan μας βοήθησε να κατανοήσουμε διάφορα τεχνικά θέματα μεθοδολογίας και οργάνωσης των παρατηρήσεων. Πολύτιμη ήταν η βοήθεια του Δρ. Απόστολου Χρήστου (Armagh Observatory, UK) και του Dr Richard Miles (Asteroids and Remote Planets Section Director, BAA) όσον αφορά το επιστημονικό αλλά και το τεχνικό μέρος των παρατηρήσεων. Τέλος, ευχαριστούμε τον Gareth V. Williams (Associate Director, Minor Planet Center) για τις συμβουλές και τα εποικοδομητικά σχόλιά του σε τεχνικά θέματα υποβολής των παρατηρήσεων στο MPC.

Βιβλιογραφία – Πηγές:

- Berry, R. & Burnell, J. "The Handbook of Astronomical Image Processing", Willmann-Bell, 2nd edition, 2006.
Henden, A. & Kaitchuck, R. "Astronomical Photometry", Willmann-Bell, 1990.
Howell, S.B. "Handbook of CCD Astronomy", Cambridge University Press, 2nd edition, 2006.
Howell, S.B. "Two-dimensional aperture photometry: Signal-to-Noise ratio of point-source observation and optimal data-extraction techniques", Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 101, June 1989, p. 616-622.
Warner, B.D. "Lightcurve Photometry Analysis", Springer, 2006.

Minor Planet Center: <http://www.minorplanetcenter.net/>

MPC Guide to Minor Body Astrometry: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/Astrometry.html>

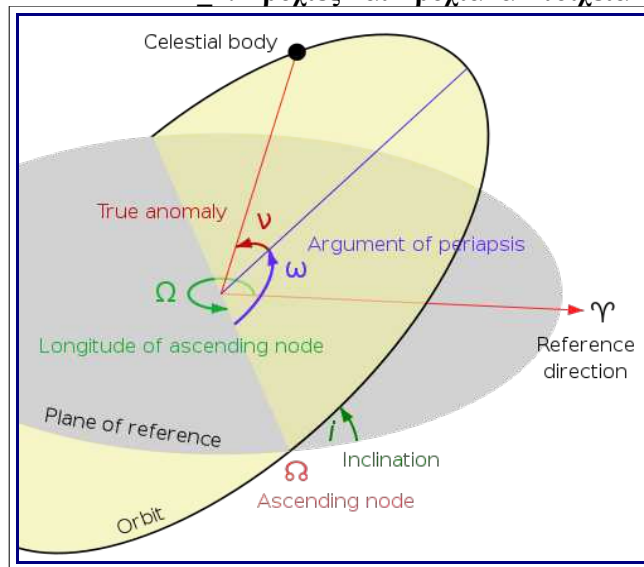
Minor Planet & Comet Ephemeris Service: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>

Minor Planet Circular MPC 75355, July 15th, 2011:

http://www.minorplanetcenter.net/iau/ECS/MPCArchive/2011/MPC_20110715.pdf

IAU-MPC Observatory Codes: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/ObsCodesF.html>
NEO Page, MPC: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/NEO/TheNEOPage.html>
Space Guard System, Priority List: <http://spaceguard.iasf-roma.inaf.it/SSystem/lists/plist.html>
Near Earth Objects Dynamic Site, NEODyS-2 <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=0>
Near Earth Object Program, Jet Propulsion Laboratory, NASA <http://neo.jpl.nasa.gov/>
Earth's Busy Neighbourhood <http://www.hohmanntransfer.com/>
Torino Scale, http://neo.jpl.nasa.gov/torino_scale.html
Palermo Technical Impact Hazard Scale, <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>
AAVSO VSP: <http://www.aavso.org/vsp/>
VIZIER: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
DCF77 Longwave Time Signal: <http://en.wikipedia.org/wiki/DCF77>
Astrometrica: <http://www.astrometrica.at/>
Tangra: <http://www.hristopavlov.net/Tangra/Tangra.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Τροχιές και Τροχιακά Στοιχεία Αστεροειδών (Asteroid Orbital Elements)



Διάγραμμα : Τέσσερα από τα έξι τροχιακά στοιχεία μιας τροχιάς:

- Inclination = Κλίση (i),
- Argument of Periapsis = Ορισμα του Περιηλίου (ω),
- Longitude of Ascending Node = Μήκος του Ανερχόμενου Συνδέσμου (Ω),
- True Anomaly = Αληθινή Ανωμαλία (ν).

Άλλοι όροι:

- Plane of Reference = Επίπεδο Αναφοράς,
- Ascending Node = Ανερχόμενος Σύνδεσμος,
- Orbit = Τροχιά,
- Celestial body = Ουράνιο Σώμα.
- Reference Direction = Διεύθυνση Αναφοράς,

Πηγή:

<http://flaggedrevs.labs.wikimedia.org/wiki/File:Orbit1.svg>

Στην Ουράνια Μηχανική η τροχιά, η ταχύτητα και η ανά πάσα στιγμή θέση ενός αστεροειδή αλλά και οποιουδήποτε σώματος που περιφέρεται ως βαρυτικά δέσμιος δορυφόρος γύρω από ένα άλλο ουράνιο σώμα δίδονται και προσδιορίζονται με έξι παραμέτρους που καλούνται τροχιακά στοιχεία (orbital elements). Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν έξι βαθμοί ελευθερίας στο υπό διερεύνηση σύστημα: τρεις βαθμοί ελευθερίας ως προς τις καρτεσιανές συντεταγμένες θέσης και επιπλέον τρεις ως προς το άνωσμα ταχύτητας σε κάθε διεύθυνση. Το πρόβλημα των τροχιών αντιμετωπίζεται ως κλασικό “Πρόβλημα-2-Σωμάτων”. Οι τροχιές περιγράφονται από τους τρεις νόμους του Κέπλερ, οι οποίοι είναι απόρροια των Νευτώνιων νόμων για την κίνηση και την παγκόσμια έλξη. Οι έξι αυτοί παράμετροι ως εκ τούτου καλούνται και Κεπλεριανά στοιχεία, και είναι τα εξής:

- Εκκεντρότητα, e (Eccentricity): Υποδουκνεί το σχήμα της τροχιάς.
- Μεγάλος Ημιάξων, a (Semi-major axis): Υποδουκνεί το μέγεθος της τροχιάς.
- Κλίση ως προς την Εκλειπτική, i (Inclination): Η γωνία μεταξύ του επιπέδου της τροχιάς και του επιπέδου της εκλειπτικής, η οποία μετράται στο ύψος του ανερχόμενου (αναβιβάζοντος) συνδέσμου.
- Μήκος του Ανερχόμενου (Αναβιβάζοντος) Συνδέσμου, Ω (Longitude of the Ascending Node): Μετράται πάνω στο επίπεδο της Εκλειπτικής και είναι η γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση του Ισημερινού Σημείου γ του Κριού (διεύθυνση αναφοράς) με τον ανερχόμενο σύνδεσμο (το σημείο το οποίο το σώμα διασχίζει το επίπεδο της Εκλειπτικής με κατεύθυνση από τον Νότο προς τον Βορρά).
- Ορισμα του Περιηλίου, ω (Argument of Perihelion/Perigee/Periapsis): Συμβολίζεται διεθνώς με το πεζό ελληνικό γράμμα ω και είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο περιήλιο της τροχιάς και τον ανερχόμενο σύνδεσμο. Η κορυφή της γωνίας βρίσκεται στο κέντρο της τροχιάς. Η γωνία μετράται πάνω στο επίπεδο της τροχιάς του σώματος και κατά τη φορά της κινήσεως.
- Αληθής Ανωμαλία, ν (True Anomaly): Η πραγματική (και σχεδιάσιμη) γωνία που υποδουκνεί την ακριβή θέση του σώματος στην τροχιά μετά από το τελευταίο πέρασμά του από το περιήλιο.

Για πρακτικούς λόγους, ως έκτο τροχιακό στοιχείο, αντί της Αληθούς Ανωμαλίας χρησιμοποιείται κατά κανόνα:

- Μέση Ανωμαλία σε συνδιασμό με την Εποχή, M (Mean Anomaly at Epoch): Υποδουκνεί τη θέση επί της τροχιάς ενός σώματος σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, εάν αυτό εκκινείτο πάνω σε μια περιοδική Κεπλέρεια τροχιά ως ένα ιδεατό σώμα που περιφέρεται με σταθερή γραμμική ταχύτητα. Κυμαίνεται από 0 ως 2π . Η Εποχή (Epoch) είναι μια χρονική στιγμή, που συνήθως επιλέγεται να είναι κοντά στο χρόνο παρατήρησης, με βάση την οποία δίδονται τα έξι παραπάνω τροχιακά στοιχεία. Σε περιπτώσεις παρατήρησης ταχέως κινούμενων αστεροειδών NEO, όπως επίσης σε νεοανακαλυφθέντες ή υποψήφιους νέους αστεροειδείς, τα τροχιακά στοιχεία επιβάλλεται να δίδονται σε χρόνο (Εποχή) όσο το δυνατόν πρόσφατο ή εγγύτερα στο χρόνο παρατήρησης.

Βαγγέλης Τσάμης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ_2: Φωτογραφική αναφορά στις παρατηρήσεις



Το τηλεσκόπιο 40 cm και η CCD κάμερα



Η θυρίδα



Ο θόλος του τηλεσκοπίου της ΕΑ



Προετοιμασία για παρατήρηση



Άποψη του προαύλιου χώρου της ΕΑ