

# Sistem de Observare a Orbitelor Terestre Medii si Înalte Bazat pe Stereoviziune (AMHEOS)

Raport științific, Etapa 4 – "Optimizarea sistemului automat pentru detectia satelitilor.".

**Anul:** 2015

Director proiect: Conf. Dr. Ing. Radu Dănescu

### Echipele de cercetare:

CO-UTCN: Radu Dănescu, Sergiu Nedevschi, Tiberiu Marița, Florin Oniga, Anca Ciurte P1-BITNET: Octavian Cristea, Paul Dolea, Paul Dascal, Sebastian Cristea P2-AROAC: Vlad Turcu, Tiberiu Oproiu, Alexandru Pop, Dan Moldovan, Liviu Mircea

### Cuprins

1. Introducere – Rezumatul etapei	2
2. Dezvoltarea unui sistem software optimizat pentru detecție și măsură obiecte MEO-GEO-HEC	)2
3. Studiul si experimentarea tehnicilor pentru estimarea si propagarea iterativa a parametrilor ort	bitali 7
4. Estimarea performantelor sistemului AMHEOS in perspectiva integrării sale in sistemul SST European conform cerințelor ESA si EC	11
5. Achizitie de date de observație pentru testarea si optimizarea algoritmilor	14
6. Diseminare rezultate	18
7. Cooperare internationala	19
Indicatori de proces și de rezultat	20

## 1. Introducere – Rezumatul etapei

Obiectivul principal al acestei etape a fost optimizarea sistemului de observatie si detectie, si determinarea parametrilor orbitali ai satelitilor. Algoritmul de detectie automata a fost imbunatatit, mai ales in privinta potrivirii automate a stelelor de etalonare, astfel incat performanta de calcul se apropie de cerintele de timp real. Sistemul de declansare a camerelor a fost de asemenea imbunatatit, fiind realizata o varianta compacta, usor de folosit, si de mare precizie a sincronizarii. A fost dezvoltat un algoritm de determinare a parametrilor orbitali pentru sateliti cu orbita quasi circulara. Au fost efectuate observatii cu noile sisteme, care au confirmat imbunatatirile de performanta. Au fost publicate mai multe lucrari, altele fiind trimise spre evaluare, si a fost depusa o cerere de patent, activitate care era prevazuta pentru etapa urmatoare. In concluzie, obiectivele etapei au fost indeplinite si chiar depasite.

# 2. Dezvoltarea unui sistem software optimizat pentru detecție și măsură obiecte MEO-GEO-HEO.

#### 2.1. Optimizarea sistemului de detecție

În această etapă s-au efectuat optimizări pentru aducerea sistemului de detecție și măsură la performanțele de timp real necesare pentru operarea automată, și anume un timp de procesare total de 10 secunde pe cadru. În mod normal, detecția poate îndeplini acest deziderat de timp, cu condiția ca poziția stelelor reper să nu se modifice drastic de la un cadru la altul. În situația în care se detectează o modificare radicală a poziției stelelor, semnalată prin erori masive de aliniere care cauzează foarte multe obiecte false detectate, timpul de re-inițializare este de ordinul minutelor, ceea ce este complet ne-acceptabil.

Pentru eliminarea acestei probleme a fost nevoie de proiectarea și implementarea unui algoritm care face automat și rapid detecția corespondențelor dintre stelele reper și punctele candidate din imagine. Soluția anterioară, care implică o căutare pe întreg spațiul unghiului de rotație (360 de grade), plus un domeniu mare de translații, de ordinul sutelor de pixeli, a fost prea costisitoare din punct de vedere al timpului.

Algoritmul propus pentru potrivirea stelelor la punctele din imagine se bazează pe punerea în corespondență a elementelor individuale: o stea la un punct. Pentru acest lucru, trebuie ca fiecare stea și fiecare punct strălucitor din imagine să aibă o identitate proprie, care să poată fi recunoscută (un descriptor). Din păcate, stelele nu se deosebesc foarte mult una de cealaltă, fiind zone circulare cu o anumită strălucire, apărând în imagine cu diametre variabile. Astfel, nu ne putem baza pe aparența unei stele pentru a o identifica în spațiul imagine. Din acest motiv, am decis că identitatea unei stele va fi dată de relația ei cu celelalte stele din zona de cer observată, calculată în așa fel încât această relație să fie invariabilă la translație și la rotație.

Presupunem că avem un număr de stele extrase din catalog, pentru care au fost calculate coordonate în spațiul imagine x și y, folosind distanța focală cunoscută. Aceste coordonate trebuie rotite și translatate pentru a se potrivi cu poziția adevărată a stelelor în imagine, dar factorul de scală este cunoscut, ele se comportă împreună ca un obiect rigid.

Pentru toate perechile de stele i, j vom calcula o matrice de distanțe M<sub>S</sub>(i, j):

$$M_{s}(i,j) = \sqrt{(x_{i} - x_{j})^{2} + (y_{i} - y_{j})^{2}}$$
(1)

Imaginea pe care vom potrivi setul de stele este supusă unui proces de binarizare adaptivă, cu un prag egal cu media intensității imaginii la care se adaugă trei deviații standard. După binarizare se aplică un proces de etichetare, urmat de calcularea ariei și a centrului de masă pentru obiectele binare din imagine. Obiectele cu aria mai mare de un anumit prag (40 de pixeli) sunt alese drept candidați pentru poziția stelelor. La fel ca pentru stele, pentru fiecare pereche de obiecte m, n se va calcula o matrice de distanțe  $M_P(m,n)$ .

O stea, și un obiect etichetat din imaginea binară, trebuie puse în corespondență. Acest lucru se realizează prin folosirea distanțelor față de alte stele, sau față de alte obiecte din imagine, pe post de descriptori care vor defini identitatea. O stea se va caracteriza prin distanțele față de celelalte stele din setul extras din catalog. Un punct se va caracteriza prin distanțele față de alte puncte detectate prin binarizare și etichetare.

Pentru a măsura asemănarea dintre o stea i și un punct m, vom analiza distanțele de la steaua i la celelalte stele din set, și distanțele de la punctul m la celelalte puncte din imagine, și vom număra câte distanțe identice găsim. Un număr foarte mare de distanțe egale însemnă o șansă foarte mare ca punctul m să fie corespondentul stelei i. Formal, putem defini gradul de asemănare dintre i și m:

$$M(i,m) = |\{(j,n) \mid j \in S, n \in P, |M_{S}(i,j) - M_{P}(m,n)| < \mathcal{E} \& M_{P}(m,n) > L\}|$$
(2)

Unde S este mulțimea stelelor, P este mulțimea punctelor,  $\varepsilon$  este pragul pentru compararea distanțelor pentru a le putea considera echivalente, iar L este un prag care va asigura că distanțele comparate nu sunt foarte mici (L=700 pixeli), deoarece distanțele foarte mici sunt foarte multe, și nu au putere discriminatoare semnificativă.

Având matricea de asemănări M(i,m) putem defini pentru fiecare stea i punctul cel mai probabil de a*i* fi corespondent, c(i), astfel:

$$c(i) = \arg\max_{m}(M(i,m)) \tag{3}$$

Între coordonatele  $x_m$ ,  $y_m$  ale unui punct din imagine, și coordonatele  $x_i$ ,  $y_i$  ale unei stele proiectate în spațiul imagine vom avea o transformare bazată pe rotație și translație:

$$x_{m} = \cos\theta x_{i} + \sin\theta y_{i} + x_{T}$$

$$y_{m} = -\sin\theta x_{i} + \cos\theta y_{i} + y_{T}$$
(4)

Necunoscutele din aceste ecuații sunt unghiul  $\theta$  și cantitățile de translație  $x_T$  și  $y_T$ . Deoarece nu putem garanta o corespondență exactă a punctelor și a stelelor, strategia de rezolvare a ecuației va fi una iterativă, similară cu metoda RANSAC. Astfel, pașii metodei sunt următorii:

1. Se aleg în mod aleatoriu 5 stele din mulțimea S, și se găsesc punctele corespondente conform ecuației (3).

2. Se rezolvă prin metoda pseudo-inversei Moore-Penrose ecuațiile (4).

3. Din prima ecuație rezultă un unghi  $\theta$ , și translația  $x_{T}$ . Din a doua ecuație rezultă un alt unghi  $\theta$ , și translația  $y_{T}$ . Dacă corespondența punctelor cu stelele e corectă, cele două unghiuri găsite vor fi egale, și iterația se oprește cu acest rezultat.

4. Dacă cele două unghiuri detectate nu sunt egale, se aleg repetă iterația cu punctul 1.

După găsirea unghiului de rotație și a translațiilor, transformarea (4) se va aplica întregii mulțimi de stele S, urmând ca rotația și translația finală să fie determinate prin rotația întregului set, și potrivirea pe imagine, ca în metoda pe care am utilizat-o până acum. Diferența radicală față de vechea abordare este că acum domeniul de căutare pe care îl utilizăm pentru întreg setul de stele va fi foarte redus: câteva grade pentru rotație, și 20 de pixeli pentru translație.

Cu noua abordare, timpul pentru potrivirea stelelor reper la imagine nu mai depinde de situația anterioară. Indiferent că imaginea este prima din serie, sau că sistemul a fost mișcat și a apărut nevoia de re-potrivire a setului de stele, sau că operația decurge normal fără mișcări majore, timpul de potrivire este constant, sub 2 secunde. Timpul total de procesare, incluzând detecția și calculul coordonatelor 3D, se apropie de timpul dorit, de 10 secunde.

#### 2.2. Optimizarea sistemului de declanșare a achiziției

Sistemul anterior pentru declanșarea achiziției se bazează pe mesajele primite de la un receptor GPS, prin intermediul unei interfețe USB, preluate de către un PC, care le interpretează și le folosește pentru a declanșa camera foto. Datorită întârzierilor cauzate de interfața de comunicare, precum și de sistemul de operare al computerului, sincronizarea dintre sisteme a fost deficitară, existând decalări de până la 100 ms. Aceste decalări pot fi acceptabile pentru procesul de detecție, dar afectează în mod semnificativ precizia de măsurare.

Noua abordare, optimizată, folosește două canale de comunicare cu receptorul GPS: canalul de comunicare clasic, folosind o interfață de tip serial (UART), și semnalul de sincronizare 1PPS, care are o precizie foarte ridicată, de ordinul nanosecundelor. Comunicarea clasică este folosită pentru a citi timpul global, pentru a putea sincroniza programul de expuneri ale camerei foto cu o oră globală absolută, dar declanșarea propriu zisă este controlată de tranziția din nivelul logic 0 în nivel logic 1 a semnalului 1PPS. În acest fel se obțin două avantaje importante:

- Nu este nevoie de o reglare a timpului curent, timpul fiind citit prin receptorul GPS, el fiind același în orice punct al globului.
- La o întrerupere a funcționării, datorită pierderii semnalului GPS, sau prin intervenția utilizatorului (de exemplu, pentru remedierea unei defecțiuni), sistemul poate continua imediat ce cauzele întreruperii au fost remediate.
- Utilizarea semnalului 1PPS pentru sincronizarea declanșării expunerii asigură o înaltă precizie de sincronizare.

Varianta optimizată este compactă, ușor de folosit, și precisă, pentru sincronizarea la distanță a sistemelor de observație astronomice. Arhitectura sistemului este prezentată în figura 1. Sursa de semnale primare pentru sincronizare este receptorul GPS, capabil de generarea unui semnal digital 1PPS (1 puls pe secundă), de lățime 100 ms, sincronizat cu timpul global folosit de tot sistemul de sateliți GPS. De asemenea, receptorul GPS comunică o dată pe secundă informații despre timpul global, poziționare, etc, prin interfața UART (folosind semnalele digitale RX-recepție și TX-transmisie), folosind protocolul NMEA.

Datele primite de la receptorul GPS sunt preluate de o placă cu microcontroller, de tip Arduino Uno, care le va procesa în funcție de modul de lucru configurat de utilizator. Utilizatorul va comanda sistemul folosind o tastatură matricială de 4x4 caractere, conținând cifrele de la 0 la 9, literele A, B,

C și D, precum și caracterele speciale '#' și '\*' . Tastatura este conectată la microcontroller prin 8 semnale digitale, patru pentru rânduri (R3...R0) și patru pentru coloane (C3...C0).

Un afișaj LCD, cu două linii și 16 caractere pe fiecare linie este folosit pentru afișarea informațiilor utile pentru monitorizarea operației sistemului și pentru asistarea utilizatorului în procesul de configurare. Afișajul LCD se conectează la microcontroller folosind semnalele digitale E – enable, RS – reset, și DB7...DB4, semnale de date.

Sistemul este alimentat la 9 V, folosind un bloc de 6 acumulatori de tip R6, de 1.5 V. Regularizarea tensiunii este realizată de placa Arduino, care generează tensiune stabilizată de 5 V pentru alimentarea afișajului LCD, și tensiune stabilizată de 3.3 V pentru alimentarea receptorului GPS.

În modul activ, microcontrollerul procesează semnalele primite de la receptorul GPS și generează semnale de nivel TTL, active pe zero, de durată prestabilită de utilizator, folosind conectorul de J1, de tip RCA (female). Perioada de timp în care semnalul este zero controlează timpul de expunere al camerei foto conectată la telescop. În paralel cu conectorul J1 este conectat un LED (LED1), în serie cu rezistența R1, de 150 Ohm, pentru a permite utilizatorului să monitorizeze funcționarea corectă a sistemului.



Fig. 1. Arhitectura sistemului de declanşare a camerelor.

### Modurile de funcționare ale dispozitivului:

<u>Modul pasiv</u>: la pornirea sistemului, acesta va afișa pe LCD timpul global, sub forma OO:MM:SS, în sistemul de timp UTC (Timp Universal Coordonat), primit de la receptorul GPS prin interfața UART. Microcontrollerul va recepționa șirul de caractere NMEA, și va identifica sub-șirul relevant, care indică timpul, și va afișa ora (OO), minutul (MM) și secunda (SS) curente, în mod continuu, pe LCD.

În acest mod, sistemul primește comenzi de la utilizator prin intermediul tastaturii. Comenzile valide sunt:

Apăsarea tastei ,A': utilizatorul comandă sistemului să extragă din memoria internă non-volatilă EEPROM un program de generare de pulsuri de sincronizare pre-stocat. Dacă nu există un astel de program stocat în EEPROM, apăsarea tastei nu are nici un efect.

Apăsarea tastei ,B': utilizatorul comandă sistemului să stocheze în memoria internă non-volatilă EEPROM programul curent activ. Dacă nu există un astfel de program, apăsarea tastei B nu are nici un efect, memoria EEPROM păstrând programul deja stocat, dacă acesta există.

Apăsarea tastei ,C': comandă sistemului intrarea în modul pasiv, pentru a putea fi din nou configurat. Apăsarea acestei taste oprește desfășurarea programului activ.

Apăsarea tastei ,D': introduce sistemul în modul test, afișând pe LCD șirul de caractere "PPS test mode".

Introducerea programului de lucru: utilizatorul va introduce ora, minutul și secunda la care sistemul va începe declanșarea pulsurilor de sincronizare, timpul în secunde între pulsuri, lățimea în milisecunde a pulsului, și numărul de pulsuri care se vor executa. Forma comenzii este următoarea:

HH\*MM\*SS\*T\*E\*N#

HH – ora MM – minutul SS – secunda T – timpul în secunde dintre începutul a două pulsuri E – timpul de expunere (lățimea pulsului, în milisecunde) N – numărul de pulsuri de executat # comanda de activare a programului

Exemplu:

13\*35\*00\*5\*700\*1000#

Comanda de mai sus activează dispozitivul, care, începând cu ora 13:35:00, va genera 1000 de pulsuri la intervale de 5 secunde, cu lățime de 700 ms.

Dacă la apăsarea tastei ,#' șirul de caractere introdus de utilizator nu respect formatul de mai sus, se va afișa un mesaj de eroare. Dacă șirul este corect, se afișează pe LCD, în continuarea acestuia, caracterele ,AC', indicând că sistemul a devenit activ, și se va aprinde LED1.

<u>Modul activ</u>: în acest mod, sistemul va primi de la receptorul GPS, periodic, ora exactă UTC, o va afișa pe LCD, și o va compara cu ora specificată de șirul de caractere program pentru generarea pulsurilor. Dacă ora curentă, indicată de receptorul GPS, este la o secundă de declanșarea următorului puls (exemplu: dacă pulsul trebuie declanșat la 20:15:49, și ora este 20:15:48), sistemul va intra în modul blocant, în care va monitoriza continuu semnalul 1PPS al receptorului. În momentul în care acest semnal efectuează o tranziție din nivel logic 0 în nivel logic 1, microcontrollerul va stabili pe pinul digital 13 nivelul logic 0, declanșând camera foto. Folosind

temporizatorul intern, microcontrollerul va menține semnalul de pe pinul 13 pe durata necesară expunerii programată de utilizator. După epuizarea timpului necesar expunerii, pinul 13 va primi din nou nivelul logic 1, și programul își va continua execuția până la terminarea numărului de pulsuri programat de utilizator.

Folosind modul blocant pentru citirea semnalului 1PPS de la receptorul GPS asigură declanșarea camerelor foto cu o precizie comparabilă cu a semnalului 1PPS însuși, semnal care are o precizie de ordinul nanosecundelor.

<u>Modul PPS test:</u> la apăsarea tastei D sistemul intră în modul test. Pe LCD se va afișa mesajul "PPS Test mode". Sistemul va afișa ora în mod continuu, și va citi semnalul 1PPS de la receptorul GPS, valoarea acestui semnal fiind copiată direct în starea pinului 13, conectat la LED1. În acest mod, utilizatorul va putea monitoriza semnalul 1PPS al receptorului GPS, pentru a putea ști dacă receptorul este sincronizat cu sistemul de poziționare globală, deoarece semnalul 1PPS nu se generează decât dacă receptorul este complet sincronizat.

Din modul 1PPS se iese prin apăsarea tastei C.

Figura 2 prezintă aspectul exterior al sistemului, aflat în modul activ. Au fost realizate două astfel de dispozitive, pentru a putea fi folosite în cele două locații de observație.



Fig. 2. Sistemul de declanşare a camerelor.

Dispozitivul de declanșare optimizat face subiectul cererii pentru brevet de inventie, cu titlul "Dispozitiv și metodă pentru sincronizarea precisă la distanță a sistemelor pentru observații astronomice", autor Radu Danescu, inregistrata la OSIM cu numarul A/10049/2015, in data de 24.09.2015.

# **3.** Studiul si experimentarea tehnicilor pentru estimarea si propagarea iterativa a parametrilor orbitali TLE

Au fost realizate teste de prelucrare astrometrică clasică și de determinare a parametrilor orbitali pentru sateliți cu orbite relativ circulare. În acest scop au fost prelucrate observațiile obținute în data

de 06.11.2015 pentru satelul geodezic Etalon-1. Algoritmul de determinare a parametrilor orbitali este descris pe scurt în continuare.

**Ecuații de bază.** Determinarea parametrilor unei orbite circulare a fost făcuta in acord cu algoritmul Zeinalov [Biul ITA 10, 1966, 537]. Mișcare a satelitului este considerata in raport cu sistemul de referinta inerțial geocentric drept Oxyz, avand originea O in centrul de masa al pamantului, axa - Ox directionată către punctul vernal si axa Oz in directia polului Nord ceresc.

Pozitia geocentrică a satelitului in acest sistem de referinta este data de relatia vectoriala:

$$\vec{r} = R + \vec{\rho} \tag{1}$$

unde r(x,y,z) este vectorul raza geocentrică al satelitului (|r|=a), R(X,Y,Z) este vectorul raza geocentrica al statiei de urmarire., în timp ce  $\rho(\rho_x, \rho_y, \rho_z)$  reprezinta vectorul razei topocentrice al satelitului. Daca coordonatele geograficeale statiei de urmarire sunt cunoscute ( $\varphi$  = latitudinea,  $\lambda$  = longitudinea, masurata de la Greenwich inspre est, H= altitudinea in metri deasupra nivelului marii) atunci coordonatele *X*, *Y*, *Z* sunt date de relațiile:

$$X = X_0 \cos \theta - Y_0 \sin \theta$$
  

$$Y = X_0 \sin \theta + Y_0 \cos \theta$$
  

$$Z = Z_0$$
(2)

unde  $\theta$  este timpul sideral Greenwich corespunzator unui moment t. Cantitatile  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ , reprezinta coordonatele statiei de urmarire intr-un sistem de referinta geocentric dreptunghiular, *OXYZ*, similar cu  $\partial xyz$ , dar cu axa OX directionata către meridianul Greenwich (un sistem de referinta fix in raport cu Pamantul). Ele sunt date de:

$$X = R \cos \varphi' \cos \lambda$$
  

$$Y = R \cos \varphi' \sin \lambda$$
  

$$Z = R \sin \varphi'$$
(3)

unde:

$$R\cos\varphi' = (C + H / a_e)\cos\varphi$$

$$R\sin\varphi' = (S + H / a_e)\sin\varphi$$

$$C = \sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}$$

$$S = (1 - e^2)C$$
(4)

În aceste relatii, R si  $\varphi'$  reprezinta vectorul razei geocentrice si a latitudinii geocentrice a statiei de urmarire, respectiv  $a_e$  este raza ecuatoriala ale elipsoidului de referință, iar  $e^2$  este o constantă legată de turtirea Pămîntului (elipsoidul Krassovskz are parametrii:  $a_e = 6378.245$  km,  $e^2 = 0.0066934210$ ). Vom considera cantitatea  $a_e$  ca si unitate de lungime.

Observatiile folosite sunt date in coordonate orizontale (Az, Alt) sau ecuatoriale ( $\alpha$ ,  $\delta$ ). În ambele cazuri trebuie facuta trecerea la coordonate ecuatoriale corespunzatoare epocii t. Prin urmare , observatiile sunt date în forma:

 $t_i, \alpha_i, \delta_i, \quad i = 1, 2$ 

Notând cu:

$$\lambda = \cos \delta \cos \alpha$$

$$\mu = \cos \delta \sin \alpha$$
(6)  

$$\nu = \sin \delta$$
Cosinuşii directori  $\rho$  ( $|\rho| = \rho$ ), Ecuatia (1) poate fi scrisa sub forma scalară:  

$$x = \lambda \rho + X$$

$$y = \mu \rho + Y$$
(7)  

$$z = \nu \rho + Z$$
Din (7) obtinem:  

$$a^{2} = \rho^{2} + 2\rho G + R^{2}$$
(8)  
unde:  

$$a^{2} = x^{2} + y^{2} + z^{2}$$

$$R^{2} = X^{2} + Y^{2} + Z^{2}$$
(9)  

$$R \cos \psi = \lambda X + \mu Y + \nu Z$$

Ecuatia (8) leaga trei cantitati necunoscute: *a*,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ , (corespunzând momentelor t1, respectiv t2). În ecuatia (9),  $\psi$  este unghiul dintre directia topocentrică către satelit (a carui cosinusuri sunt  $\lambda$ ,  $\mu$ , v) si direcția către punctul de observație (a carui cosinusuri sunt *X*/*R*, *Y*/*R*, *Z*/*R*). Rezolvând ecuația(8) pentru  $\rho$ , obținem:

$$\rho = -G + \sqrt{a^2 - F^2} \tag{10}$$

unde, ca si în [2], cu  $F^2$  se noteaza diferența  $R^2$ - $G^2$ . Radicalul din (10) a fost dat cu semn pozitiv pentru a avea  $\rho > 0$ .

Daca pozitia satelitului la momentele t1, t2 este determinata de unghiurile  $u_1$ ,  $u_2$ , respectiv de arcul  $u_2 - u_1$  (de obicei notat cu 2f) reprezinta unghiul dintre vectorii razelor geocentrice  $r_1(x_1, y_1, z_1)$ și  $r_2(x_2, y_2, z_2)$ , unde  $|r_1| = |r_2| = a$ . Acest arc poate fi determinat geometric din relatia:

$$2f_{g} = \arccos\left[\frac{x_{1}x_{2} + y_{1}y_{2} + z_{1}z_{2}}{a^{2}}\right]$$
(11)

sau, in forma dinamica din relatia:

$$2f_a = n(t_2 - t_1)$$
(12)

unde:

$$n = ka^{-\frac{3}{2}} \tag{13}$$

este miscarea medie a satelitului. Determinarea lui 2f in doua maniere diferite ne da posibilitatea de a calcularaza orbitei circulare (a) prin metoda proximarilor succesive. Deci, luand o valoare arbitrara

pentru *a*, gasim cu ecuatia (10) cantitatile  $\rho_1 \neq \rho_2$ . Apoi, din (7) gasim coordonatele geocetrice ale satelitului si in final, din ecuatiile (11) - (13), determinam  $2f_g \neq 2f_a$ . În cazul unei orbite circulare  $2f_g = 2f_a$ ; prin urmare valoarea ceruta pentru *a* trebuie sa satisfaca relatia:

$$F(a) = 2f_a - 2f_g = 0$$
(14)

Precum in [2], [3], vom folosi urmatoarea formula recurență pentru a:

$$a_{n+2} = a_{n+1} + \Delta a \tag{15}$$

unde:

$$\Delta a = -\left(a_{n-1} - a_n\right) \left[ \frac{\Delta f_{n+1}}{\Delta f_{n+1}} - \Delta f_n \right) \right]$$
(16)

si:

$$\Delta f_n = F(a_n) = 2f_a - 2f_g \tag{17}$$

Acest proces iterativ se incheie când este îndeplinită condiția:

$$\left|\Delta f_{n+1}\right| < \mathcal{E}$$

Aici  $\varepsilon$  este o cantitate pozitiva data anterior (spre exemplu,  $\varepsilon = 10^{-9}$ ).

Corectia  $\Delta a$  poate fi calculată cu (16) doar daca doua aproximari ale lui *a* sunt cunoscute. Ca si prima aproximare vom considera  $a_1=1.00$ , si pentru cea de-a doua consideram (ca in [2])  $\Delta a = 0.01$ ; deci,  $a_2=1.01$ . Apoi, calculele continua în acord cu Ecuatiile (15) - (18).

(18)

Elementele orbitale i si  $\Omega$  pot fi determinate din relatiile [4]:

$$[a_{1}a_{2}]\sin i \sin \Omega = y_{1}z_{2} - y_{2}z_{1}$$

$$[a_{1}a_{2}]\sin i \cos \Omega = x_{1}z_{2} - x_{2}z_{1}$$

$$[a_{1}a_{2}]\cos i = x_{1}y_{2} - x_{2}y_{1}$$
(19)

unde:  

$$[a_1 a_2] = a^2 \sin(2f)$$
 (20)

Se poate vedea cu usurinta ca orbitele circulare devin nedeterminate daca  $i=0^{\circ}$  (cazul orbitelor equatoriale) sau daca  $2f \in \{0^{\circ}, 180^{\circ}\}$  cele doua observatii sunt coincidente sau se desfasoara in directii diametral opuse. Daca folosim observatii de la o singura statie si de la un singur tranzit, atunci putem considera  $0^{\circ} < 2f < 180^{\circ}$  aproape intotdeauna.

Iar în final, argumentul latitudinii  $u_1 = u_1(t)$  poate fi determinat din relatiile:

$$a \sin u_1 = z_1 \cos \sec i$$
  

$$a \cos u_1 = x_1 \cos \Omega + y_1 \sin \Omega$$
(21)

Programul de calcul care implementează acest algoritm a fost realizat pe baza referinței: T.Oproiu, A.Pal, On the Identification of Artificial Satellites with Quasi-Circular Orbits, Babeş-Bolyai University, Faculty of Mathemathics Research Seminaires, 2, (1980), Cluj-Napoca, 1981, p.132-161. Exemple ale listingurilor de ieșire pentru câteva combinații din seturile de date obținute pentru trecerile din 3 zone distanțate ale orbitei sunt date în continuare. Se poate observa concordanța foarte bună cu elementele orbitale TLE ale satelitului date în secțiunea 5.



## 4. Estimarea performantelor sistemului AMHEOS in perspectiva integrării sale in sistemul SST European conform cerințelor ESA si EC

Scopul principal al acestei activitati a fost estimarea viitoarei contributii a Romaniei la sistemul SST European conform cerintelor ESA si EC (Comisia Europeana), in particular a performantelor si rolului facilitatii AMHEOS in cadrul acestui sistem si dezvoltarea unei propuneri de contributie a Romaniei.

Scurta descriere a rezultatelor studiului intreprins

Propunere de participare a Romaniei in cadrul sistemului SST european cu: "Facilitate operationala de supraveghere spatiala optica pasiva a obiectelor aflate pe orbite inalte (MEO, HEO, GEO).

Propunerea este agreata de ROSA, reprezentantul Romaniei in cadrul acestui proiect al Comisiei Europene. Negocieri cu Comisia Europeana in curs de desfasurare.



Fig. 3. Sistemul de observatie de la Marisel.

Scurta descriere a facilitatii obsevationale:

- O pereche de telescoape identice: apertura 30 cm si camere CCD mari, FOV pana la 1<sup>0</sup> x 1<sup>0</sup> fiecare (dependente de camera utilizata).
- Precizie unghiulara:  $< 10^{-3}$  deg.
- Facilitate de procesare a datelor astrometrice.
- Infrastructura necesara (incluzand cupole robotice). Distanta intre telescoape: 36.5 Km.

Motivatie pentru implementarea in Romania a unei facilitati SST pentru obiecte aflate pe orbite inalte (dincolo de LEO):

- O retea Europeana de telescoape (incluzand Romania) mareste:
  - Fereastra de vizibilitate a unui obiect spatial
  - Probabilitatea de detectie a unui obiect necunoscut
  - Acuratetea determinarii orbitei obiectului
  - Exista obiecte pe orbite inalte care nu pot fi detectate de telescoape aflate in partea de vest a Europei.
- Parti semnificative ale infrastructurii necesare exista (in fapt, infrastructura pe care se bazeaza AMHEOS). Facilitatea poate fi adusa in faza operationala (in cadrul sistemului SST European) in cam 12-18 luni, fara a implica un buget suplimentar urias, posibil sa fie acordat din fonduri UE sau ESA.<sup>1</sup>
- Sistemul existent satisface in mare parte cerintele EC in termeni de acuratete unghiulara si numar de obiecte detectabile. Cerintele sunt definite in documentele citate ca referinte.
- Problema validarii sistemului SST optic propus de Romania (in termeni de acuratete) este actualmente o problema deschisa. O varinta, aflata in lucru, consta in validarea de catre ESA a sistemului din Romania, pe baza compararii pozitiei satelitilor GALILEO determinata de reteaua globala (de radio ranging si laser ranging) cu date furnizate de sistemul SST optic aflat in Cluj.
- Alte cerinte formulate de EC pentru participarea Romaniei la sistemul SST european:

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Aducerea facilitatii in faza operationala implica multe. De exemplu, timp de raspuns scurt pentru detectarea, la cerere, a unui obiect spatial (presupune operare in fiecare noapte cu cer senin), dar si aspecte care tin de securizarea datelor (pot fi sateliti militari).

- Facilitatea trebuie sa fie detinuta de persoane juridice din Romania: cerinta satisfacuta.
- Trebuie decis daca facilitatea este operationala sau in dezvoltare. Raspuns: este in dezvoltare. Necesare fonduri suplimentare pentru aducerea facilitatii in faza operationala.
- Existenta infrastructurii si a personalului necesar operarii sistemului. Raspuns: cerinta partial satisfacuta. Cine plateste personalul in faza operationala?
- Securitate. Cine asigura clasificarea datelor? Raspuns: vezi sectiunea urmatoare, probabil ROSA (in cooperare cu institutii din zona securitatii).

Diagrama de mai jos prezinta o arhitectura simplificata a sistemului AMHEOS, in cadrul sistemului SST european:



Fig.4. Arhitectura simplificata a sistemului AMHEOS.

#### **OBSERVATII:**

- Gradul de procesare a datelor observationale furnizate de Romania in cadrul sistemului SST european este subiect de discutie intre natiunile participante, exista aspecte tehnice nelamurite in acest moment.
- Cel mai probabil datele observationale vor fi furnizate unui "front desk" national (posibil va fi implementat de ROSA) care:
  - Va asigura cerintele de securitate solicitate (de exemplu clasificarea datelor atunci cand este necesar)
  - Va asigura interfata cu un centru european care: va coordona observatiile, va construi un catalog de obiecte spatiale detectate de diversi senzori si va dezvolta servicii pentru terti (NATO, guverne, operatori satelitari, etc.).
  - Implementarea unui centru care sa coordoneze activitatile SST la nivel european este actualmente subiectul unei licitatii lansate de ESA in 03.11.2015<sup>2</sup>

Pobleme de rezolvat pentru aducerea facilitatii AMHEOS in faza operationala si includerea ei in sistemul SST european si care nu pot fi rezolvate in cadrul prezentului contract:

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Invitation to Tender AO/1-8407/15/D/MRP, P2-SST-VII Expert Coordination Centres (Phase 1), Item no. 14.118.15 in the list of ESA intended Invitations to Tender.

- In cluderea AMHEOS in sistemul SST european implica actiuni care depasesc cadrul unui proiect de cercetare, precum negocieri ale Romaniei cu EC si ESA.
- Sunt necesare investitii suplimentare in infrastructura si personal care depasesc cadrul actualului contract de cercetare.
- Este necesara validarea AMHEOS, singura varianta identificata actulmente este ESA, subiect de negocieri in curs de desfasurare.
- Este complet neclar cine va asigura cheltuielile in faza operationala (post contract cu UEFISCDI).

### Bibliografie

[1] EC2014b "ANNEXES to the Commission Implementing Decision on the Procedure for Participation of the Member States in the Space Surveillance and Tracking Support Framework", 12.9.2014

[2] European Space Agency, "SSA PROGRAMME OVERVIEW", 26.02.2015, http://www.esa.int/Our\_Activities/Operations/Space\_Situational\_Awareness/SSA\_Programme\_over view

[3] EC2014 "COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 12.9.2014 on the procedure for participation of the Member States in the Space Surveillance and Tracking Support Framework", 12.9.2014

[4] European Union "DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Framework for Space Surveillance and Tracking Support", 4.04.2014

[5] Jens Utzmann and all, "ARCHITECTURAL DESIGN FOR A EUROPEAN SST SYSTEM", *Proc. '6th European Conference on Space Debris' Darmstadt, Germany*, 22–25 April 2013.

# 5. Achizitie de date de observație pentru testarea si optimizarea algoritmilor

A fost instalată și testată camera CCD și sistemul de filtre UBVRI achiziționate la sfârșitul etapei a 3-a (2014) a proiectului AMHEOS.

- Caracteristicile principale ale camerei CCD SBIG STT-1603ME :
  - Cip CCD: Kodak KAF-1603ME
  - o Dimensiuni: 13.8 mm x 9.2 mm, 1536 x 1024 pixeli, 9 x 9 μm/pixel
  - Capacitatea de stocare per pixel: 100000 e<sup>-</sup>
  - Curentul de întuneric: 0.1 e<sup>-</sup> / pixel / sec. @ -20°C
  - Sistem de obturare: mecanic
  - Câștigul: 2.3 e<sup>-</sup> / ADU
  - Zgomotul de citire: < 15 e<sup>-</sup> rms
  - Moduri de lucru de binning: 1x1; 2x2; 3x3; 9x9; x n
  - Rata de digitizare: 10 Megapixeli/ sec
  - Sistemul de conversie analog/ digital: 16 biți
  - Timpul de conversie+transfer al unei imagini: < 1sec.
  - Temperatura maximă de răcire: -55°C pentru răcire cu aer
  - Stabilizarea în temperatură:  $\pm 0.1$  °C
  - Alimentare: 12 Vcc, 3.5 A
  - Interfețe: USB 2.0 și Ethernet
  - Facilități sincronizare externă: Trigger In, Trigger Out
  - Dimensiune corp cameră: 124 x 124 x 74 mm
  - Montură spre tub optic: T- Thread, 2" nosepiece
  - Greutate: 1.2 kg

- Caracteristicile principale ale capului de filtre SBIG FW8S-STT
  - Număr de poziții: 8
  - Backfocus mecanic: 36.2 mm
  - Diametru filtre: 36mm, 1.25" cu adaptor
  - Dimensiuni: 210 x 160 x 38mm
  - Greutate: 1.15kg



Fig. 5. Telescopul Meade LX600 și camera CCD SBIG STT 1603ME instalate în cupola 2 (ProDome 10', diametrul =3m) al Observatorului Astronomic Cluj – Stația Feleacu.

Au fost realizate sesiuni de achiziții de date pentru stația de observații Feleacu, cu ajutorul arhitecturii observaționale achiziționate în cadrul proiectului.

- Telescop: Meade LX600 12" ACF
  - Sistem optic de tip Schmidt-Cassegrain catadioptric (D=300mm, F=2400mm)
  - Montura mecanică ecuatorială de tip furcă
  - Sistem Starlock pentru urmărirea și ghidarea fină automată a zonei de cer observată
- Senzor optic: cameră CCD SBIG STT-1603
  - Senzor optic CCD Kodak KAF 1603ME: 13.8 mm x 9.2 mm
  - 1536 x 1024 pixeli, 9 x 9 μm/pixel
  - Binning analogic 2 x 2
- Computer de achiziție imagini
- Sistem de sincronizare cu timp GPS, echipat cu microcontroller Arduino pentru comanda triggerării externe a obturatorului camerei DSLR (aplicat pentru patent de Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca).

Am reusit observarea sateliților de tip geodezic Etalon-1 și Etalon-2 (Russia). Acești sateliți sunt dedicați în principal sistemelor de tip Laser-ranging. Familia de sateliți Etalon au fost lansați în

conjuncție cu o pereche de sateliți GLONASS pe orbite MEO. Misiunea principală a acestor sateliți este de a determina cu mare acuratețe parametrii sistemului de rotație a Pământului, sistemului de referință geodezic, îmbunătățirea cunoașterii câmpului gravitațional și a constantei gravitației Pământului. Sateliții Etalon sunt sfere pasive cu diametrul de 1.294m și greutatea de 1415 kg pe suprafața cărora sunt prevăzute cu 2146 "cratere" reflectoare direcțional de tip colț de cub din quartz.Perioada nominală a sateliților este 676 minute, înclinarea este de 65 °.

Elementele orbitale TLE ale sateliților Etalon-1 și Etalon-2, determinate pe baza rețelei de Laser ranging, pentru data de 6 noiembrie 2015 sunt (conform http://www.celestrak.com/NORAD/elements/supplemental/cpf.txt):

ETALON1 [HTS] 1 19751C 89001C 15308.93750000 .0000000 00000-0 00000-0 3086 2 19751 64.1513 205.2704 0019959 207.7224 263.0734 2.13156438 11 ETALON2 [HTS] 1 20026C 89039C 15308.93750000 -.00000000 00000-0 00000-0 3085 2 20026 64.7626 82.8610 0016494 222.2836 111.5703 2.13204753 13

Au fost obținute serii de imagini cu timp de expunere de 2 secunde pentru treceri în zone prestabilte ale sateliților. Imaginile au fost calibrate (corecțiile de offset, temperatureă "bias, dark frames", neuniformitate "flat field", și pixelii defecți "defect map").



Fig. 6. Imagini obținute pentru stația de observații Feleacu pentru trecerea satelitului Etalon-1 în zona centrată pentru coordonatele topocentrice  $RA_{2015.85}$  16h 07m 59.9s,  $DEC_{2015.85}$ +53°06'51.5", pentru momentele t<sub>1</sub>= 18:23:04 UT și respectiv t<sub>2</sub>= 18:23:10 UT, 2015.11.06 (t<sub>exp</sub>= 2 sec.).



Fig. 7. Imagini obținute pentru stația de observații Feleacu pentru trecerea satelitului Etalon-1 în zona centrată pentru coordonatele topocentrice  $RA_{2015.85}$  00h 02m 35.0s,  $DEC_{2015.85}$ +33°25'34.2", pentru momentele  $t_1$ = 20:23:55 UT și respectiv  $t_2$ = 20:24:02 UT, 2015.11.06. Pe prima imagine se poate observa un "flash" datorat unei reflexii direcționale pe unul dintre reflectoarele direcționale de tip colț de cub ale satelitului ( $t_{exp}$ = 2 sec.).



Fig. 8. Imagini obținute pentru stația de observații Feleacu pentru trecerea satelitului Etalon-1 în zona centrată pentru coordonatele topocentrice  $RA_{2015.85}$  01h 29m 55.8s,  $DEC_{2015.85}$  -11°07'27.2", pentru momentele t<sub>1</sub>= 21:39:48 UT și respectiv t<sub>2</sub>= 21:39:57 UT, 2015.11.06 (t<sub>exp</sub>= 2 sec.).

Calibrarea seriilor de imagini astronomice, precum și reducerea fotometrică pentru seriile de imagini a fost făcută cu software-ulAIP4Win V2.4.0 (Berry&Burnell, 2005-2014). Reducerea astrometrică preliminară a fost realizată cu software-ul "The Sky X" (Software Bisque)

De asemenea au fost obținute și observații pentru alți sateliți de tip MEO (GPS, GLONASS, Galileo)



Fig. 9. Imagini obținute pentru stația de observații Feleacu pentru trecerea satelitului Galileo GSAT-0205 în zona centrată pentru coordonatele topocentrice RA<sub>2015.85</sub> 02h 43m 59.4s, DEC<sub>2015.85</sub> +53°59'07.1", pentru momentele t<sub>1</sub>= 18:58:55 UT și respectiv t<sub>2</sub>= 18:59:10 UT, 2015.11.06 (t<sub>exp</sub>= 2

sec.).



Fig. 10. Imagini obținute pentru stația de observații Feleacu pentru trecerea satelitului GPS BIIR-2 în zona centrată pentru coordonatele topocentrice  $RA_{2015.85}$  03h 45m 09.7s,  $DEC_{2015.85}$  +12°16'11.7", pentru momentele  $t_1$ = 22:53:57 UT și respectiv  $t_2$ = 22:54:05 UT, 2015.11.06 ( $t_{exp}$ = 2 sec.).

Magnitudinea limită a stelelor detectate și folosite în obținerea reducerilor astrometrice imagini a fost = 17, în condițiile folosirii expunerilor de 2 secunde fără filtru.

### 6. Diseminare rezultate

În perioada etapei 1 (Iulie 2012-Decembrie 2012) a fost publicat 1 articol ISI,

R. Danescu, F. Oniga, V. Turcu, O. Cristea, "Long Baseline Stereovision for Automatic Detection and Ranging of Moving Objects in the Night Sky", Sensors, vol. 12, No. 10, October 2012, pp. 12940-12963. [factor de impact 2013, **1.95**]

În perioada etapei 2 (Ianuarie 2013 – Decembrie 2013), au fost publicate următoarele lucrări:

1) O. Cristea, P. Dolea, V. Turcu, R. Danescu, "Long baseline stereoscopic imager for close to Earth objects range measurements", Acta Astronautica, vol. 90, No. 1, September 2013, pp. 41–48. [factor de impact 2013, **0.701**]

**2**) R. Danescu, A. Ciurte, F. Oniga, O. Cristea, P. Dolea, V. Dascal, V. Turcu, L. Mircea, D. Moldovan, "SURVEILLANCE OF MEDIUM AND HIGH EARTH ORBITS USING LARGE BASELINE STEREOVISION", "TIM 2013 Physics Conference", Editors O.M. Bunoiu, N. Avram, A. Popescu, AIP Conference Proceedings, Volume 1634, AIP Publishing LLC 978-0-7354-1273-6, p. 144-150, doi: 10.1063-1.4903029.

In perioada etapei 3 (Ianuarie 2014 – Decembrie 2014), au fost publicate urmatoarele lucrari:

**1**) A. Ciurte, R. Danescu, "Automatic Detection of MEO Satellite Streaks from Single Long Exposure Astronomic Images", 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications 2014 (VISAPP 2014), Lisabona, Portugalia, 5-8 Ianuarie 2014, pp. 538-554.

2) R. Danescu, A. Ciurte, V. Turcu, "A Low Cost Automatic Detection and Ranging System for Space Surveillance in the Medium Earth Orbit Region and Beyond", Sensors, vol. 14, No. 2, February 2014, pp. 2703-2731 (factor de impact 2014, **2.048**).

3) A. Ciurte, A. Soucup, R. Danescu, "Generic Method for Real-time Satellite Detection Using Optical Acquisition System", International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2014), 2014, pp. 179-185.

4) V. Turcu, L. Mircea, T. Oproiu, D. Moldovan, A. Pop, "AMHEOS project. Reduction methods", Symposium Challenges in Astronomy, Astrophysics and Space Science, Academia Română, Filiala Cluj-Napoca, Observatorul Astronomic Cluj-Napoca, Universitatea "Babeş-Bolyai" Cluj-Napoca, Facultatea de Matematică și Informatică, Facultatea de Fizică, "Zilele Academice Clujene 2014", Cluj-Napoca, 29-30.05.2014.

In perioada **etapei 4** (Ianuarie 2015 – Decembrie 2015) au fost publicate sau trimise spre publicare urmatoarele lucrari:

1) Octavian Cristea, "Space related activities and projects at BITNET CCSS. Contributions to a Romanian SST System", AIRBUS DS– ROMANIA meeting Bucharest 07.04.2015, prezentare orala.

2) Octavian Cristea, "Towards a Romanian space situation awareness strategy, existing activities, projects and funding resources", Simpozion "International Year of Light 2015 – Astronomical perspectives", Cluj-Napoca, 21 May 2015, in cadrul Zilelor Academice Clujene, prezentare orala.

3) Octavian Cristea, Vlad Turcu, Mircea Cernat, "Steps Towards a European SST System for Objects Beyond LEO Altitudes. Romanian Insights", NATO SCI-283 Symposium on "Consideration for Space and Space-Enabled Capabilities in NATO Coalition Operations", Loughborough University, United Kingdom 17 - 18 May 2016, trimis spre publicare. 4) C. Vicas, S. Nedevschi, "Detecting Curvilinear Features Using Structure Tensors", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 24, No. 11, pp. 3874-3887, November 2015 (factor de impact 2015, 3.625). 5) Turcu, V., Oproiu, T., Mircea, L., Moldovan, D., Pop, A., Cristea, O., Dolea, P., Dascăl, V., Dănescu, R., Ciurte, A., Oniga, F., "LEOSCOPE and AMHEOS projects – development of Long Baseline Stereoscopic Sensors for Space Surveillance", Physique et Astrométrie des Solaire, Atelier, 27-29 Mai 2015, Bucuresti, Objets du Systeme Romania (http://observer.astro.ro/passo/?atelier.html). Articolul urmează să fie publicat în Romanian Astronomical Journal. (http://www.astro.ro/~roaj/) 6) Anisiu, M.-C., Szücs-Csillik, I.: An analysis of some corrected Newtonian potentials in the Astrophysics and Space two-body problem. Science (în proces review) de (http://www.springer.com/astronomy/astrophysics+and+astroparticles/journal/10509)

De asemenea, in etapa 4 a fost depusa cererea pentru brevet de inventie, cu titlul "**Dispozitiv** și metodă pentru sincronizarea precisă la distanță a sistemelor pentru observații astronomice", autor **Radu Danescu**, inregistrata la OSIM cu numarul **A/10049/2015**, in data de 24.09.2015.

Rezumatul descrierii inventiei:

Dispozitivul (1) pentru sincronizarea precisă la distanță a sistemelor pentru observații astronomice este alcătuit dintr-un receptor GPS (4) cu două canale, unul clasic pentru citirea timpului global și un semnal de sincronizare 1PPS (Pulse Per Second) cu o precizie foarte ridicată, o placă cu microcontroller (5), o tastatură matricială (6) la dispoziția utilizatorului și un ecran LCD (7) pentru afișaj, la acest dispozitiv conectându-se un telescop (3) prevăzut cu o cameră foto (2) care vor fi declanșate de către dispozitivul (1) conform unui program de expuneri încărcat apriori.

Metoda pentru sincronizarea precisă la distanță a sistemelor pentru observații astronomice presupune pregătirea a două dispozitive de declanșare (1) cu un program de expuneri și plasarea lor la locurile unde se vor efectua observațiile, verificarea semnalului GPS și sincronizarea cu sateliții, trecerea dispozitivelor (1) în modul activ, conectarea camerelor foto (2) la dispozitivele (1) și rularea programului de expuneri pentru captarea imaginilor de la telescoapele (3).

### 7. Cooperare internationala

1. BITNET CCSS a contribuit semnificativ si in 2015 la elaborarea strategiei nationale in domeniul SST (in cooperare cu ROSA si alte organizatii din Romania).

2. In calitate de consultant al ROSA (Agentia Spatiala Romana), BITNET CCSS a recomandat includerea facilitatii dezvoltate in cadrul proiectului AMHEOS in propunerea de proiect care va fi inaintata de Romania Comisiei Europene in 2016 referitoare la contributia nationala la viitorul sistem SST European.

3. In calitate de consultant al ESA in domeniul activitatilor SST (Space Surveillance and Tracking), BITNET CCSS a recomandat includerea facilitatii dezvoltate in cadrul proiectului AMHEOS in arhitectura viitorului sistem SST European.

4. De asemenea, dezvoltarea unui sistem SST national (in particular AMHEOS) a fost promovat de BITNET CCSS in cadrul NATO.

	Denumirea indicatorilor	UM/An
Indicatori de proces	Numarul de proiecte realizate în parteneriat international	0
	Mobilitati interne	9
	Mobilitati internationale	2
	Valoarea investitiilor în echipamente pentru proiecte	82383.48
	Numarul de întreprinderi participante	1
	Numarul de IMM participante	1
Indicatori de	Numarul de articole publicate sau acceptate spre publicare în fluxul stiintific	7
rezultat	principal international	
	Number of articles published in journals indexed AHCI or ERIH Category A	-
	or B (applies to the Humanities only)	
	Number of chapters published in collective editions, in major foreign	-
	languages, at prestigious foreign publishing houses (applies only to Social	
	Sciences and Humanities)	
	Number of books authored in major foreign languages at prestigious foreign	-
	publishing houses (applies only to Social Sciences and Humanities)	
	Number of books edited in major foreign languages at prestigious foreign	-
	publishing houses (applies only to Social Sciences and Humanities)	0.001
	Factorul de impact relativ cumulat al publicatiflor publicate sau acceptate	8.324
	spre publicare	
	Numarul de citari normalizat la domeniu al publicatiflor	12
	Numarul de cereri de brevete de invenție înregistrate (registered patent	1
	application), în urma proiectelor, din care:	
	- naționale (în România sau în altă țară);	1
	La nivelul unei organizații internaționale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	0
	Numarul de brevete de invenție acordate (granted patent), în urma projectelor din care:	0
	- nationale (în România sau în altă tară):	0
	La nivelul unei organizatii internationale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	0
	Veniturile rezultate din exploatarea brevetelor si a altor titluri de proprietate	0
	intelectuala	-
	Veniturile rezultate în urma exploatarii produselor, serviciilor și	0
	tehnologiilor dezvoltate	
	Ponderea contributiei financiare private la proiecte	7,37 %
	Valoarea contributiei financiare private la proiecte	188148.5 lei

# Indicatori de proces și de rezultat

Cluj Napoca, 27.11.2015

Conf. Dr. Ing. Radu Danescu