

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АСТРОКЛИМАТА В ОПРЕДЕЛЕНИ ГЕОГРАФСКИ ЛОКАЦИИ ЗА ПОДБОР НА ОПТИМАЛНИ МЕСТА ЗА КОСМИЧЕСКИ НАБЛЮДЕНИЯ

Огнян Огнянов

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: ognianov@acceco.com*

Ключови думи: Наблюдения на околоземното космическо пространство, Изследване на локалния астроклимат

Резюме: Специализираното наблюдение на околоземното космическо пространство и изкуствените спътници и техни отломки с различни размери и разположени на различни орбити изисква подходящо подобрени места за разполагане на наблюдателната апаратура. Подбора се базира най-вече на изследване на локалния астроклимат, подходящ за подобни наблюдения и допълнителни инфраструктурни и логистични критерии.

INVESTIGATION OF THE ASTROCLIMATE IN SPECIFIC GEOGRAPHICAL LOCATIONS FOR THE SELECTION OF OPTIMAL SITES FOR SPACE OBSERVATIONS

Ognian Ognianov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ognianov@acceco.com*

Keywords: Observations of Earth's outer space, Study of the local astroclimate

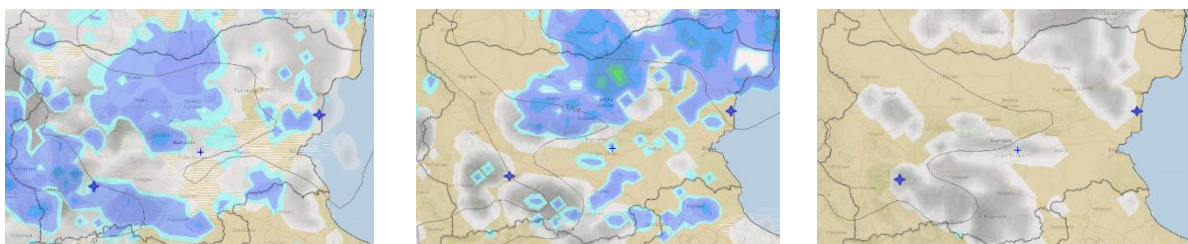
Abstract: The specialized monitoring of the Earth's outer space and artificial satellites and their debris of different sizes and located in different orbits requires appropriately selected places for the placement of the observation equipment. The selection is based mostly on a study of the local astroclimate suitable for such observations and additional infrastructural and logistical criteria.

Въведение

Специализираното наблюдение на околоземното космическо пространство е задача с повишена сложност особено когато се изисква висок процент (80% – 90%) на наблюдателната активност на годишна база. Високите изисквания предполагат към задачата да се подходи изчерпателно и да се вземат предвид всички фактори които могат да оказват влияние на процеса на наблюдение. Световният опит показва, че подобни критерии са неизпълними при извършване на наблюдения само от едно местоположение, най-вече поради наличието на облачно покритие през част от годината. Стандартният подход в такива случаи е да се увеличи броят на наблюдателните площадки, с надежда че вероятността за липса на облачна покривка намалява с увеличаване броя на площадките. Поради високата цена на апаратурата за наблюдение този подход трябва да се използва много внимателно, като се търси оптимално разположение за постигане на висок процент на наблюдателната активност при минимални разходи. Поради тази причина анализа трябва да се базира максимално на количествено измерими данни и да се минимизира субективната преценка за избор на най-добро място, каквато често е практиката при избор на наблюдателни площадки. За целта решихме да се разработи пространствен модел на разпределение на площадките и да се въведат критерии за оценка на предложенията. За получаване на данни за количествен анализ се наложи да изградим измервателна мрежа от сензори и да осигурим исторически данни за интересуващите ни местоположения.

I. Разработка на пространствен модел за разпределение на наблюдателните станции:

Използвайки информацията от проучването на литературни източници и опита придобит по време на нашите наблюдателни кампании разгледахме различни подходи за осигуряване на висока надеждност на оптичните наблюдения. От всички разгледани варианти установихме, че подхода с разпределена наблюдателна мрежа и централизирано обработване на резултатите дава най-добри резултати. За доказване на това предположение използвахме данни от сателитно наблюдение на облачността над територията на България, през различни периоди от време. На Фиг. 1 е представена картина на облачната покривка за 3 последователни дни. На картата са отбелязани с кръст разположението на наблюдателните станции. Както се вижда от представеният пример има висока вероятност поне една от трите наблюдателни станции да е извън облачната покривка, което позволява извършването на оптични наблюдения.



Фиг. 1

Основавайки се на концепцията за разпределено наблюдение проведохме проучвания на голям брой наблюдателни площадки за сравняване на техните предимства и недостатъци за избор на най-подходящо място за наблюдение (виж Фиг. 2).



Фиг. 2

II. Подбор на данни и региони за изследване на астроклимат

За целта използвахме исторически данни произведени въз основа на измерени данни за дълъг период от време (1985 – 2018), въведени в глобален суперкомпютърен метеорологичен модел за същият период от време. Това ни позволи да получим интерполирани данни за интересуващите ни местоположения които не са налични от измерване на терен за тази координати (виж Фиг. 3).



Фиг. 3. Формат на данните от сайта на <https://www.meteoblue.com>

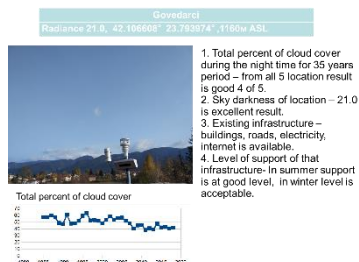
От разгледаните 12 предложения избрахме пет като най-перспективни.

1. Аязмото – до Ст. Загора, Фиг. 4
2. Говедарци – Рила планина, Фиг. 5
3. София, Фиг. 6
4. Синеморец – южно черноморие, Фиг. 7
5. Белмекен - Рила планина, Фиг. 8

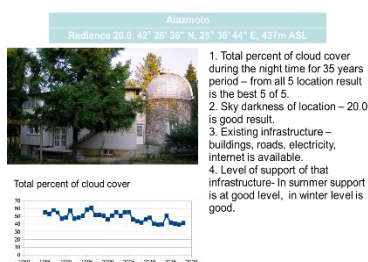
За всеки от обектите бяха заложени набор от критерии за подбор, като въведохме точкова система:

1. Процент от времето на денонощието с облачност за период от една година за последните 35 години.
2. Осветеност на нощното небе – виж Фиг. 9.
3. Съществуваща инфраструктура – сгради, пътища, ток, Интернет.
4. Ниво на поддръжка на инфраструктурата.

Надолу сме подредили обектите според класирането:



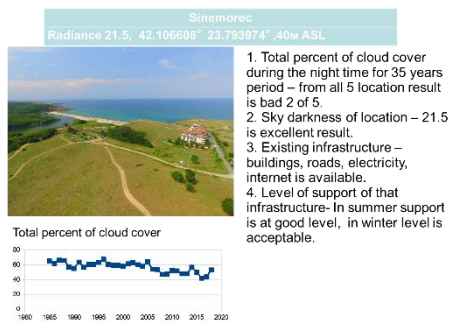
Фиг. 4



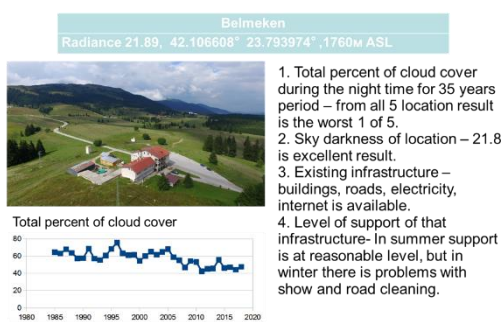
Фиг. 5



Фиг. 6

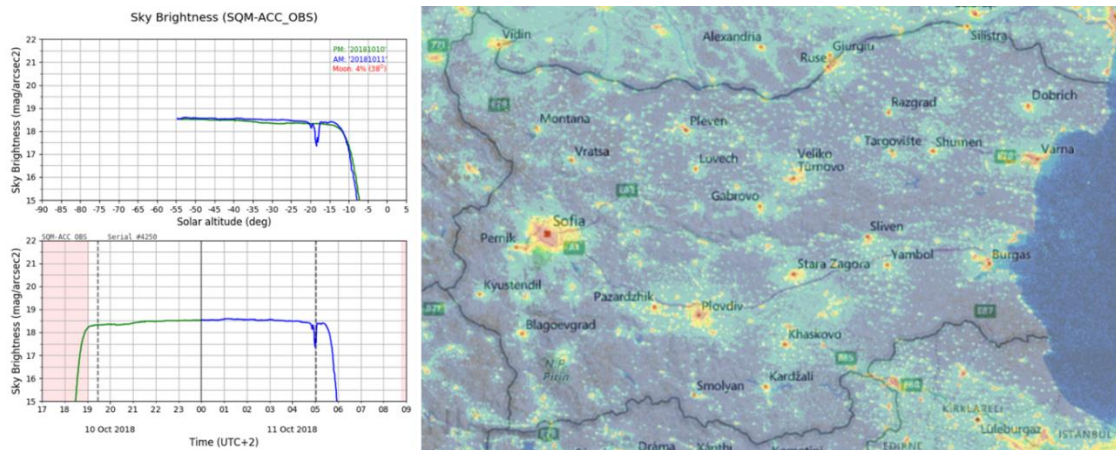


Фиг. 7



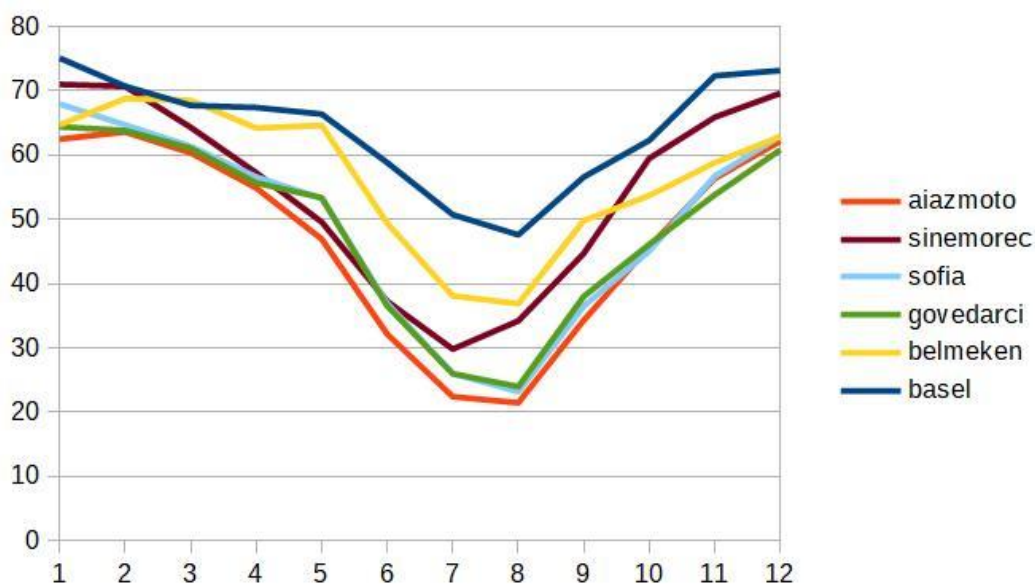
Фиг. 8

Оценка на отделните местоположения от сайта: <http://weather.accesco.com>



Фиг. 9. Карта на светлинното замърсяване, от локален сензор и от международна мрежа от сайта: <http://weather.accesco.com>

Получените данни за 35 години са обработени като е изчислена средната стойност и сравнени за 5-те предложени местоположения. Според различните варианти на обработка на данните, най-добър резултат се получи при усредняване за целият 35 годишен период и представяне на резултата по месеци през годината, Фиг. 10. Данните от Базел са показани за референция.



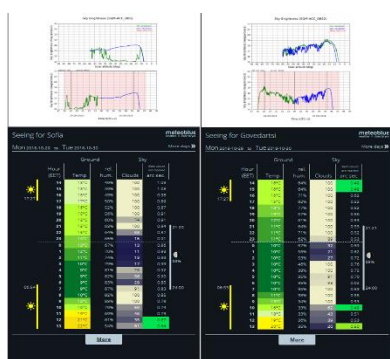
Фиг. 10. Процент облачност за 35 годишен период по месеци от сайта: <http://weather.accesco.com>

III. Обработка и анализ на данни (температура, налягане, влажност, осветеност на небето, динамични процеси в ниска и средна атмосфера) получени in situ

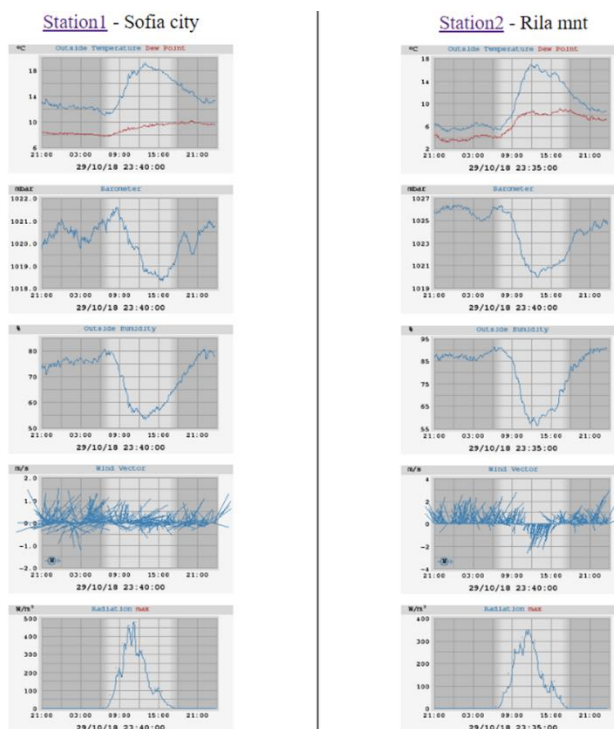
Освен данни от глобални модели сме инсталирали и локални станции за измерване на 2 от избраните местоположения, Фиг. 11. Недостатък е сравнително късият период на измервания (5 години до момента), което ограничава точността на статистическият модел.



Фиг. 11. визуализация на данните на сайта:



<http://weather.acceco.com>



Вземайки под внимание всички изброени фактори за избор на най-добро местоположение при избора на площадка за оптично наблюдение на космически обекти, изработихме таблица с критерии, виж Фиг 12.

location	cloud cover [%]	background brightness	existing infrastructure	support	inversion haze [%]	TOTAL SCORE	meteo station
Aiazmoto/Stara Zagora	40	20	0.9	4	15	4.03	yes, no SQM, air transparency
Govedarci	40	21	0.8	3	10	4.11	yes
Sofia	40	18.5	1	5	100	3.76	yes
Sinmorec	48	21.5	0.6	3	15	3.90	no
Belmeken	48	21.9	0.5	2	10	3.86	no

Фиг. 12

Съответно разпределихме теглата на всеки от тези фактори както следва:

Weight factor	value
cloud cover	1
background brightness	0.005
existing infrastructure	0.5
support	0.25
inversion haze	0.5

Фиг. 13

При така заложените критерии, подреждането на наблюдателните места е следната:

1. Говедарци – Рила планина
2. Аязмото – до Ст. Загора
3. Синеморец – южно черноморие
4. София
5. Белмекен - Рила планина

Тъй като първите три местоположения са на значително разстояние (стотици километри), може да разчитаме на добра триангулация при провеждането на оптични наблюдения на спътници и техните отломки.

Заклучение

В заключение можем да отбележим че разгледаната методология за избор на местоположения за изграждане на наблюдателни станции има следните съществени предимства:

- Осигурява количествена оценка на предимствата и недостатъците.
- Позволява да се оптимизира броя на наблюдателните станции и да се намалят инвестиционните разходи.
- Лесен за разбиране от неспециалисти, интуитивен подход при изготвяне на анализа.
- Изключително полезен в случаите за изграждане на дълговременни съоръжения с висок инвестиционен разход.
- Приложим в екстремни условия, като разполагане на мобилни наблюдателни станции.

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.