



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

**Raport științific, Etapa 5** – „Dezvoltarea, testarea si validarea unui sistem automat, de mare acuratețe, pentru estimarea parametrilor orbitali ai sateliților”.

**Anul:** 2016

**Director proiect:** Conf. Dr. Ing. Radu Dănescu

**Echipele de cercetare:**

CO-UTCN: Radu Dănescu, Florin Oniga, Anca Ciurte, Ioan Radu Peter, Mircea Muresan

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 pentru estimarea si propagarea iterativa a parametrilor orbitali TLE. ....	2
3. Achiziție de date de observație, testare si optimizare a sistemului optic și a sistemelor software ..	11
4. Analiza performantelor sistemului, estimarea specificațiilor și a limitărilor instrumentului - Partea II.....	15
6. Diseminarea rezultatelor finale .....	24
7. Cooperare internațională, valorificarea rezultatelor.....	27
Indicatori de proces și de rezultat .....	28

## 1. Introducere – Rezumatul etapei

În această etapă finală a proiectului au fost abordate obiectivele privind dezvoltarea unui sistem de estimare și corecție a parametrilor orbitali pentru sateliții urmăriți, cu rezultate semnificative în privința capabilității de predicție a poziției viitoare a sateliților, a fost îmbunătățit sistemul software, realizând o metodă mai robustă de calibrare automată folosind catalogul stelar offline, și extinzând capabilitățile sistemului pentru a putea procesa imagini de tip fits, care au fost preluate cu noile sisteme de achiziție. Au fost efectuate sesiuni de observație care au produs date noi, care au confirmat acuratețea sistemului și performanțele sistemului. A fost efectuată o analiză a capabilităților sistemului, din punct de vedere a performanțelor de acuratețe de timp, de măsură, precum și din punctul de vedere al cerințelor SST la nivel european și euroatlantic. Rezultatele au fost publicate în articole de conferință și de jurnal, dar și în prezentări care au ca scop găsirea de parteneri internaționali interesați pentru colaborarea SST. Rezultatele proiectului au dus și la contractarea a două proiecte de cercetare cu Agenția Spațială Europeană (ESA).

## 2. Dezvoltarea unui sistem pentru estimarea și propagarea iterativă a parametrilor orbitali TLE.

Scopul acestei activități a fost ca, pornind de la parametri orbitali cunoscuți pentru anumiți sateliți țintă, și folosind măsurătorile obținute prin sistemul de detecție automată, să se poată face o rafinare a acestor parametri, care să îmbunătățească precizia predicției poziției satelitului la timpi ulteriori, pentru a asigura o bună observare și monitorizare a acestuia.

Un set de date TLE conține următorii parametri:

- a) Numele satelitului
- b) Identificatorul internațional
- c) Data epoch-ului (data generării TLE-ului), în format Julian
- d) Coeficientul balistic (derivata de ordinul 1 a mișcării medii)
- e) Derivata de ordinul doi a mișcării medii
- f) Coeficientul de frânare (sau coeficientul de presiune a radiației, BSTAR).
- g) Unghiul de înclinare, între ecuator și planul orbitei,  $i$
- h) Ascensia dreaptă a nodului ascendent, unghiul dintre linia echinocțiului de primăvară și punctul unde orbita traversează planul ecuatorial,  $\Omega$
- i) Excentricitatea orbitei,  $e$
- j) Argumentul perigeu, unghiul dintre nodul ascendent și punctul de pe orbită cel mai apropiat de Pământ,  $\omega$
- k) Anomalia medie: unghiul măsurat față de perigeu al locației satelitului pe orbită, presupunând că orbita este circulară,  $M$
- l) Mișcarea medie: numărul mediu de revoluții pe zi,  $n$
- m) Numărul total de revoluții de la lansare

Dintre acești parametri, cei care sunt de interes pentru noi sunt cei care determină parametrii orbitei Kepleriene,  $a, e, i, \Omega, \omega, T$ , și care ulterior pot fi utilizați pentru a obține coordonatele Carteziene ale satelitului în sistemul de coordonate ECI (Earth Centered, Inertial), pentru orice moment de timp. Din coordonatele ECI, se poate calcula poziția satelitului în sistemul de coordonate ECF (Earth Centered, Fixed, sistemul de coordonate care se rotește împreună cu Pământul).

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ECF} = T_{ECI}^{ECF} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ECI}$$

Transformarea dintre ECI și ECF se compune astfel:

$$\mathbf{r}_{ECI} = \mathbf{W} \mathbf{S} \mathbf{N} \mathbf{P}$$

Cele patru matrice implicate modelează următoarele aspecte astrodinamice:

1.  $\mathbf{W}$  este deplasamentul vitezei angulare a Pământului față de axa  $z$  a sistemului de coordonate ECF
2.  $\mathbf{S}$  este rotația sistemului de coordonate ECF
3.  $\mathbf{N}$  reprezintă nutația ECF față de ECI
4.  $\mathbf{P}$  reprezintă precesia ECF față de ECI.

Din coordonatele ECF, și cunoscând coordonatele geodetice ale observatorului (latitudine, longitudine și înălțime), se pot calcula coordonatele astrometrice ecuatoriale ale obiectului urmărit, unghiurile de Ascensie Dreaptă și Declinație.

### Predicția coordonatelor astrometrice ale unui satelit din vectorul de stare TLE

Din parametrii TLE care definesc orbita Kepleriană vom forma vectorul de stare  $\mathbf{X}$ , vector care este valabil pentru epoch-ul  $T$ .

$$\mathbf{X}_T = \begin{pmatrix} i_T \\ \Omega_T \\ e_T \\ \omega_T \\ M_T \\ n_T \end{pmatrix}$$

Din acest vector, se poate prezice vectorul de observație pentru o singură poziție a unui satelit, în coordonate ecuatoriale topocentrice, observație care depinde de timpul  $t$  și de locul de observare  $P$ , care este specificat în coordonate geodetice, care sunt presupuse fixe și cunoscute:

$$\mathbf{Z}_{t,P} = \begin{pmatrix} \alpha_{t,P} \\ \delta_{t,P} \end{pmatrix}$$

Vom defini o funcție de predicție a măsurătorilor pe baza vectorului de stare  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{Z}'_{t,P} = \mathcal{G}_{T,t,P}(\mathbf{X}) ,$$

Funcția folosește algoritmul sgp4 pentru predicția poziției satelitului în coordonate ECI, și apoi convertește rezultatul în coordonate ecuatoriale topocentrice. Funcția de măsură nu este liniară, și nu poate fi exprimată analitic, pentru că folosește metode numerice pentru estimare. Pentru a putea folosi această funcție într-un proces de estimare iterativă precum filtrul Kalman, va trebui să calculăm Jacobianul acestei funcții. Pentru un timp de măsură dat  $t$ , matricea Jacobian este:

$$\mathbf{J}_{t,P}(\mathbf{X}) = \frac{\partial g_{T,t,P}(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \alpha}{\partial i} & \frac{\partial \alpha}{\partial \Omega} & \frac{\partial \alpha}{\partial n} \\ \frac{\partial \delta}{\partial i} & \frac{\partial \delta}{\partial \Omega} & \frac{\partial \delta}{\partial n} \end{pmatrix}, \dots$$

Deoarece funcția de transformare nu poate fi exprimată analitic, derivarea ascensiei drepte și a declinației față de parametri de stare este calculată numeric. Pentru fiecare valoare din vectorul  $k$  al vectorului  $\mathbf{X}$  ( $k = 1 \dots 6$ ), coloana  $k$  a Jacobianului este calculată ca:

$$\mathbf{J}_{t,P,k}(\mathbf{X}) = \frac{g_{T,t,P}(\mathbf{X} + \Delta_k) - g_{T,t,P}(\mathbf{X} - \Delta_k)}{2\Delta_k}$$

Vectorul  $\Delta_k$  are aceeași dimensiune ca vectorul de stare  $\mathbf{X}$ , având valori zero pe toate pozițiile, cu excepția poziției  $k$ , unde va avea o valoare infimă, scalată cu domeniul de variație al parametrului variat.

### Combinarea măsurătorilor multiple

Pentru ajustarea parametrilor orbitali, vom folosi întregul set de date achiziționat la o sesiune de observație (o noapte). În mod normal, asta înseamnă una sau două treceri prin câmpul vizual al telescopului. Folosind un sistem de detecție automat, precum cel dezvoltat în cadrul acestui proiect, putem extrage, pentru fiecare trecere, o secvență de ascensii drepte și de declinații, fiecare cu timpul de achiziție. Pentru o secvență de timpi  $\tau = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , se construiește vectorul de măsură  $\mathbf{Z}_{\tau,P}$ :

$$\mathbf{Z}_{\tau,P} = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{t_1,P} \\ \dots \\ \mathbf{Z}_{t_n,P} \end{pmatrix}$$

Vectorul de măsurători prezise pentru secvența de timpi va fi calculat ca:

$$\mathbf{Z}'_{\tau,P} = g_{T,\tau,P}(\mathbf{X}) = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}'_{t_1,P} \\ \dots \\ \mathbf{Z}'_{t_n,P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{T,t_1,P}(\mathbf{X}) \\ \dots \\ g_{T,t_n,P}(\mathbf{X}) \end{pmatrix}$$

Jacobianul transformării  $g_{T,\tau,P}$  se calculează prin suprapunerea Jacobienilor individuali ai timpilor  $t_i$  din secvența  $\tau$ .

$$\mathbf{J}_{\tau,P}(\mathbf{X}) = \begin{pmatrix} \mathbf{J}_{t_1,P}(\mathbf{X}) \\ \dots \\ \mathbf{J}_{t_n,P}(\mathbf{X}) \end{pmatrix}$$

Procesul de măsură are o incertitudine specifică, care va fi reprezentată de matricea de covarianță  $\mathbf{R}_{t,P}$ :

$$\mathbf{R}_{t,P} = \begin{pmatrix} \sigma_{\alpha,t}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{\delta,t}^2 \end{pmatrix}$$

Pentru întreaga secvență, matricea de covarianță este construită ca:

$$\mathbf{R}_{\tau,P} = \begin{pmatrix} \mathbf{R}_{t_1,P} & \mathbf{O}_2 & \dots & \mathbf{O}_2 \\ \mathbf{O}_2 & \mathbf{R}_{t_2,P} & \dots & \mathbf{O}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{O}_2 & \mathbf{O}_2 & \dots & \mathbf{R}_{t_n,P} \end{pmatrix}$$

### Ajustarea parametrilor orbitali folosind secvențele de măsurători

Procesul de estimare pornește de la un vector de stare inițial, pe care îl vom nota  $\mathbf{X}_{T,0}$ , care va reprezenta parametrii orbitali din datele TLE de la epoch-ul  $T$ . Acestui vector îi vom asocia o matrice de covarianță  $\mathbf{P}_0$ :

$$\mathbf{P}_0 = \begin{pmatrix} \sigma_{i,0}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\Omega,0}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{e,0}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\omega,0}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{M,0}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{n,0}^2 \end{pmatrix}$$

Valorile deviațiilor standard pentru fiecare parametru sunt reglate experimental, având în vedere domeniul de variație al fiecărui parametru.

Pentru calcularea vectorului de stare corectat în urma măsurătorilor  $\mathbf{Z}_{\tau,P}$ , se va aplica următorul algoritm:

Pentru fiecare iterație  $m$ , de la 1 la  $N$

- 1) Se calculează vectorul de măsură prezis:

$$\mathbf{Z}'_{\tau,P,m} = g_{T,\tau,P}(\mathbf{X}_{m-1})$$

- 2) Se calculează Jacobianul transformării:

$$\mathbf{J}_{\tau,P}(\mathbf{X}_{m-1}) = \begin{pmatrix} \mathbf{J}_{t_1,P}(\mathbf{X}_{m-1}) \\ \dots \\ \mathbf{J}_{t_n,P}(\mathbf{X}_{m-1}) \end{pmatrix}$$

- 3) Se calculează matricea de amplificare Kalman:

$$\mathbf{K}_m = \mathbf{P}_{m-1} \mathbf{J}_{\tau,P}^T(\mathbf{X}_{m-1}) \left( \mathbf{J}_{\tau,P}(\mathbf{X}_{m-1}) \mathbf{P}_{m-1} \mathbf{J}_{\tau,P}^T(\mathbf{X}_{m-1}) + \mathbf{R}_{\tau,P} \right)^{-1}$$

- 4) Se calculează vectorul corectat, și matricea lui de covarianță:

$$\mathbf{X}_m = \mathbf{X}_{m-1} + \mathbf{K}_m (\mathbf{Z}_{\tau,P} - \mathbf{Z}'_{\tau,P,m})$$

$$\mathbf{P}_m = (\mathbf{I}_6 - \mathbf{K}_m \mathbf{J}_{\tau,P}(\mathbf{X}_{m-1})) \mathbf{P}_{m-1} (\mathbf{I}_6 - \mathbf{K}_m \mathbf{J}_{\tau,P}(\mathbf{X}_{m-1}))^T + \mathbf{K}_m \mathbf{R}_{\tau,P} \mathbf{K}_m^T$$

Numărul maxim de iterații N este stabilit experimental, de obicei între 10 și 20.

## Rezultate experimentale

Pentru validarea parametrilor orbitali corecți, a fost abordată următoarea strategie: s-au achiziționat două seturi de date de măsură pentru același satelit, la momente de timp diferite. Unul dintre seturile de date a fost folosit pentru corecția parametrilor orbitali, iar celălalt pentru verificarea îmbunătățirii predicției orbitei, folosind parametrii orbitali corecți.

Tabel 1: Date de măsură pentru satelitul GSAT 103

<b>TLE:</b>											
1 38857U 12055A 16211.04846625 .00000064 00000-0 00000+0 0 9999											
2 38857 54.9328 200.9855 0005274 242.3061 117.6402 1.70473650 23626											
<b>TLE Epoch:</b> 29/07/2016 01:09:47.483 (UTC)											
Locația observatorului: Feleacu (Cluj, Romania): Lat: 46°42' 37.557''(N), Long: 23°35'35.647''(E), H: 783.40 m											
<b>Date pentru corecția parametrilor orbitali</b>											
Timpul măsurătorii (UTC)						Ascensia dreaptă (RA)			Declinație (Dec)		
Y	M	D	H	M	S	RA (h)	RA (m)	RA (s)	Dec (d)	Dec (m)	Dec (s)
2016	7	30	23	34	44.8825	21	5	4.119	52	43	46.463
2016	7	30	23	34	46.8825	21	5	10.332	52	43	20.799
2016	7	30	23	34	48.8825	21	5	16.366	52	42	58.385
2016	7	30	23	34	50.8825	21	5	22.378	52	42	34.92
2016	7	30	23	34	52.8825	21	5	28.537	52	42	11.985
2016	7	30	23	34	54.8825	21	5	34.423	52	41	48.358
2016	7	30	23	34	56.8825	21	5	40.41	52	41	24.541
2016	7	30	23	34	58.8825	21	5	46.492	52	41	0.655
2016	7	30	23	35	0.8825	21	5	52.507	52	40	36.827
2016	7	30	23	35	2.8825	21	5	58.89	52	40	13.156
2016	7	30	23	35	4.8825	21	6	5.135	52	39	49.476
2016	7	30	23	35	6.8825	21	6	11.014	52	39	24.662
2016	7	30	23	35	8.8825	21	6	17.088	52	39	1.19
2016	7	30	23	35	10.8825	21	6	23.14	52	38	36.118
<b>Date pentru testarea predicției</b>											
2016	7	31	0	14	38.8825	22	44	43.861	41	39	8.366
2016	7	31	0	14	40.8825	22	44	47.941	41	38	26.718
2016	7	31	0	14	42.8825	22	44	51.68	41	37	46.071
2016	7	31	0	14	44.8825	22	44	55.822	41	37	6.146
2016	7	31	0	14	46.8825	22	44	59.797	41	36	23.615
2016	7	31	0	14	48.8825	22	45	3.866	41	35	43.773
2016	7	31	0	14	50.8825	22	45	7.803	41	35	2.639
2016	7	31	0	14	52.8825	22	45	11.612	41	34	22.333

2016	7	31	0	14	54.8825	22	45	15.828	41	33	41.728
2016	7	31	0	14	56.8825	22	45	19.766	41	33	1.697
2016	7	31	0	14	58.8825	22	45	23.937	41	32	20.861
2016	7	31	0	15	0.8825	22	45	27.7	41	31	39.322
2016	7	31	0	15	2.8825	22	45	31.609	41	30	59.398
2016	7	31	0	15	4.8825	22	45	35.691	41	30	16.386

După rularea algoritmului de corecție, pentru datele din primul set s-a obținut rezultatul prezentat în figura de mai jos:

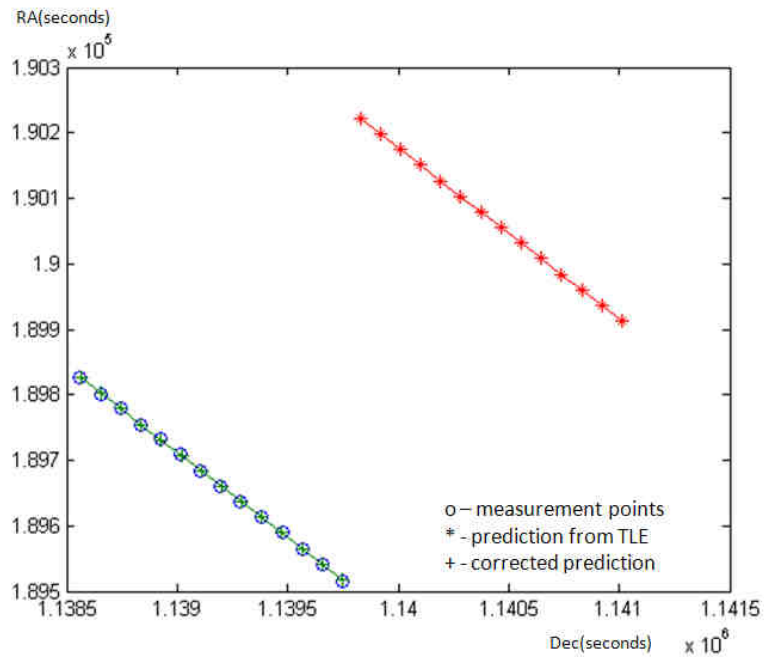


Fig. 1. GSAT 103: Comparație între predicțiile bazate pe TLE, predicțiile bazate pe corecție, și datele de măsură reale, pentru datele de corecție.

Pentru datele de testare, s-a obținut următorul rezultat:

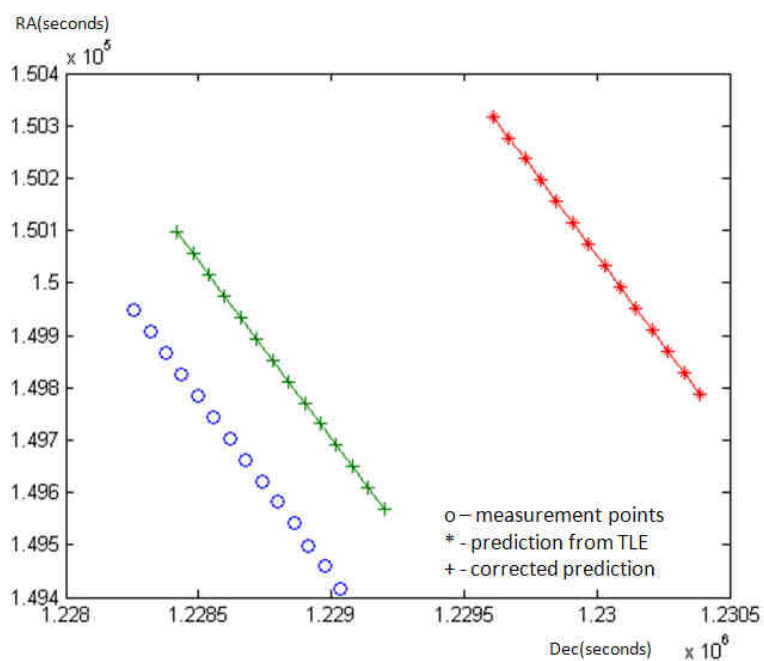


Fig. 2. GSAT 103: Comparație între predicțiile bazate pe TLE, predicțiile bazate pe corecție, și datele de măsură reale, pentru datele de testare a predicției.

Tabelul următor arată erorile cross track (CT) și along track (AT), exprimate în secunde de arc, pentru predicțiile înainte și după corecție, comparate cu măsurătoarea reală.

Tabel 2: Comparație a erorilor cross track și along track, înainte și după corecție (GSAT 103)

	Date pentru corecție		Date pentru predicție	
	Înainte de corecție	După corecție	Înainte de corecție	După corecție
CT Error (s)	701.4	0.3	1066.9	214.7
AT Error (s)	1124.9	1.9	908.7	49.7

Cum a fost de așteptat, erorile după corecție ale datelor din primul set sunt neglijabile. Totuși, efectul important este perceput în datele de test, care au fost achiziționate după 40 de minute. Erorile sunt reduse drastic, ceea ce înseamnă că poziția satelitului este mult mai precisă, și deci poate fi mult mai utilă pentru planificarea observațiilor.

Deși erorile de predicție sunt reduse semnificativ, ele sunt încă mari. Această deficiență poate fi explicată prin setul redus de observații pentru corecția orbitală, acestea fiind achiziționate printr-o singură trecere, folosind un telescop cu un câmp vizual foarte redus (jumătate de grad). Pentru a testa această ipoteză, am utilizat un nou set de date:

Tabel 3: Date de măsură pentru satelitul GSAT 104

<b>TLE:</b> 1 38858U 12055B 16210.98289867 .00000064 00000-0 00000+0 0 9991 2 38858 54.9335 200.9863 0004253 243.7826 116.1737 1.70473733 23564											
<b>TLE Epoch:</b> 28/07/2016 23:35:22.445 (UTC)											
Observer location: Feleacu (Cluj, Romania): Lat: 46°42' 37.557''(N), Long: 23°35'35.647''(E), H: 783.40 m											
<b>Date pentru corecția parametrilor orbitali</b>											
Timpul măsurătorii (UTC)						Ascensie dreaptă (RA)			Declinație (Dec)		
Y	M	D	H	M	S	RA (h)	RA (m)	RA (s)	Dec (d)	Dec (m)	Dec (s)
2016	7	30	20	49	54.8825	17	34	56.459	54	6	31.602
2016	7	30	20	49	58.8825	17	35	7.383	54	7	13.194
2016	7	30	20	50	0.8825	17	35	14.433	54	7	38.584
2016	7	30	20	50	4.8825	17	35	27.15	54	8	22.381
2016	7	30	20	50	6.8825	17	35	32.984	54	8	42.475
2016	7	30	20	58	42.8825	18	3	19.872	55	32	52.495
2016	7	30	20	58	44.8825	18	3	26.5	55	33	8.535
2016	7	30	20	58	46.8825	18	3	33.348	55	33	25.234
2016	7	30	20	58	48.8825	18	3	39.948	55	33	41.901



2016	7	30	20	58	50.8825	18	3	46.7	55	33	58.116
2016	7	30	20	58	52.8825	18	3	52.596	55	34	15.341
2016	7	30	20	58	54.8825	18	3	59.252	55	34	31.692
2016	7	30	20	58	56.8825	18	4	6.211	55	34	48.936
2016	7	30	20	58	58.8825	18	4	12.96	55	35	5.796
2016	7	30	20	59	0.8825	18	4	19.242	55	35	21.262
2016	7	30	20	59	2.8825	18	4	26.352	55	35	37.822
2016	7	30	20	59	4.8825	18	4	33.016	55	35	55.713
2016	7	30	20	59	6.8825	18	4	39.505	55	36	12.413
2016	7	30	20	59	8.8825	18	4	46.373	55	36	27.046
2016	7	30	20	59	10.8825	18	4	53.065	55	36	45.317
2016	7	30	20	59	12.8825	18	4	59.81	55	37	0.962
2016	7	30	20	59	14.8825	18	5	6.484	55	37	17.863
2016	7	30	20	59	16.8825	18	5	13.105	55	37	33.99
2016	7	30	20	59	18.8825	18	5	19.788	55	37	48.955
2016	7	30	20	59	20.8825	18	5	26.263	55	38	5.497
<b>Date pentru testarea predicției</b>											
2016	7	31	0	39	36.8825	1	33	12.454	-5	23	36.768
2016	7	31	0	39	38.8825	1	33	14.237	-5	24	25.095
2016	7	31	0	39	40.8825	1	33	16.469	-5	25	14.651
2016	7	31	0	39	42.8825	1	33	17.939	-5	25	52.897
2016	7	31	0	39	44.8825	1	33	20.018	-5	26	41.512
2016	7	31	0	39	46.8825	1	33	21.922	-5	27	31.925
2016	7	31	0	39	48.8825	1	33	23.965	-5	28	16.975
2016	7	31	0	39	52.8825	1	33	27.863	-5	29	50.726
2016	7	31	0	39	54.8825	1	33	29.889	-5	30	35.38
2016	7	31	0	39	56.8825	1	33	31.939	-5	31	26.489
2016	7	31	0	39	58.8825	1	33	33.88	-5	32	9.671
2016	7	31	0	40	0.8825	1	33	35.975	-5	33	0.942
2016	7	31	0	40	2.8825	1	33	37.804	-5	33	44.96
2016	7	31	0	40	4.8825	1	33	39.957	-5	34	33.073

Primele cinci puncte de măsură din setul pentru corecția parametrilor orbitali au fost achiziționate cu opt minute înaintea celorlalte, cu telescopul re-orientat. Astfel, setul de date acoperă un arc orbital mai mare. Rezultatele pentru setul de corecție sunt:

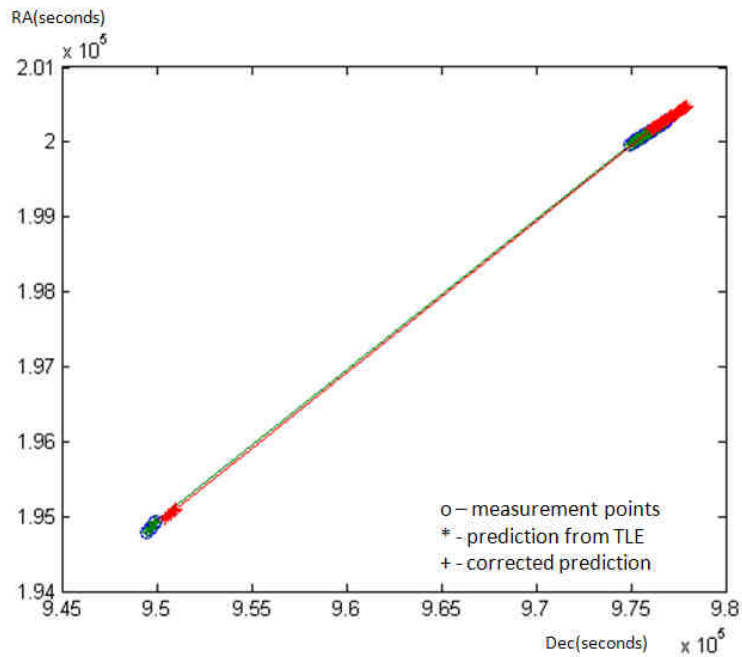


Fig. 3. GSAT 104: Comparație între predicțiile bazate pe TLE, predicțiile bazate pe corecție, și datele de măsură reale, pentru datele de corecție.

Pentru setul de test, rezultatele sunt:

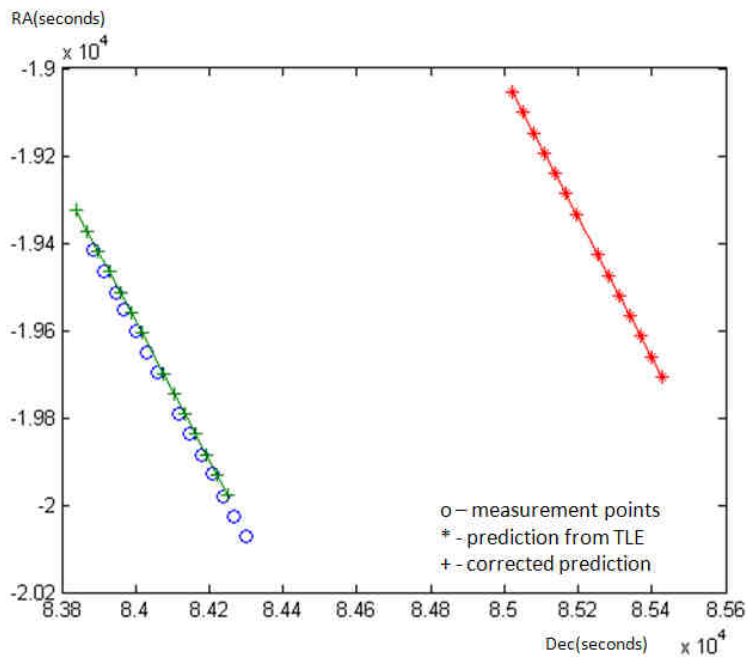


Fig. 4. GSAT 104: Comparație între predicțiile bazate pe TLE, predicțiile bazate pe corecție, și datele de măsură reale, pentru datele de testare a predicției.

Tabel 4: Comparație a erorilor cross track și along track, înainte și după corecție (GSAT 104)

	Date pentru corecție		Date pentru predicție	
	Înainte de corecție	După corecție	Înainte de corecție	După corecție
CT Error (s)	240	15.6	1153.5	11.3
AT Error (s)	1060.9	16.1	297.4	101.8

După cum se poate observa, cu cât avem mai multe date pentru corecție, care acoperă un arc mai mare al orbitei, cu atâta predicțiile devin mai bune, orientând mai bine instrumentul pentru observația următoare.

### **3. Achiziție de date de observație, testare și optimizare a sistemului optic și a sistemelor software**

#### **Achiziția de date de observație**

Au fost puse în funcțiune sistemele în configurație finală, folosind telescoapele cu distanța focală de 2400 mm, dotate cu camera CCD astronomică, capabila de achiziționare a imaginilor în format Fits. Au fost efectuate mai multe campanii de observare, rezultatele acestora fiind cele descrise în capitolul anterior, și în secțiunea următoare.

#### **Testare și optimizare a sistemului software**

##### *Dezvoltarea de metode de calibrare automată pentru sisteme stereo de distanță mare*

Pentru a calibra automat parametrii extrinseci ai unor sisteme de observație folosim stele aflate în câmpul vizual ca reper. Cu ajutorul acestor stele, se caută soluția astrometrică completă a fiecărei observații (centrul plăcii, rotația plăcii, factorul de conversie pixel-secunda de arc), apoi obiectele din câmpul vizual sunt clasificate iar în final distanța față de cele două puncte de observație este determinată prin 3 metode, obținând rezultate similare.

Calibrarea automată poate fi făcută atât pentru fișiere .jpeg unde informațiile sunt stocate pe 8 biți cât și pentru fișiere .fits unde stocarea se face pe 16 biți. Ca și parametrii de intrare, programul trebuie să știe tipul de fișiere folosit, precum și mărimea unui pixel în mm și o distanță focală aproximativă a sistemului de observație, urmând ca acestuia să i se aplice corecții după găsirea soluției astrometrice.

##### *a) Extragerea stelelor reper din catalogul local*

Extragerea stelelor reper se face cu ajutorul catalogului UCAC4 ([http://www.ap-i.net/skychart/en/news/ucac4\\_catalog](http://www.ap-i.net/skychart/en/news/ucac4_catalog)), care trebuie să fie prezent local. Este cel mai comprehensiv catalog în spectrul optic-IR, conținând peste 113 milioane de stele. Catalogul este considerat complet pentru stele cu magnitudinea de până la  $R=16$ , ceea ce este suficient pentru instrumentele folosite.

Pentru extragerea datelor din catalogul stocat local, se folosește următorul pseudocod:

#### **Intrare:**

RA, DEC : coordonatele aproximative ale centrului plăcii

Diametru: deschiderea angulară

Mag\_max: magnitudinea maximă a stelelor

pixel\_size: mărimea în mm a unui pixel

dist\_f: distanța focală aproximativă

$DEC\_max = DEC + Diametru/2$

$DEC\_min = DEC - Diametru/2$

$Factor\_scalare = 1 / \cos(DEC)$

$RA\_min = RA - Diametru/2 / Factor\_scalare$

$RA\_max = RA + Diametru/2 / Factor\_scalare$

```

f_min = ( DEC + 90 - Diametru/2) / 0.2
f_max = (DEC + 90 + Diametru/2) / 0.2 + 1
lista_stele = []
Pentru fiecare fisier f intre f_min si f_max
    Pentru fiecare stea s in f
        Daca s.RA > RA_min si s.RA<RA_max si s.DEC>DEC_min si s.DEC < DEC_max
            si s.Magnitudine<Mag_max
            si s.MiscareProprie<T
                s.DEC = s.DEC + s.MiscareProprie * (Epoca - J.2000.0)
                s.RA = s.RA + s.MiscareProprie * (Epoca - J2000.0) * Factor_scalare
                Lista_stele.adauga(s)

```

```

Lista_stele.ordoneaza_dupa_magnitudine
Returneaza sublista(Lista_stele, N)

```

Stelele gasite in intervalul de coordonate cautat sunt ordonate in ordinea crescatoare a magnitudinii, tinand cont ca o magnitudine cu valoare mare inseamna o stralucire mai mica. In procesul de cautare, se elimina stelele cu miscare proprie foarte mare. Restul stelelor au pozitia corectata in functie de miscarea proprie efectuata in intervalul dintre epoca observatiei si epoca J2000. Apoi, pozitia stelelor este trecuta la epoca observatiei, calculand efectele date de precesie, nutatie si aberatie .

#### *b) Rezolvarea astrometrica a campului vizual*

Urmatorul pas este extragerea din campul vizual a stelelor precum si extragerea satelitilor. Acest lucru se face diferential in functie de formatul imaginii (deoarece fisierele .jpeg au alta rezolutie totala fata de fisierele .fits).

In cazul in care stelele au fost extrase cu succes, se incearca gasirea solutiei astrometrice cautand daca triunghiuri de stele extrase din campul vizual se gasesc si intre stelele reper, folosind unghiurile dintre ele ca si comparatie. Pentru fiecare tringhi care apare in ambele seturi de date, este calculat unghiul de rotatie al campului vizual fata de catalog, coordonatele (RA, DEC) ale centrului campului vizual precum si factorul de conversie intre pixel si arc de secunda. Fig. 5. arata atat detectia stelelor din campul vizual precum rotatia campului in functie de stelele reper, dupa solutia astrometrica. Un parametru important pentru controlul timpului de rulare este numarul maxim de triunghiuri cautate. Din teste reiese ca in general 50 de triunghiuri dau rezultate cu dispersie neglijabila pentru un timp de rulare redus. Tabelul 5 prezinta erorile de astrometrie de rotatie pentru cateva campuri vizuale.

Tabel 5. Erori astrometrice de rotatie pentru noaptea de 30/31.07.2016

Obiect	Ora (UT)	Feleac		Marisel	
		Rotatie medie fata de catalog [deg]	Deviatie standard a rotatiei [deg * 10 <sup>(-4)</sup> ]	Rotatie medie fata de catalog [deg]	Deviatie standard a rotatiei [deg * 10 <sup>(-4)</sup> ]
Cosmos 2474	01:49:52	1.5879	1.2821	1.6364	1.007
Cosmos 2474	01:49:58	1.5884	1.1321	1.6364	3.816
GPS BIIR5	01:33:48	1.5883	0.4895	1.6381	4.172
GPS BIIR5	01:33:52	1.5883	0.6259	1.6370	2.125

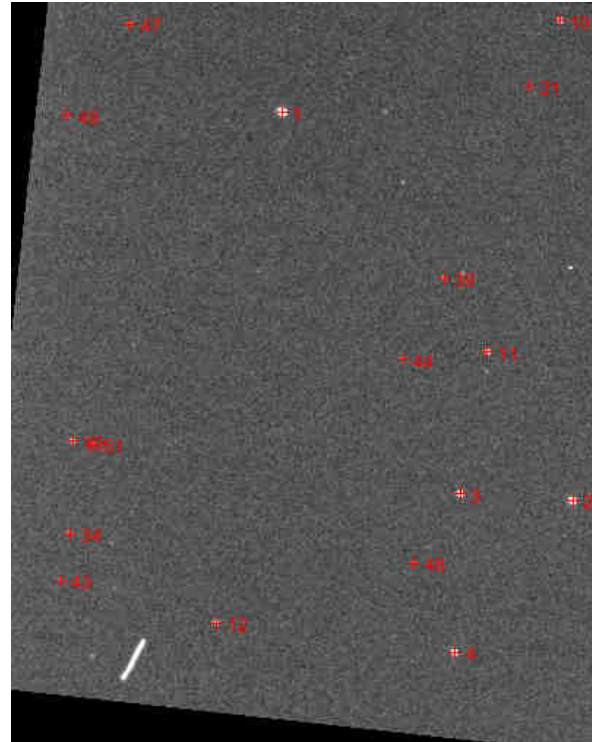
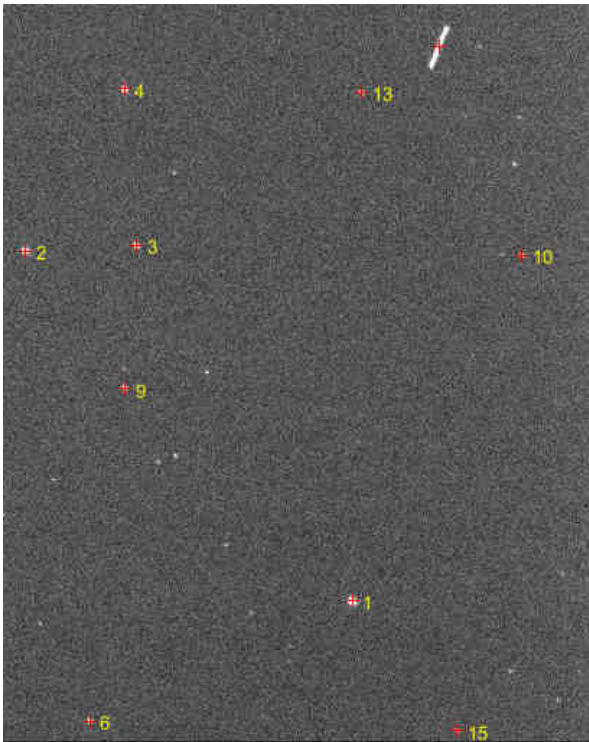


Fig. 5. a) Imaginea originala cu pozitia stelelor si satelitului extrase din imagine (marcate in galben).  
 b) Imaginea rotita (aproximativ  $177^\circ$ ) si scalata dupa solutia astrometrica, suprapusa cu pozitiile stelelor reper extrase din catalog (marcate in rosu).

### *Clasificarea obiectelor din imagini*

Primul pas in acest proces consta gasirea unei corespondente intre stelele din campurile vizuale, pentru a stabili transformarea (rotatia, translata, scala) dintre ele. Imaginile sunt apoi binarizate, pastrandu-se doar pixelii cu intensitate mai mare decat un prag variabil, urmand ca fondul stelar sa fie elimiat prin diferenta celor doua imagini. Urma satelitilor poate fi apoi detectata calculand semi-axa mare si semi-axa mica si punand conditia ca raportul dintre ele sa fie mai mare decat o valoare prestabilita. Fig. 6. prezinta etapele procesului de clasificare, pornind de la imaginile originale, facand diferenta dintre imaginile binarizate si in final extragerea obiectului sau a obiectelor de interes.



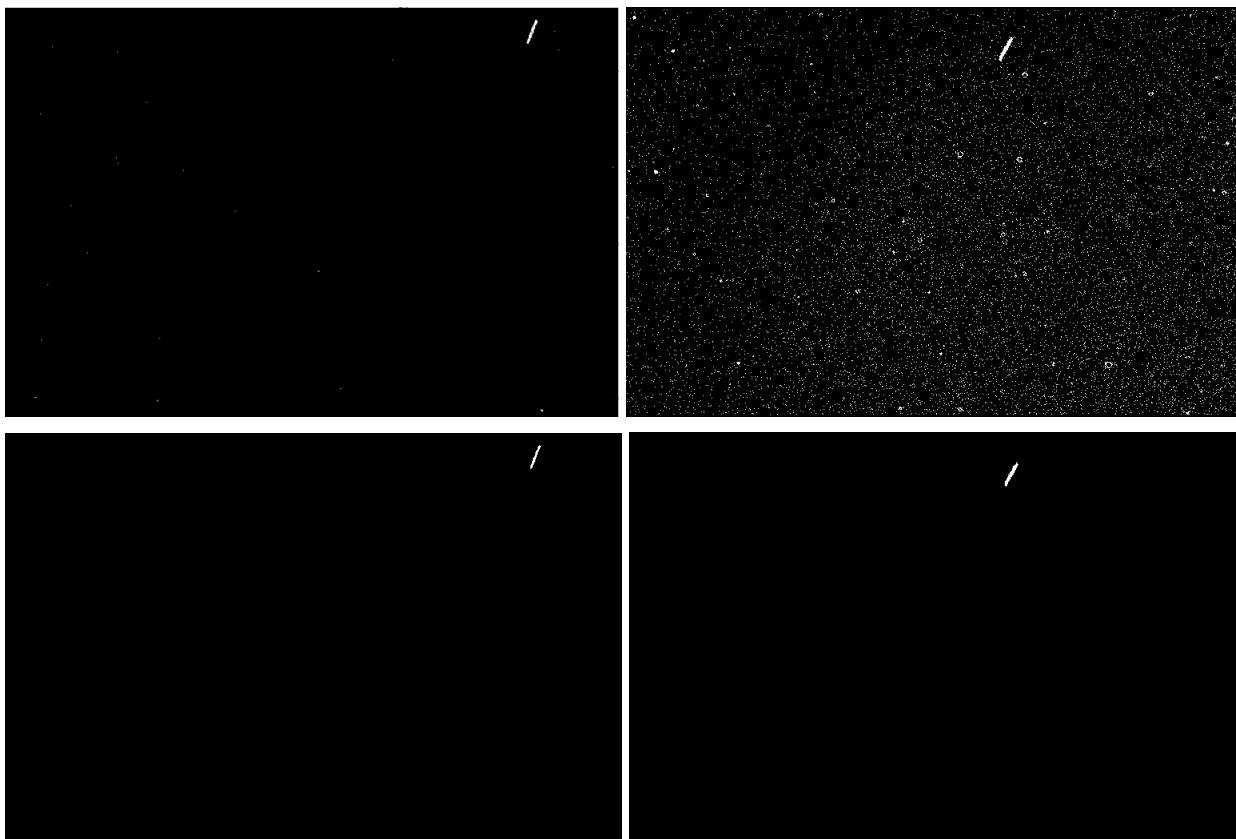


Fig. 6. a) Campul vizual observat in Feleac. b) Campul vizual observat in Marisel. c) Diferenta dintre campul din Feleac si cel din Marisel suprapus. d) Diferenta dintre campul din Marisel si cel din Feleac suprapus. e) Satelitul extras din campul din Feleac f) Satelitul extras din campul din Marisel

#### Calculul distantei fata de observator

Calculul distantei fata de observator se face prin 3 metode diferite, pentru a putea testa si valida rezultatele. Doua dintre metode au fundamentul teoretic in astronomie iar cea de-a treia isi are fundamentul in procesarea imaginilor. Pozitiile punctelor de centru ale satelitului sunt transformate in coordonate ecuatoriale topocentrice (RA,DEC) automat in urma solutiei astrometrice si sunt folosite ca si date de intrare pentru cele doua metode bazate pe astronomie. O prima metoda este descrisa de M. A. Earl [1], aceasta avand dezavantajul de a nu returna si distanta satelitului fata de Pamant. Cea de-a doua metoda, care nu prezinta acest neajuns, este pe larg descrisa in [2],[3],[4]. Ultima metoda, bazata pe procesarea imaginilor, este descrisa in [5]. Tabelul 6 prezinta rezultate numerice prelimiare obtinute pentru o parte din sateltili observati, folosind cele 3 metode.

Tabel 6. Rezultate preliminare obtinute pentru 3 sateliti observati in noaptea de 30/ 31.07.2016

		Metoda							
		[1]		[2],[3],[4]			[5]		
		Distanța fata de							
Obiect	Ora	Marisel [km]	Feleac [km]	Marisel [km]	Feleac [km]	Pamant [km]	Marisel [km]	Feleac [km]	Pamant [km]
Cosmos 2474	01:49:50	19079.1	19080.7	19012.9	19017.2	18816.8	19039.3	19043.1	18873.9
Cosmos 2474	01:50:00	19002.4	19004.0	18926.1	18930.5	18728.1	18968.4	18972.2	18784.8
Cosmos	00:55:48	20584.0	20572.6	20617.9	20606.4	19452.1	20531.0	20518.	19353.4

2476								9	
Cosmos 2476	00:55:54	20673.3	20662.0	20697.7	20686.2	19527.9	20577.2	20565. 1	19395.9
Galileo 103	00:14:46	22636.2	22634.5	22710.6	22708.7	22670.4	22893.1	22890. 8	22858.7
Galileo 103	00:14:58	22762.6	22760.8	22838.1	22836.2	22797.2	22844.8	22842. 5	22809.7

## Referinte

1. M. A. Earl, "Determining the Range of an Artificial Satellite Using its Observed Trigonometric Parallax", J R Astron Soc Can, Vol. 99, No. 2, p.50 (2005)
2. Á., Pál, T. Oproiu, V. Mioc, E. Radu, B. Pârv, "On The Determination of the Quasi-Osculating Orbital Elements Of An Artificial Satellite By Using Optical Observations", Visual Obs. AES Suppl., 1977, p.7.
3. T. Oproiu, "Contribuții la teoria mișcării sateliților artificiali în mediu rezistent. Teză de doctorat", Univ. "Babeș-Bolyai" Cluj-Napoca, 1974.
4. Zhongolovich, I.D., "Scientific use of results of synchronous observations performed according to INTEROBS program", Artificial Satellites, Vol. 2, No.1, 1966, p.92.
5. 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 14 (2), 2703-2731.

## 4. Analiza performanțelor sistemului, estimarea specificațiilor și a limitărilor instrumentului - Partea II

### A.Determinarea parametrilor de răspuns temporal ale sistemelor

#### A.1. Determinarea timpilor de întârziere pentru obturatoarele mecanice ale camerelor CCD

Sistemele de achiziție a imaginilor folosite în cadrul proiectului "AMHEOS" sunt camere CCD astronomice de tip Diffraction Limited / SBIG (Canada), STT-1603ME.

- Caracteristicile principale ale camerei CCD SBIG STT-1603ME :
  - Cip CCD: Kodak KAF-1603ME
  - 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: ± 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

- o Greutate: 1.2 kg

Obturatorul mecanic folosit pentru aceste camere are parametri de răspuns nespecificați de producător. Din această cauză am conceput o metodă de determinare a acestor timpi de răspuns.

Timpul de întârziere la deschidere a fost determinat ca interval de timp între momentul de activare a semnalului de “Trigger In” la portul I2C-Aux al camerei CCD și momentul de timp de deschidere la poziție medie a obturatorului mecanic. Determinarea a fost realizată cu o cameră video ultra rapidă : “GoPro Hero 4” , cu rata de 240 cadre / secundă, folosind plăci FPGA NEXIS 4 ARTIX pentru sincronizarea cu timpul GPS , sincronizarea și comanda camerelor CCD dezvoltate în cadrul proiectului. Timpul afișat pe display-ul plăcii FPGA este dat cu precizie mai bună de 10 ms, astfel încât tranziția pentru ultima cifră semnificativă poate fi sesizată pe care succesive ale stream-ului video generat de camera GoPro.

Determinarea timpilor de întârziere s+a realizat prin prelucrarea cadru cu cadru a unor serii de fișiere video obținute cu camera GoPro pentru o succesiune de expuneri cu durată constantă prestabilită și spațiate uniform.

Valorile timpilor de întârziere pentru camerele CCD folosite sunt remarcabil de stabile la valoarea medie de 0.2825 sec, iar erorile corespunzătoare sunt mai mici de 0.0042 sec pentru fiecare din camerele CCD.

## **A.2. Determinarea stabilității timpilor de expunere și determinarea erorilor de timp pentru camerele CCD**

Camerele CCD folosite nu au disponibile în momentul de față posibilitatea de a comanda extern momentul de închidere a obturatoarelor mecanice. Prin urmare timpii de expunere sunt determinați de combinația dintre momentele de timp de deschidere a obturatoarelor generate extern și o durată a expunerii precisă, generată de ceasul intern al camerei CCD.

Folosind același sistem cu o cameră video ultra rapidă : “GoPro Hero 4” , cu rata de 240 cadre / secundă, folosind plăci FPGA NEXIS 4 ARTIX pentru sincronizarea cu timpul GPS , sincronizarea și comanda camerelor CCD dezvoltate în cadrul proiectului, am determinat intervalul de timp între momentele de timp de deschidere la poziție medie a obturatorului mecanic.

Am obținut o foarte bună concordanță între valorile medii ale timpilor de expunere determinate experimental și valorile timpilor de expunere prescrise. Eroarea medie estimată a fost mai mică de 0.0043 sec.

## **A.3. Determinarea timpului de întârziere între semnalul de PPS generat de receptorul GPS și semnalul Trigger In generat de placa FPGA**

Pentru determinarea timpului de întârziere între Timpul Universal Coordonat (UTC) decodat de receptorul GPS, respectiv semnalul de “PPS” și semnalul “Trigger In” generat de placa FPGA am folosit un osciloscop digital de tip.

Estimarea timpului mediu de întârziere între frontul activ al semnalului PPS și frontul de declanșare al semnalului Trigger In, a fost obținută în urma unei analize statistice a unei succesiuni de semnale Trigger In prescrise la multipli întregi de secundă, obținute cu osciloscopul digital și stocate ca fișiere de măsură care ulterior au fost analizate cu ajutorul softului de analiză pentru “large data” *ParaView* (LosAlamos National Laboratory, Sandia National Laboratories, v 4.20, [www.paraview.org](http://www.paraview.org) ). Valorile medii obținute pentru timpii de întârziere (PPS-Trigger In) au fost mai mici de 1 μsec, iar erorile corespunzătoare mai mici de 0.1 μsec (practice sub limita de măsură a osciloscopului digital).



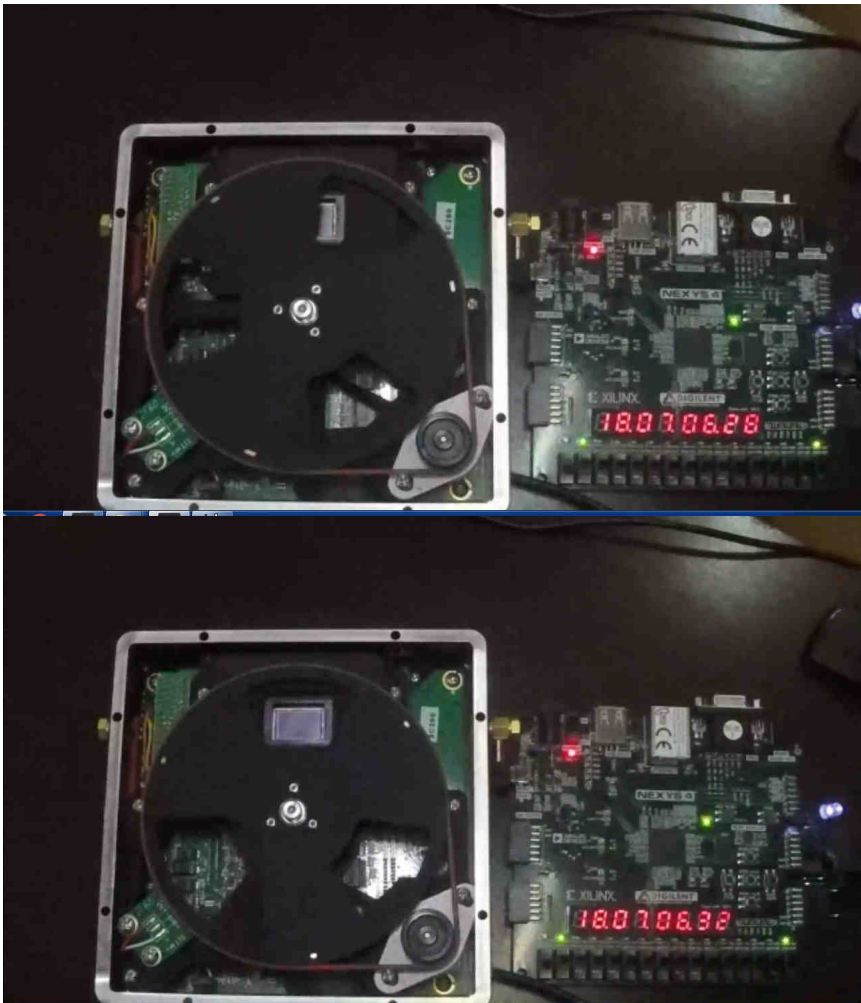


Fig. 7. Metoda experimentală folosită pentru măsurarea timpilor de întârziere ( Trigger In – Obturator mecanic) . Camera CCD, cu capacul superior scos, este în stânga. Se poate observa obturatorul circular cu trei poziții, iar în imaginea inferioară se poate vedea în întregime cipul CCD. Placa FPGA “Digilent Nexys 4” este în dreapta imaginilor, iar receptorul GPS uBlox 6 este în dreapta sus. Pe display-ul plăcii FPGA display este afișat timpul UTC (cu ultimii doi digiti din stânga fiind afișate fracțiunile de secundă). LED-ul alb mare din partea dreaptă este comandat de semnalul de Trigger Out generat de camera CCD, iar LED-ul verde din dreapta jos corespunde semnalului Trigger In generat de placa FPGA. Imaginile au fost obținute din fișierul video generat de camera GoPro4 și sunt la un interval de 10 cadre diferență.

Componentele erorilor temporale pentru sistemele dezvoltate în cadrul proiectului sunt de natură aditivă, iar eroarea temporală rezultantă este mai mică de 0.0059 sec.

Erorile temporale afectează esențial incertitudinile asupra pozițiilor “on-track” (în lungul orbitei). Pentru sateliții MEO cu altitudinile cele mai joase observați în cadrul proiectului (sateliții Glonass), și treceri zenitale, erorile temporale maxime se traduc prin erori unghiulare maxime mai mici de 0.25 arcsec.

#### A.4. Determinarea observațională a ratei medii de sateliți observabili

Testele și observațiile în regim nominal de achiziție a imaginilor pentru treceri de sateliți MEO și HEO obținute în cadrul proiectului au fost folosite și pentru estimarea unei rate medii de achiziție a imaginilor.

În general pentru observarea unei treceri de satelit, strategia de observare a pornit de la premisa unei efemeride generate cu ajutorul propagatorului SGP4 din cadrul software-ului "The Sky", și al setului de elemente orbitale (TLE) cel mai recent. Generarea momentului de început al secvenței de achiziție a fost făcută cu 1 minut înainte de momentul trecerii centrale calculat cu ajutorul efemeridei, iar secvența de achiziție a fost încheiată manual după ce satelitul a părăsit câmpul CCD-ului. Pentru sateliți MEO timpul de traversare medie a câmpului nu depășește 45 secunde. Secvența de achiziție a unei treceri nu durează mai mult de 2 minute.

În afara secvenței propriu-zise de achiziție de imagini mai există un timp necesar pentru poziționarea telescopului pe zona de trecere de interes, centrarea câmpului și obținerea unei focalizări optime, pregătirea secvenței de timp de achiziție, salvarea fișierelor auxiliare aferente. Timpul mediu necesar pentru realizarea acestor operații este de aproximativ 8 minute.

Timpul mediu total între două treceri succesive de sateliți este de 10 minute, iar prin urmare rata medie de sateliți observabili este de 6 sateliți / oră.

## **B. Determinarea preciziei unghiulare a sistemelor pe baza datelor observaționale**

### **B.1. Determinarea liniarității transformărilor proiecției sferei cerești – câmp CCD**

Prima etapă în vederea determinării preciziei unghiulare a datelor observaționale a fost determinarea caracterului transformării proiecției sferei cerești la imaginea CCD obținută. Având în vedere că specificațiile optice ale telescoapelor MEADE LX 600 / LX 850 f/8 folosite sunt:

- Sistem optic: Sistem optic de tip Schmidt-Cassegrain catadioptric Ultra High Transmission Coatings (UHTC)
- Diametrul oglinzii principale:  $D=305\text{mm}$
- Distanța focală nominală:  $F=2438\text{mm}$
- Puterea rezolventă - limita de difracție (Airy): 0.38 secunde de arc

, este de așteptat ca dependența pentru valorile constantelor plăcii față de centrul acesteia să fie liniară sau cel mult pătratică.

Am testat cele două sisteme pentru imagini stelare reale obținute, pentru diferite ajustări ale dependenței constantelor plăcii (liniară, pătratică, cubică). Valorile pentru constantele plăcii pentru termenii superiori au fost mai mici de ordinul  $10^{-13}$  rad. În consecință dependența se confirmă a fi liniară, ceea ce înseamnă ca imaginile nu au distorsiuni măsurabile la marginile câmpului.

### **B.2. Determinarea observațională a preciziei astrometrice**

Pentru reducerile astrometrice, determinarea liniarității și pentru determinarea preciziei astrometrice am folosit software-ul *Astrometrica* (Raab, H., 1993-2014, "Astrometrica. Shareware for research grade CCD astrometry", <http://www.astrometrica.at/>).

Software-ul face uz de teoria astrometrică clasică pentru sisteme astronomice optice de câmp mic.

Un exemplu de reducere astrometrică pentru o succesiune de două imagini successive obținute pentru satelitul GPS BIIIF6 este dat în continuare.

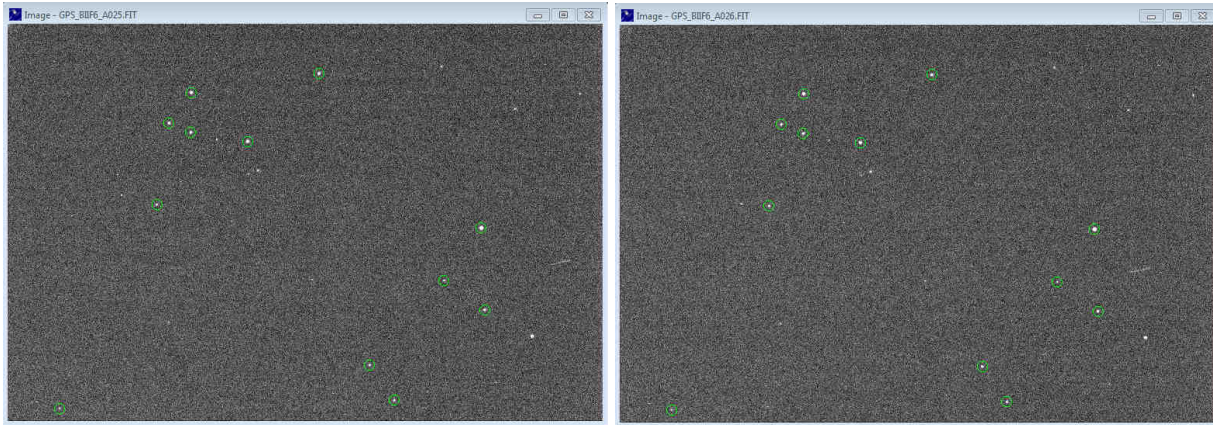


Fig. 8. Exemple de reduceri astrometrice pentru imagini obținute pentru satelitul GPS BIIF6 obținute în data de 30/31. 07. 2016 de la Stația de Observații Feleacu a Observatorului Astronomic Cluj

```

21:10:20 - Start 2016/08/22
Astrometrica 4.9.1.420
Image 1: C:\Wlad\Imagini\20160730_SL_FelRed\GPS\Rx\GPS_BIIF6_A025.FIT
Time Stamp: 2016 07 30, 21:09:48.8 UT
Settings for Scale and Orientation:
Focal Length = 2400.0mm ± 10.0%, Position Angle = 355.0° ± 10.0°, Pointing = ± 5.0'
Image flipped: no
Settings for CCD:
Pixel Width = 9.0µm, Pixel Height = 9.0µm, Saturation = 60000
Settings for Object Detection:
Aperture Radius = 6, Detection Limit = 3.0, Min.FWHM = 2.00, PSF-Fit RMS = 0.80, Search Radius = 3.00
Settings for Reference Star Matching:
Number of Stars = 20, Search Radius = 10.0, Magnitude = 2.0mag - 15.0mag
21:10:21 - UCAC-4: 23 Records read (30.9' x 24.9')
Center Coordinates: RA = 13h 30m 53.00s, De = +49° 11' 17.0"
21:10:21 - Object List for Image 1 (GPS_BIIF6_A025.FIT):
1714 Detections (12 Stars, 12 Ref. Stars, 0 Movers)
21:10:21 - Astrometry of Image 1 (GPS_BIIF6_A025.FIT):
12 of 12 Reference Stars used: dRA = 0.15", dDe = 0.11"
X = -3.216855322E-6 +7.663417130E-6*x' -8.141138802E-7*y'
Y = -3.567763814E-6 -8.123006153E-7*x' -7.654817507E-6*y'
Origin: x0 = 384.0, y0 = 256.0
Center Coordinates: RA = 13h 30m 53.07s, De = +49° 11' 16.3"
Focal Length = 2337.0mm, Rotation = -6.05°
Pixel Size: 1.59" x 1.59", Field of View: 20.3' x 13.6'
21:10:21 - Photometry of Image 1 (GPS_BIIF6_A025.FIT):
12 of 12 Reference Stars used: dmag = 0.27mag
Zero Point: 21.771mag

```

RA	dRA	Dec.	dDec	V	dV	x	y	Flux	FWHM	Peak	Fit
h m s	"	° ' "	"	mag	mag			ADU	"	SNR	RMS
13 30 16.626	+0.22	+49 10 27.30	+0.27	11.97	+0.36	610.80	262.72	8295	2.9	43.8	0.009
13 30 17.773	-0.04	+49 07 39.80	-0.07	13.83	+0.16	615.10	368.36	1504	2.4	17.7	0.024
13 30 25.506	+0.04	+49 08 48.32	+0.05	14.40	-0.15	563.01	330.57	889	2.7	9.5	0.068
13 30 38.577	+0.07	+49 04 55.66	+0.07	14.18	+0.08	498.38	484.88	1084	2.5	12.2	0.039
13 30 42.943	-0.30	+49 06 12.67	-0.37	14.08	-0.82	466.40	439.52	1195	2.5	12.7	0.047
13 30 46.971	-0.24	+49 16 16.78	-0.00	13.48	+0.23	401.34	63.83	2079	3.4	16.2	0.036
13 31 03.331	+0.24	+49 14 14.12	-0.02	13.25	+0.33	309.28	151.27	2572	3.3	19.6	0.026
13 31 14.018	+0.19	+49 16 05.52	-0.18	13.27	+0.25	236.47	88.38	2510	3.0	17.5	0.034
13 31 14.998	+0.02	+49 14 45.05	-0.04	13.71	+0.05	235.76	139.41	1675	3.4	13.3	0.041
13 31 19.293	-0.13	+49 15 08.30	+0.02	13.87	+0.16	207.92	127.61	1441	3.2	12.6	0.039
13 31 23.628	-0.18	+49 12 25.19	+0.17	14.12	-0.26	192.04	232.55	1147	3.1	10.1	0.067
13 31 48.213	+0.12	+49 05 51.11	+0.10	14.51	-0.40	66.75	495.08	799	3.4	5.9	0.115

```

21:10:21 - End
21:11:04 - Position added manually from file GPS_BIIF6_A025.FIT:
13 30 00.844 +49 09 01.15 12.74 713.47 306.15 4099 0.0 0.9 -.-
±0.15 ±0.11 ±0.05
GPSBIIF6 C2016 07 30.88181513 30 00.844+49 09 01.15 12.74V XXX
GPSBIIF6 1 C2016 07 30.881815 13 30 00.844 +49 09 01.15 12.74 V OXXX
GPSBIIF6 2+C2016 07 30.881815 0.15 0.11 X.05 N 0.000002 1.388????????? OXXX

```

21:11:24 - Start 2016/08/22  
 Astrometrica 4.9.1.420  
 Image 1: C:\Vlad\Imagini\20160730\_SL\_Fe\Red\GPSiRx\GPS\_BIIF6\_A026.FIT  
 Time Stamp: 2016 07 30, 21:09:50.8 UT  
 Settings for Scale and Orientation:  
 Focal Length = 2400.0mm  $\pm$  10.0%, Position Angle = 355.0°  $\pm$  10.0°, Pointing =  $\pm$  5.0'  
 Image flipped: no  
 Settings for CCD:  
 Pixel Width = 9.0 $\mu$ m, Pixel Height = 9.0 $\mu$ m, Saturation = 60000  
 Settings for Object Detection:  
 Aperture Radius = 6, Detection Limit = 3.0, Min.FWHM = 2.00, PSF-Fit RMS = 0.80, Search Radius = 3.00  
 Settings for Reference Star Matching:  
 Number of Stars = 20, Search Radius = 10.0, Magnitude = 2.0mag - 15.0mag

21:11:24 - UCAC-4: 23 Records read (30.9' x 24.9')  
 Center Coordinates: RA = 13h 30m 53.00s, De = +49° 11' 17.0"

21:11:24 - Object List for Image 1 (GPS\_BIIF6\_A026.FIT):  
 1730 Detections (12 Stars, 12 Ref. Stars, 0 Movers)

21:11:24 - Astrometry of Image 1 (GPS\_BIIF6\_A026.FIT):  
 12 of 12 Reference Stars used: dRA = 0.23", dDe = 0.08"  
 X = -1.232622297E-6 + 7.661925408E-6\*x' - 8.136321423E-7\*y'  
 Y = -3.439502848E-6 - 8.145781563E-7\*x' - 7.659480151E-6\*y'

Origin: x0 = 384.0, y0 = 256.0  
 Center Coordinates: RA = 13h 30m 53.02s, De = +49° 11' 16.3"  
 Focal Length = 2336.5mm, Rotation = -6.07°  
 Pixel Size: 1.59" x 1.59", Field of View: 20.3' x 13.6'

21:11:24 - Photometry of Image 1 (GPS\_BIIF6\_A026.FIT):  
 12 of 12 Reference Stars used: dmag = 0.28mag  
 Zero Point: 21.783mag

RA	dRA	Dec.	dDec	V	dV	x	y	Flux	FWHM	Peak	Fit
h m s	"	° ' "	"	mag	mag			ADU	"	SNR	RMS
13 30 16.657	+0.53	+49 10 27.02	-0.01	11.99	+0.37	610.40	262.88	8275	2.7	47.3	0.009
13 30 17.748	-0.29	+49 07 39.99	+0.12	13.72	+0.06	615.02	368.13	1674	2.7	16.4	0.025
13 30 25.488	-0.13	+49 08 48.43	+0.16	14.42	-0.13	562.87	330.44	885	2.7	8.2	0.079
13 30 38.602	+0.32	+49 04 55.41	-0.17	14.06	-0.05	497.98	484.92	1233	2.6	13.6	0.036
13 30 42.936	-0.37	+49 06 12.89	-0.15	13.98	-0.92	466.16	439.28	1328	2.9	13.3	0.041
13 30 46.974	-0.21	+49 16 16.79	+0.01	13.50	+0.26	401.09	63.97	2057	3.1	16.8	0.027
13 31 03.314	+0.07	+49 14 14.12	-0.02	13.26	+0.35	309.13	151.38	2570	3.1	20.3	0.023
13 31 14.028	+0.28	+49 16 05.59	-0.11	13.31	+0.30	236.15	88.54	2444	3.0	19.9	0.024
13 31 14.984	-0.11	+49 14 45.17	+0.08	13.78	+0.12	235.57	139.49	1585	3.1	11.8	0.061
13 31 19.309	+0.03	+49 15 08.25	-0.04	13.94	+0.22	207.56	127.83	1370	3.1	12.6	0.046
13 31 23.621	-0.24	+49 12 25.04	+0.01	14.23	-0.15	191.81	232.77	1046	3.6	7.9	0.072
13 31 48.215	+0.14	+49 05 51.12	+0.11	14.48	-0.43	66.41	495.07	832	2.2	8.7	0.082

21:11:24 - End

21:11:47 - Position added manually from file GPS\_BIIF6\_A026.FIT:  
 13 30 08.215 +49 08 54.96 12.73 668.45 314.86 4191 0.0 1.1 --  
 $\pm 0.23$   $\pm 0.08$   $\pm 0.05$   
 GPSBIIF6 C2016 07 30.88183813 30 08.215+49 08 54.96 12.73V XXX  
 GPSBIIF6 1 C2016 07 30.881838 13 30 08.215 +49 08 54.96 12.73 V 0XXX  
 GPSBIIF6 2+C2016 07 30.881838 0.23 0.08 X.05 N 0.000002 1.352????????? 0XXX

Au fost marcate erorile astrometrice și coeficienții plăcii determinate pentru ambele imagini. În general erorile astrometrice medii pentru toți sateliții observați sunt de ordinul 0.45 arcsec, depinzând evident și de numărul de stele standard astrometrice existente în zona observată.

### C. Analiza performanțelor sistemului din perspectiva cerințelor sistemului SST –EC

Au fost analizate performanțele sistemului din perspectiva cerințelor proiectului Space Surveillance and Tracking al European Comission (SST-EC), la care România a aplicat pentru aderare.

Sistemul dezvoltat în cadrul proiectului “AMHEOS” este un sistem optic de stereoviziune pentru orbite medii și înalte (MEO, HEO), fiind adecvat pentru cerințele sistemului SST-EC în domeniul senzorilor optici pentru orbite superioare LEO.

Sistemul dezvoltat are avantajul de a putea fi folosit atât în tandem, așa cum a fost conceput pentru aplicații de stereoviziune spațială, cât și independent ca doi senzori identici în locații diferite.

Caracteristicile de precizie unghiulară, magnitudine limită de detecție, timp de răspuns califică sistemul nostru ca facilitare observațională conformă cu specificațiile SST-EC.

În continuare sunt date semnificația parametrilor și termenilor din specificațiile SST-EC, precum și performanțele determinate pentru fiecare dintre cele două componente ale sistemului (Stația Feleacu și Stația Mărișel), așa cum au fost solicitate de consorțiul SST-EC.

## C.1. Cerințe SST – EC și semnificația parametrilor și a termenilor

### EUROPEAN SST SENSOR ALMANAC

This template is provided in order to gather information on EU SST sensors that could be used for SST activities at European level.

A template is provided for each type of sensor, in separate sheets. Each Member State should submit one excel file with all their sensors listed in each sheet.

### COMMON

<b>MS:</b>	Member State. Please use EU coding ( <a href="http://publications.europa.eu/code/pdf/370000en.htm">http://publications.europa.eu/code/pdf/370000en.htm</a> )
<b>Name:</b>	Name of the sensor.
<b>Use:</b>	Sur (Surveillance), Tra (Tracking), Both (for sensors that can do surveillance and tracking).
<b>Location:</b>	Longitude, Latitude, Altitude above MSL.
<b>Availability:</b>	Availability of the sensor for SST Support Framework activities. <u>% yearly:</u> average dedication available for SST SF.
<b>Measurement rate for SST:</b>	Individual SST measurements per hour that can be performed.
<b>Angular precision:</b>	Refers to SST measurements, such as astrometric precision for telescopes. Unit depends on type of sensor
<b>Point of Contact:</b>	Point of contact for the sensor to clarify information.
<b>Almanac update:</b>	Last time the data in the almanac was updated (to be updated by database manager). Does not need to be filled in by sensor owners).
<b>Comments:</b>	To clarify the data introduced in the Almanac fields, to add information (expected upgrades), etc.
<b>Responsiveness - Preparation</b>	Time elapsed from the reception of a request and the sensor being ready to perform the measurement
<b>Responsiveness - Processing</b>	Time elapsed from the observation to the availability of the processed data

### LASERS

<b>Availability:</b>	Availability of the sensor for SST Support Framework activities. <u>Clear nights/yr:</u> average clear nights per year.
<b>Maximum Altitude for Detection</b>	Maximum altitude at which the laser can obtain useful SST measurements.
<b>Range</b>	Precision in the measurements of the distance to the object.

**Precision**

**Aperture:** Diameter, applicable to telescopes. Equivalent diameter when applicable.

**TELESCOPES**

**Availability:** Availability of the sensor for SST Support Framework activities.  
Clear nights/yr: average clear nights per year.

**Reference sizes:** Size of objects (considering a model of lambertian sphere of albedo 0.1) that can be detected at reference altitudes.  
For LEO (1000 km) MEO (23000 km) and GEO (35800 km).

**Aperture:** Diameter, applicable to telescopes. Equivalent diameter when applicable.

**Limiting Magnitude:** Limiting Magnitude of objects that can be detected. Use the integration period for SST operation and mention it in Comments. If unknown, assume a 5-second integration period.

**FOV:** Field of View. In terms of azimuth and Elevation

**FOR:** Percentage of sky (2 pi steradians) that can be observed by the sensor

**Angular Velocity:** Maximum possible velocity of the sensor when being moved. In terms of azimuth and elevation.

**RADARS**

**Availability:** Availability of the sensor for SST Support Framework activities.  
Re-entry campaigns/year: number of re-entry campaigns (estimated at 3-weeks) for which the radar will be available

**Frequency:** Average transmit frequency for SST use

**Reference sizes:** Size of objects that can be detected at reference altitudes (asuming Aluminum sphere).  
For radars 400 km and 700 km.

**RCS @ R=300 km:** Radar cross-section at a range of 300 km considering a model of perfect conductive spherical object.

**Angular Velocity:** Max. possible velocity of the sensor when being moved. In terms of azimuth and elevation.

**Field of Regard**

**FOR:** Ranges in azimuth & elevation describing the area in which the sensor can be pointed.

**Field of View**

**FOV:** Size of the radar beam in azimuth & elevation when operating in scanning or tracking mode.

**Minimum Inclination:** Minimum value for the inclination (orbital parameter) of the objects that can be observed by the sensor.

**Radial Precision:** Precision in the measurement of the distance to the object.

**Velocity (Doppler) accuracy:** Accuracy of the measurement of the velocity of the object.

**OTHER**

**Type of Sensor:** Specify the type of sensor included: space-based, sensor-of-sensors, etc.

**C.2. Performanțe sistem AROAC – Stația Feleacu**

TELESCOPES	MS			RO
	Name			RAOC-SFS (Romanian Academy, Astronomical Observatory Cluj - Small Field Optical Sensor)
GENERAL	Use			Surveillance
	Location	Long	deg	23.593253
		Lat	deg	46.710431
		Altitude	m	741
	Availability for SST	Dedication	% yearly	50.00%
		Clear nights/yr		80
	Measurement Rate for SST			meas/hr
	Reference Sizes	LEO	m	0.048
		MEO	m	0.871
		GEO	m	1.347
Aperture $\varnothing$			cm	
Limiting Magnitude			15	
DETAILED	Angular Precision	Azim	arcsec	0.3
		Elev	arcsec	0.3
	Field of View FOV	Azim	deg	0.34
		Elev	deg	0.23
	FOR	% of sky	%	8.3E-08
	Angular Velocity	Azim	deg/sec	8
		Elev	deg/sec	8
	Responsiveness	Preparation	Hours	0.5
		Processing	Hours	1.5
	Point of Contact			email
Comments			<p><a href="mailto:vladturcu@academia-cj.ro">vladturcu@academia-cj.ro</a></p> <p>This sensor is also part of a Large Baseline Stereovision System Surveillance for MEO, GEO, HEO objects, in connection with BITNET CCSS Small Field Optical Sensor. Integration time for MEO SST = 1.2 seconds. Reference size was computed based on the paper: McCue, G.A., Williams, J.G., Morford, J.M., "Optical Characteristics of Artificial Satellites", Planetary and Space Science, 19, 8, 851.(1971).  Responsiveness - Preparation time measured in optimal observing conditions (clear night sky).  Responsiveness - Processing time measured for a typical object passing in FOV for a series of 12 to 25 images with detected object.</p>	
Almanac update			date	

### C.3. Performanțe sistem BITNET – Stația Mărișel

TELESCOPES	MS	RO
------------	----	----

Name		BITNET-SFS (BITNET CCSS Cluj-Napoca - Small Field Optical Sensor)		
GENERAL	Use		Surveillance	
	Location	Long	deg	23.118924
		Lat	deg	46.676009
		Altitude	m	1128
	Availability for SST	Dedication	% yearly	50.00%
		Clear nights/yr		75
	Measurement Rate for SST		meas/hr	6
	Reference Sizes	LEO	m	0.044
		MEO	m	0.794
		GEO	m	1.229
Aperture $\varnothing$		cm	30	
DETAILED	Limiting Magnitude		15.2	
	Angular Precision	Azim	arcsec	0.3
		Elev	arcsec	0.3
	Field of View FOV	Azim	deg	0.34
		Elev	deg	0.23
	FOR	% of sky	%	8.3E-08
	Angular Velocity	Azim	deg/sec	3
		Elev	deg/sec	3
	Responsiveness	Preparation	Hours	0.5
		Processing	Hours	1.5
Point of Contact		email	<a href="mailto:octavian.cristea@bitnet.info">octavian.cristea@bitnet.info</a>	
Comments		<p>This sensor is also part of a Large Baseline Stereovision System Surveillance for MEO, GEO, HEO objects, in connection with Romanian Academy, Astronomical Observatory Cluj - Small Field Optical Sensor. Integration time for MEO SST = 1.2 seconds. Reference size was computed based on the paper: McCue, G.A., Williams, J.G., Morford, J.M., "Optical Characteristics of Artificial Satellites", Planetary and Space Science, 19, 8, 851.(1971).</p> <p>Responsiveness - Preparation time measured in optimal observing conditions (clear night sky).</p> <p>Responsiveness - Processing time measured for a typical object passing in FOV for a series of 12 to 25 images with detected object.</p>		
Almanac update		date		

## 6. Diseminarea rezultatelor finale

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. Ciuarte, 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 următoarele lucrări:

1) A. Ciuarte, 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. Ciuarte, 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. Ciuarte, 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 următoarele lucrări:

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 orală.

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 orală.

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**).

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.

În perioada etapei a **5-a** a proiectului, au fost publicate următoarele articole:

**1. M.-C. Anisiu, I. Szücs-Csillik**

Astrophysics and Space Science, 2016, online DOI: 10.1007/s10509-016-2967-x (**ISI**)

*Corrected Newtonian potentials in the two-body problem with applications*

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10509-016-2967-x>

**2. Cristea, O., Turcu, V., Cernat, M.**

Considerations for Space and Space-Enabled Capabilities in NATO Coalition Operations STO-MP-SCI-283, DOI:10.14339/STO-MP-SCI-283, 13-1 – 13-10, NATO Unclassified; Releasable to NATO; Australia; Sweden, 2016

*Steps Towards a European SST System for Objects Beyond LEO Altitudes – Romanians Insights*

<https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-SCI-283/MP-SCI-283-13.pdf>

De asemenea, au fost elaborate, dar încă nu au fost trimise spre publicare, următoarele articole de jurnal:

**3. Turcu, V., Oproiu, T., Moldovan, D., Szücs-Csillik, I., Mircea, L., Dănilă, B.**

*Two-Site Optical Observation of MEO Satellites at Astronomical Observatory Cluj-Napoca*

Articolul urmează să fie publicat în Romanian Astronomical Journal.

(<http://www.astro.ro/~roaj/>)

**4. R. Danescu, I. R. Peter, V. Turcu, „Satellite observation strategy based on real-time correction of the orbital parameters”.**

În perioada 30 – 31 mai 2016 a fost organizată o conferință cu participare internațională cu tematica in domeniul de interes al proiectului și domenii conexe.

**“Vistas in Astronomy, Astrophysics and Space Sciences”, Symposium, May, 30-31, 2016, Cluj-Napoca**, Zilele Academice Clujene 2016, Academia Română – Filiala Cluj-Napoca – Observatorul Astronomic Cluj-Napoca, Universitatea “Babeș-Bolyai” – Facultatea de Matematică și Informatică – Facultatea de Fizică

Invitații din străinătate au fost:

**Mihai BĂRBOSU** (Rochester Institute of Technology, School of Mathematical Sciences, Rochester, New York, USA)

**Tiberiu HARKO** (Department of Mathematics, University College London, United Kingdom)

**Mirel BÎRLAN** (Institut de Mécanique Céleste et de Calculs des Ephémérides, Observatoire de Paris, France)

**Marcel POPESCU** (Institut de Mécanique Céleste et de Calculs des Ephémérides, Observatoire de Paris)

**David MKRTICHIAN** (National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT), Suthep, Muang Chiang Mai 50200, Thailand)

**Tibor HEGEDŰS** (Baja Astronomical Observatory, Hungary)

Link-ul către programul simpozionului este:

[http://acad-cluj.ro/contents/institutii/astonomie/Program\\_ZAC2016\\_ObsAst.pdf](http://acad-cluj.ro/contents/institutii/astonomie/Program_ZAC2016_ObsAst.pdf)

Comunicările științifice susținute în cadrul simpozionului de membrii echipei de proiect legate de tematica proiectului au fost:

**Radu Dănescu, Răzvan Itu, Vlad Turcu, Dan Moldovan**

*Mercury 2016 Transit - High Accuracy Timing Observation Strategy*

**Octavian Cristea, Vlad Turcu**

*Observational Requirements and Concepts to Improve the European SST capabilities - Romanian projects*

**Mihai Bărbosu, Ciprian Chiruță, Tiberiu Oproiu**

*Rein's model for the restricted elliptic three-body problem with quadratic drag*

**Mira-Cristiana Anisiu, Iharka Csillik**

*On some corrected Newtonian potentials with application*

**Vlad Turcu, Mircea Liviu, Dan Moldovan**

*Observing "2015 TB145" NEO at its closest approach to Earth*

## **7. Cooperare internațională, valorificarea rezultatelor**

### **1. Colaborarea cu ESA in domeniul SST (2 proiecte)**

- a. Dezvoltarea unei proceduri de validare a telescoapelor AMHEOS in cadrul sistemului SST European prin compararea pozitiilor unghiulare ale satelitilor GNSS observate optic cu cele prezise de rețeaua globala de radio ranging. Concretizat prin contractul ESA 89-26. 4000114740/15/NL/MM . In curs de finalizare. Colaborare ESA-BITNET-AROAC.
- b. Dezvoltarea unor pachete software pentru reducerea automata a datelor astrometrice pentru aplicatii de supraveghere a obiectelor spatiale (automatizarea procesului). Concretizat prin contractul ESA 4000116018/16/D/MRP. In curs de desfasurare. Colaborare ESA-GMV-BITNET-AROAC-UTCN.

### **2. Colaborarea cu Comisia Europeana in domeniul SST**

Propunerea de participare a Romaniei in cadrul sistemului SST european (care vizeaza AMHEOS):

“Facilitate operationala de supraveghere spatia la optica pasiva a obiectelor aflate pe orbite inalte (MEO, HEO, GEO)”

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

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

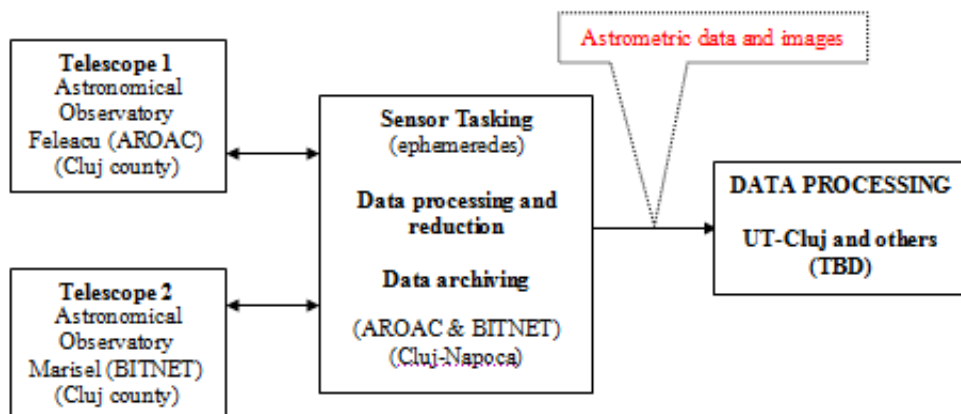


Fig. 9. Arhitectura simplificata a sistemului AMHEOS propus CE.

#### 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.).

#### 3. Colaborarea cu STO (Organizatia de Cercetare si Tehnologie) a NATO in domeniul SST.

Prezentarea proiectelor Romaniei (in particular AMHEOS) in cadrul NATO SCI-283 Symposium on “Consideration for Space and Space-Enabled Capabilities in NATO Coalition Operations” (vezi referinte). Cooperare BITNET-AROAC-ROSA.

Participare la elaborarea unei propuneri de proiect NATO care vizeaza efectuarea de experimente comune (multi nationale) de supraveghere a obiectelor spatiale (in particular utilizand facilitatea AMHEOS). Titlu: “Collaborative Space Domain Awareness Data Collection and Fusion Experiment”. Proiectul este actualmente acceptat de panelul stiintific al NATO, de MAPN si este in faza aprobarilor finale in vederea demararii activitatilor (in 2017). Cooperare NATO-BITNET.

### **Indicatori de proces și de rezultat**

	<b>Denumirea indicatorilor</b>	<b>UM/An</b>
<b>Indicatori de proces</b>	Numarul de proiecte realizate în parteneriat international	2
	Mobilitati interne	13
	Mobilitati internationale	3
	Valoarea investitiilor în echipamente pentru proiecte	147000

	Numarul de întreprinderi participante	1
	Numarul de IMM participante	1
<b>Indicatori de rezultat</b>	Numarul de articole publicate sau acceptate spre publicare în fluxul științific principal internațional	9
	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)	-
	Factorul de impact relativ cumulativ al publicațiilor publicate sau acceptate spre publicare	10.002
	Numarul de citari normalizat la domeniul publicațiilor	17
	Numarul de cereri de brevete de invenție înregistrate (registered patent application), în urma proiectelor, din care:	1
	- 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 proiectelor, din care:	0
	- naționale (în România sau în altă țară);	0
	La nivelul unei organizații internaționale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	0
	Veniturile rezultate din exploatarea brevetelor și a altor titluri de proprietate intelectuală	0
	Veniturile rezultate în urma exploatarea produselor, serviciilor și tehnologiilor dezvoltate	0
	Ponderea contribuției financiare private la proiecte	8.33 %
	Valoarea contribuției financiare private la proiecte	250000 lei

Cluj Napoca,  
25.11.2016

Conf. Dr. Ing. Radu Danescu