Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso **40**, 236 – 241, (2010)

Výskum pevnej zložky medziplanetárnej hmoty v Centre kozmických výskumov

M. Husárik a J. Svoreň

Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences
059 60 Tatranská Lomnica, The Slovak Republic
(E-mail: mhusarik@ta3.sk, astrsven@ta3.sk)

Doručené: November 4, 2010; Akceptované: December 3, 2010

Abstrakt. Realizovaný projekt Centra kozmických výskumov rozvíja v dvoch samostatných projektoch s ITMS kódmi 26220120009 a 26220120029 (v ďalšom ako prvá a druhá etapa CKV) najperspektívnejšie smery doterajšieho výskumu s dopadmi na životné prostredie a život človeka – výskum Slnka, vzťahov Slnko-Zem a výskum pevnej zložky medziplanetárnej hmoty v blízkosti zemskej dráhy. V oblasti výskumu medziplanetárnej hmoty sa zaoberá štúdiom fyziky a dynamiky malých telies Slnečnej sústavy vrátane telies potencionálne nebezpečných pre zrážku so Zemou, štúdiom prachovej zložky vnikajúcej do zemskej atmosféry s ojedinelými dopadmi na zemský povrch. V rámci prvej etapy CKV budujeme pracovisko na získavanie údajov o dráhach meteorov v atmosfére. Po dobudovaní kamerového videosystému bude možné určovať dráhy meteorov v atmosfére a po výpočte aj dráhy čiastočiek v Slnečnej sústave pred vstupom do atmosféry Zeme. Jeho inštalácia bude realizovaná na observatóriu na Skalnatom plese. V rámci druhej etapy CKV bude na štúdium bolidov zakúpené automatické bolidové observatórium, ktoré bude alternatívne používané na Lomnickom štíte a v Starej Lesnej. Zásadná modernizácia observatória pre získavanie údajov o pevnej zložke medziplanetárnej hmoty najmä k Zemi sa približujúcich asteroidov (NEA – Near Earth Asteroids) bude realizovaná obstaraním robotického zrkadlového ďalekohľadu s priemerom primárneho zrkadla 1,2–1,3 metra na objavovanie a fotometrické a spektroskopické štúdium NEA. Ďalekohľad bude umiestnený v existujúcej robotizovanej kupole v observatóriu na Skalnatom plese.

Kľúčové slová: videosystém – automatická bolidová kamera – ďalekohľad

1. Kamerový videosystém

Vedeckým cieľom je skúmanie rozloženia meteoroidov v Slnečnej sústave a hľadanie vzťahov ku kométam a asteroidom na jednej strane a rôznym typom meteoritov na strane druhej. Realizovať ho budeme jednak pokračujúcou účasťou vo fotografickej európskej bolidovej sieti so stanicami v 7 štátoch, ktorej výsledky sú spracovávané v Astronomickom ústave AV ČR v Ondřejove a tiež získavaním dráh jasných fotografických meteorov pomocou dvojstaničného kamerového videosystému so základňou do 40 km. Obidva systémy majú svoje výhody a nevýhody. Stanica európskej bolidovej siete vyžaduje súčinnosť a súčasnú snímku

aspoň jednej ďalšej stanice, táto nevýhoda je však kompenzovaná maximálnou presnosťou záznamu bolidu a teda aj možného miesta pádu meteoritov.

Dvojstaničný kamerový videosystém je značne autonómny, keďže jeho prevádzka nevyžaduje priaznivú meteorologickú situáciu súčasne nad veľkou časťou strednej Európy, ale môže pracovať aj vtedy, keď sú priaznivé podmienky len v regióne. Systém je ľahko prenosný a tak použiteľný pri prípadných expedíciach do vzdialených lokalít Zeme s predpovedanými výskytmi krátkodobých maxím činnosti meteorických rojov. Zaznamená tiež menej jasné meteory. Výsledná menšia presnosť odvodených parametrov je vyvážená väčším počtom získaných záznamov. Počas rutinného behu systému bude prvé stanovište na observatóriu na Skalnatom plese. Jeho vybavenie je nasledovné:

- objektív typu rybie oko Canon EF 2,4/15 mm $f/2{,}8$,
- zobrazovací objektív VIDEO OPTICON 1,9/16 mm,
- zosilňovač jasu obrazu Mullard XX1332,
- videokamera Watec-120N+,
- digitalizačná karta Pinnacle Studio Movie Board 500-PCI,
- notebook schopný práce v rozsahu teplôt aj mimo izbových podmienok,
- softvér *UFOCapture*, SonotaCo, Japonsko.

Druhá časť systému bude ovládaná diaľkove cez internet a okrem rovnakého vybavenia, aké sme uviedli vyššie, bude ešte obsahovať:

- malú webkameru pre kontrolu natočenia,
- polohovaciu hlavicu VPT-41RSVT-PO ovládateľnú prostredníctvom videoservera,
- videoserver AXIS 241S.

UFOCapture je softvér, ktorý registruje a zaznamenáva pohyblivé objekty na nočnej oblohe. Softvér nahráva na disk počítača záznam meteoru s niekoľkosekundovými predĺženiami na obidve strany časového úseku. V súčasnosti dostupná verzia V2 zohľadnila pripomienky užívateľov od roku 2003. Súčasťou softvéru je analyzér, ktorý počíta presné smery a výšky a tiež v prípade dvojstaničných pozorovaní približné atmosférické dráhy meteoroidu.

2. Automatická bolidová kamera

Viacstaničné fotografické pozorovania patria medzi fundamentálne v meteorickej astronómii, keďže poskytujú najpodrobnejšie a najpresnejšie informácie o fyzikálnych a dráhových parametroch meteoroidov. Úspešné nafotografovanie a nález meteoritu Příbram v roku 1959 (Ceplecha, 1961) bolo podnetom pre vznik

siete celooblohových fotografických kamier na monitorovanie bolidov a možné vyhľadávanie meteoritov v Československu. Sieť založená v roku 1963 sa rýchlo rozšírila na Európsku bolidovú sieť (EN) a ku koncu šesťdesiatych rokov pozostávala zo 46 staníc. Súčasne s EN boli v prevádzke ďalšie dve bolidové siete – od roku 1964 Prérijná sieť v USA (McCrosky and Ceplecha, 1969) a od roku 1971 Projekt na pozorovanie a vyhľadávanie meteoritov (The Meteorite Observation and Recovery Project – MORP) v západnej Kanade (Halliday, 1973). Zatiaľ čo obidve severoamerické siete zastavili svoju činnosť už pred desaťročím, EN funguje aj v súčasnosti (Svoreň *et al.*, 2008). Od roku 2003 sa uskutočnili v českej časti EN významné vylepšenia, predovšetkým manuálne ovládané kamery boli postupne nahradené automatickými. Presnosť najlepšie určených dráh v EN v súčasnosti dosahuje 0,03° v určení argumentu perihélia, 0,01° v sklone, menej než 0,0002 AU vo vzdialenosti perihélia a menej než $7\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ v geocentrickej rýchlosti (Spurný *et al.*, 2007).

Astronomický ústav SAV je súčasťou Európskej bolidovej siete od r. 1964. Prispieval dátami získavanými rôznymi typmi celooblohových kamier na observatóriu Skalnaté pleso do r. 2007 (Porubčan *et al.*, 2009). Neskôr bola na pozorovanie využívaná automatická kamera zapožičaná Astronomickým ústavom AV ČR v Ondřejove. S pracoviskom AV ČR v Ondřejove pretrváva dlhodobé partnerstvo v oblasti výskumu meteorov. V minulosti bolo budované na spoločných pozorovaniach meteorickým radarom v Ondřejove, v súčasnosti pokračuje spoločnou prácou v Európskej bolidovej sieti, konkrétne spoločnou prevádzkou automatickej bolidovej stanice na Lomnickom štíte. Testovacie pozorovania počas troch rokov potvrdili mimoriadne dobré pozorovacie podmienky na Lomnickom štíte a v Starej Lesnej, na základe ktorých bolo naplánované zakúpenie kamery z prostriedkov Európskeho fondu regionálneho rozvoja cestou štrukturálnych fondov EÚ. Produktom bolidovej siete je registrácia dráh veľkých meteoroidov – bolidov, ktoré vnikli do atmosféry a zvyšky môžu dopadnúť na zemský povrch.

Kamera umiestnená na tatranských pracoviskách Astronomického ústavu SAV bude slúžiť na mimoriadne presné určovanie dráh bolidov v atmosfére Zeme, pričom pokryje väčšinu územia Slovenska, južného Poľska a západnej Ukrajiny. Automatická bolidová kamera je výrobkom českej firmy Space Devices. Okrem snímkovania celej oblohy panoramatickým objektívom je úlohou kamery aj záznam celkového jasu oblohy a záznam zvuku v akustickom pásme v čase preletu bolidu. Súčasťou kamery je jednoduchá meteorologická stanica, ktorá pred začiatkom expozície a v jej priebehu automaticky vyhodnocuje klimatické podmienky. Exponovanie začne resp. pokračuje len kým nie sú detegované zrážky a je dostatočne jasno. Pre posúdenie stavu oblačnosti je systém vybavený extrémne citlivou CCD kamerou – výsledkom je porovnanie počtu hviezd na oblohe s nastaveným počtom.

S kamerou je možné komunikovať cez počítačovú sieť, a tak priebežne kontrolovať a regulovať teplotný stav kamery, zadávať začiatok a koniec expozičných časov, nastavovať prahové úrovne pre detektor oblačnosti, získavať výpisy z expozičného denníka a prezerať archivované súbory o prevádzkovom stave. Kamera

je vybavená počítačovo riadeným vyhrievaním plášťa, má vzduchové kúrenie pre udržovanie predpísanej prevádzkovej teploty. Krátkodobé výpadky elektrického prúdu sú ošetrené záložným zdrojom elektrickej energie, ktorý zabezpečí uvedenie kamery do základného stavu až do obnovenia dodávky prúdu. Čas otvárania a zatvárania závierky riadi počítač, vnútorné hodiny PC sú korigované cez internet. Možné je tiež ručné ovládanie využívané najmä počas testovania.

Snímkovací subsystém je tvorený objektívom typu rybie oko Zeiss Distagon 3,5/30 mm. Fotografuje sa na ploché filmy 9×12 cm s 32 kusmi v zásobníku. Ostrosť záberov je zabezpečená podtlakovým systémom, ktorý udržuje film v ohniskovej rovine. Rýchlosť meteorov sa určuje pomocou rotujúceho sektora, ktorý sa otáča tesne nad ohniskovou rovinou s voliteľnou frekvenciou otáčok.

Zo štatistiky bolidových sietí vyplýva pád meteoritu na územie veľkosti Slovenska v priemere raz za 30 rokov. Výsledky pozorovania za testovacie obdobie ukazujú, že tento odhad je príliš konzervatívny. Napr. v roku 2010 dokázateľne padli na územie Slovenska najmenej 3 makroskopické telieska – okrem nájdeného meteoritu Košice aj niekoľkogramové meteority v okolí obcí Komjatná (viď Fig. 2 v anglickej verzii článku) a Topoľčianky. Nič nemení na veci, že vzhľadom na terén a vypočítanú veľkosť sa úlomky nepodarilo nájsť.

3. Zrkadlový ďalekohľad pre pozorovanie NEA

Existuje časť astronomického výskumu, ktorá priamo súvisí s ľudskou existenciou a dáva odpovede na otázky možného ohrozenia z vesmíru. Okrem výskumu v oblasti slnečno-zemských vzťahov je to predovšetkým výskum objektov pohybujúcich sa v blízkom okolí Zeme. V roku 1973 začali E. F. Helinová a E. M. Shoemaker s použitím palomarského 0,46-m ďalekohľadu fotografické prehliadky zamerané práve na vyhľadávanie takýchto objektov. Špecifickou triedou sú potenciálne nebezpečné objekty (PHOs). Definované sú na základe miery potenciálnej kolízie so Zemou a to predpokladaným preletom okolo Zeme vo vzdialenosti menšej než 0,05 AU a veľkosťou aspoň 150 m. Odhaduje sa, že v okolí Zeme sa pohybuje asi 2100 asteroidov väčších než 1 kilometer a asi 320 000 asteroidov väčších než 100 metrov. Z tohoto odhadu bolo doteraz objavených viac ako 7200 NEA, z toho 1200 PHOs. Viac ako 800 známych NEA má veľkosť nad 1 kilometer.

Astronomický ústav SAV spolupracuje s Astronomický ústavom AV ČR v Ondřejove od roku 2003 na programe fotometrie blízkozemských asteroidov. V rámci tohto je významná účasť na medzinárodnom programe vyhľadávania hazardných – k Zemi sa blížiacich asteroidov: *Photometric Survey of Asynchronous Binary Asteroids*. Výsledky práce širokých autorských kolektívov sú publikované v najprestížnejšom svetovom časopise v odbore – Icarus. Tieto skúsenosti sa využijú pri diseminácii výsledkov predkladaného projektu.

V rámci vládnych priorít Bezpečnosť a obrana a Ochrana životného prostredia budeme v Centre kozmických výskumov riešiť nasledovné dielčie otázky:

– vyhľadávanie k Zemi sa blížiacich asteroidov, ktoré vzhľadom na svoju veľkosť by znamenali lokálne alebo globálne ohrozenie Zeme,

– podieľať sa na pozorovaní vybraných asteroidov,

– podieľať sa na výpočte prvotných dráh na základe pozorovaní a spresňovaní dráh potenciálne nebezpečných objektov,

– informovať verejnosť a príslušné orgány štátu o vzniknutom nebezpečenstve.

Na splnenie týchto cieľov Astronomický ústav SAV zakúpi robotický zrkadlový ďalekohľad s priemerom primárneho zrkadla 1,2–1,3 metra. Jeho inštalácia bude realizovaná v existujúcej 8-metrovej kupole v observatóriu na Skalnatom plese. Kupola bude v rámci projektu robotizovaná a umožní tak pozorovania ďalekohľadom na diaľku, napr. zo Starej Lesnej a Košíc.

V súčasnosti existuje vo svete niekoľko programov zameraných na vyhľadávanie blízkozemských asteroidov – Catalina, LINEAR, LONEOS, NEAT, Spacewatch. V Európe existuje jediný špecializovaný program vyhľadávania NEA – taliansky ADAS. Z tohto hľadiska bude pripravovaný ďalekohľad s priemerom 1,2–1,3-m najväčším špecializovaným prístrojom na vyhľadávanie NEA v Európe a aj zo svetového hľadiska bude hrať dôstojnú úlohu. Jeho hlavným prínosom bude rýchly výpočet presných dráh v Slnečnej sústave a spresnenie miery ohrozenia Zeme jednotlivými telesami. Akú úlohu v tom hrá rýchlo získané kvalitné pozorovanie môžeme dokumentovať na príklade asteroidu 2008 TC3, kde medzi objavom asteroidu 2008 TC3 a dopadom jeho úlomkov vo forme meteoritov do Núbijskej púšte uplynulo len 20 hodín (Jenniskens *et al.*, 2009).

Ďalekohľad bude pracovať v nasledovnej konfigurácii:

– monolitické zrkadlo priemeru 1,2–1,3 metra,

– zorné pole minimálne 0,5°,

– optické prvky zo zeroduru alebo sitalu s nulovou rozťažnosťou,

– svetelnosť ďalekohľadu $f/8$,

– dve bočné Nasmythove ohniská s derotátormi v obidvoch ohniskách,

– alt-azimutálna montáž,

– autoguider,

– rýchlosť zmeny pozície ďalekohľadu minimálne 1,5°/sek,

– absolútna presnosť pointácie lepšia než 5 oblúkových sekúnd,

– funkčnosť v rozsahu teplôt $-20\,^{\circ}\mathrm{C}$ až $+25\,^{\circ}\mathrm{C}$ a relatívnej vlhkosti 5–95%,

– odolanie nárazu vetra do $15\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

V prvom ohnisku bude umiestnená CCD kamera min. 3000×3000 pixlov, class 1, v druhom ohnisku optovláknový spektrograf so CCD kamerou, vrátane pointačného systému a kalibračnej jednotky.

Poďakovanie. Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS číslo 26220120-009, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

Viď zoznam literatúry (References) v anglickej verzii článku.