ОСНОВИ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Проект № 2021-2-8: Copernicus4Schools – The Great Disaster Challenge

2021-2-8: Copernicus4Schools – The Great Disaster Challenge

(Коперник за училищата – Голямото предизвикателство при предотвратяване на бедствия)

Проектът се изпълнява във връзка с Рамково споразумение сключено между Европейската Комисия и Консорциум по Рамково споразумение за партньорство Каролин Хершел (FPCUP) (275/G/GRO/COPE/17/10042)

Партньори

13 партньори от **10** страни (NoSA, TO, PT Space, ISPRA, SRTI-BAS, CUT, CUNI, DLR, FFG, IHCantabria, INTA, MeteoRomania); **Норвегия, Португалия, Италия, България, Кипър, Чехия, Германия, Австрия, Испания, Румъния (NO, PT, IT, BG, CY, CZ, DE, AU, ES, RO)**

Същност и физични основи на дистанционните космически изследвания

Орбити на космически летателни апарати за дистанционни изследвания

Методи и средства за дистанционни изследвания

Визуални наблюдения от околоземна орбита

Дистанционните изследвания в България

Обучител

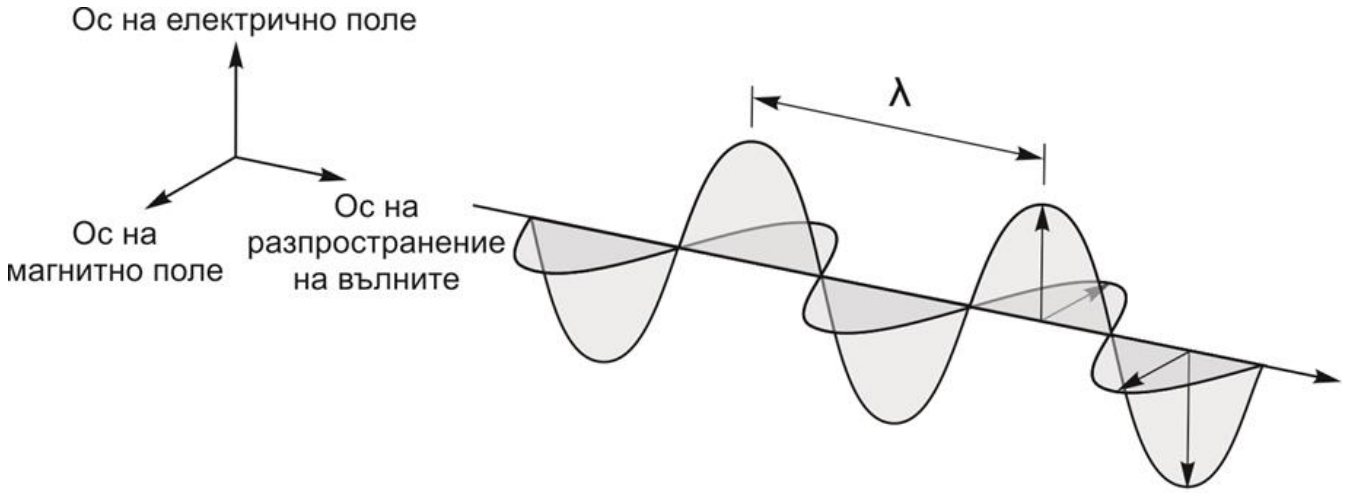
Проф. д.т.н. д-р по физика инж. Гаро Мардиросян

Институт за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките

Същност и физични основи на дистанционните космически изследвания

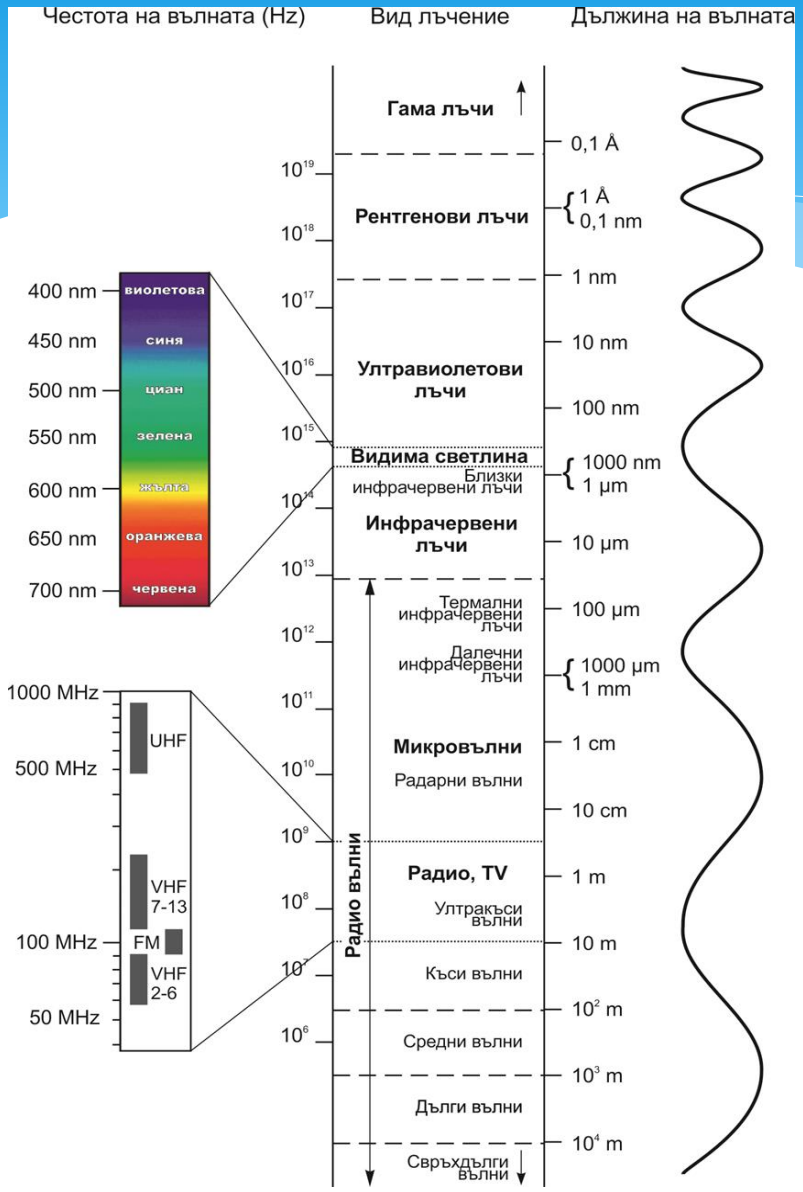
Контактно изследване

Дистанционно изследване



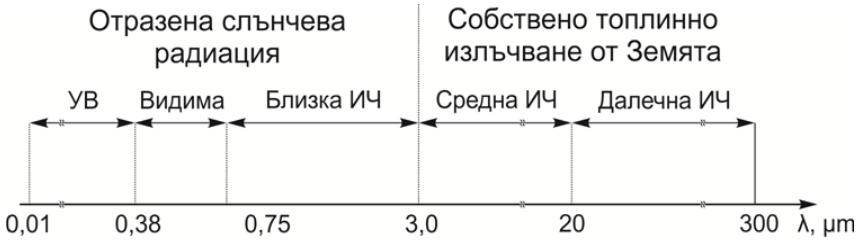
Пространствено представяне на електромагнитната радиация

Спектър на електромагнитните вълни

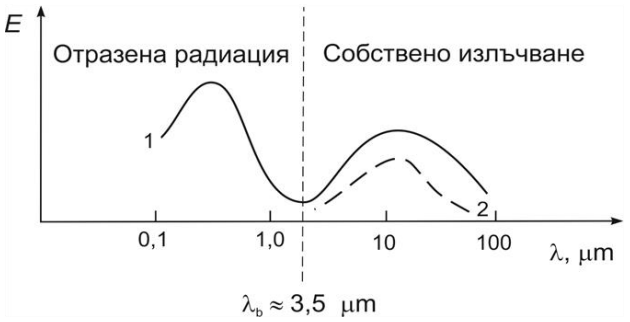


Оптичен диапазон на електромагнитния спектър

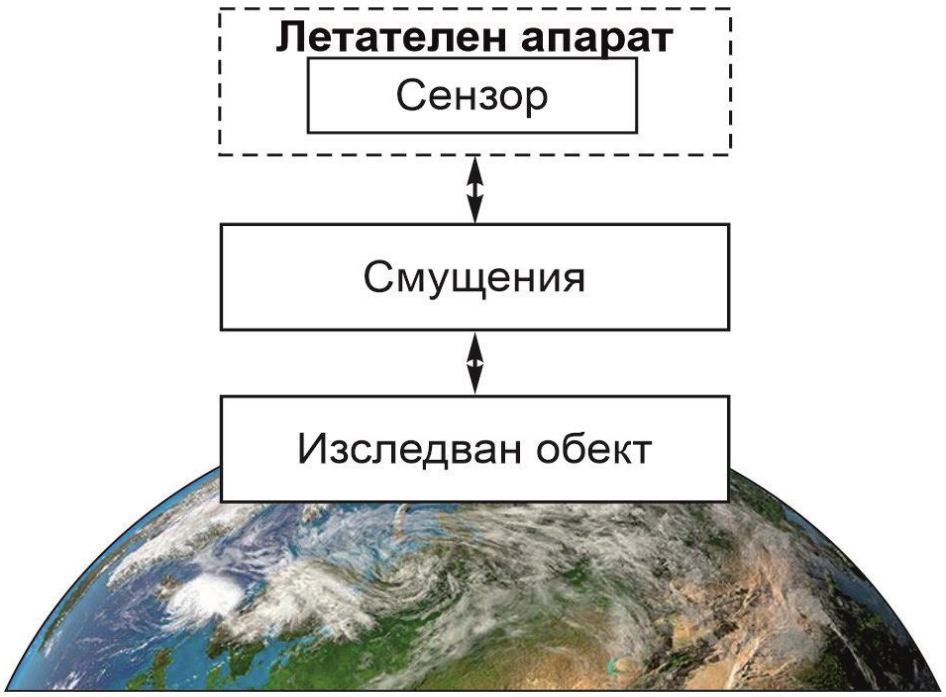
λ, μm	Цвят	λ, μm	Цвят
0,38 – 0,44	виолетов	0,55 – 0,57	жълто-зелен
0,44 – 0,47	синьо-виолетов	0,57 – 0,58	жълт
0,47 – 0,485	син	0,58 – 0,59	оранжево-жълт
0,485 – 0,50	небесносин	0,59 – 0,60	оранжев
0,50 – 0,52	синьо-зелен	0,60 – 0,62	оранжево-червен
0,52 – 0,55	зелен	0,62 – 0,76	червен



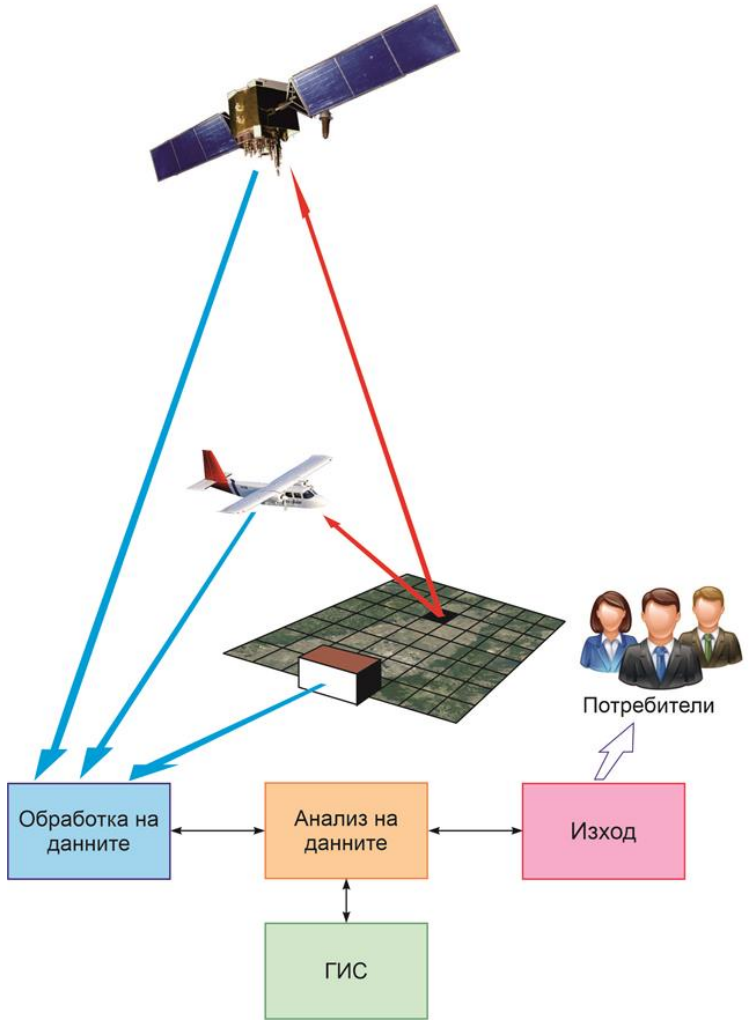
Отразена слънчева радиация и собствено излъчване на земната повърхност: през деня (1) и през нощта (2)



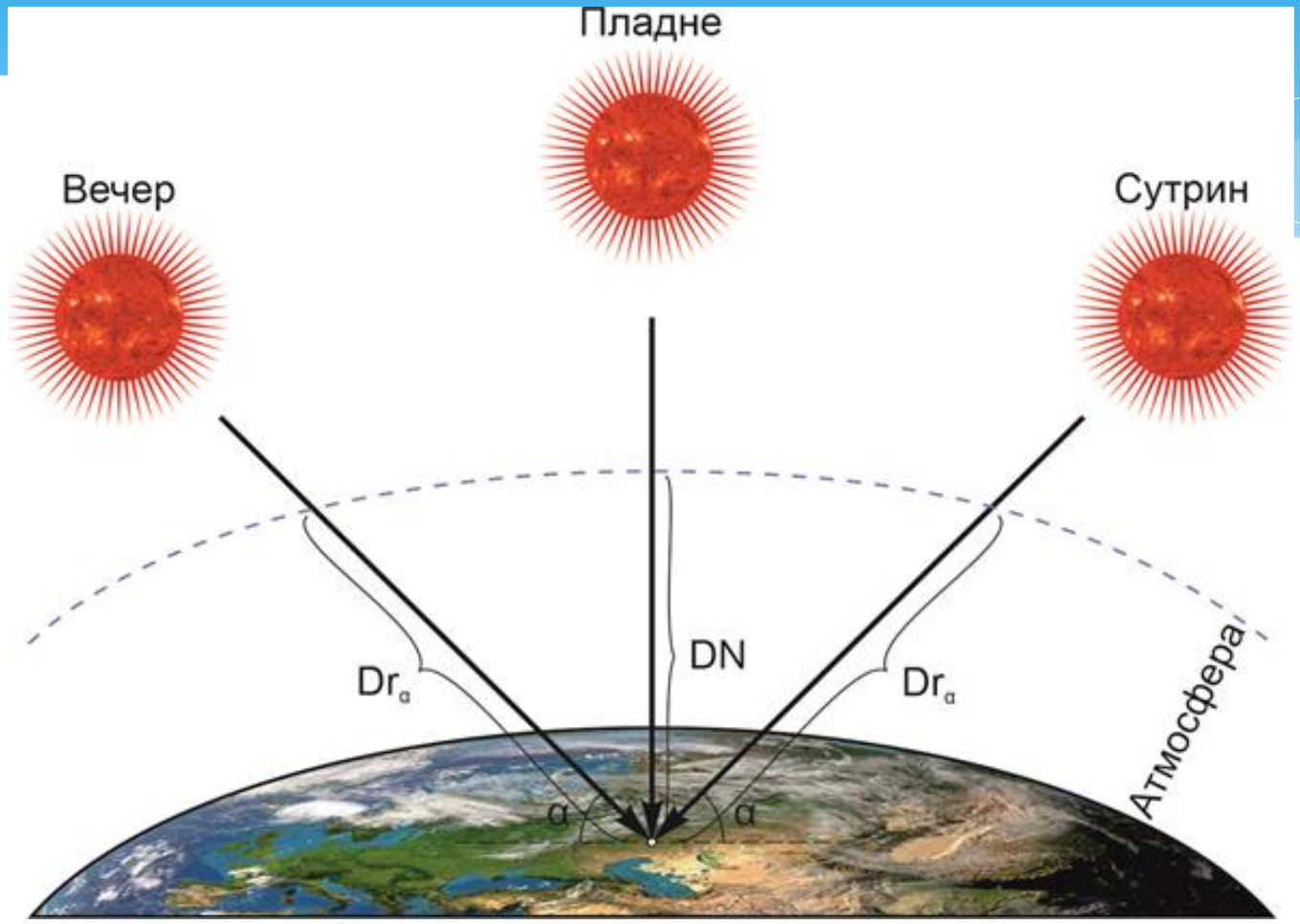
Връзка между изследвания обект на Земята и сензора на борда на космически летателен апарат

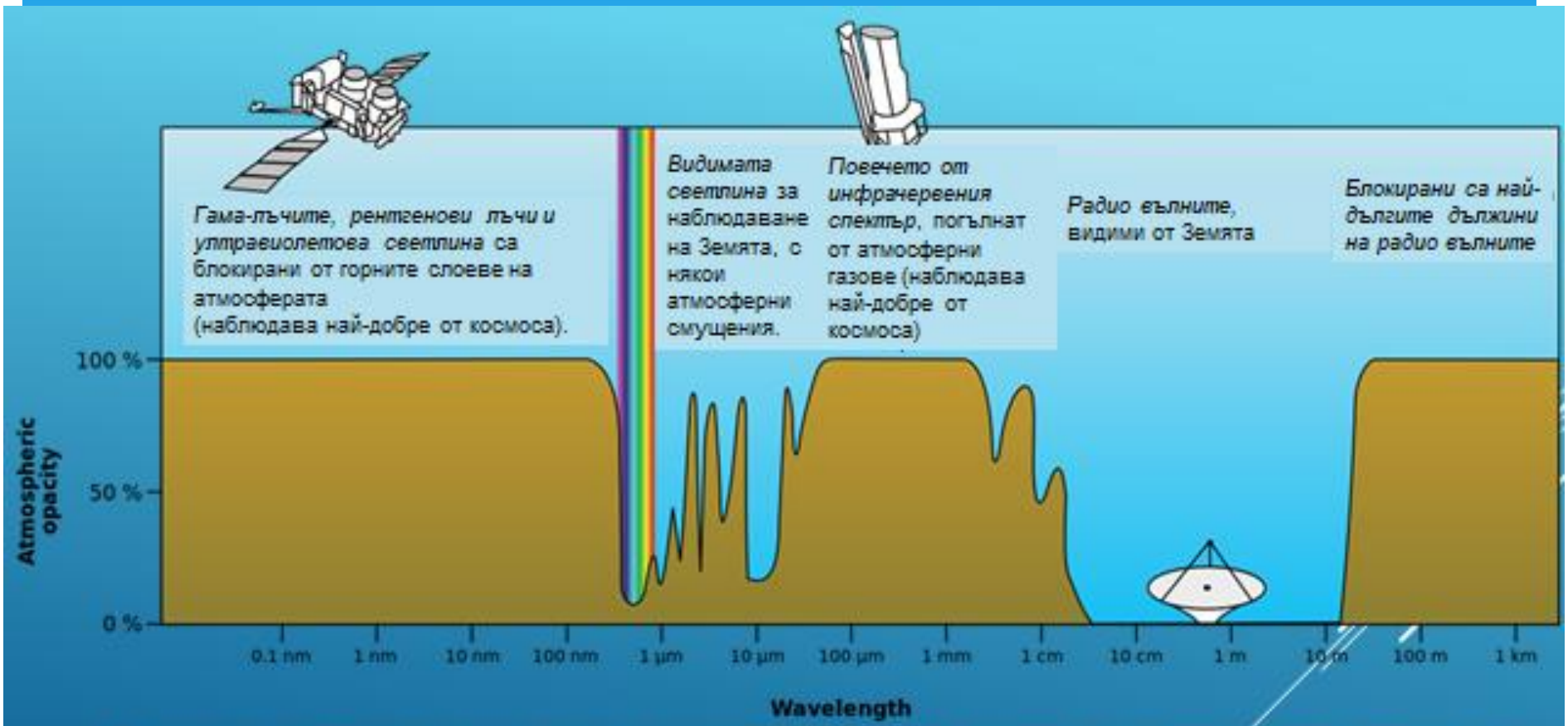


Обобщена блокова схема на процеса на получаване, обработка и доставяне на дистанционни космически данни



Изменение на оптичната дебелина D на атмосферата в зависимост от ъгъла на падане на слънчевата радиация





В някои области на спектъра слънчевата радиация достига до земната повърхност с много малко отслабване. В тези области, атмосферата се нарича *прозрачна*, а съответните области от спектъра - *атмосферни прозорци*.

Видове дистанционни аерокосмически снимки

Терминът „дистанционна снимка“ във философски аспект има смисъл на дистанционно регистриране на изследвания обект и неговите характеристики в конкретен момент от време. Употребяват се и други понятия като „дистанционно изображение“, „космическо изображение“, „сцена“, „портрет“ и др.

Според използвания физичен принцип можем да формулираме следните видове дистанционни аерокосмически снимки: **фотографски, телевизионни, многозонални, инфрачервени, микровълнови, лазернолокационни, стереоскопични, поляриметрични и други снимки.**

По критерия активност технологиите за дистанционни изследвания на Земята са два вида **– пасивни и активни.**

По отношение на обзорността си космическите снимки се разделят на **детайлни, местни (локални), регионални, континентални и глобални.**

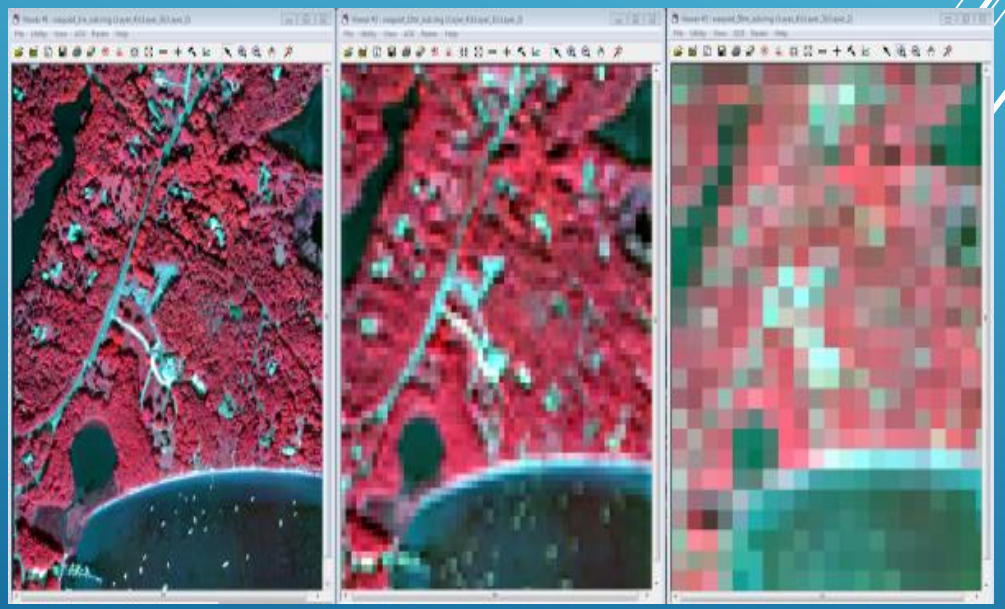
Разделителна способност на аерокосмическите данни

(пространствена, спектрална, радиометрична и времева)

Пространствена разделителна способност

Пространствената разделителна способност характеризира способността на дадена система за дистанционни изследвания да възпроизвежда и/или предава детайлно дадено изображение.

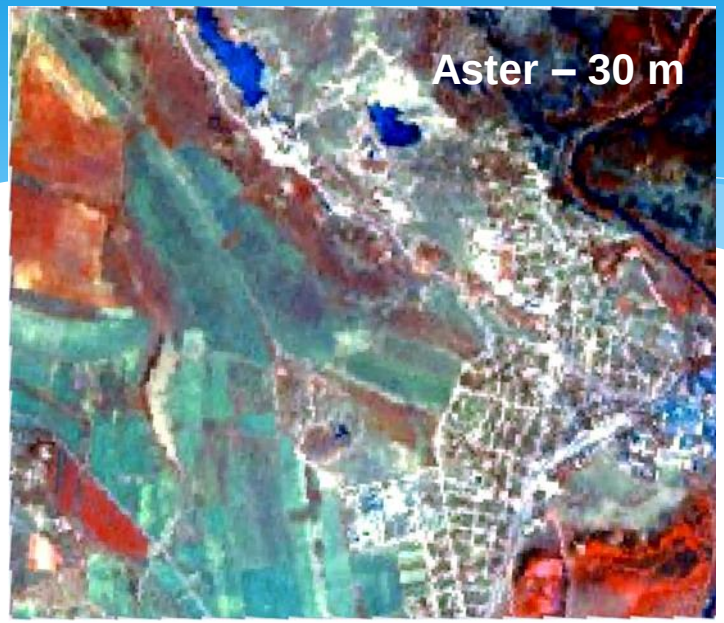
За дистанционните цифрови изображения пространствената разделителната способност е площта от земната повърхност, която попада в 1 пиксел от изображението.

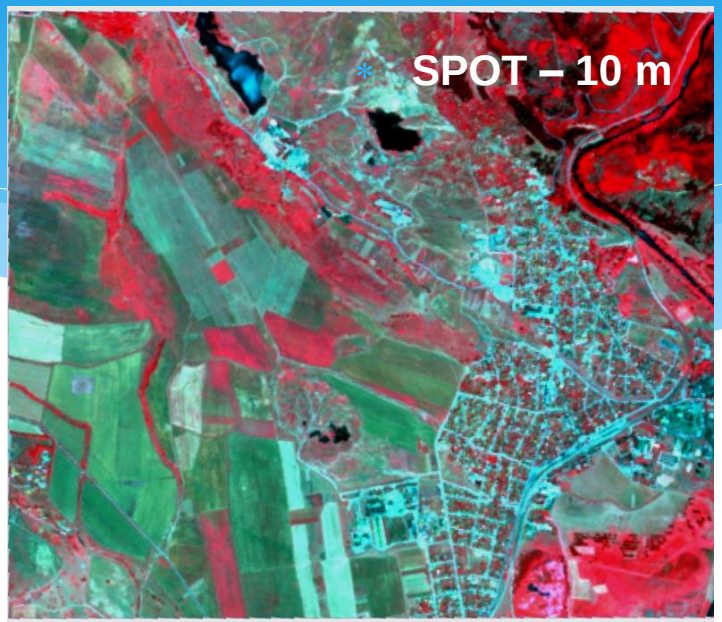


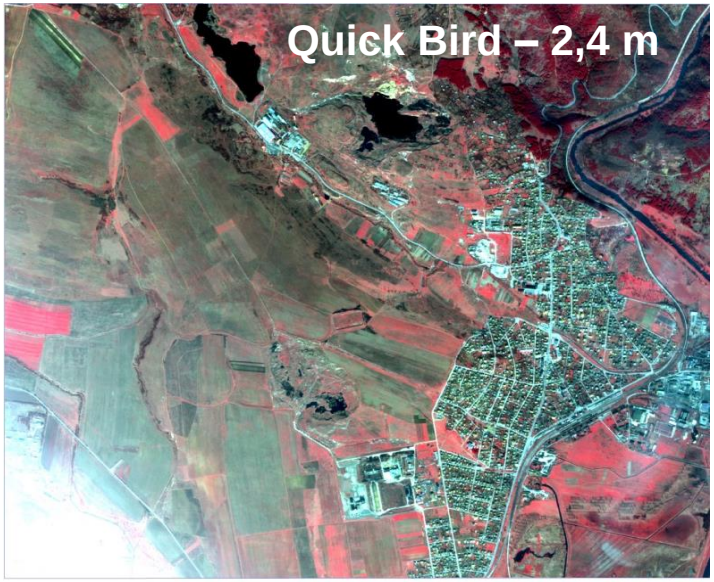
Пространствената разделителна способност

1 m 10 m 30 m

Изображения с различни разделителни способности на един и същи участък от земната повърхност







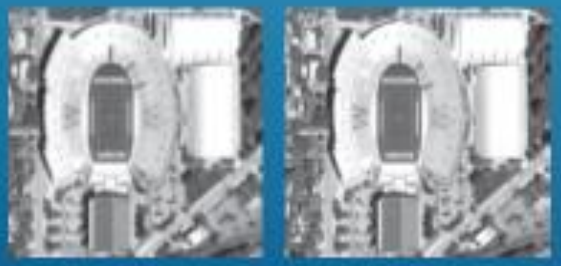
Ориентировъчни времеви и пространствени разделителни способности на някои от спътниците използвани за дистанционно наблюдение на Земята

Сателит / Сензор	*Разделителна способност по време (дни)*	*Пространствена разделителна способност (m)*
QuickBird Pan	3	0,6
QuickBird Spectral	4	2,4
IKONOS Pan	3	1
IKONOS Spectral	1	4
SPOT Pan	26	2,5 – 20
Landsat	16	15 – 60
MODIS Terra MODIS Aqua	16	250 – 1000
ASTER	16	15 – 90
IRS-1A и IRS-1B LISS-I, LISS-II	22	37 – 75
IRS-1C и IRS-1D PAN, LISS-III, WiFS	24	5,8 – 185
RADARSAT	24	8 – 100
Sentinel	5	10 – 60

По отношение на ПРС, системите за сателитни изображения могат да се класифицират като такива с:

- ниска ПРС (1 km или повече)
- средна ПРС (100 m до 1 km)
- висока ПРС (5 m до 100 m)
- много висока ПРС (5 m или по-малко)

30 m 20 m 10 m 5 m



2 m 1 m

Уисконсин - САЩ

- GeoEye-1/PAN (0.46m)
- GeoEye-2/PAN (0.34m)
- WorldView-1/PAN (0.46m)
- WorldView-2/PAN (0.46m)
- WorldView-3/PAN (0.31m)
- Pleiades-1A/PAN - HiRI (0.5m)
- Pleiades-1B/PAN - HiRI (0.5m)
- KOMPSAT-3A/PAN (0.55m)
- KOMPSAT-3/PAN (0.7M)
- QuickBird/PAN (0.65m)
- IKONOS/PAN (0.82m)
- SkySat-1/Video (0.9m)
- SkySat-2/PAN (0.9m)
- SPOT 6, 7/NAOMI PAN (1.5m)
- OrbView-3/MS (4m)
- SPOT 5/HRS (10m)
- Landsat 8/OLI (15 m)
- PROBA/CHRIS (18 m)
- EO-1/Hyperion (30 m)
- Sentinel-2 A/MSI (60 m)
- Landsat 7/ETM+ (60 m)
- TERRA/ASTER (90 m)
- TERRA/MODIS (250, 500, 1000 m)
- Meteosat MSG/SEVIRI (1000 m)
- OrbView-2/SeaWiFS (1130 m)
- Meteosat MSG/SEVIRI (3000 m)

Времева разделителна способност (Разделителната способност по време)

Разделителната способност по време се изразява с интервалите от време на получаване на аерокосмическите данни и изображения от един и същи участък от земната повърхност - минута, час, денонощие, месец и т.н. Тази способност е много актуална, когато трябва да се проследи динамиката на развитие на дадено природно образувание или процес във времето.

Абсолютна разделителна способност по време на дадена система за дистанционно изследване на Земята се определя от периода на въртене на КЛА около Земята, при което е възможна повторна снимка на участъка от земната повърхност под същия ъгъл на обзор. Сравнявайки снимките на изучавания земен обект или явление, получени по различно време, може да се проследи динамиката на изменение на характеристиките им.

Спътник	Temporal (days, years)
TERRA/ASTER EOS	16 days
TERRA, AQUA/MODIS EOS	1-2 days
IKONOS Carterra Space Imaging	11 days
Landsat/MS (Multispectral Scanner)	18 days
Landsat/TM (Thematic Mapper)	16 days
Landsat/ETM (Enhanced Thematic Mapper)	16 days
Landsat/OLI (Operational Land Imager)	16 days
NOAA/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)	1 day
IRS/LISS (Linear Imaging and Self-Scanning)	5 days
NOAA/GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite)	26 min
SPOT (1-4)	26 days
Quickbird/EarthWatch	1 - 4 days
SeaWIFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor)	1 day
GeoEye-1	11 days
WorldView-2	1.1 days
Rapid Eye	1 day

Радиометрична разделителна способност

Под *радиометрична разделителна способност* се подразбира разделяне на целия сигнал от изхода на сензора на достатъчен брой добре различими нива така, че да могат да се улавят незначителни изменения в измервания параметър - паднала или отразена радиация, радиояркостна температура, влажност, градиент на проводимост и т.н.

Радиометричната чувствителност се определя от броя на различаваните нива на сигнала - колкото по-голям е този брой, толкова радиометричната чувствителност е по-висока. Тази характеристика е показателна на действителното количество полезна информация, съдържаща се в дадената аерокосмическа снимка.

Радиометричната разделителна способност се определя от динамичните диапазони на сензора и броя на нивата на дискретизация (*броя на битовете*) съответстващи на прехода от яркостта на „абсолютно черното" към „абсолютно бялото". Например 8-битова спектрална разделителна способност позволява съхранение на 256 (28) градации на яркостта във всеки канал (от 0 до 255). Съвременните сателитни изображения са с 11, 12 и 14 (16 384) битови градации на сивото.

Орбити за дистанционни изследвания на Земята

- ***Изисквания:***

- гарантиране на еднаква пространствена разделителна способност и еднаква големина на изследвания участък от земната повърхност за различни географски области;
- осигуряване на слаби изменения на осветеността на Слънцето по цялото трасе на КЛА;
- получаване на снимки от цялата земна повърхност за минимално време;
- постигане на глобален обзор на цялата Земя;
- практически непрекъснатост на изследванията.

Първото изискване се удовлетворява от **кръгова** околоземна орбита.

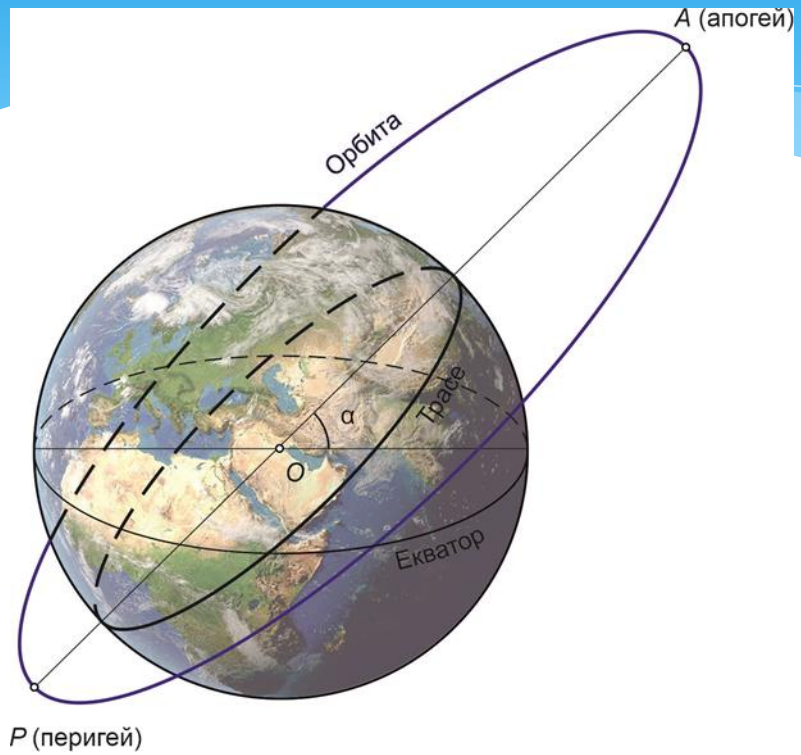
Второто изискване може да се осъществи при **слънчевосинхронна** орбита.

Условието за получаване на снимки от цялата Земя за минимално време може да бъде удовлетворено само при **слънчевосинхронна** орбита, при която денонощното изместване на трасето на космическия летателен апарат (КЛА) върху земната повърхност е равно на ширината на зоната на покритие (полоса на обзор) на бордовата апаратура с отчитане на припокриването на две съседни орбити.

Постигането на практически глобален обзор на цялата земна повърхност е възможно при квазиполярна орбита на КЛА с наклон $\alpha > \pi/2$.

Следва, че за удовлетворяване на първите четири условия за орбита на КЛА за изследване на непрекъснати природни процеси оптимална е **кръговата слънчевосинхронна квазигеосинхронна** орбита. Условието за непрекъснатост на изследванията може да се удовлетвори от космически системи, състоящи се от ***n*** **на брой КЛА.**

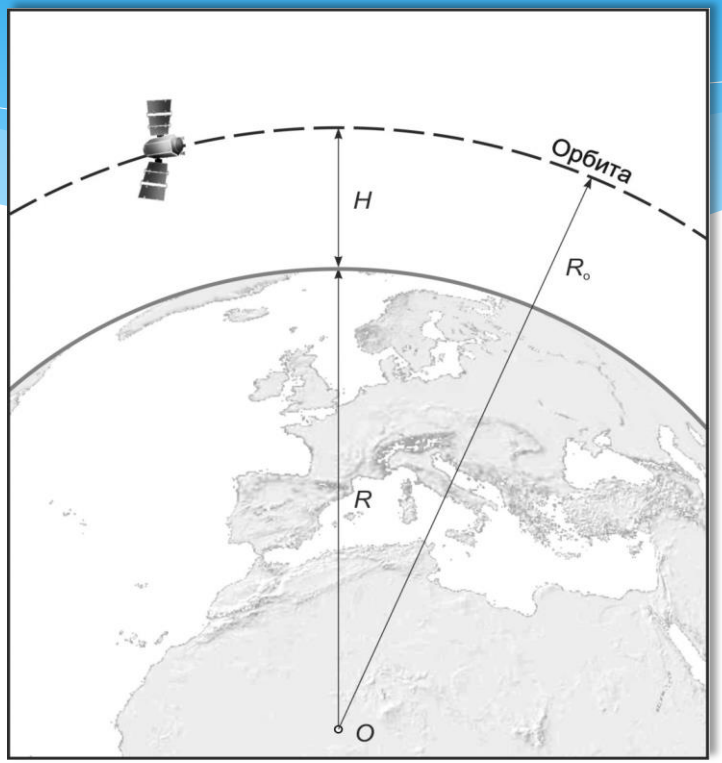
Основни елементи на околоземната орбита



Орбитите биват четири вида:
I) кръгова – при $e = 0$;
II) елиптична – при $e < 1$;
III) параболична – при $e = 1$;
IV) хиперболична – при $e > 1$

e – ексцентрицет на орбитата

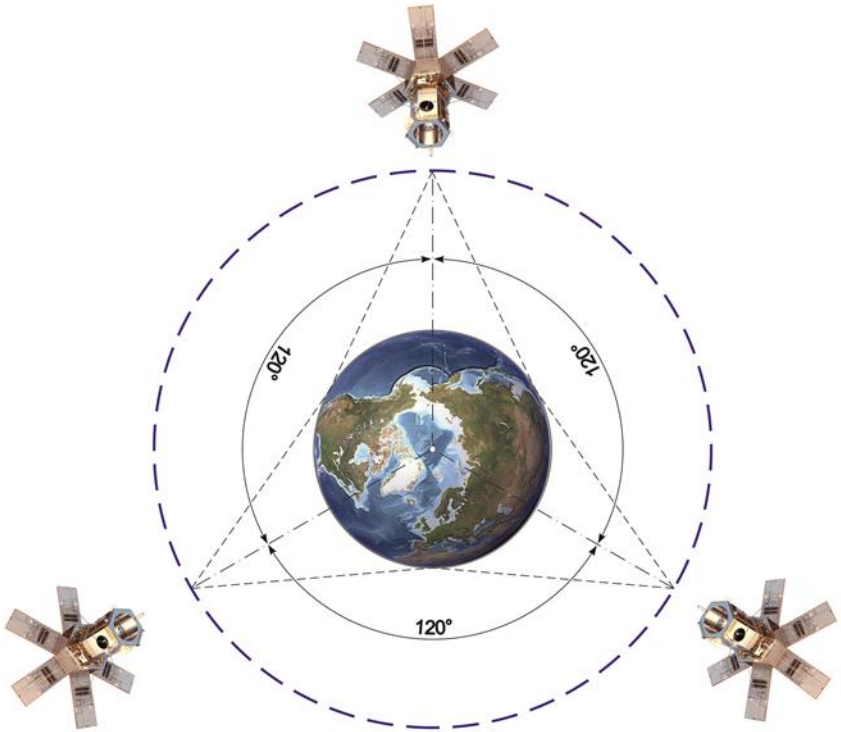
Движение на тяло по околоземна орбита



R – среден радиус на Земята
H – височина на сателита над земната повърхност
Ro – радиус на орбитата

Геостационарни орбити

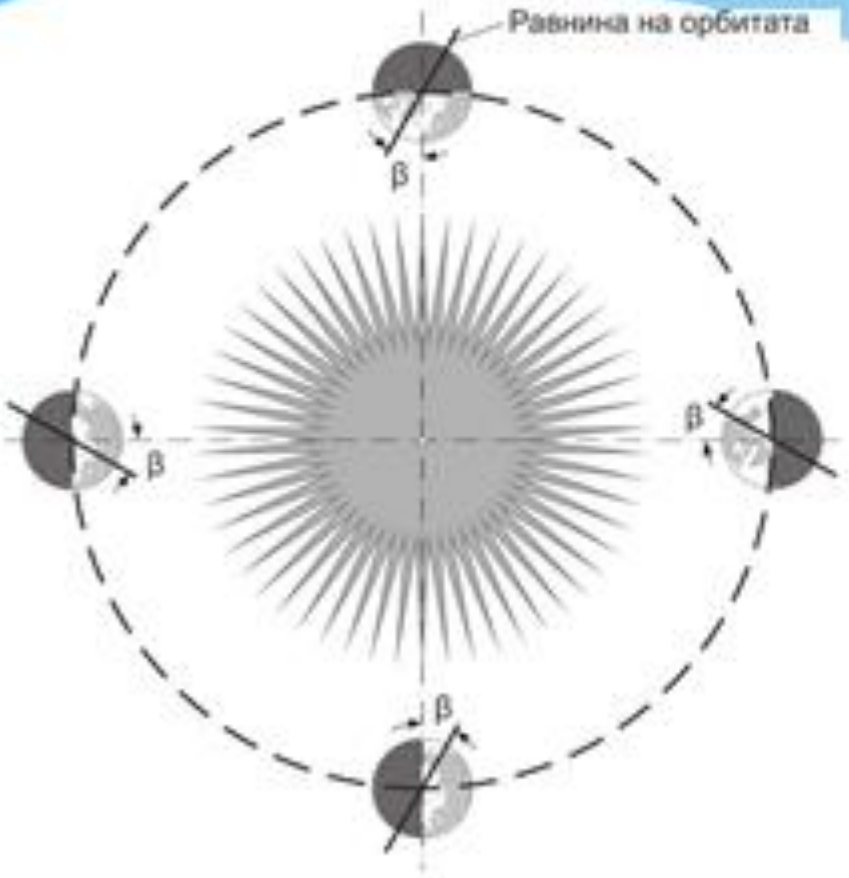
Кръгови орбити, периодът T на които е равен на едно денонощие ($T \approx 24$ h), се наричат **геосинхронни**. Ако техните равнини съвпадат с равнината на земния екватор и посоката на движение на КЛА съвпада с посоката на въртене на Земята, орбитите са **стационарни** или **геостационарни**. Поради равенството на ъгловата скорост на сателит, движещ се по такава орбита, с ъгловата скорост на въртене на Земята, той на практика „виси“ над една и съща точка от нея.



Практически пълен обзор на Земята чрез три геостационарни сателита над екватора

Предимства и недостатъци на геостационарната орбита?

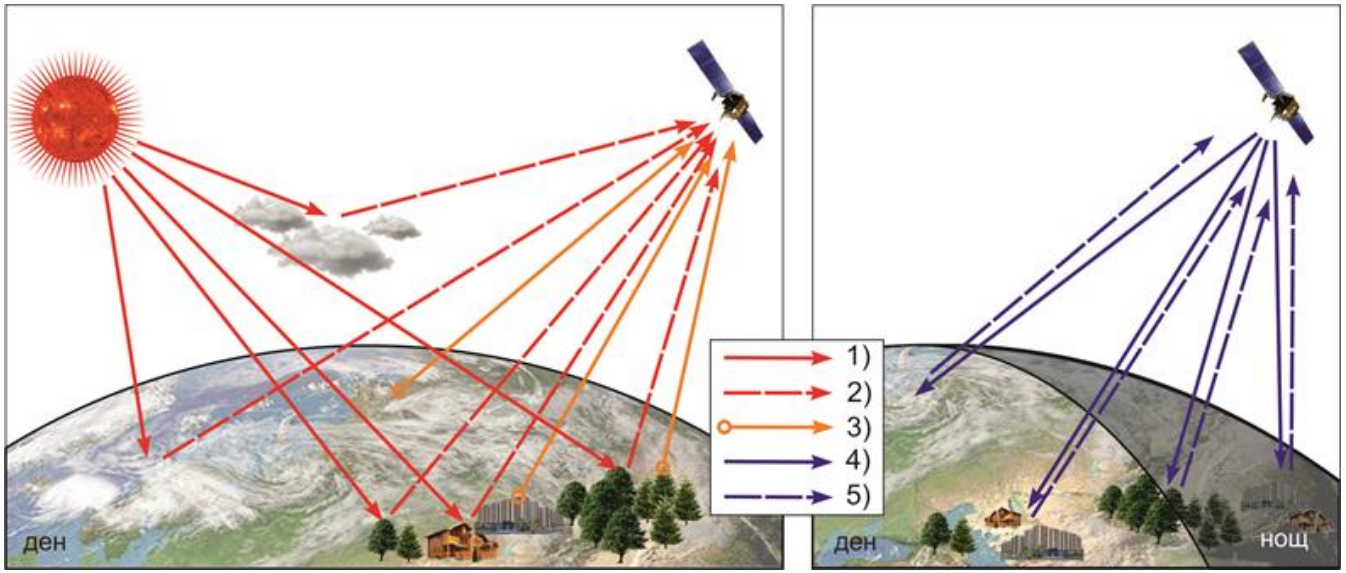
Разположение на равнината на слънчевосинхронната орбита спрямо Слънцето



Зони на покритие от две съседни орбити при дадена бордова апаратура и период на КЛА:
L – ивица на обзор,
Δl – пространствена разделителна способност

Методи и средства за дистанционни изследвания

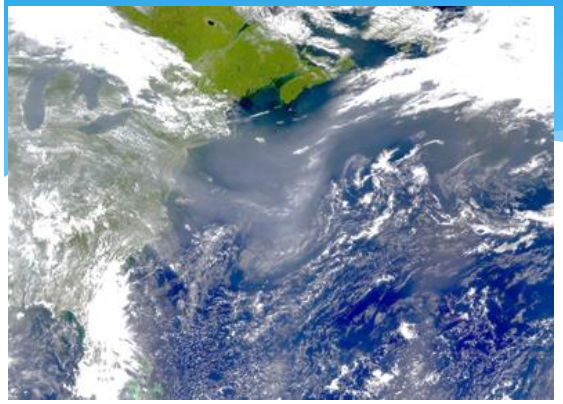
В дистанционните изследвания на Земята се използват различни методи. Съществуват редица класификации на апаратурните методи според различни критерии: ***използван физичен принцип, активност, обзорност, разделителна способност, начин на регистриране и предаване на данните към Земята*** и др.



Пасивни и **Активни** дистанционни изследвания

1) слънчева радиация, 2) отразена слънчева радиация, 3) собствено излъчване, 4) изкуствен сигнал от спътника, 5) отразен изкуствен сигнал

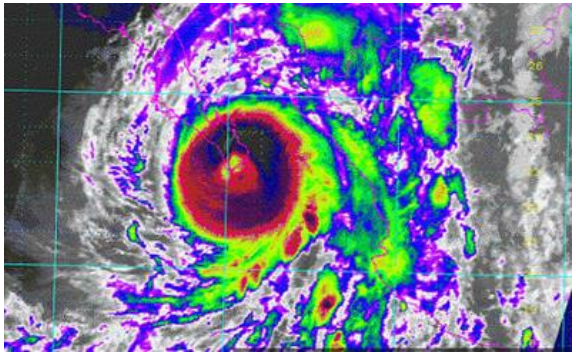
Фотографска снимка



Телевзионна снимка

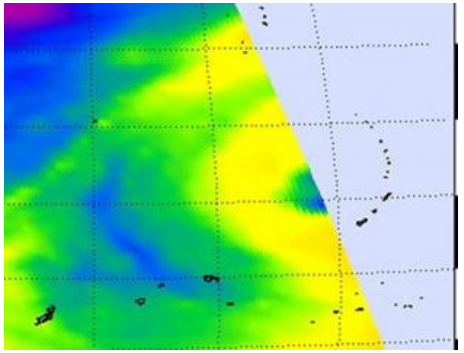
Снимка от „Аполо-17“ - 1972 г.

Инфрачервена (ИЧ)



ИЧ диапазон се подразделя на три зони: близка ИЧ зона – от 0,7 до 2,5 μm; средна зона – от 3,4 до 4,2 μm и далечна – от 8,8 до 12,3 μm

Микровълнова снимка



Тропичен циклон „Марина“

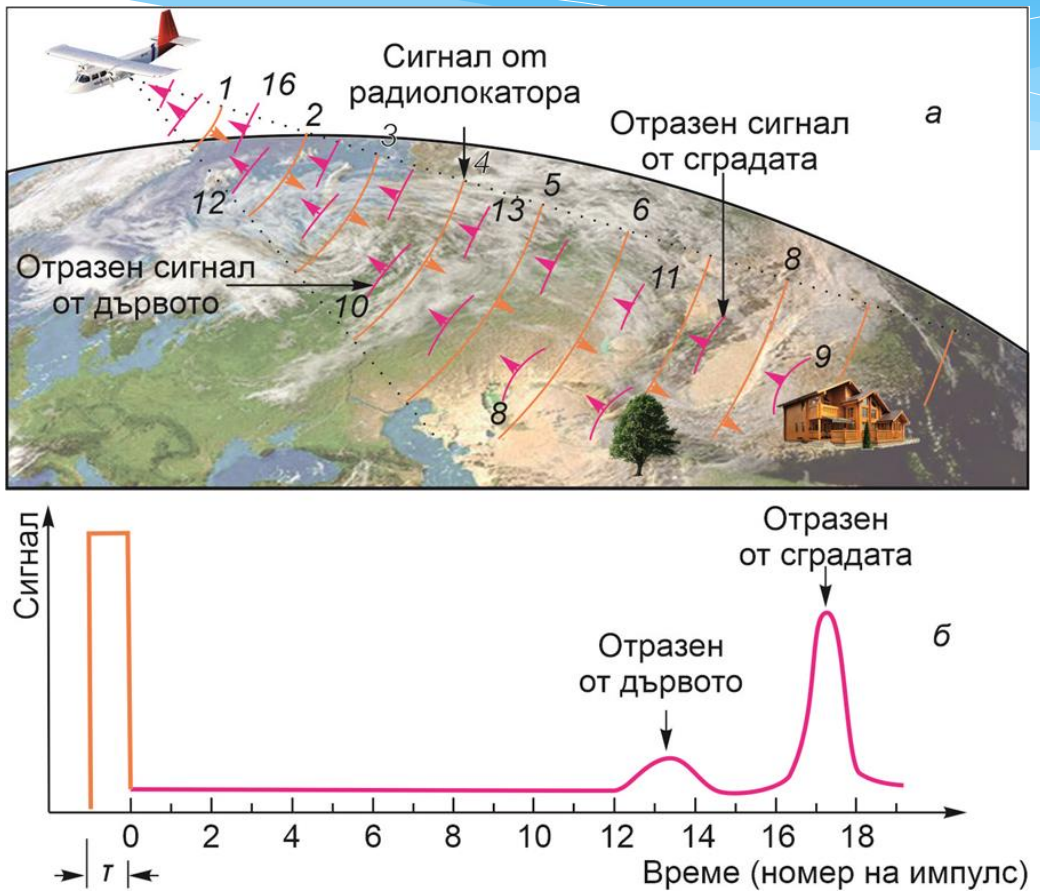
Радиолокационна снимка

Радиовсотомер

Радиолокатор със страничен обзори

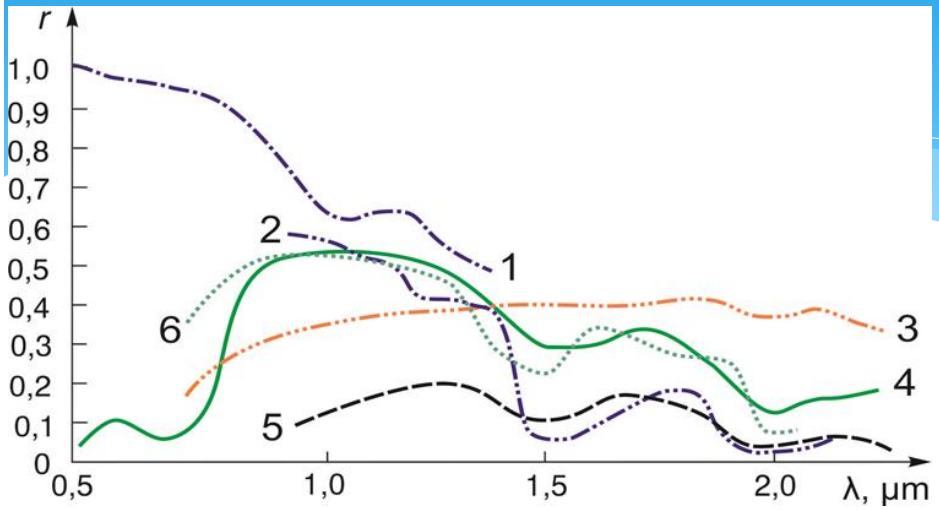
Радиолокатор със синтезирана апертура (SAR)

Скатерометър



Отразени от постройка и дърво сигнали на радиолокатор със страничен обзор

Спектрофотометрична снимка



Спектрални отражателни характеристики (СОХ) на някои естествени повърхности: 1 – сняг, 2 – прясно навалял сняг, 3 – ситен пясък, 4 – листа на растения, 5 – черен влажен торф, 6 – брезова гора

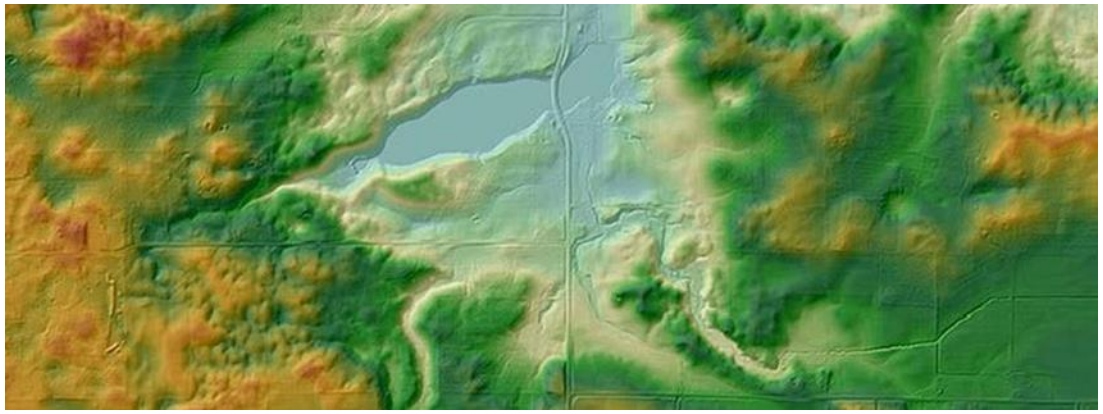
Лазернолокационна снимка

Лазернолокационна геодезична снимка

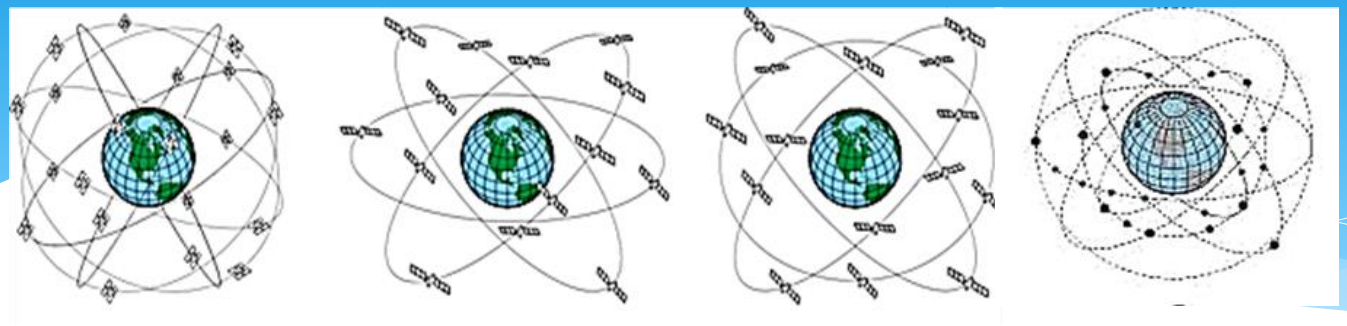
Лидари

(лазерни локатори с оптични квантови генератори)

3D лидарно изображение

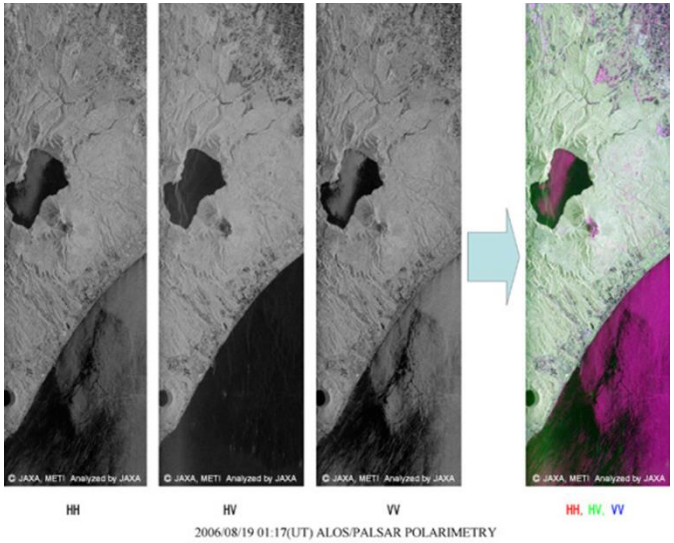


Геодезична снимка чрез GPS



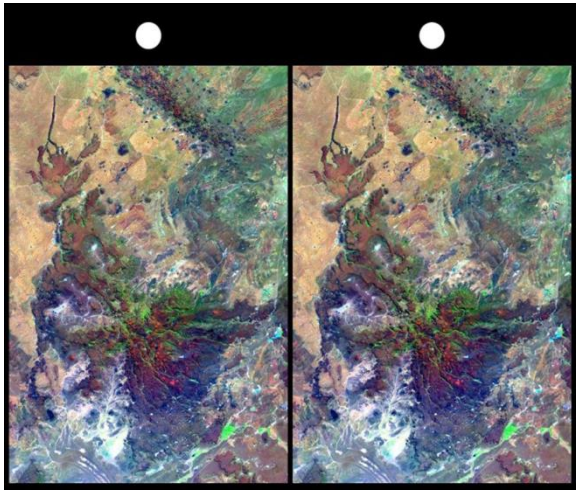
Спътници на Глобална навигационна сателитна система

Поляриметрична снимка



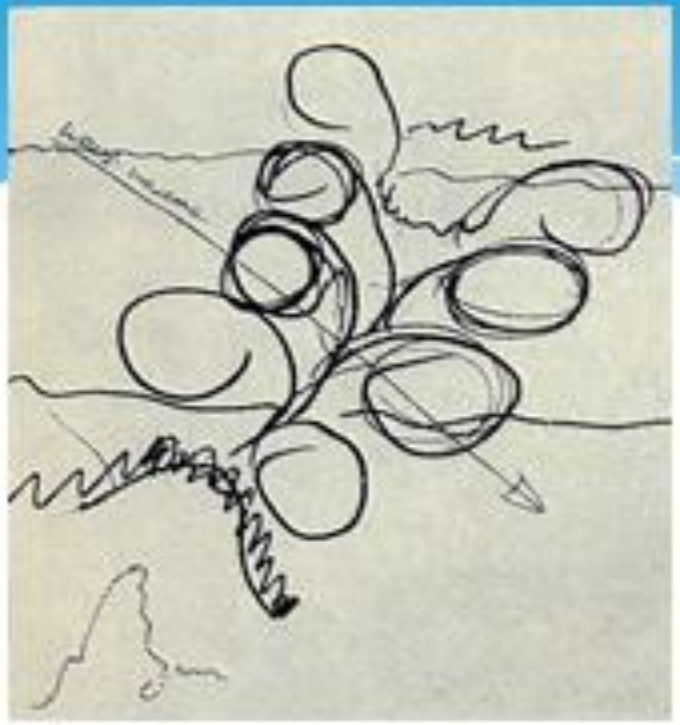
Поляриметрично изображение на ALOS/PALSAR

Стереоскопична снимка



Вулкан в Патагония, Аржентина

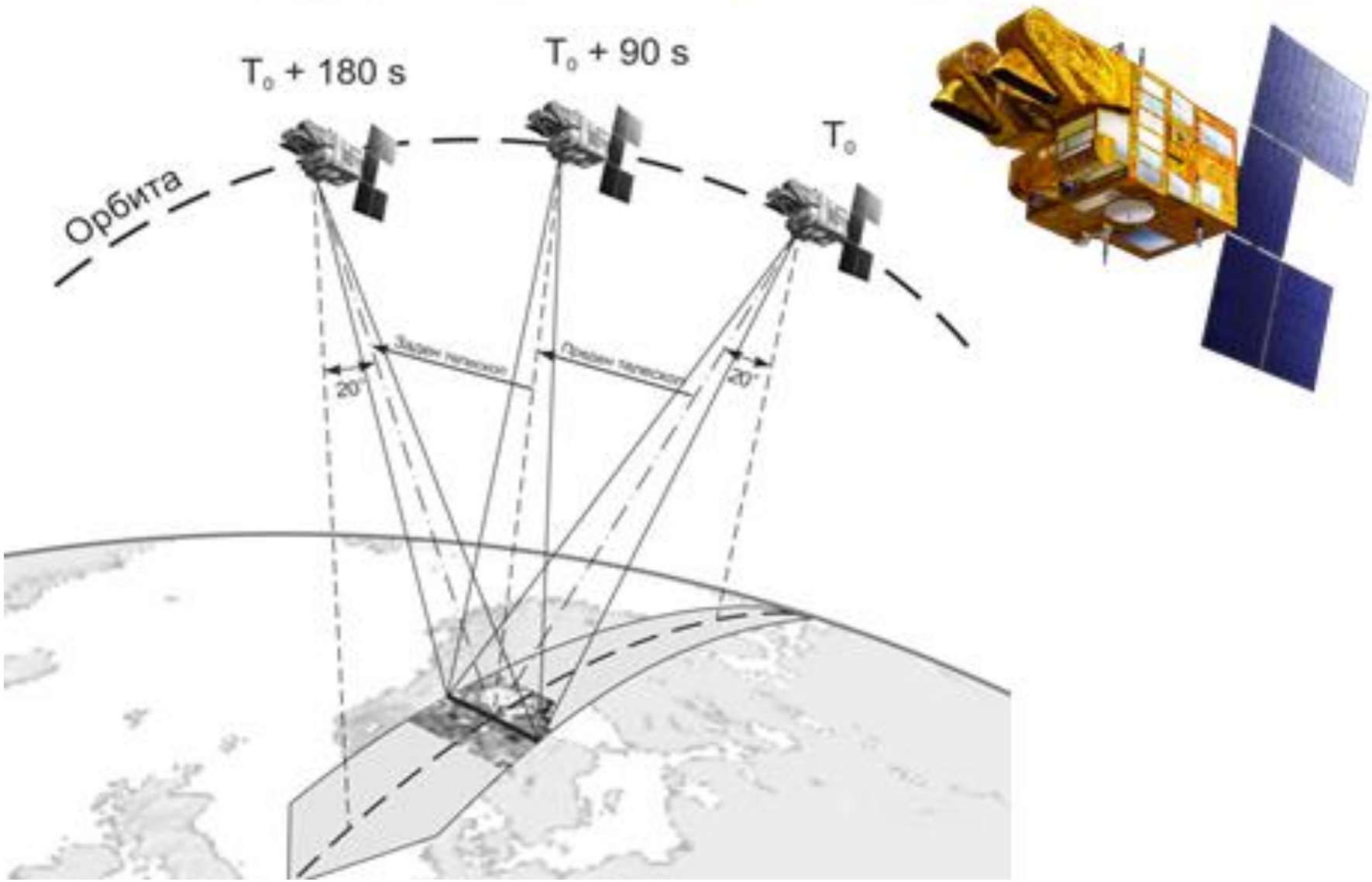
Визуални наблюдения от околоземна орбита

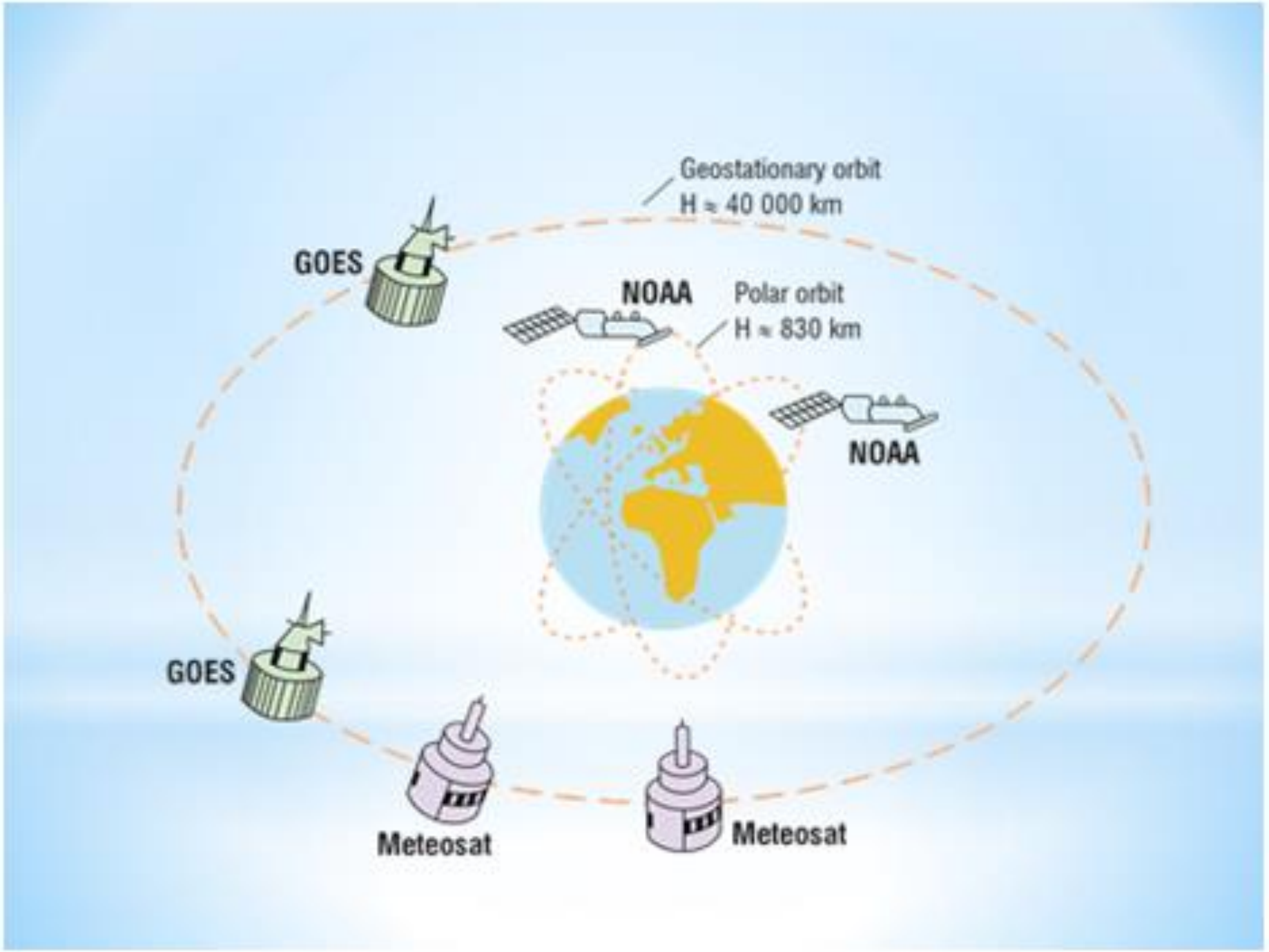


Семейство циклони в района на Бермудските острови.
Рисунка на космонавтите Коваленок и Иванченков от борда на орбиталната станция „Салют-6“

От борда на Международната космическа станция (ISS)

Схема на стереоскопична снимка с HRS от борда на сателита SPOT-4




Geostationary orbit
H ≈ 40 000 km
GOES
NOAA
Polar orbit
H ≈ 830 km
NOAA
GOES
Meteosat
Meteosat

Характерни сателити за дистанционно изследване на Земята

Общ вид на Международната космическа станция

Дистанционните изследвания в България

Спътник „Метеор-Природа“ с комплекс българска научна апаратура „България 1300-II“ на борда

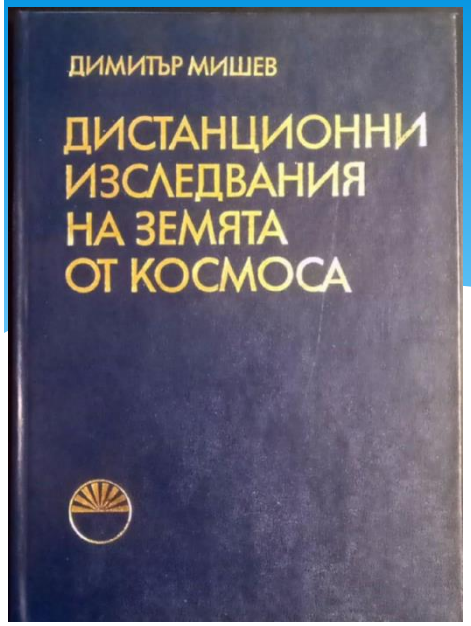
„Спектър-15“

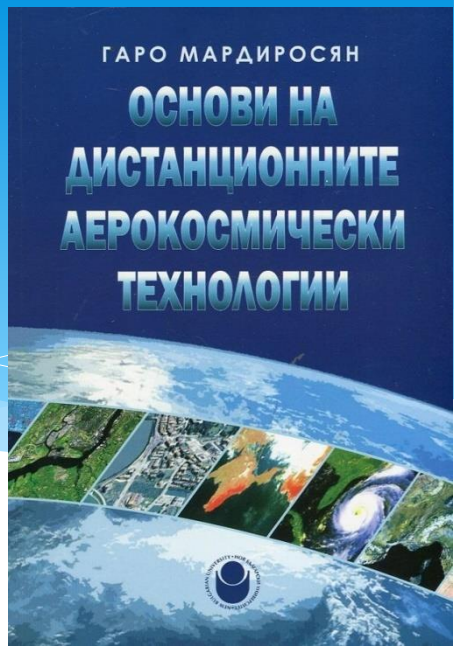
„Спектър-256“

Сканиращата антенна система, електронният блок и колективът от ИКИТ-БАН, разработил системата Р-400

Достъпна за ползване

Литература





Използвани са снимки от: NASA, РосКосмос, ESA, SPOT, Sentinel-Hub, MeteoSat,

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!

Copernicus4schools.BG

E-mail:

copernicus4schools@gmail.com

https://www.copernicus-user-uptake.eu/

https://www.space.bas.bg/

Проект „2021-2-8: Copernicus4Schools – The Great Disaster Challenge“ (Коперник за училищата – Голямото предизвикателство при природни бедствия) се финансира чрез Рамковото споразумение за партньорство Каролин Хершел относно стимулиране на потребителите на програма "Коперник" на Европейският съюз (Framework Partnership Agreement for Copernicus User Uptake), специфично споразумение за предоставяне на безвъзмездна помощ SGA N°20 - 2022/SI2.879178-SI2.879180/20