

СЪЗДАВАНЕ НА МРЕЖА ЗА КОСМИЧЕСКИТЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРОСЛЕДЯВАНЕ (SST) В БЪЛГАРИЯ – ПЪРВИ РЕЗУЛТАТИ

Огнян Огнянов¹, Явор Шопов², Петър Гецов³, Пенка Мъглова³, Алексей Стоев³

¹Институт за високи технологии в индустрията 4.0, София

²Space Science Center, Durban University of technology, Durban; Софийски университет „Кл. Охридски“

³Институт за космически изследвания и технологии – БАН

e-mail: ognianov@acceco.com

ESTABLISHING A NETWORK FOR SPACE SURVEILLANCE AND TRACKING (SST) IN BULGARIA – FIRST RESULTS

Ognian Ognyanov¹, Yavor Shopov², Petar Getsov³, Penka Maglova³, Alexey Stoev³

¹Institute of High Technology in Industry 4.0, Sofia

²Space Science Center, Durban University of technology, Durban; Sofia University "Kl. Ohridski", Sofia

³Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia

e-mail: ognianov@acceco.com

Keywords: Space Surveillance and Tracking (SST), Space Situational Awareness (SSA), Observations of space debris in nearby Cosmos (SD)

Abstract: In the period 1958–2002, observations of Earth artificial satellites in Bulgaria have been well-developed scientific and practical theme, mainly in the optical range, and since 1988 - laser observations. Today this worldwide promising field of space research, developed for years in the US, Russia and Europe, is not developed by Bulgarian researchers. Contemporary European Sights for Space Surveillance and Tracking (SST) development, however, show the topicality of establishing working network for artificial satellites and space debris(SD) observations in EU countries. This also affects today's generation of scientists working in different structural units of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia University "Kl. Ohridski "and others. By definition, each observation station located within the EU requires radar, optical and laser tracking systems for SST and SD. The report discusses the problem of building and developing of observation networks in Bulgaria and the attachment of Bulgarian observers to relevant European partners in this activity. Different stages of network construction, data acquisition and storage, cataloging of objects, details and debris of space satellites are shown in the paper.

In conclusion, the initial results and experience gained by observers at the various stages of image observation and processing, as well as the obtaining of updated orbital elements of the artificial satellites as catalogue data, have been demonstrated.

Въведение

Бързо растящия брой малки- и микро- сателити и перспективи за развитие на големи флотилии от спътници допълнително увеличават необходимостта от надеждна и навременна информация за космическите обекти. Всъщност, в Европа основната цел на системата за наблюдение на ситуацията в космоса е да подкрепи европейското независимо използване и достъп до научните изследвания чрез осигуряване на навременни и качествени данни, информация, услуги и знания за околната среда (атмосфера и околоземно пространство), заплахите и устойчивата експлоатация на спътниковите системи в космическото пространство. Така от 2009 г. насам Европейската космическа агенция (ESA) провежда програма за наблюдение на ситуацията в космоса (Space Situational Awareness - SSA) с три сегмента – космическо време (Space Weather - SWE), контрол върху обектите на Земята (NEO) и наблюдението и проследяването на космическото пространство - SSA. Третата част на програмата е одобрен от ЕКА през декември 2016 г. за тригодишен период считано от 2017 г.

И тъй като небето и летящите в околоземния космос обекти станаха всеобщ проблем за Човечеството създаващи нова парадигма за по-нататъшното развитие на космическите технологии, това изисква на този етап поне опит за детайлно познаване изкуствените тела, летящи в близкия Космос. Това е свързано особено с бързо нарастващото количество части от космически апарати и сателити, които нанасят огромни поражения и икономически загуби при сблъсък с действащи сателити. Затова тяхното наблюдение, определянето на орбитите им и каталогизирането им е задача със силно нарастващо значение. Всичко това налага създаване на мрежа за космическите наблюдения и проследяване (SST) и в България.

Какво е SST? Както вече бе казано космическо наблюдение и проследяване, SST включва технологии за откриване, каталогизиране и предсказване на кинематиката и динамиката на обектите, обикалящи около Земята. ESA активно разработва, демонстрира и утвърждава дейности, свързани със SST технологиите. Допълняемостта с други паралелни европейски подходи и научноизследователската дейности, както и технологичното развитие в подкрепа на националните инициативи се осигурява чрез изпълнението на приетата програма (1). През настоящия етап е създаден хибридният експертен координационен център (ExpCen). В рамките на ExpCen са признати три различни вида сензори за SST наблюдения, според нивото на квалификация на работещите в него наблюдатели:

- Кандидат наблюдател - наблюдател, който не е с доказана способност да наблюдава космическото пространство за ИСЗ и отломки, но прави усилия за обучение на наблюдателите си и усъвършенстване на наблюдателната техника;
- Валидиран наблюдател, който е в процес на одобрението на ExpCen и демонстрира поетапно експертизата на наблюдателите си, както и качество на наблюдателната апаратура;
- Квалифициран наблюдател, валидиран наблюдател, който е преминал успешно квалификационната процедура на ExpCen.

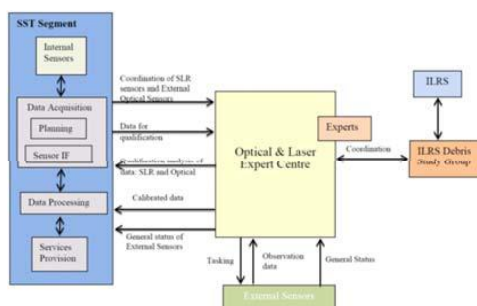
Процедурата за валидиране на ExpCen е съставена от:

- методи, които обхващат планирането на наблюдението и за да тестват изследваните сензорни интерфейси и оценява минималните възможности за наблюдение. Процедурата за квалификация на ExpCen е разширена версия на процедурата за валидиране, където са и данните качеството се изследва. Да изпълни тази процедура трябва да бъдат изпълнени строги критерии по отношение на сензора (латентност на данните, време за реакция и др.) и неговите данни в качество аспект (например астрометрия и точност на измервания диапазон). Освен това разпознаваме и следните наблюдатели към връзката им с ExpCen:

- Вътрешни наблюдатели - Квалифицирани наблюдатели, които са напълно контролирани и експлоатирани от системата на SSA задания;
- Външни наблюдатели - Квалифицирани наблюдатели, които не са по дефитиция вътрешни наблюдатели. Те се управляват от SSA система за поддръжка чрез споразумения с различни нива на обслужване в зависимост от всеки специфичен наблюдател;
- ILRS/SLR наблюдатели - Квалифицирани SLR наблюдатели, които са включени в ILRS мрежа;
- Други наблюдатели - Оптични пасивни или SLR наблюдатели, които не са вътрешни, нито външни и не принадлежащи към ILRS/SLR мрежата. В този брой принадлежат всички наблюдатели, които са кандидатствали и валидирани. Също така квалифицирани наблюдатели могат да принадлежат към тази група, ако нямат споразумение между тях и SSA за обратно предаване на крайни данни.

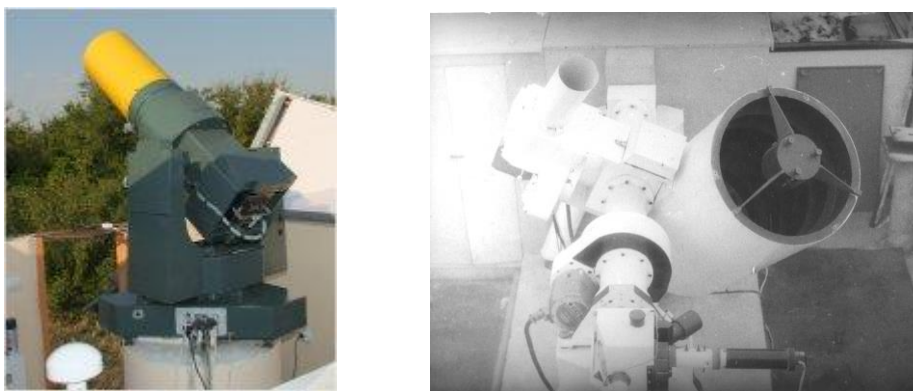
Задачи и функции. Установено е, че по време на анализа на изискванията, които оптичните и лазерните експертни центрове трябва да могат да демонстрират се изисква от сензорите:

- да управляват получаването на данни от наблюдения и проследяването, за да се осигури подходящ и точен принос към веригата за обработка на данни предвид ограниченията за сигурност. Освен това, силно се подкрепят операции като научноизследователска и развойна дейност, които трябва да бъдат осигурени също от центъра (2). Могат да се идентифицират следните задачи за развитие на отделните сензори:
 - да извършва координация между външни и други сензори;
 - да извършва оценка и калибриране на получените данни от SST и да предоставят оценени данни на SSA/SST мрежата;
 - мониторинг на изпълнение на подписаните в ЕС споразумения на SLA, както и други спогодби;
 - да извършван собствени научни изследвания, както и развитие на научно-техническия състав на сензора.



Фиг. 1. Концепция за йерархична структура за оптичен и лазерен център за SST наблюдения

История и днешно състояние на материалната база за Космически наблюдения и проследяване в България



Фиг. 2. (а, б) Фотографска камера АФУ-75 (а) и лазерен далекомер УЛИС (б), монтирани в Наблюдателната станция на ИСЗ на Старозагорските минерални бани

По инициатива на българския астроном академик Никола Бонев – ръководител на катедра Астрономия при СУ, който тогава е и председател на Българското астронавтическо дружество през периода 1958 - 1959 г. се създават три наблюдателни станции – в София, Стара Загора и Варна. Техните съответни номера по регистъра на програмата „Интеркосмос“ са съответно 1101 – София, 1102 – Стара Загора, 1103 – Варна. По-късно, тези станции преминават методично към Централната лаборатория по висша геодезия (ЦЛВГ) при БАН, чиято наблюдателна база е разположена в Плана планина (1101), Народната астрономическа обсерватория „Ю. Гагарин“ (НАО), Стара Загора с наблюдателна станция разположена в Старозагорските минерални бани, Област Стара Загора (1102) и Народната астрономическа обсерватория и планетариум „Н. Коперник“ (НАОП), Варна с наблюдателна база в с. Аврен, Област Варна (1103). Първоначално наблюденията се провеждат по метода на визуалните баражи на ИСЗ с помощта на наблюдателни тръби АТ-1 и ТЗК, като точното време е отчитано с морски хронометри. Впоследствие, са закупени кинофототеодолити на Фирмата „Аскания“ и специализирани служби за „Точно време“ с точност на определяне на времето 0,1 s, което е позволявало да бъдат проведени високоточни наблюдения на ИСЗ с проследяване и на самите спътници. Ефемеридите за наблюдаваните спътници се получават от Астросъвета при АН на СССР, а резултатите от наблюденията се изпращат също там и в Астрономическата обсерватория в Звенигород, Русия. През периода 1979–1980 г. от СССР в България са доставени две автоматизирани фотографски камери АФУ – 75 (Автоматическа Фотографическа Камера; D = 210 mm, F = 736 mm) – едната за ЦЛВГ, БАН а другата – за НАО, Стара Загора. Наблюдателната станция на ИСЗ в НАОП, Варна постепенно отпада от списъка на научните наблюдения, поради невъзможност да се оборудва същата със следващо поколение астрономически уреди за наблюдения на ИСЗ.

В перспектива, за нуждите за космическото приборостроене през 1982 г. е създадено Научно производствено предприятие (НПП) „Космос“ към Централната лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) – БАН. През 1984 – 1986 год. в НПП „Космос“, БАН съвместно с ЛИТМО – Ленинград (дн. Санкт Петербург, Русия) е разработен лазерен далекомер УЛИС-630 за наблюдение на изкуствени спътници на Земята. Изработени са три апарата, инсталирани в

Централната Лаборатория по Висша геодезия, БАН, Астрономическата обсерватория на Държавния университет на Латвия и Астрономическата обсерватория в Звенигород край Москва.

За съжаление, днес в България липсва каквато и да е организация, модерни инструменти и наблюдатели на ИСЗ.

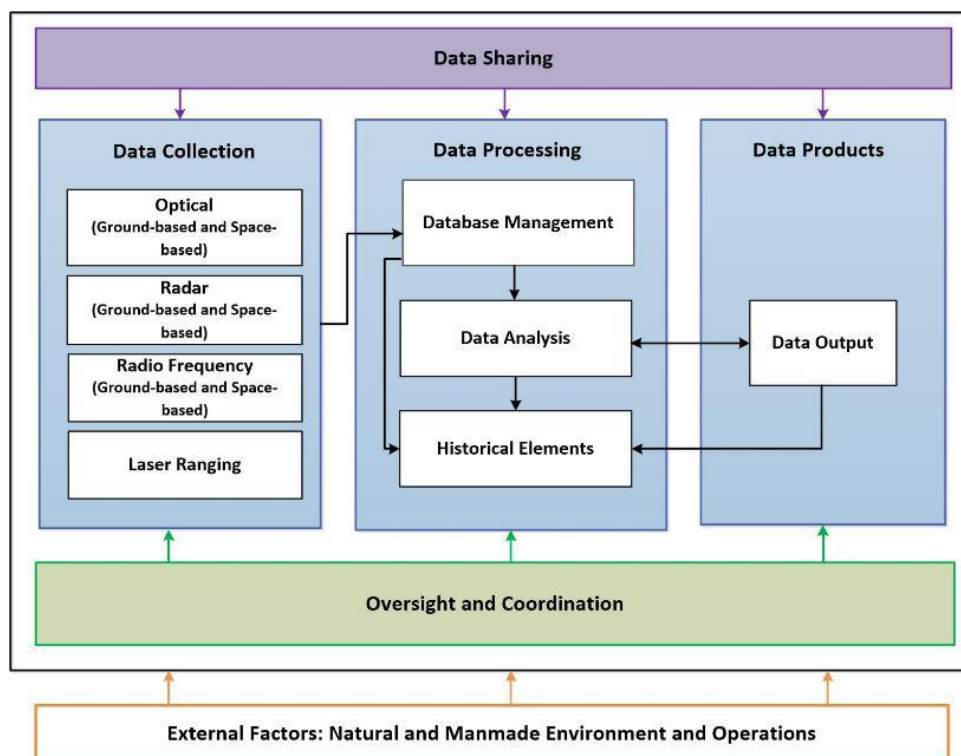
Проект “Preparatory activities to join SSA program of ESA” (PASSA)

Краят на историята на наблюденията на ИСЗ в България, описана в горния абзац и историческият опит позволи на група специалисти, работещи главно в ИКИТ – БАН и СУ“Кл. Охридски“ да кандидатстват и спечелят проект от конкурсите на Европейската космическа агенция. Проектът е по договор на Софийски университет с ESA. В проекта участват и специалисти от ИКИТ – БАН, Филиал Стара Загора.

Проектът на практика даде старт на дейностите по създаването на Център по Космическо Наблюдение и Проследяване (ЦКНП) в България. Идеята на проекта беше да се извършат съответните проучвания и заложат най-важните подготвителни дейности във фазата преди стартирането на по-голям национален проект в някои от следващите сесии на ESA. Това беше от съществено значение, като се има предвид, че опита на национално ниво не е много и не е актуален, защото се базира на дейности извършвани преди няколко десетилетия. Апаратурата и специалистите работели в нея отдавна са в историческите архиви и хроники на постиженията от периода 1958–2000 г.

Основни задачи на проекта

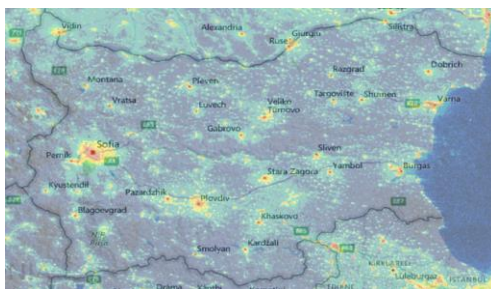
1. Проучване на местата подходящи за разполагане на наблюдателни станции.
2. Изследване на астроклимата на съответните локации.
3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти
4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от България
5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти.
6. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти.



Фиг. 3. Аналитична рамка за системата за космически трафик

1. Проучване на местата подходящи за разполагане на наблюдателни станции

Въз основа картата на светлинната замърсяване, метеорологични карти и данни за транспортната инфраструктура в България бяха предложени и проучени множество (около 12) локации за възможни наблюдателни площадки:



Фиг. 4. Актуална карта на светлинното замърсяване на територията на Република България

На следващите снимки са представени като общ вид местата, в които бяха тествани за бъдещо разполагане на експедиционните наблюдателни инструменти за SST за времето на експерименталните наблюдателни кампании през месеците септември и октомври, 2018 г.

Юндола



Аязмото



Камчия



Зимевица



вр. Морулей



вр. Бузлуджа



с. Горни окол



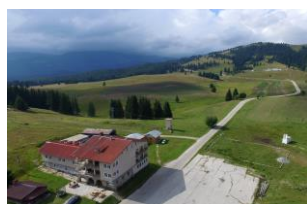
Плана планина



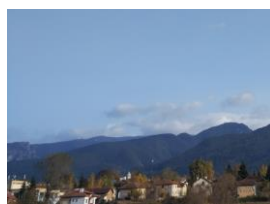
с. Медени поляни



Белмекен



Говедарци



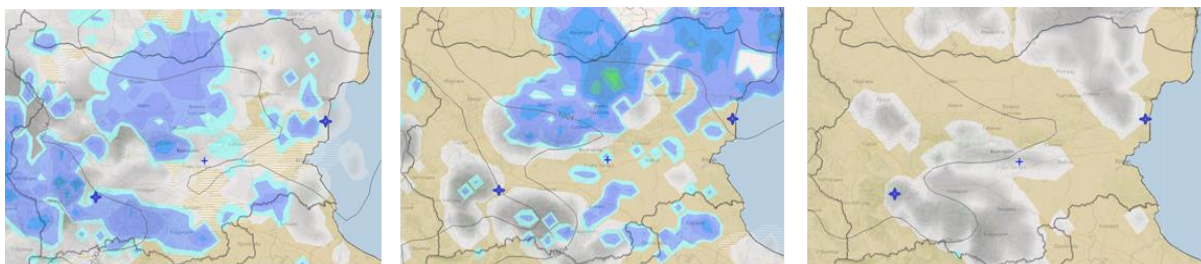
Синеморец



В резултат на комплексно сравнение на предимствата и недостатъците на разгледаните предложения, за провеждане на наблюдателната кампания бяха избрани 5 локации:

1. Белмекен
2. Говедарци
3. Стара Загора
4. Синеморец
5. София.

Подбора беше основан главно на критериите за географско разположение в различни краища на България (с цел увеличаване на базата за кооперирани SST наблюдения), добър астроклимат, подходяща пътна инфраструктура и по възможност да покрият максимално различни климатични зони, надморски височини и ландшафт. Избраното разположение беше съобразено и с възможното разпределение на облачната покривка, като целта беше дори при най-неблагоприятен сценарий за времето на кампанията, да има наблюдения от поне едно място. Прогнозата беше изработена с помощта на симулационен модел на облачната покривка, но наблюденията по време на кампанията напълно потвърдиха верността на тази хипотеза.



Фиг. 5. Прогнозни метеорологични карти на облачната покривка над територията на България за времето на наблюдателните кампании м. септември – октомври 2018 г.

Другата основна причина за такова пространствено разпределение е търсенето на максимално отстояние за наблюдателна база, което позволява използването на триангулационни методи за определяне разстоянието до наблюдавания обект, при условие, че се реализира едновременно наблюдение от две точки със синхронизиране на точното време на наблюденията.

2. Изследване астроклимата на съответните локации

За изследване на астроклимата по проекта бе предвидено изграждането на две автоматизирани метеорологични станции, които имат възможност освен от стандартните метеорологични измервания да измерват и светлинното замърсяване, което е основен параметър при определяне пригодността за астрономически наблюдения.

По-нататък, предварителната програма за изпълнение на дейностите по проекта **“Preparatory activities to join SSA program of ESA”** продължи със следните задачи:

3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти

4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от България

5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти.

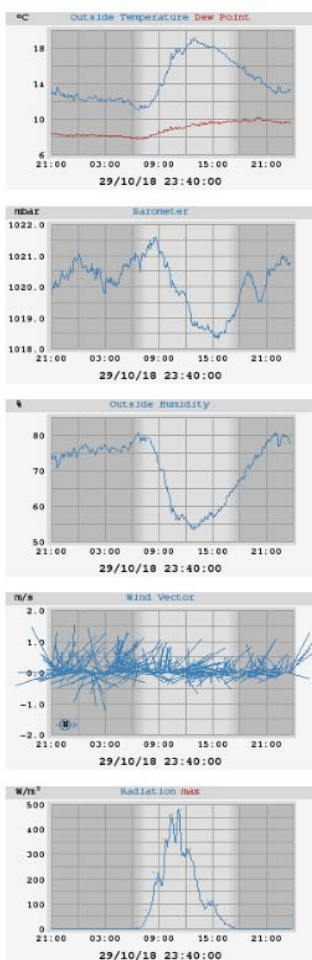
6. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти.

Първи резултати от метеорологичните наблюдения на местата за бъдещи SST наблюдения

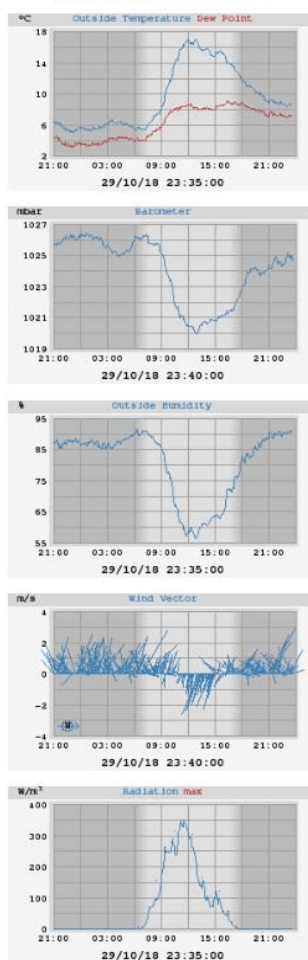
Meteo stations network
Space Surveillance & Tracking Center -Bulgaria and Sofia University



Station1 - Sofia city



Station2 - Rila mnt



Фиг. 6. Общ вид на една от метеорологичните станции и първи данни от наблюденията на атмосферата и небето в условията на непрекъснат мониторинг на средата

3. Изследване на техниките за наблюдение на близки космически обекти

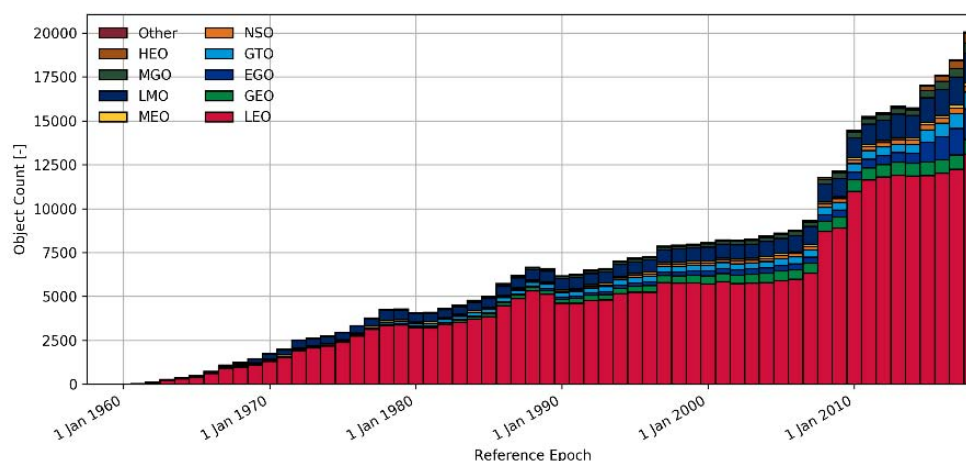
Преди започването на наблюдателната кампания бяха проучени възможните техники за оптично наблюдение на близки космически обекти с цел определяне орбитите им. Бяха обсъдени предимствата и недостатъците, както и възможностите за кооперативни наблюдения на отделните екипи от предварително избраните наблюдателни позиции на територията на изброените пунктове.

1. Наблюдение от една позиция – Определят се координатите, но липсва информация за разстоянието;

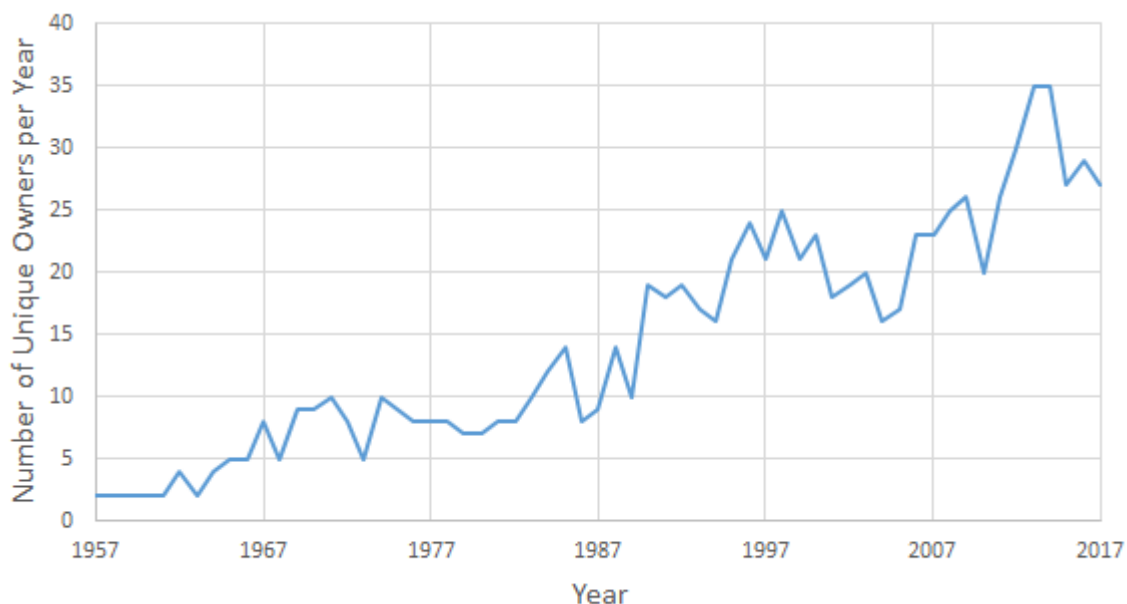
2. Едновременно наблюдение от 2 и повече позиции – Дава максимална информация, но синхронизирането на таймерите изисква допълнително скъпо оборудване;

3. Едновременно наблюдение от 2 позиции, като само в едната се поддържа прецизно точно време -позволява определяне на координатите и разстоянието, като изискването към оборудването на второто място не са толкова високи.

По-долните функционални зависимости показват актуалността и значимостта на поставените задачи.



Фиг. 7. Еволюция по орбити на ИСЗ [5]



Фиг. 8. Брой уникални изкуствени спътници на Земята изстрелвани за една година [5]

4. Провеждане на наблюдателна кампания за заснемане на близки космически обекти от територията на България

GEO Satellites

EXPRESS AM7
HELAS SAT-2
HELAS SAT-3
ASIASAT 4
PAKSAT-1R
ATHENA-FIDUS
GOES 3



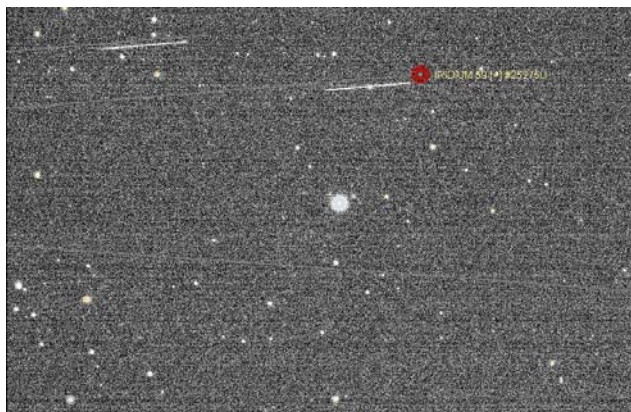
MEO Satellites

GPS BIIF-7



LEO Satellites

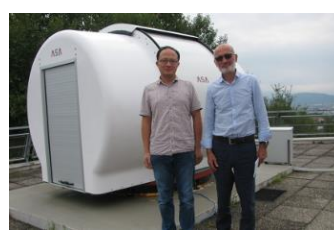
IRIDIUM 58B
IRIDIUM 59+



5. Изследване на характеристиките на оборудване и софтуер подходящи за наблюдение на близки космически обекти (задачата е в процес на обмисляне и проучване на пазара на такива инструменти).

6. Обмяна на опит с водещи международни специалисти и обсерватории в областта на наблюдението на близки космически обекти

В рамките на посещение на Европейския конгрес по археоастрономия в гр. Грац в края на м. август 2018 г. бе осъществена работна среща с колектива на Обсерваторията Lustbühel в Грац, Република Австрия. Сателитното лазерно насочване (SLR) е метод за измерване на разстоянието до сателити или космически отломки, използвайки много къси лазерни импулси. От 1982 г. насам IWF (Австрийската академия на науките) управлява една от водещите световни SLR станции, тази в Обсерваторията Lustbühel (Грац). Станцията SLR в Грац измерва разстоянието до сателитите до орбитална височина от 36000 километра. За определени цели - чрез използването на статистически анализ - е възможно да се постигне точност, по-малка от един милиметър. Понастоящем станцията рутинно измерва разстоянията до повече от 140 обекта и качва данните на различни центрове за анализ в рамките на Международната лазерна служба (ILRS). Измерванията са началната точка за определяне на кинематиката и динамиката на ИСЗ, напр. параметрите на околоосно въртене, гравитационни взаимодействия и др. В резултат на надеждността и точността на данните, SLR станцията в Грац бе избрана от ILRS като една от петте централни станции в целия свят. Сателитите, измерени от SLR станцията в Грац, могат да бъдат разделени в четири основни групи: (1) пасивни /геодезически сателити, (2) сателити на ниска орбита на Земята, (3) навигационни спътници и (4) космически отпадъци. Пасивните /геодезическите спътници/ са със сферична форма и са конструирани по начин, който не се влияе от външни сили, освен от гравитацията. Обикновено голямо количество светлоотражатели води до сигнали за отговор за измервания на SLR, които могат лесно да бъдат идентифицирани. Разстоянията варират от 800 до 20000 km и основната им област на използване е прецизно измерване на гравитационното поле на Земята. Сателитите с ниска орбита на Земята могат да бъдат намерени на разстояния между 450 и 1350 km. Тяхната област на използване е гъвкава и варира от измерването на ледната маса на Земята, океанските течения, покачането на морското равнище и т.н., до радарни изображения с висока разделителна способност. Всички те трябва да знаят точната си орбита, която се измерва и определя от данните на SLR наблюдения. Научният акцент на станцията SLR в Грац понастоящем се състои в измерване на разстоянието до космически отломки (3). Такива измервания дават ценни данни за подобряване на прогнозите за орбита на космически отломки, което би могло да обезпечи значително намаляване на необходимостта от маневри за избягване на сблъсъци. В края на срещата, бяха набелязани параметрите на двустранно сътрудничество с българския екип по проекта на ESA Проект "Preparatory activities to join SSA program of ESA" (PASSA).



Фиг. 9. Общ вид, телескоп-рефлектор 600/2000 с лазерен далекомер, служба „точно време“ и наблюдателна тераса с допълнителни уреди за SST наблюдения на Обсерваторията Lustbühel в Грац

Дейности по създаване на инфраструктурата на Национален Център за Наблюдение и Проследяване

Към настоящия момент НЦНП осъществява дейността си чрез споразумения за ползване на материална база и оборудване с институти на БАН, Софийски университет и частни фирми, които разполагат със съответният ресурс.

1. Подготовка на наблюдателни бази

Екипа от специалисти включен в проекта работи по подготовката на три основни наблюдателни бази (Плана планина, Стара Загора и черноморското крайбрежие), както и на 2 спомагателни такива.

2. Подготовка на специализирано оборудване за наблюденията

Оборудването използвано по време на наблюдателната кампания м.септември – октомври 2018 г. ще се усъвършенства до ниво „автоматизиран режим“ с автономна работа и дистанционно управление. Планират се да се извършат съответните ремонти за възстановяване и модернизиране на съществуващ сателитен лазерен далекомер УЛИС. Планира се и значително разширение на мрежата от метеорологични наблюдателни станции, като към тях се добавят астрономически широкоъгълни камери за обзор на небето.

3. Подготовка на център за управление и обработка на резултатите

Функционалността която ще постигне НЦНП ще зависи основно от изграждането на компютърен център за управление и обработка на резултатите. Поради големия брой обекти в космоса които трябва да се наблюдават и каталогизират, се предполага използването на максимално автоматизирани процеси за наблюдение и обработка. Задачите по избор на целите за наблюдение, разпределението им към съответният телескоп на основата на неговите апаратурни възможности и метеорологична обстановка, автоматично получаване резултатите от наблюденията, тяхната астрометрична обработка, изчисляване орбитите на обектите и тяхното каталогизиране се предвижда да става автоматично. Разбира се, всичко това ще става постепенно, като се има предвид обема и сложността на задачата. За момента се разполага със сървърен ресурс, които ще се разширява според наблюдателните задачи и необходимото качество на обработката та наблюденията и крайните резултати. Обмисля се структурата и архитектурата на софтуера.

4. Присъединяване на асоциирани партньори в България

Световна практика в областта на наблюденията е да се работи с партньори, с които се обменя информация. Предвижда се сътрудничество с партньори в България които имат интерес да се включат в наблюдателната мрежа, като сътрудничеството се осъществява на база двустранни и тристранни договори. Вече има заявен интерес към такова партньорство.

5. Споразумения с международни партньори за обмен на информация

Напоследък значително се увеличи броя на фирмите и научни институти занимаващи се с тази дейност. Дейността варира от държавно финансирана до изцяло комерсиална. Данните които се получават може да са със свободен достъп или чрез заплащане. Вече има установени контакти с различни организации и възможни форми на двустранно сътрудничество по отделните етапи на наблюденията, обработката и получаването на крайните резултати с актуална информация за динамичните параметри на наблюдаваните ИСЗ [6]. Това позволява получаване на информация, която не възможно да бъде получена само от собствената мрежа, а е от съществено значение за процеса на наблюденията.

6. Кандидатстване за приемане в европейската мрежа за наблюдения

Европейската мрежа за наблюдения представлява развитие на идеята за двустранното и многостранно сътрудничество при обмен на информация до нещо по-голямо. По замисъл трябва да се въведен стандарт за определени дейности и общи правила за всички участници в SST наблюденията, което значително ще облекчи работата и необходимостта от подписване на двустранни споразумения. Разбира се идеален вариант не съществува и определени данни ще се споделят между участниците, а определена информация която е с повишена важност ще се споделя само при преценка на страната която я е получила.

Това още веднъж показва нуждата от изграждането на национален капацитет в SST наблюденията, което всъщност и е задължителното условие за желаещите да участват в европейската мрежа за наблюдението и проследяването на космическото пространство - SSA.

Заклучение

В нашата работа представихме основни идеи, проектни разработки, експертна координация и първи резултати за бъдещ Център за оптични наблюдения (ОО) и оптичен сателитен лазер (SLR), и както и мрежа от станции на територията на България за SST наблюдения. Този център понастоящем е свързан с проектно развитие в програмата SSA на Европейския съюз и Космическа агенция (ЕКА) чрез дейност, водена от Центъра за космически наблюдения и проследявания в Стара Загора. Основната цел на експертния център е координацията на всички сензори със система SST. По-специално това е от особен интерес определението за общ (за предпочитане единичен) интерфейс между възможностите за планиране и обработка на SST и тези наблюдатели. Представена е функционалната схема и системата хардуерни и софтуерни архитектури, които обхващат опит в оптични пасивни, както и в сателитния лазерен обхват (SLR) измервания. Настоящата хибридна версия на центъра е проектиран така, че центърът да може да бъде разделен на два независими отдела, един, посветен на оптичните пасивни измервания, а втория - на SLR измервания. Функционалността на центъра ще бъде демонстрирано чрез специална кампания за наблюдение, която ще се проведе по-късно през пролетта на 2019 година.

Литература:

1. ESA Space Debris Office, *ESA's Annual Space Environment Report*, GEN-DB-LOG-00208-OPS-GR, available via <https://discosweb.esoc.esa.int/web/guest/statistics>, 2017.
2. Flohrer, T., Jilete, B., Mancas, A., Krag, H., Conceptual Design for Expert Centres Supporting Optical and Laser Observations in an Space Surveillance and Tracking System, Proceedings of AMOS Conference, Maui, Hawaii, 2015. awareness. Acta astronautica, 66(9), 2010.
3. G. Kirchner, F. Koidl et al., Laser measurements to space debris from Graz SLR station, Advances in Space Research, Volume 51, Issue 1, 1 January 2013, Pages 21-24, ISSN 0273-1177, 2013.
4. <https://public.ccsds.org/default.aspx>
5. Bhavya Lal, Asha Balakrishnan, Becaja M. Caldwell, Reina S. Buenconsejo, Sara A. Carioscia., Global Trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)., IDA SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY INSTITUTE, 1701 Pennsylvania Ave., NW, Suite 500, Washington, DC 20006-5805 April 2018
6. Jilete, B., Mancas, A., Flohrer, T., Krag, H., Laserranging initiatives at ESA in support of operational needs and space surveillance and tracking, 03-001, Presented at the 2016 International Workshop on Laser Ranging, Postdam, Germany, October 09-14, 2016.