



UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE EXACTE
DOMENIUL FIZICĂ

CONTRIBUȚII ÎN CUNOAȘTEREA PROPRIETĂȚILOR FIZICE
ALE ASTEROIZILOR APROPIAȚI DE PĂMÂNT OBSERVAȚI
ÎN PROIECTUL EURONEAR

Rezumatul tezei de doctorat

Conducător științific
Prof. Univ. Dr. Constantinescu RADU

Doctorand
Marian Predatu

Craiova 2017

Mulțumiri

Pentru orice student la doctorat este cunoscut faptul că o astfel de lucrare nu se realizează în mod izolat, ci în cadrul unei instituții, unui grup de cercetare, între colegi, familie și prieteni. În consecință, aș dori să profit de această oportunitate pentru a le recunoaște contribuția și să le mulțumesc unora dintre cei care m-au ajutat în această călătorie.

Aș vrea să îi mulțumesc domnului profesor Radu Constantinescu pentru tot sprijinul acordat în această teză iar cuvântul „mulțumesc” reprezintă doar o mică parte din recunoștința pe care i-o datorez. De asemenea aș dori să mulțumesc întregului grup de profesori din cadrul Departamentului de Fizică al Universității din Craiova pentru suportul acordat de-a lungul acestei perioade, în special domnului profesor C. Bizdada ale cărui critici constante, zilnice, m-au făcut mereu să merg înainte.

Aș dori să le mulțumesc studenților Narcis - Adelin Strinu, Laura Stancu, Adrian Stanica și Roberta Ciugulea din cadrul Centrului AstroEd și domnilor Amadeo Aznar și Marcel Popescu din cadrul EURONEAR pentru sprijinul acordat în redactarea acestei teze și pentru sprijinul acordat.

De asemenea doresc să mulțumesc familiei mele și unei persoane speciale din viața mea pentru înțelegere și suport.

Cuprins (așa cum apare în teza de doctorat)

ABREVIERI.....	Error! Bookmark not defined.
1. INTRODUCERE	Error! Bookmark not defined.
1.1. Asteroizii din centura principală (MBAs)	Error! Bookmark not defined.
1.2. Asteroizi apropiați de Pământ (NEAs, PHAs, VIs, Aten, Amor, Apollo).....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Originea și evoluția asteroizilor NEAs.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Programe de descoperire și studiere a asteroizilor NEAs.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.1. În Statele Unite	Error! Bookmark not defined.
1.4.2. În Europa și restul lumii	Error! Bookmark not defined.
1.4.3. Proiectul EURONEAR și contribuțiile românești	Error! Bookmark not defined.
1.5. Servere și baze de date	Error! Bookmark not defined.
1.5.1. Efemeride și elemente orbitale: MPC, NEODyS, HORIZONS, IMCCError!	Bookmark not defined.
1.5.2. Elemente fizice: EARN, SMASS/MIT.....	Error! Bookmark not defined.
2. PARAMETRII FIZICI AI ASTEROIZILOR	Error! Bookmark not defined.
2.1. Magnitudine.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. Magnitudine aparentă	Error! Bookmark not defined.
2.1.2. Magnitudinea absolută	Error! Bookmark not defined.
2.1.3. Magnitudine medie la opoziție	Error! Bookmark not defined.
2.1.4. Magnitudine redusă	Error! Bookmark not defined.
2.2. Albedo	Error! Bookmark not defined.
2.3. Diametru.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Masa	Error! Bookmark not defined.
3. ROTAȚIA NEAs	Error! Bookmark not defined.
4. ASTEROIZI BINARI.....	Error! Bookmark not defined.
4.1. EXEMPLU CURBĂ DE LUMINĂ ASTEROID BINAR....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1. 1999 HF1	Error! Bookmark not defined.
5. ASTEROIZI CU MAI MULTE AXE DE ROTAȚIE (TUMBLERS).....	Error! Bookmark not defined.
5.1. Date observaționale și metode de analiză.....	Error! Bookmark not defined.

5.2.	Serii Fourier bidimensionale	Error! Bookmark not defined.
5.3.	Diferența perioadei sideral-sinodică și bisectoarea unghiului de fază.....	Error! Bookmark not defined.
5.4.	Coduri PAR	Error! Bookmark not defined.
5.5.	Modelarea fizică a rotației NPA	Error! Bookmark not defined.
5.6.	Asteroizi individuali – rotatori PA vs. NPA.....	Error! Bookmark not defined.
5.6.1.	(4179) Toutatis- cel mai cunoscut caz de asteroid cu mai multe axe de rotație. ...	Error! Bookmark not defined.
6.	EFACTELE YARKOVSKY, YORP	Error! Bookmark not defined.
7.	TAXONOMIA ASTEROIZILOR	Error! Bookmark not defined.
8.	OBSERVAȚII RADAR	Error! Bookmark not defined.
9.	OCULTAȚII.....	Error! Bookmark not defined.
9.1.	Ocultațiile Asteroizilor	Error! Bookmark not defined.
9.2.	Determinarea timpului.....	Error! Bookmark not defined.
9.3.	Ocultații ale sevelor de către asteroizi.....	Error! Bookmark not defined.
9.4.	Predicții curente și viitoare.....	Error! Bookmark not defined.
9.5.	Interes științific.....	Error! Bookmark not defined.
10.	TELESCOAPE OPTICE FOLOSITE ÎN OBSERVAȚII	x
10.1.	Telescopul MERCATOR	x
10.2.	Telescopul DANISH	x
10.3.	Telescopul INT.....	xi
10.4.	CTIO 0.9 m.....	xi
11.	PROGRAME FOLOSITE ÎN REDUCEREA ȘI ANALIZA FOTOMETRICĂ A IMAGINILOR	xiii
11.1.	IRAF.....	xiii
11.1.1.	Cadrul Dark	xiii
11.1.2.	Cadrul Bias.....	xiii
11.1.3.	Erorile multiplicative.....	xiv
	Erorile multiplicative.....	xiv
11.2.	MPO Canopus	xvi
11.2.1.	Reducerea fotometrică.....	Error! Bookmark not defined.

11.2.2.	Curbele de lumină	Error! Bookmark not defined.
11.2.3.	Stocarea Datelor	Error! Bookmark not defined.
11.3.	LiDAS	Error! Bookmark not defined.
12.	ASTEROIZII NEAS OBSERVAȚI DE EURONEAR	Error! Bookmark not defined.
12.1.	(433) Eros	Error! Bookmark not defined.
12.2.	(1866) Sisyphus	Error! Bookmark not defined.
12.3.	(1980) Tzcatlipoca	Error! Bookmark not defined.
12.4.	(4055) Magellan	Error! Bookmark not defined.
12.5.	(7350) 1993 VA	Error! Bookmark not defined.
12.6.	(10150) 1994 PN	Error! Bookmark not defined.
12.7.	(35396) 1997XF11	Error! Bookmark not defined.
12.8.	(68216) 2001CV6	Error! Bookmark not defined.
12.9.	(68346) 2001KZ66	Error! Bookmark not defined.
12.10.	(85989) 1999JD6	Error! Bookmark not defined.
12.11.	(137805) 1999YK5	Error! Bookmark not defined.
12.12.	(141354) 2002AJ29	Error! Bookmark not defined.
12.13.	(154244) 2002 KL6	Error! Bookmark not defined.
12.14.	(163899) 2003 SD220	Error! Bookmark not defined.
12.15.	(331471) 1984 QY1	Error! Bookmark not defined.
12.16.	(337866) 2001WL15	Error! Bookmark not defined.
12.17.	(385186) 1994 AW1	Error! Bookmark not defined.
12.18.	(112985) 2002RS28	Error! Bookmark not defined.
12.19.	(430544)2002GM2	Error! Bookmark not defined.
12.20.	(423747) 2006CX	xvii
12.21.	(410195) 2007 RT147	Error! Bookmark not defined.
12.22.	(322763) 2001 FA7	Error! Bookmark not defined.
12.23.	(285625) 2000 RD34	Error! Bookmark not defined.
12.24.	(12538) 1998 OH	Error! Bookmark not defined.
12.25.	2014QK434	Error! Bookmark not defined.
12.26.	(90416) 2003 YK118	xviii
12.27.	(275976) 2001 XV10	Error! Bookmark not defined.
12.28.	(86067) 1999 RM28	Error! Bookmark not defined.
12.29.	(408980) 2002RB126	Error! Bookmark not defined.

12.30.	(86326) 1999 WK13.....	Error! Bookmark not defined.
12.31.	(399307) 1991 RJ2	Error! Bookmark not defined.
12.32.	(159533) 2001 HH31.....	Error! Bookmark not defined.
12.33.	(136923) 1998 JH2.....	Error! Bookmark not defined.
12.34.	(137062) 1998 WM.....	Error! Bookmark not defined.
12.35.	(163249) 2002 GT	Error! Bookmark not defined.
12.36.	(68031) 2000 YK29.....	Error! Bookmark not defined.
12.37.	(388468) 2007 DB83.....	Error! Bookmark not defined.
12.38.	(143409) 2003 BQ46.....	Error! Bookmark not defined.
12.39.	(391033) 2005 TR15	Error! Bookmark not defined.
12.40.	(24443) 2000 OG.....	Error! Bookmark not defined.
12.41.	2014 NL52.....	Error! Bookmark not defined.
12.42.	(137924) 2000 BD19.....	Error! Bookmark not defined.
12.43.	2011 WK15	Error! Bookmark not defined.
12.44.	(416151) 2002RQ25.....	Error! Bookmark not defined.
12.45.	(410088) 2007 EJ	Error! Bookmark not defined.
12.46.	2013AV60	Error! Bookmark not defined.
13.	TAXONOMIA ASTEROIZILOR OBSERVAȚI ÎN PROGRAMUL EURONEAR	Error! Bookmark not defined.
14.	CONCLUZII GENERALE	xviii
15.	REFERINȚE	xxii
16.	LISTA CONTRIBUȚIILOR PROPRII.....	xxii

Introducere

Asteroizii reprezintă un grup numeros de corpuri mici ce orbitează în jurul Soarelui. Cel mai vechi și cel mai cunoscut grup este centura principală de asteroizi care orbitează între Marte și Jupiter la o distanță între 2.2 și 3.3 au față de Soare unde se estimează că sunt peste 750.000 de obiecte mai mari de 1 km și de ordinul milioanei sub acest diametru. Cei mai îndepărtați asteroizi sunt situați mult dincolo de orbita lui Pluto.

Obiectele din apropierea Pământului (Near Earth Objects - NEOs) sunt asteroizii și cometele care au fost perturbate de atracția gravitațională a planetelor mari (în special Jupiter) pe orbite care le permit să între în vecinătatea Pământului. Cometele formate inițial în sistemul planetar exterior rece între orbitele lui Jupiter și Neptun se compun în principal din apă sub formă de gheață, rocă și praf. Majoritatea asteroizilor stâncoși sunt formați în interiorul mai cald al sistemului solar, între orbitele lui Marte și Jupiter.

Interesul științific pentru comete și asteroizi se datorează în mare măsură statutului lor de rămășițe relativ neschimbate din procesul de formare a sistemului solar acum în jur de 4.6 miliarde de ani. Resturile procesului de formare al sistemului solar, cometele și asteroizii, oferă indicii despre compoziția chimică din care s-au format planetele acum 4.6 miliarde de ani. Dacă dorim să cunoaștem caracteristicile acestei compoziții, atunci trebuie să determinăm compoziția chimică a resturilor neconsumate din acest proces de formare - cometele și asteroizii.

Asteroizii potențial periculoși (PHAs) sunt definiți în prezent pe baza parametrilor orbitali și fizici ai asteroidului. Astfel, toți asteroizii cu Distanța Minimă de Intersecție Orbitală (MOID) mai mică de 0.05 au și o magnitudine absolută H mai mică de 22.0, sunt definiți ca PHAs.

Descoperirea lui Ceres în 1801 și apoi a lui Eros 433 în 1898 a stabilit existența unei populații de corpuri asemănătoare asteroizilor pe orbite ce intersectează orbitele planetelor interioare. Abia după programul Apollo din 1960 și 1970 s-a descoperit că o parte din craterele lunare au fost provocate de impacturi cu asteroizi și nu de activitatea vulcanică, cum se credea inițial, astfel interesul pentru studierea asteroizilor a căpătat o anvergură mondială-a dovedit că sistemul Pământ – Lună a fost bombardat constant de asteroizi și comete de-a lungul ultimilor 4.5 miliarde de ani.

De-a lungul istoriei recente sute de impacturi cu Pământul au fost raportate. Cel mai bine cunoscut eveniment de acest tip a fost evenimentul Tunguska care a avut loc în Siberia, Rusia, în anul 1908, unde o cometă sau un asteroid cu diametrul de 5 până la 10 km a explodat deasupra suprafeței terestre. Un alt eveniment recent cunoscut a avut loc în anul 2013 în Chelyabinsk., eveniment din care au rezultat un mare număr de răniți și distrugerii semnificative. Meteoritul care a lovit Chelyabinsk este considerat al doilea ca mărime după Tunguska, care a întâlnit Pământul în istoria recentă.

Începând cu anii 1980 câteva departamente de astronomie ale universităților din Statele Unite ale Americii sprijinite mai târziu și de NASA au condus șase mari proiecte de căutare a asteroizilor. Primul proiect "SPACEGUARD" a avut ca țintă descoperirea a cel puțin 90% din asteroizii apropiați de Pământ mai mari de 1 km diametru într-o perioadă de 10 ani. În ordine cronologică aceste programe sunt: Spacewatch (1980-prezent), LONEOS (1993-2008), NEAT (1995-2007), LINEAR (1996-2011, în colaborare cu U.S. Air Force), Catalina și Pan-STARRS (1998-prezent).

În ultimul an, rata descoperirii de NEAs a crescut datorită programelor Catalina și Pan-STARRS susținute de Congresul American care a mandatat NASA în 2005 ca până în anul 2020 să descopere peste 90% din NEAs mai mari de 140 m diametru, mai mult de 20000 de astfel de obiecte sunt pe orbite în apropierea Pământului sau intersectează orbita Pământului[4].

În total, până în prezent mai mult de 99% din NEAs au fost descoperiți de cele șase programe americane.

Din totalul de 15000 de obiecte descoperite și catalogate mai puțin de 10% au proprietățile fizice, derivate din observații fotometrice și spectroscopice, cunoscute și cel puțin 1000 de obiecte au nevoie de corecții orbitale.

În ultimii douăzeci de ani în Europa activitatea din domeniul cercetării și descoperirii NEAs a fost neglijabilă. Puțini NEAs au fost descoperiți în Europa și acest fapt se datorează în cea mai mare parte câtorva cercetători și astronomi amatori și a câtorva asociații de astronomi.

EURONEAR, este programul European de cercetare a Asteroizilor apropiați de Pământ (NEOs) . Este un proiect de cercetare care are ca scop dezvoltarea unei rețele de cercetare, care va

căuta, descoperi și monitoriza asteroizi din apropierea Pământului (NEA) și asteroizii potențial periculoși (PHA).

TELESCOAPE OPTICE FOLOSITE ÎN OBSERVAȚII

Telescopul MERCATOR

Telescopul Mercator este un telescop semi-robotizat, localizat la Observatorul Roque de los Muchachos (ORM), în insula La Palma (Insulele Canare, Spania), la o altitudine de 2333m. Telescopul a fost proiectat de către Universitatea Leuven în colaborare cu Observatorul din Geneva. A fost construit în anul 2000 și a început activitatea științifică în anul 2001.

Oglinda principală măsoară 1.2 m diametru și o greutate de 385 kg iar cea secundară 0.3 m, împreună formând un instrument cu distanța focală de 14.4 m

Telescopul DANISH

Telescopul danez „Danish” are un diametru de 1.54 metri, fiind construit de firma Grubb-Parsons (Newcastle, Anglia), și instalat la observatorul La Silla (desertul Atacama, Chile) la o altitudine de 2375 m. Prima observație astronomică cu acest telescop a fost făcută pe 20 noiembrie 1978. Optica telescopului este de tip Ritchey-Chretien cu oglinda principală de 1.54 m cu un raport focal principal $f/3.5$ și unul secundar $f/8.6$. Distanța focală a sistemului este de 13 m. A fost complet îmbunătățit în 1993 și este acum echipat cu spectrograf pentru obiecte astronomice difuze și o cameră CCD cu funcție duală spectrograf / cameră foto.

Telescopul INT

Telescopul Isaac Newton Telescope (INT) și-a început activitatea în Herstmonceux, Marea Britanie, în 1967, însă la scurtă vreme a devenit clar că condiții meteorologice mai bune ar putea duce la folosirea întregului potențial al telescopului. Astfel de condiții au fost identificate la Observatorul ORM și prin urmare, s-a decis ca INT să fie mutat în La Palma, unde și-a reluat activitatea în anul 1984. Telescopul INT are o oglindă primară de 2.5 metri diametru. Instrumentele pot fi montate fie la punctul central primar sau în focarul sistemului Cassegrain, și oferă posibilitatea de a efectua atât imagistica de câmp larg și intermediar la spectroscopie în rezoluție redusă și medie. Camera CCD de câmp larg (WFC) este un instrument avansat care oferă oportunități unice pentru a executa studii de imagistică optică cu câmp larg, fiind compusă dintr-un mozaic de 4 CCD-uri care acoperă un câmp de aproape jumătate grad.

Numărul de cercetări științifice conduse cu ajutorul telescopului INT de-a lungul anilor este foarte mare. Telescopul a adus multe contribuții importante la cercetarea quasarelor, supernovelor, a găurilor negre, a galaxiilor pitice, a stelelor din Calea Lactee, a nebuloaselor planetare și evoluției stelare. Primele dovezi observaționale despre existența unei găuri negre au fost aduse cu ajutorul telescopului INT.

CTIO 0.9 m

Telescopul Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) de 0.9 m diametru a fost construit inițial în 1965 de către firma americană Boller și Chivens, fiind amplasat la aproximativ 80 km sud de orașul La Serena, Chile, la o altitudine de 2200 m.

Începând din 1999, CTIO 0.9 m a utilizat un singur instrument, o cameră dotată cu un detector Tek2K CCD de 2048 x 2046 pixeli. Scara CCD este 0.4"/pixel, oferind astfel un câmp de 13.1', sau

aproximativ 46% din dimensiunea Lunii. Stabilitatea configurației instrumentului permite studii pe termen lung, care sunt imposibil de realizat pe cele mai multe telescoape, inclusiv unul dintre cele mai mari programe de astrometrie din lume.

PROGRAME FOLOSITE ÎN REDUCEREA ȘI ANALIZA FOTOMETRICĂ A IMAGINILOR

IRAF

I.R.A.F.[59] este prescurtarea de la Image Reduction and Analysis Facility. I.R.A.F. este o colecție de programe scrise de National Optical Astronomy Observatory (NOAO) axat în principal pe reducerea de imagini astronomice achiziționate de senzori construiți sub forma de matrice de pixeli. Datele astronomice principale sunt achiziționate de detectoare matriceale de imagini, cum ar fi CCD-urile. Primul obiectiv al reducerilor de imagini este corectarea a două tipuri de erori apărute în datele colectate prin CCD. Erorile aditive și multiplicative. Erorile aditive au ca sursă primară două cauze: BIAS OFFSET și DARK CURRENT. Există două tipuri de calibrări de imagini care pot fi folosite pentru a corecta acest gen de erori aditive; cadrele BIAS și cadrele DARK.

Cadrul Dark

Cadrul Dark (sau cadrul negru, în traducere) este o imagine obținută cu diafragma închisă a CCD-ului sau cu camera acoperită în așa fel încât lumina să nu ajungă pe suprafața senzorului foto. Calibrarea folosind cadre negre se folosește pentru a reduce zgomotul cipului CCD.

Cadrul Bias.

Este un cadru obținut în același mod ca și cadrul dark însă cu durata de expunere cea mai scurtă de care este capabilă camera (la aparate foto DSLR ar fi circa 1/4000 sau 1/8000 secunde) cu diafragma închisă. Acest cadru reprezintă nivelul de zgomot minim al camerei și constă din două componente:

- a) offsetul bias – sarcina electrică aplicată pixelilor de electronica camerei pentru a fi activați.

b) structura biasului datorată zgomotului de citire al cipului (read out noise, en.).

Extragerea cadrului bias din imaginile brute elimină ambele componente. Întrucât și acest zgomot are un model după care apare, se procedează la luarea mai multor cadre bias care sunt combinate median pentru a obține un cadru master bias care va fi scăzut din imagini.

Erorile multiplicative

Erorile multiplicative pot apărea din mai multe motive: iluminare diferențială, diferențe în eficiența cuantică a senzorului CCD, praf sau diferite depuneri pe suprafețele optice. Toate acestea reprezintă o diferență de sensibilitate de la pixel la pixel în senzorul CCD, astfel încât tensiunile aplicate de electronica camerei CCD pe diferiți pixeli trebuie să fie multiplicare până la valori mai mari pentru a se potrivi cu pixelii mai sensibili. Pentru a corecta această eroare multiplicativă, se folosește o imagine de calibrare numită cadru FLAT. Cadru FLAT este pur și simplu o imagine a unui câmp iluminat uniform (o pată albă pe interiorul cupolei, cer senin, etc).

Reprezentarea schematică și matematică a procesului de bază în reducerea și corectarea erorilor aditive și multiplicative este arătată mai jos. Prin aplicarea la imaginile brute a tuturor acestor cadre de calibrare – dark, flat, bias – vom obține imagini ce nu mai conțin zgomotul introdus de camera foto și imperfecțiunile opticii.

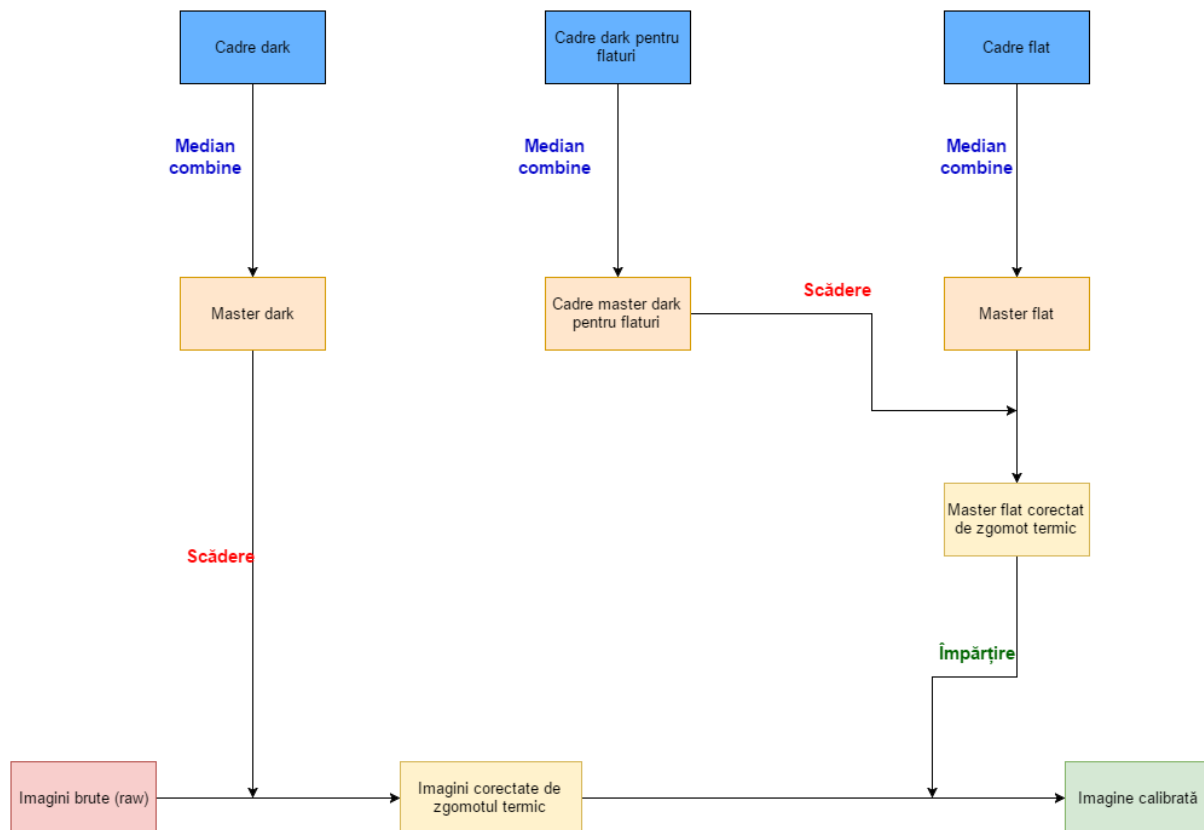


Figura 1

$$\text{Imagine finală} = \frac{\text{imagine brută} - \text{cadru DARK1}}{(\text{cadru FLAT} - \text{cadru DARK2}) / \langle \text{cadru FLAT} - \text{cadru DARK2} \rangle} \quad (1)$$

Figura 19, cât și formula 27, ilustrează procesul de calibrare a imaginilor astronomice de către IRAF și alte softuri profesionale folosite atât de marile observatoare astronomice, cât și astronomii amatori. Cadrele dark se combină pentru a obține un cadru dark master care va fi scăzut din fiecare imagine brută. Cadrele dark pentru flaturi se combină pentru a obține un cadru master dark pentru flaturi. Cadrele flat se combină pentru a obține un master flat. Cadrul master dark pentru flaturi se scade din cadrul flat master, obținându-se un cadru master flat corectat de zgomotul termic. În continuare imaginile corectate de zgomotul termic se calibrează cu cadrul flat master corectat și el de zgomot termic, obținându-se imagini calibrate.

MPO Canopus

MPO Canopus [60] este un program complet de astrometrie și fotometrie, pe o platformă OS Windows, cu caracteristici capabile de a furniza rezultate de înaltă precizie în ambele domenii. Cu acest program se pot procesa și măsura imaginile astronomice, se pot efectua transformări fotometrice, genera curbe de lumină, analiza perioade de maxim și perioade de minim, atât pentru asteroizi cât și pentru stele variabile, exoplanete, și multe altele.

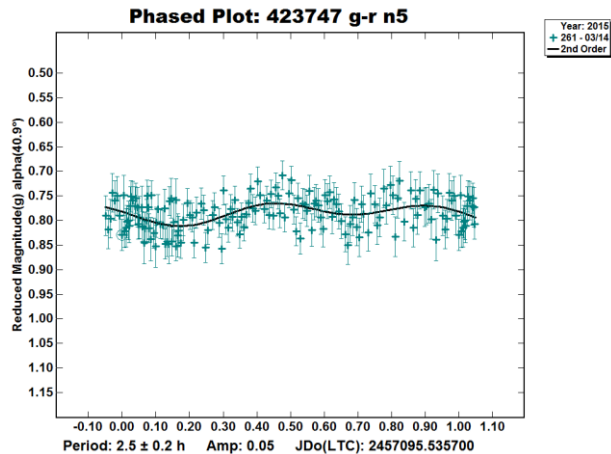
Mai mult de 2500 de poziții astrometrice au fost trimise de Florissant/Palmer Divide Observatory la Minor Planet Center folosind MPO Canopus. Mii de astfel de observații au fost trimise de astronomii profesioniști cât și de astronomii amatori din întreaga lume folosind MPO Canopus.

Programul MPO Canopus câștigă rapid reputație pentru funcționalitățile unice în ceea ce privește curbele de lumină ale asteroizilor și stelelor variabile. Caracteristici speciale încorporate în MPO Canopus fac măsurarea și analiza imaginilor și caracteristicilor curbelor de lumină extrem de ușoară. În doar câteva minute, se pot configura, măsura 150-200 imagini și începe analizarea datelor referitoare la curba de lumină a obiectului observat. Se pot combina cu ușurință datele din mai multe serii de observații și chiar de la observatori diferiți.

Canopus a fost și este folosit la Florissant/Palmer Divide Observatory pentru a genera și publica aproape 200 de curbe de lumină ale asteroizilor și mai mult de 400 de curbe de lumină au fost trimise de astronomii din America de Nord, Europa, America de Sud, Japonia și Australia. Canopus a fost primul program care încorporează implicit un algoritm de analiză Fourier Alan Harris pentru determinarea perioadei într-un program de uz general pentru comunitatea de astronomi. Acesta a fost folosit de către observatori la nivel mondial pentru a publica aproape 2000 curbe de lumină în publicațiile jurizate și de a descoperi mai mult de o duzină de asteroizi binari.

EXEMPLE CURBE LUMINĂ ASTEROIZI

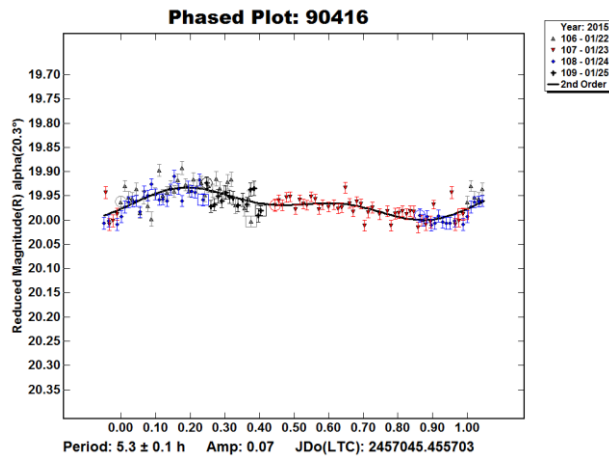
(423747) 2006CX



Acest NEA a fost descoperit de programul de supraveghere CSS-Catalina Sky în data de 03 februarie 2006, fiind clasificat de tip Amor ($a = 1.71$ au, $e = 0.29$, $i = 28.96^\circ$, MOID = 0.224 au). Perioada, clasa taxonomică și albedo necunoscute, magnitudine absolută $H = 19$ mag și un diametru cuprins între 500 m și 1118 m.

Pe baza a 3 nopți folosind telescopul Mercator de 1.2 m , am redus o perioadă de $P = 4.14 \pm 0.01$ h, magnitudinea redusă $HR = 19.7$ mag și o amplitudine a curbei de lumină (A) de 0.06. Clasa taxonomică este Sv, albedoul 0.18, rezultă un diametru de 0.496 km.

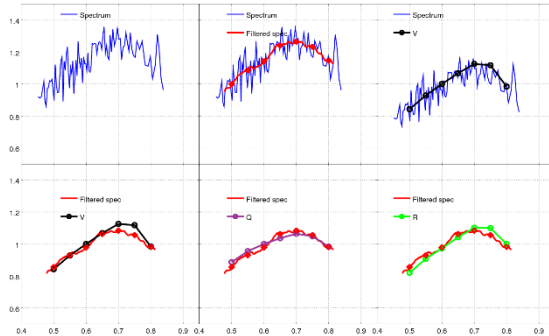
(90416) 2003 YK118



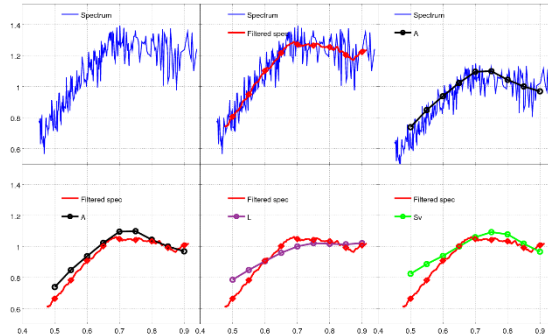
Acest NEA a fost descoperit de programul de supraveghere LINEAR – Lincoln Lab. ETS în data de 28 decembrie 2003, fiind clasificat de tip Apolo ($a = 1.69$ au, $e = 0.49$, $i = 7.83^\circ$, $MOID = 0.00088$ au). A fost observat fotometric de B. Warner cu un telescop de 0.35 m, f/9.1/STL – 100E și Veres, care au rezolvat o perioadă de rotație $P = 43.58$ h și magnitudinea absolută $H = 18.7$ mag. A fost observat radar de programul de JPL's NEO Radar Detection. Clasa taxonomică este necunoscută, albedoul este necunoscut, diametrul său este estimat între 548 m și 1225 m.

Pe baza a 3 nopți folosind telescopul 1.2 m, am redus o perioadă de $P = 5.3 \pm 0.1$ h, amplitudinea curbei de lumină (A) de 0.07 și magnitudinea redusă $HR = 19.95$ mag. Clasa taxonomică determinată este Cg cu albedo asociat 0.05, rezultând un diametru de 1.082 km.

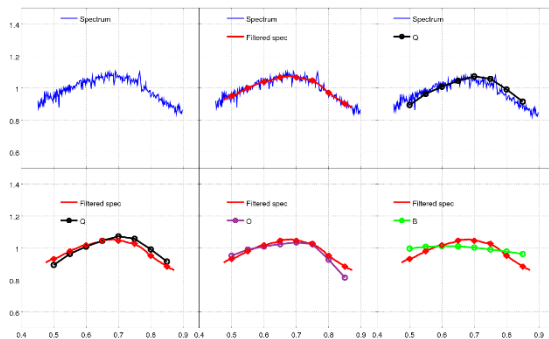
EXEMPLE SPECTRE DE REFLEXIE



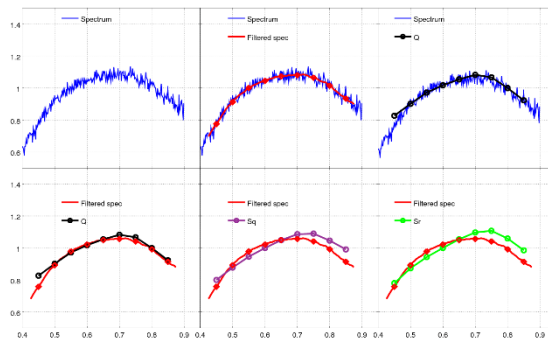
39796 vs 1997TD



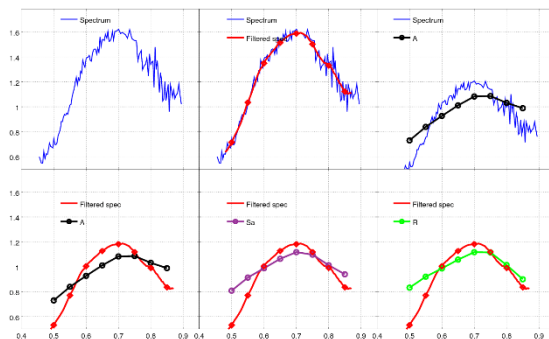
67367 vs 2000LY27



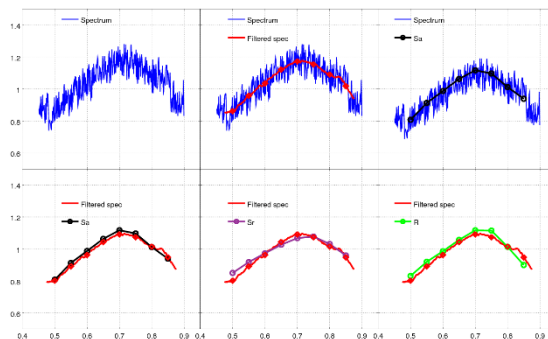
68031 vs 2000YK29



68063 vs 2000YJ66



68348 vs 2001LO7



86067 vs 1999RM28

CONCLUZII GENERALE

În programul de supraveghere NEAs EURONEAR au fost analizați un număr de peste 200 de asteroizi [61][63][62] utilizând fotometria cât și spectroscopia de reflexie.

În această lucrare am prezentat din punct de vedere fotometric un număr de 46 asteroizi iar din punct de vedere spectroscopic un număr de 44 asteroizi. Un număr de 14 asteroizi sunt analizați atât fotometric cât și spectroscopic. Astfel am definit clasa taxonomică pentru 40 de asteroizi a căror clasă lipsește în literatură. Pe baza acesteia și a albedoului asociat clasei taxonomice am calculat diametrul a peste 30 de asteroizi care de asemenea lipsește din literatura de specialitate sau prezintă un grad de eroare foarte mare. Din punct de vedere fotometric am îmbunătățit curbele de lumină, am calculat perioada de rotație și amplitudinea acesteia la peste 30 de asteroizi, în unele cazuri pentru prima dată. Din analiza preliminară a datelor fotometrice, cel puțin doi asteroizi apar ca având cel puțin un satelit iar un număr de 7 asteroizi prezintă caracteristicile unui corp cu mai multe axe de rotație.

În tabelul 7 sunt prezentate caracteristicile proprietăților fizice a 76 de asteroizi observați, din literatură în paralel cu datele noi obținute prin observații. Un alt rezultat este dezvoltarea programului de reducere preliminară LiDAS care oferă asistență în timp foarte scurt la planificarea observațiilor următoare. Acesta a fost folosit cu succes în majoritatea observațiilor din această teză și din majoritatea observațiilor EURONEAR.

În particular, pe telescopul Mercator am observat simultan pentru prima dată, asteroizi NEAs în două benzi r și/sau g cu camera MAIA (camera dezvoltată pentru misiuni spațiale ESA). Aceasta ne-a permis să studiem variația culorii g-r de-a lungul curbei de lumină. Variații evidente de culoare au fost evidențiate la mai mulți asteroizi din această lucrare. În particular, curbele de culoare a cel puțin trei asteroizi pot fi asociate cu perioadele determinate din benzile individuale g sau/și r, ceea ce dovedește o componentă mineralogică diferită pe suprafața vizibilă a asteroizilor. Acest studiu a fost făcut pentru prima dată în lume.

În prezent lucrez împreună cu o echipă EURONEAR, în care vom antrena pentru prima dată studenți de la Universitatea din Craiova, la patru publicații științifice internaționale dintre care două vor fi trimise spre publicare în viitorul imediat apropiat [61][63][62] iar celelalte două în cursul acestui an.

REFERINȚE

- [1] „NASA JPL,” Februarie 2017. [Interactiv]. Available: <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/groups.html>.
- [2] „Wikipedia,” [Interactiv]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Near-Earth_object. [Accesat February 2017].
- [3] „NEODyS-2,” [Interactiv]. Available: <http://newton.dm.unipi.it/neodys/>. [Accesat Ianuarie 2017].
- [4] A. Mainzer, T. Grav, J. Masiero, J. Bauer, R. S. McMillan, J. Giorgini, T. Spahr, R. M. Cutri, D. J. Tholen, R. Jedicke, R. Walker, E. Wright și C. R. Nugent, „CHARACTERIZING SUBPOPULATIONS WITHIN THE NEAR-EARTH,” *The Astrophysical Journal*, 20 Iunie 2012.
- [5] O.Vaduvescu, M. Birlan, A. Tudorica, M. Popescu, F. Colas, D. Asher, A. Sonka, O. Suci, D. Lacatus, A. Paraschiv, T. Badescu, O. Tercu, A. Dumitriu, A. Chirila, B. Stecklum, J. Licandro, A. Nedelcu, E. Turcu, F. Vachier, L. Beauvalet, F. Taris și L. Bouqu, „739 observed NEAs and new 2–4 m survey statistics,” *Planetary and Space Science*, vol. 85, pp. 299-311, 2013.
- [6] D. Koschny și M. Busch, „The Teide Observatory Tenerife Asteroid Survey,” *Planetary and Space Science*, vol. 118, p. 305–310, 2015.
- [7] „IAU Minor Planet Center,” [Interactiv]. Available: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>. [Accesat Februarie 2017].
- [8] „NASA JPL (Jet Propulsion Laboratory) HORIZONS Web-Interface,” [Interactiv]. Available: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>. [Accesat Februarie 2017].
- [9] „L'INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES,” [Interactiv]. Available: https://www.imcce.fr/fr/presentation/presentation_imcce.html. [Accesat Februarie 2017].
- [10] „E.A.R.N. The Near-Earth Asteroids Data Base,” [Interactiv]. Available: <http://earn.dlr.de/nea/>. [Accesat Februarie 2017].

- [11] „Planetary Spectroscopy at MIT,” [Interactiv]. Available: <http://smass.mit.edu/>. [Accesat Februarie 2017].
- [12] „M4AST (Modeling for Asteroids),” [Interactiv]. Available: <http://cardamine.imcce.fr/m4ast/>.
- [13] O. Vaduvescu, *Studiul unor fenomene dinamice în Sistemul Solar, Teză de doctorat, Universitatea Babeş-Bolyai, Prof. îndrumător Dr. Arad Pal, Cluj-Napoca, 1997.*
- [14] E. Bowell, B. Hapke, D. Domingue, K. Lumme, J. Peltoniemi și A. W. Harris, „Application of photometric models to asteroids,” *Asteroids II; Proceedings of the Conference*, pp. 524-556, 1989.
- [15] Y. Batrakov, „Ephemerides of Minor Planets for 1997,” *Institute of Theoretical Astronomy, St. Petersburg*, p. 110, 1996.
- [16] D. W. Hughes, „Comets and asteroids,” *Contemporary Physics*, nr. 35, pp. 75-93, 1994.
- [17] A. Dollfus, „Diameter measurements of asteroids,” *Physical Studies of Minor Planets*, p. 25, 1971.
- [18] R. P. Binzel, T. Gehrels și M. S. Matthews, *Asteroids II (Space Science Series)*, Univ of Arizona Press, 1989.
- [19] J. Schubart și D. Matson, „Masses and densities of asteroids,” *Asteroids, ed. T. Gehrels (Univ. of Arizona Press, Tucson)*, p. 84, 1979.
- [20] M. Hoffmann, *Asteroids II*, R. P. Binzel, T. Gehrels și M. S. Matthews, Ed., The Univ. of Arizona Press, Tucson, 1989.
- [21] A. W. Harris și D. F. Lupishko, „Photometric lightcurve observations and reduction techniques,” *Asteroids II*, pp. 39-53.
- [22] E. M. Standish, „Dynamical reference frame — Current relevance and future prospects,” *Towards Models and Constants for Sub-Microarcsecond Astrometry*, pp. 120-126, 2000.
- [23] A. Harris, J. Young, E. Bowell, L. Martin, R. Millis, M. Poutanen, F. Scaltriti, V. Zappala, H. Schober, H. Debehogne și K. Zeigler, *Icarus*, nr. 77, p. 171, 1989.
- [24] J. Rahe, V. Vanysek și P. Weissman, „Properties of cometary nuclei,” *Hazards due to comets and asteroids*, pp. 597-634, 1994.

- [25] P. Pravec, A. W. Harris și B. D. Warner, „NEA rotations and binaries,” *Proceedings of the International Astronomical Union*, vol. 2, nr. S236, 2007.
- [26] P. Pravec, A. W. Harris și D. e. a. Vokrouhlicky, *Icarus*, 2008.
- [27] S. Mottola, A. Erikson, A. W. Harris, G. Hahn, G. Neukum, M. W. Buie, W. D. Sears, A. W. Harris, D. J. Tholen, R. Whiteley, P. Magnusson, J. Piironen, T. Kwiatkowski, E. Howell, M. Hicks, Y. N. Krugly, N. M. Gaftonyuk, F. P. Velichko și d., „Physical Model of Near-Earth Asteroid (6489) 1991 JX from Optical and Infrared Observations,” *American Astronomical Society, DPS Meeting #27*, vol. 27, p. 1055, 1995.
- [28] Y. N. Krugly, I. N. Belskaya, V. G. Chiorny, V. G. Shevchenko și N. M. Gaftonyuk, „CCD photometry of near-Earth asteroids in 2001,” *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors - ACM 2002. International Conference, 29 July - 2 August 2002*, pp. 903 - 906, 2002.
- [29] S. J. Ostro, „Radar Observations of Earth-Approaching Asteroids,” *Engineering and Science*, 1997.
- [30] P. Pravec, P. Scheirich, P. Kušnirák, L. Šarounová, S. Mottola, G. Hahn, P. Brown, G. Esquerdo, N. Kaiser, Z. Krzeminski, D. Pray, B. Warner, A. Harris, M. Nolan, E. Howell, L. Benner, J.-L. Margot, A. Galád, W. Holliday, H. M.D și Y. Krugly, „Photometric survey of binary near-Earth asteroids,” *Icarus*, 2006.
- [31] V. Reddy, R. Dyvig, P. Pravec și P. Kusnirak, „Report on detection of binary nature of NEA 2005 AB,” *IAU Circ. 8483*, 2005.
- [32] V. Reddy, M. J. Gaffey, P. A. Abell și P. S. Hardersen, „COMPOSITIONAL INVESTIGATION OF NEAR-EARTH ASTEROIDS 6456 Golombek, (5660) 1974 MA,(13553) 1992 JE.,” *Lunar and Planetary Science XXXVII*, 2006.
- [33] A. W. Harris, A. Galvez, W. Benz, A. Fitzsimmons, S. F. Green, P. Michel, G. Valsecchi, M. Paetzold, B. Haeusler și I. Carnelli, „Mitigation-relevant science with Don Quijote - a European-led mission to a near-Earth asteroid,” *36th COSPAR Scientific Assembly. Held 16 - 23 July 2006, in Beijing, China.*, 2006.
- [34] M. J. L., P. P., N. M. C., H. E. S., B. L. A. M., G. J. D., J. R. F., O. S. J., S. M. A., M. C., T. P. A., N. P. D. și a. C. D. B., „Hermes as an exceptional case among binary near-Earth asteroids.,” *IAU General Assembly*, 2006.

- [35] R. Behrend, L. Bernasconi, R. Riy, A. Klotz, F. Colas, P. Antonini, K. Augustesen, E. Barbotin, N. Berger, H. Berrouachdi, E. Brochard, A. Cazenave, C. Cavadore, J. Coloma, S. Deconihout, C. Demeautis, J. Dorseuil, G. Dubos și R. Durkee, „Four new binary minor planets: (854) Frostia, (1089) Tama, (1313) Berna, (4492) Debussy. *Astron.*,” *Astrophys.*, nr. 446, p. 1177–1184, 2006.
- [36] J. Richardson, H. Melosh, R. Greenberg și D. O’Brien, „The global effects of impact-induced seismic activity on fractured asteroid surface morphology,” *Icarus*, vol. 179, p. 325–349.
- [37] K. Holsapple, „Equilibrium Configurations of Solid Cohesionless Bodies,” *Icarus*, vol. 154, p. 432, 2001.
- [38] „Equilibrium figures of spinning bodies with self-gravity,” *Icarus*, vol. 172, pp. 272–303, 2004.
- [39] P. Pravec, L. Šarounová, M. D. Hicks, D. L. Rabinowitz, M. Wolf, P. Scheirich și Y. N. Krugly, „Two Periods of 1999 HF1—Another Binary NEA Candidate,” *Icarus*, 2002.
- [40] P. Pravec, A. Harris, P. Scheirich, P. Kušnirák, L. Šarounová, C. Hergenrother, S. Mottola, M. Hicks, G. Masi, Y. Krugly, V. Shevchenko, M. Nolan, E. Howell, M. Kaasalainen, A. Galád, P. Brown, D. DeGraff și J. e. a. Lambert, „Tumbling asteroids,” *Icarus*, vol. 173, p. 108–131, 2005.
- [41] M. Kaasalainen, „Interpretation of lightcurves of precessing asteroids,” *Astron. Astrophys.*, vol. 376, pp. 302–309, 2001.
- [42] B. G. J., N. P. D., B. W., B. J. A. și H. A. W., „On a Possible Rotation State of (433) Eros,” *Icarus*, vol. 140, nr. 1, pp. 239–242, 1999.
- [43] B. J. A. și S. V. S., *MNRAS*, nr. 165, p. 403, 1973.
- [44] R. Hudson și S. Ostro, „Shape and non-principal axis spin state of Asteroid 4179 Toutatis,” *Science*, nr. 270, p. 84–86, 1995.
- [45] A. Harris, „Tumbling asteroids,” *Icarus*, nr. 107, pp. 209–211, 1994.
- [46] P. Pravec, M. Wolf și L. Šarounová, „Lightcurves of 26 Near-Earth Asteroids,” *Icarus*, 1998.
- [47] A. W. Harris, J. W. Young, E. L. G. Bowell și T. D. J., „Asteroid lightcurve observations from 1981–1983,” *Icarus*, nr. 142, p. 173–201.

- [48] A. Harris, J. Young, F. Scaltriti și V. Zappala, „Lightcurves and phase relations of the asteroids 82 Alkmene and 444 Gyptis,” *Icarus*, nr. 57, pp. 251-258, 1984.
- [49] A. Kryszczyńska, K. T., B. S. și M. T., „Relation between rotation and lightcurve of 4179 Toutatis,” *Astron. Astrophys.*, nr. 345, p. 643–645, 1999.
- [50] J. Buchanan și P. Turner, „Numerical Methods and Analysis.,” *McGraw-Hill, New York*, p. 363, 1992.
- [51] W. Bottke, D. Vokrouhlicky, D. Rubincam și D. Nesvorny, „The Yarkovsky and YORP effects: Implications for asteroid dynamics,” *ANNU REV EARTH PL SC*, vol. 34, pp. 157-191, 2006.
- [52] D. J. Tholen, *ASTEROID TAXONOMY FROM CLUSTER ANALYSIS OF PHOTOMETRY*, The University of Arizona, 1984.
- [53] S. J. Bus și R. P. Binzel, „Phase II of the Small Main-Belt Asteroid Spectroscopic Survey. A Feature-Based Taxonomy,” *Icarus*, vol. 158, nr. 1, pp. 146-177, 2002.
- [54] F. E. DeMeo, R. P. Binzel, S. M. Slivan și S. J. Bus, „An extension of the Bus asteroid taxonomy into the near-infrared,” *ELSEVIER*, vol. 202, nr. 1, pp. 160-180, 2009.
- [55] S. J. Bus, *Compositional structure in the asteroid belt: Results of a spectroscopic survey*, *Ph.D. thesis*, 1999.
- [56] S. P. Naidu, L. A. M. Benner, J.-L. Margot, M. W. Busch și P. A. Taylor, „CAPABILITIES OF EARTH-BASED RADAR FACILITIES FOR NEAR-EARTH ASTEROID OBSERVATIONS,” *UCLA Previously Published Works*, 2016.
- [57] L. A. M. Benner, M. W. Busch, J. D. Giorgini, P. A. Taylor și J.-L. Margot, „Radar observations of near-Earth and main-belt asteroids,” în *Asteroids IV*, Univ. of Arizona, Tucson, 2015.
- [58] D. Vokrouhlicky, W. F. C. S. R. Bottke și D. J. a. S. T. S. Scheeres, „The Yarkovsky and YORP Effects,” în *Asteroids IV*, Univ. Arizona Press, Tucson, 2015, pp. 509-532.
- [59] „Image Reduction and Analysis Facility,” [Interactiv]. Available: Image Reduction and Analysis Facility. [Accesat Februarie 2017].
- [60] „MPO Canopus,” [Interactiv]. Available: <http://www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/MPOCanopus.htm>. [Accesat 2017].

- [61] A. Aznar, M. Predatu, O. Vaduvescu și e. al, „EURONEAR - First light curves and physical properties of NEAs,” 2017, accepted
- [62] O. Vaduvescu, M. Popescu, M. Predatu și e. al, „The EURONEAR Lightcurve Survey of Near Earth Asteroids,” *Earth, Moon and Planets*, 2017, accepted pending.
- [63] M. Popescu, O. Vaduvescu, M. Predatu și e. al, „Visible spectra of near-Earth asteroids obtained with INT: setting up the framework and the results of a small survey,” *Astron. & Astrophys.*, 2017, pending.
- [64] O. Vaduvescu, M. Predatu, M. Popescu și e. al, „Insights in NEA asteroids observed by EURONEAR and other MBA asteroids and families,” *Icarus, A&A, Earth Moon Planets*, 2018. pending.
- [65] O. Vaduvescu, Cornea și M. Predatu, „EURONEAR NEAs Lightcurve Survey Tenerife 2015,” *Earth Moon and Planets*, 2017, pending.

LISTA CONTRIBUȚIILOR PROPRII

1. **EURONEAR – First light curves and physical properties of NEAs-** Aznar, Predatu, Vaduvescu et al, 2017 - acceptat, la Romanian Journal of Physics
(http://www.nipne.ro/rjp/2017_62_7-8.html)
2. **The EURONEAR Lightcurve Survey of Near Earth Asteroids-** Vaduvescu, Popescu, Predatu et al, 2017 - acceptat, la revista Earth, Moon and Planets
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s11038-017-9506-9>)
3. **Visible spectra of near-Earth asteroids obtained with INT: setting up the framework and the results of a small survey-** Popescu, Vaduvescu, Predatu et al, 2017 (Aug 2017), trimis la revista Astronomy & Astrophysics
4. **Insights in NEA asteroids observed by EURONEAR and other MBA asteroids and families**
autori: Vaduvescu, Predatu, Popescu et al., 2017-2018
de trimis Icarus, A&A or Earth Moon Planets
(2018)
5. **EURONEAR NEAs Lightcurve Survey Tenerife**
autori: Vaduvescu, Cornea, Predatu, (aprilie-mai 2017)
de trimis Earth Moon and Planets
6. **THE JOINT MEETING
ON QUANTUM FIELDS AND NONLINEAR PHENOMENA**
09-13 March 2016, Sinaia, Romania

Predatu, Vaduvescu et al. 2016 -Light curves of Near Earth Asteroids through
computational methods