



RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

NR. CONTRACT:	PD 23 din 06/08/2020
TITLU PROIECT:	Studii si simulări privind detecția spațiala de nucleariti
NR. ETAPĂ:	Nr. 3/2022
TITLU ETAPĂ:	Analiza evenimentelor înregistrate de Mini-EUSO
CONTINUT RAPORT:	A. Rezumat etapă B. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și gradul de realizare a obiectivelor C. Concluzii D. Bibliografie

A. Rezumat Etapă

Obiectivul general al prezentei etape de execuție a constat în analiza posibilelor evenimente înregistrate de telescopul orbital Mini-EUSO pentru detecția de UHECR, plasat pe Stația Spațiala Internațională.

Obiectivele specifice ale etapei de execuție au inclus activități de implementare, optimizare, testare și verificare software în vederea reconstrucției și analizei de nucleariti folosind pachetul de software ESAF, în vederea testării și verificării evenimentelor înregistrate de Telescopul orbital Mini-EUSO.

În particular, în conformitate cu Planul de Realizare a Proiectului, activitățile prezentei etape au inclus reconstrucția posibilelor surse folosind codul sursa ESAF precum și analiza rezultatelor, modificarea versiunii de ESAF pentru implementarea modelelor teoretice privind detecția de meteori și nucleariti, optimizare, testare și verificarea codului sursa în vederea analizei evenimentelor detectate de telescopul orbital Mini-EUSO. De asemenea prezenta etapa a cuprins și activități de diseminare precum participarea la seminarii, conferințe naționale și

dezvoltarea website-ului proiectului.

B. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și gradul de realizare a obiectivelor

Activitatea 3.1: *Modificarea versiunii de ESAF pentru Mini-EUSO*

În conformitate cu Planul de Realizare al proiectului, în cadrul acestei activități au fost revizuite componentele deja implementate în pachetul de programe ESAF cu referire la simularea, reconstrucția și analiza de meteori și nucleariților.

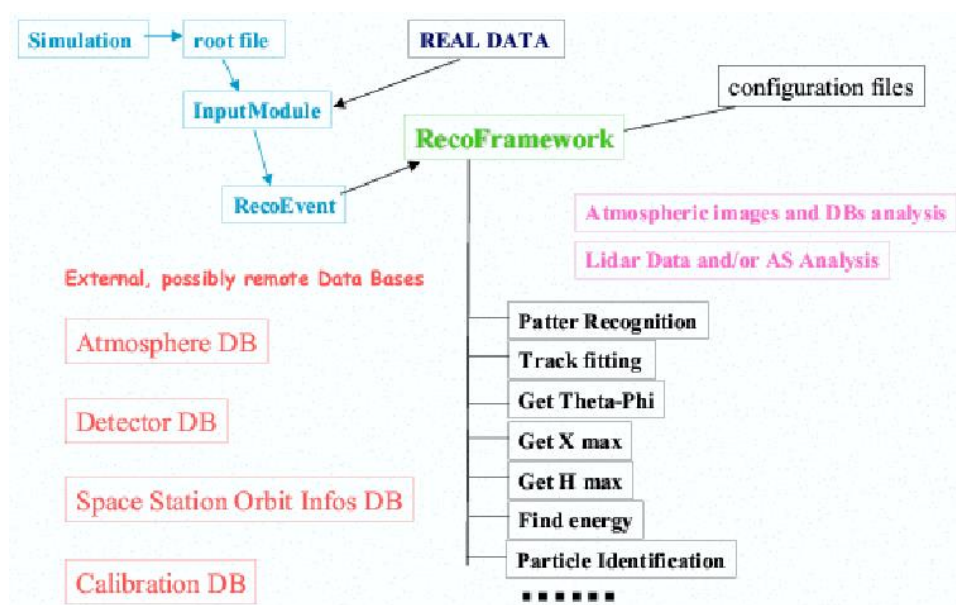


Figura 1. Arhitectura funcțională de reconstrucție a pachetului software ESAF.

În Figura 1 este prezentată arhitectura funcțională de reconstrucție a pachetului software ESAF, arhitectura care oferă posibilitatea folosirii de date fie simulate sub forma de fișiere ROOT, fie date reale înregistrate de detectorii orbitali prin intermediul unui modul de inițializare *InputModule* și unor fișiere de configurare.

În cadrul acestei activități a fost modificat codul sursă al framework-ului ESAF și anume modificarea fișierelor de configurare pentru modulul de *Reconstrucție* pentru a permite determinarea energiei, direcției și a recunoașterii de șabloane pentru evenimente de tip nucleariți.

În Figura 2, este prezentată diagrama sistemului de lucru pentru un eveniment reconstruit cu ajutorul modulului de reconstrucție din ESAF.

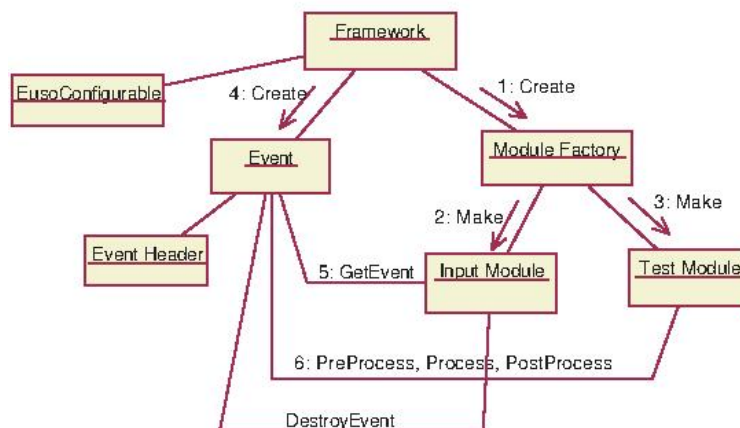


Figura 2. Diagrama de sistem pentru modulul Reconstrucție în ESAF.

Activitatea 3.2: Analiza evenimentelor detectate de Mini-EUSO

Mini-EUSO este un telescop orbital dezvoltat în cadrul colaborării JEM-EUSO pentru observarea părții întunecate a Pământului de pe Stația Spațială Internațională printr-o fereastră transparentă în UV în modul rusesc Zvezda, și care a devenit funcțional începând cu data de 27 august 2019. Scopul său este acela de a măsura emisia de radiație UV a particulelor care lovesc atmosfera terestră dar și a altor surse cum ar fi meteorii, deșeurile spațiale și nuclearitii.

Elementele de bază ale telescopului Mini-EUSO sunt două oglinzi Fresnel de 25 cm diametru ce concentrează lumina pe un modul de fotodetectie (PDM) ce conține 36 de MAPMTs (multi-anode photomultipliers) însumând 2304 pixeli. Câmpul de vedere acoperă aproximativ 300 km² la sol ceea ce reprezintă 6 km² pentru un singur pixel. Modulul de fotodetectie achiziționează date în 3 moduri de rezoluții temporale. D1 conține pachete de 128 frame-uri cu o expunere individuală de 2.5 μs. D2 conține pachete de 128 frame-uri, fiecare fiind o medie a celor 128 de frame-uri de la D1, formând un bloc de 320 μs. D3 achiziționează date continue formând un video cu fereastra de timp de 40.96 ms. Această fereastră de timp permite înregistrarea meteorilor care emit lumina în atmosferă. Nuclearitii care străbat atmosfera ar trebui să aibă proprietăți de observare similare cu cele ale meteorilor, de aceea în cadrul acestei activități am analizat datele colectate în acest mod. Pentru a analiza aceste date a fost folosit un trigger offline care urmărește anumiți parametri cum ar fi gain-ul, zgomotul pe fiecare pixel, grupuri sau perechi. După aceasta sortare informațiile despre curba de lumina, desfășurarea pe PDM sau viteza sunt stocate în alta bază de date și apoi analizate mai amănunțit, un exemplu de astfel de eveniment este prezentat în Figura 3.

Deoarece fereastra transparentă în UV din modulul rusesc Zvezda de pe Stația Spațială Internațională deservește mai multor experimente nu doar pentru Mini-EUSO, accesul aici este relativ limitat, astfel culegerea de date se face în sesiuni. Până acum au avut loc aproximativ 14 de sesiuni de observații însumând aproximativ 120 de ore.

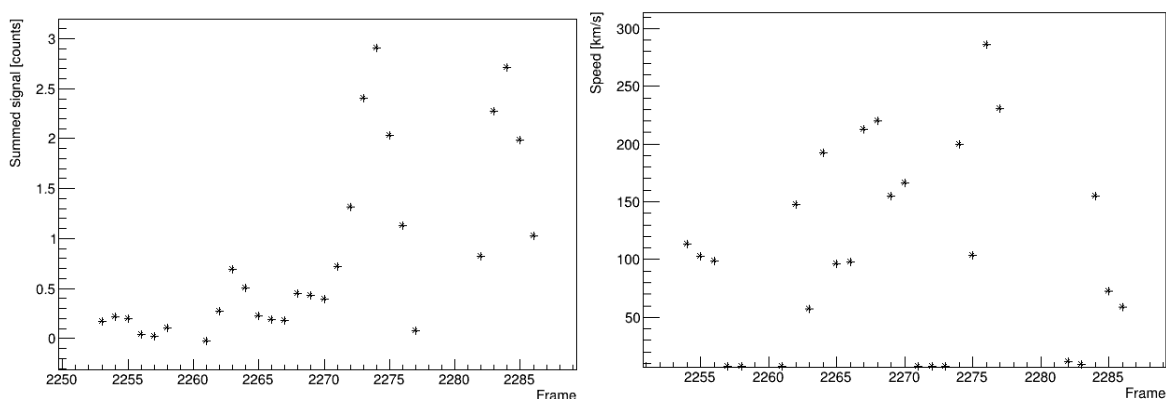


Figura 3. Exemplu de curba de lumina si viteza unui eveniment înregistrat in data de 19.11.2019 ora 19:59:17.

Din aceste date, datorita limitărilor legate de banda de transmisie, 20% dintre ele sunt descărcate direct de pe ISS prin intermediul conexiunii acesteia, restul fiind aduse de astronauții care se întorc pe Pământ pe un dispozitiv de stocare.

In urma analizei datelor stocate după aplicarea triggerului offline, cele peste 5000 de evenimente se pot împărți in 4 mari categorii:

- N= Zgomot (Noise/false triggers)
- U= nedeterminat (unidentified)
- M= Meteori
- M?= Candidat meteori (curba de lumina asemănătoare cu a meteorilor)

In Tabelul 1 se regăsesc datele celor 14 sesiuni de observații împărțite pe durata, număr de evenimente si categorii.

	PERIOADA	durata (H)	Number of events	M(meteor)%	M?(maybe meteor)%	U(unidentified event)	N(noise)
Sesiunea 1	2019_10_07_18_48_34 - 2019_10_07_19_33_10	0.75	15	0	0	13	87
Sesiunea 2	2019_10_19_19_04_39 - 2019_10_19_19_17_46	0.25	11	9	18	18	55
Sesiunea 3	2019_10_25_20_42_26 - 2019_10_26_06_18_14	9.5	16	19	13	63	6
Sesiunea 4	2019_11_06_19_05_57 - 2019_11_07_06_01_49	11	66	2	5	23	71
Sesiunea 5	2019_11_19_18_23_44 - 2019_11_20_05_57_38	11.5	388	24	14	12	49
Sesiunea 6	2019_11_27_18_27_53 - 2019_11_28_05_43_22	11.25	772	38	23	8	31

Sesiunea 7	2019_12_05_18_26_05 - 2019_12_06_05_52_22	11.25	388	5	7	17	71
Sesiunea 8	2019_12_30_18_11_21 - 2019_12_31_05_24_36	11.15	724	37	17	8	38
Sesiunea 9	2020_01_08_19_00_00 - 2020_01_09_06_09_34	10	299	1	5	39	55
Sesiunea 11	2020_02_21_18_30_46 - 2020_02_22_05_40_18	11	553	56	19	6	19
Sesiunea 12	2020_03_02_18_39_50 - 2020_03_03_05_50_07	11	417	30	16	10	44
Sesiunea 13	2020_03_13_18_01_41 - 2020_03_14_08_23_06	14.5	436	25	8	6	62
Sesiunea 14	2020_03_31_18_35_03 - 2020_04_01_06_04_55	11.5	474	34	16	16	34

Tabelul 1. Datele din cele 14 sesiuni de observații.

Media evenimentelor de tip zgomot de fond reprezintă aproximativ 50% din evenimentele înregistrate, cu precădere deasupra zonelor locuite, însă acest procent nu este constant ci variază în funcție de nivelul de iluminare antropică, albedoul suprafeței Pământului sau fazele lunii.

În Figura 4 este reprezentată distribuția numărului de meteori detectați în cele 14 sesiuni de observații cu mențiunea că variația poate fi o consecință a fazelor lunii sau a momentului de timp cu activitate mai mare sau mai mică a meteorilor.

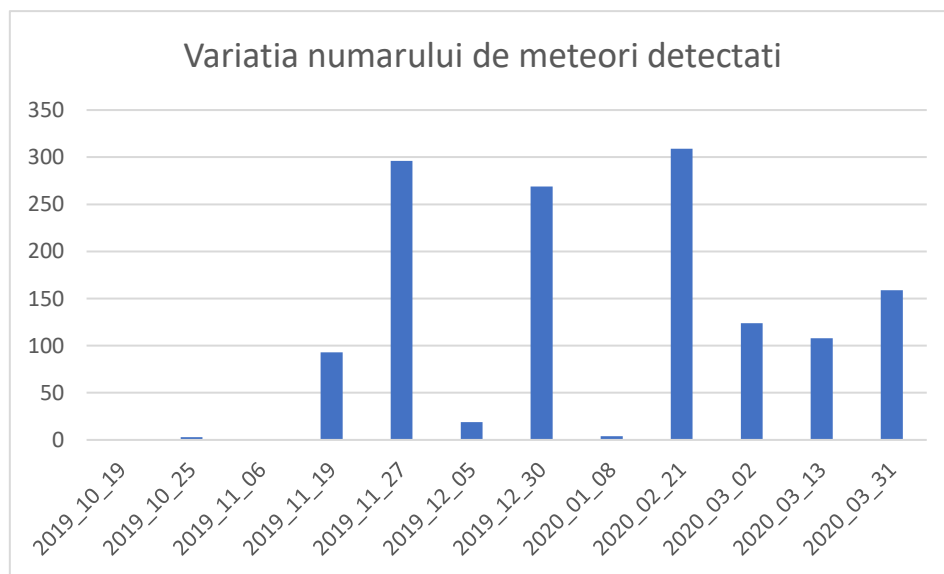


Figura 4. Variația numărului de meteori detectați în cele 14 sesiuni de observații.

Din cele 1300 de evenimente de tip Meteor înregistrate de telescopul Mini-EUSO niciunul din evenimentele analizate nu are o curbă de lumina semi-constantă, o durată mare de desfășurare sau o viteză măsurată care să depășească semnificativ 72 km/s, ceea ce exclude detecția de

candidați de tip nucleariti.

Concluzii

Pe lângă evenimentele care au înregistrat un fond luminos provenit fie de la lumina orașelor sau de la fenomenele meteo (aprox. 50% din evenimente), Mini-EUSO poate înregistra și evenimente de tip meteori sau nucleariti. Numărul relativ mare de meteori înregistrați dau mari speranțe în folosirea acestui telescop pentru detecția de nucleariti.

Activitatea 3.3: Diseminarea Rezultatelor - partea II

În conformitate cu Planul de Realizare a proiectului, în cadrul acestei activități a fost actualizat website-ul proiectului și au fost realizate activități suport de diseminare. În cazul website-ului proiectului (<http://www.space-science.ro/projects/s2nusdet/index.html>), acesta a fost actualizat cu ultimele rezultate obținute în cadrul proiectului.

În cazul activităților suport de diseminare, membrii echipei de proiect au participat la întâlnirile lunare ale grupurilor de lucru ale colaborării JEM-EUSO ce a avut loc online. De asemenea Gabriel Chirițoi, în cadrul Sesiunii Științifice Anuale organizată de Facultatea de Fizică din cadrul Universității București în perioada 24.06.2022, a avut o contribuție orală cu titlul “*Preliminary analysis of the Mini-EUSO Telescope data taken in D3 offline trigger mode*”.

Totodată manuscrisul cu titlul „Development of ground-based nuclearites telescope with a SiPM Camera” a fost transmis spre publicare într-o revista cotate ISI, în care sunt diseminate rezultatele proiectului cât și de asemenea care sunt perspectivele viitoare de aplicare ale acestora. În consecință toate obiectivele prezentei activități au îndeplinite integral.

In acest context apreciem ca obiectivele aferente acestor activitati au fost atinse in proportie de 100%, iar din punct de vedere financiar, aceste activitati au fost implementate conform bugetului stabilit in Planul de Realizare al proiectului.

C. Bibliografie

- [1] F. F. e. al., "The Esaf Simulation Framework For The Jem-Euso Mission," in ICRC2011 Proceedings, Beijing, 2011.
- [2] F. C. e. al., "Mini-EUSO: A high resolution detector for the study of terrestrial and cosmic UV emission from the International Space Station," Advances in Space Research, pp. 2954-2965, 2018.
- [3] H. Miyamoto e. al., " Simulation studies for the Mini-EUSO detector," in ICRC2021 Proceedings, Berlin, 2021.

DIRECTOR PROIECT,
CHIRITOI Gabriel