



Γεωδαιτικά Εργαλεία και Ευφυείς Εφαρμογές

17.05.2022

Χριστόφορος Παππάς

Εργ. Γεωδαισίας και Γεωδαιτικών Εφαρμογών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Πατρών

Τηλεπισκόπηση:

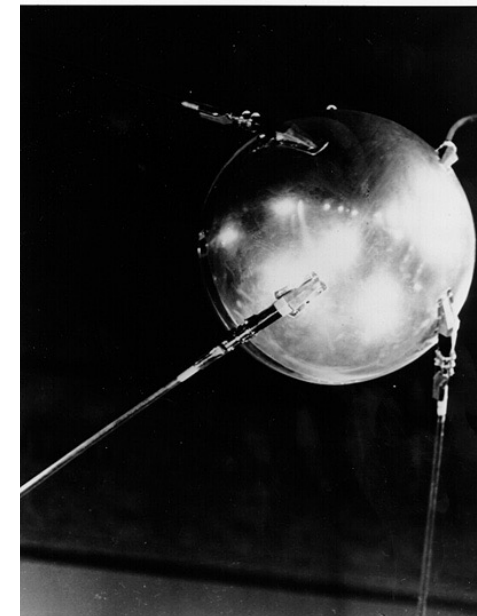
- Συλλογή δεδομένων χρησιμοποιώντας όργανα που δεν έρχονται σε επαφή με τα αντικείμενα προς μέτρηση
- Πλατφόρμα + Αισθητήρας/ες + Αντικείμενο

Δορυφόροι:

- Φυσικοί δορυφόροι (π.χ., σελήνη)
- Τεχνητοί δορυφόροι (πλατφόρμες τηλεπισκόπησης)
 - **1957** εκτόξευση του πρώτου τεχνητού δορυφόρου (*Sputnik – Спутник*) από την Σοβιετική Ένωση.
 - **2022 ?**

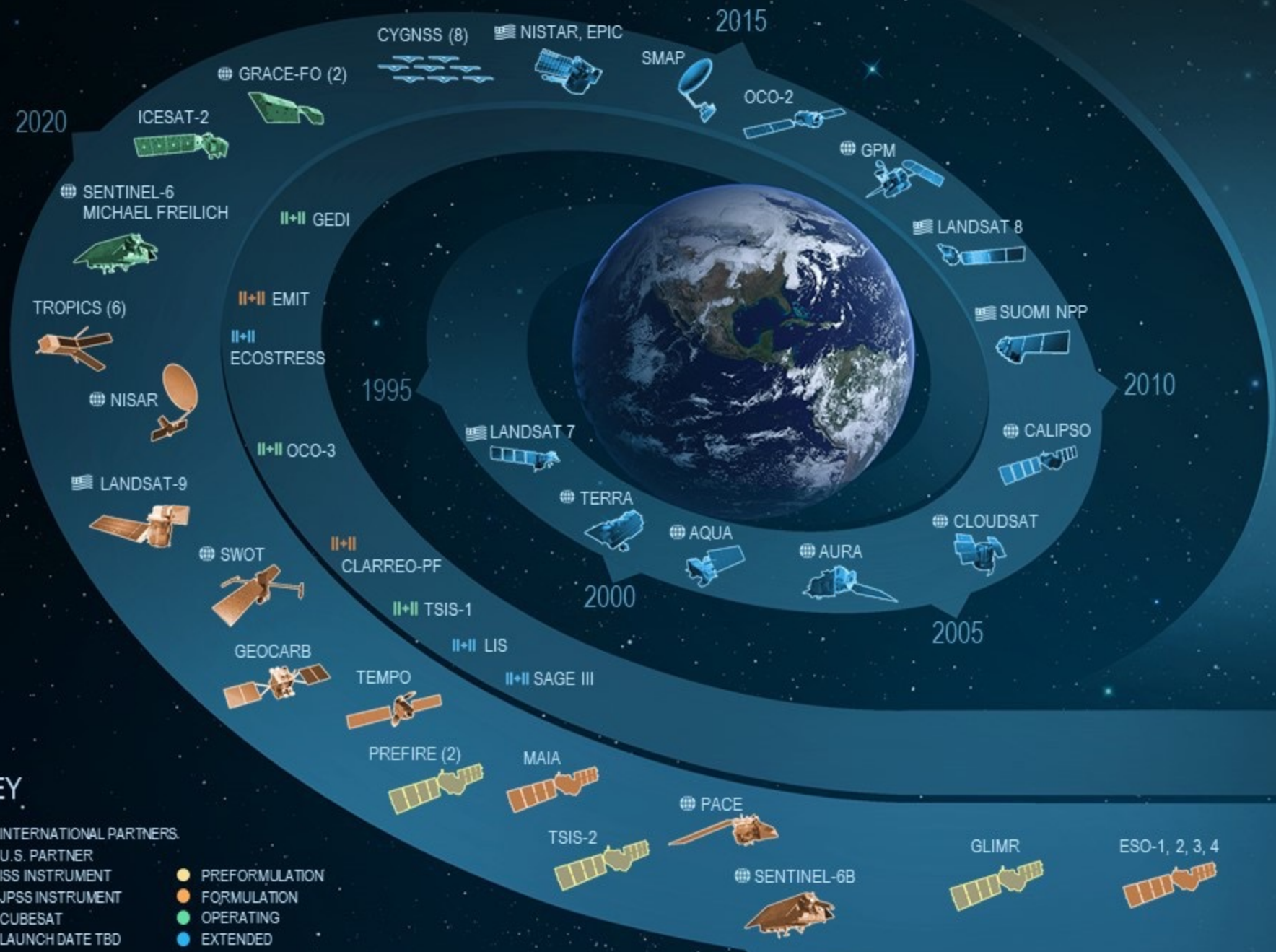
Δορυφορική Τηλεπισκόπηση:

- Τεχνολογία για την παρατήρηση και μελέτη του πλανήτη Γη, του περιβάλλοντός του και της δυναμικής του, σε διάφορες κλίμακες





EARTH FLEET



INVEST/CUBESATS

- TEMPEST-D 2021
- CSIM-FD 2023
- HARP 2022
- CIRIS 2023
- CTIM* 2022
- HYTI* 2022
- SNOOPI* 2022
- NACHOS* 2022
- NACHOS2* 2022

JPSS INSTRUMENTS

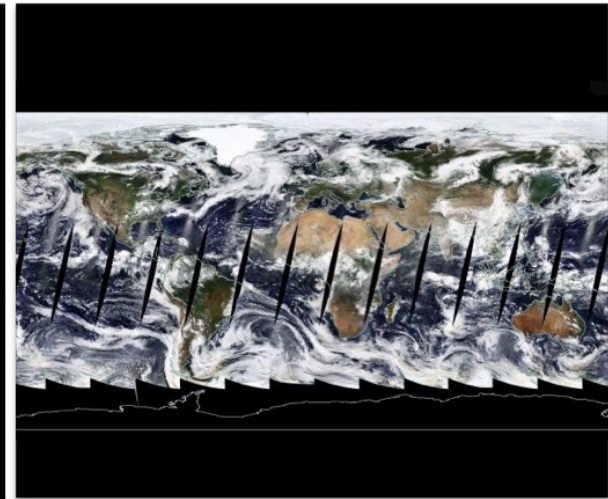
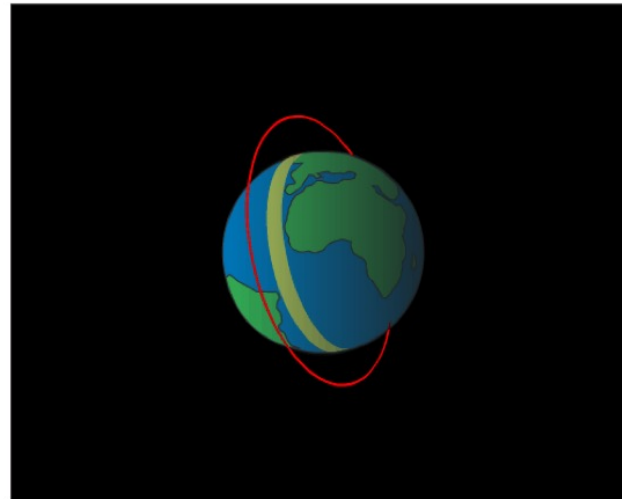
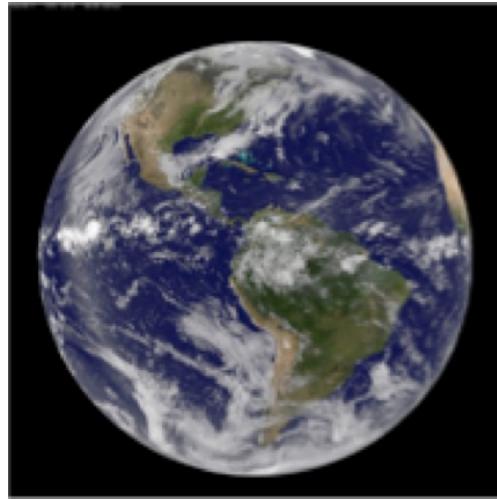
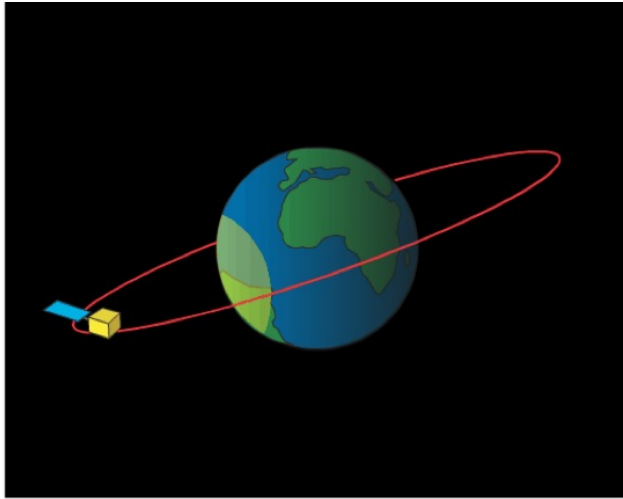
- OMPS-LIMB 2022
- LIBERA 2027

ISS INSTRUMENTS

MISSIONS

KEY

- INTERNATIONAL PARTNERS
- U.S. PARTNER
- ISS INSTRUMENT
- JPSS INSTRUMENT
- CUBESAT
- LAUNCH DATE TBD
- PREFORMULATION
- FORMULATION
- OPERATING
- EXTENDED



Γεωστατική τροχιά

- Ίδια περίοδο περιστροφής με τη Γη
- Σταθερή θέση σε σχέση με τη Γη
- Τροχιές στα 36000 km

Ηλιοσύγχρονη/Πολική τροχιά

- Σταθερή κυκλική περιστροφή
- Συγχρονισμένη περιστροφή με τον ήλιο (τοπική ώρα)
- Τροχιές στα 600 – 1000 km

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits

DigitalGlobe

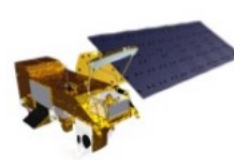
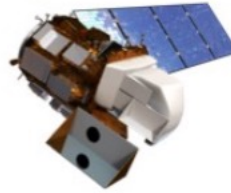
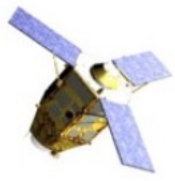
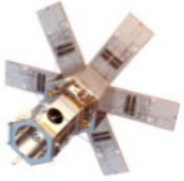
AIRBUS

planet.

esa

NASA USGS

NASA



WorldView-4
Launch Mass 2,485kg

Pleiades
Launch Mass 970kg

PlanetScope (Dove)
Launch Mass 4kg

Sentinel-2
Launch Mass 1,130kg

Landsat-8
Launch Mass 2,780kg

Aqua (MODIS)
Launch Mass 2,934kg

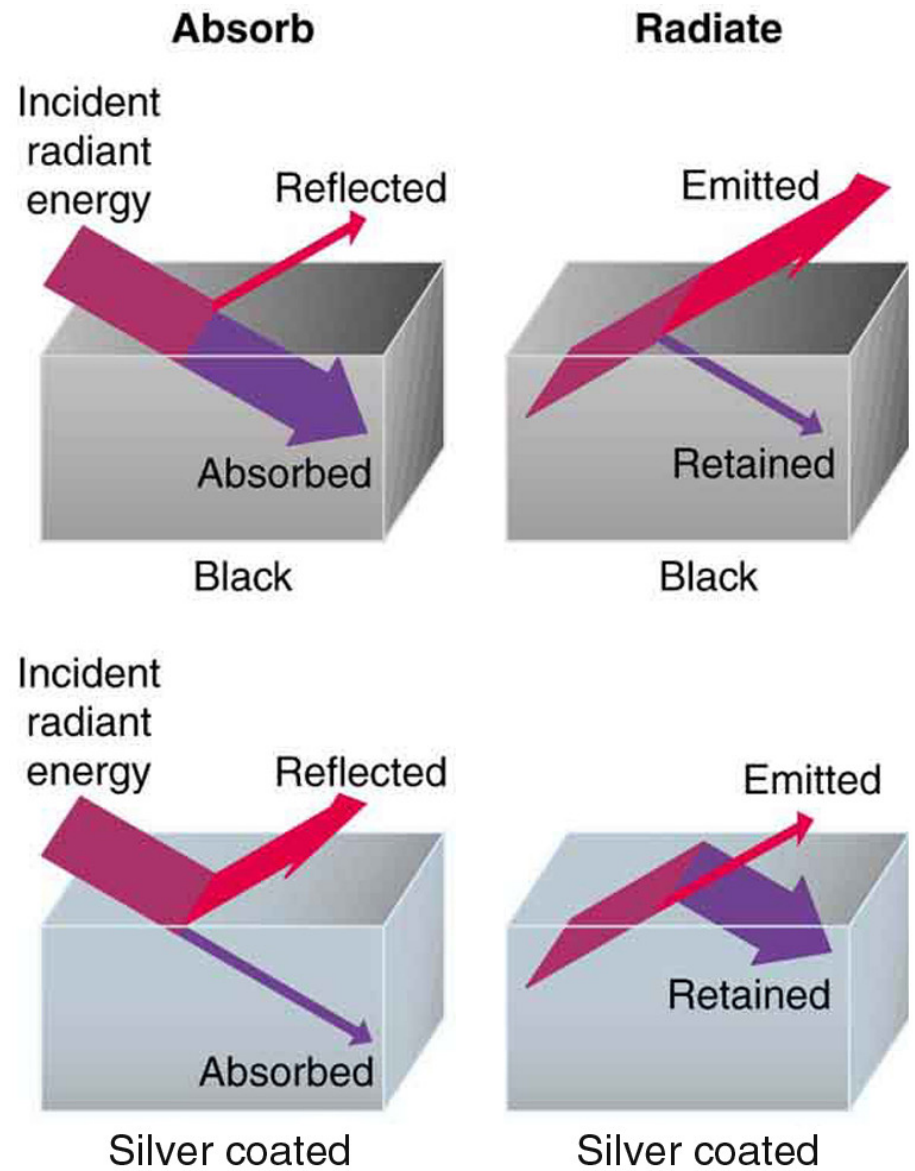
Που βασίζεται όμως η
Δορυφορική Τηλεπισκόπηση ?



<https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>

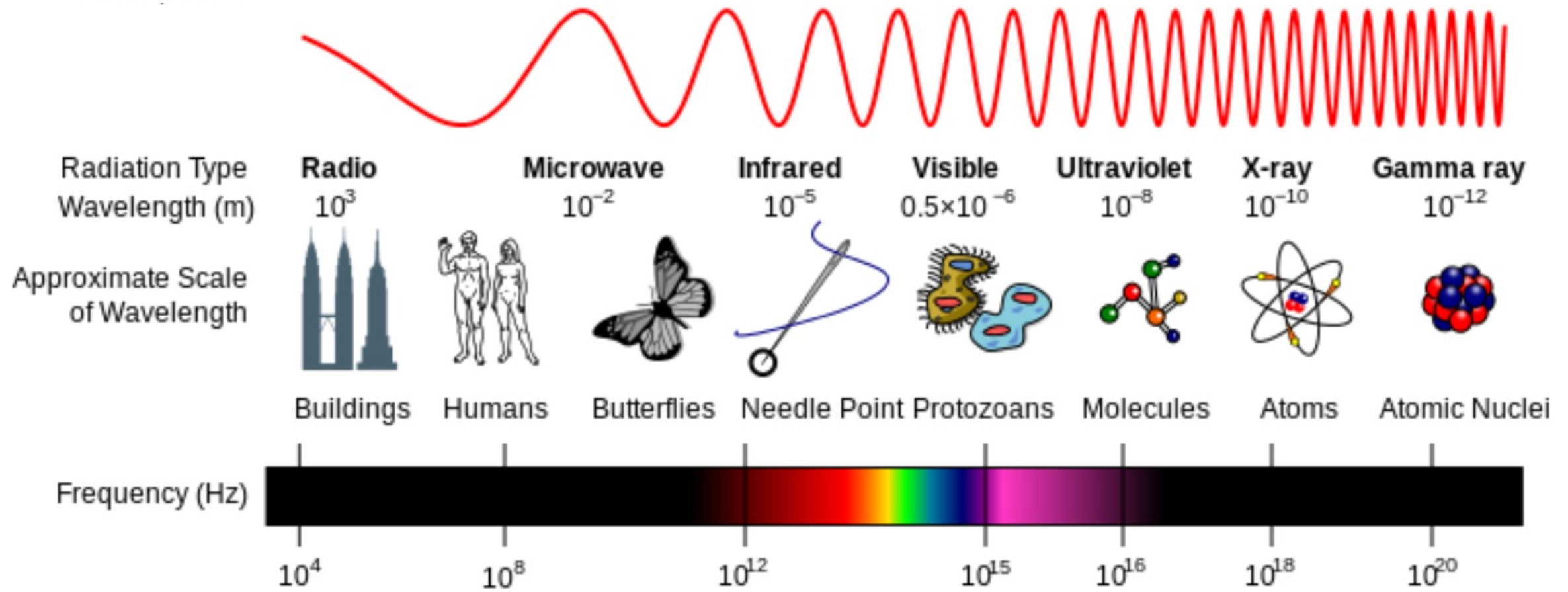
Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

- Η **ακτινοβολία** είναι ένα **κύμα** που διαδίδεται στο χώρο (**ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία**).
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεταφέρει **ενέργεια**, η οποία μπορεί να μεταβιβαστεί, όταν αλληλεπιδράσει με την ύλη.
- Τα αντικείμενα **εκπέμπουν** και **ανακλούν** το φως με τη μορφή **ακτινοβολίας**.
- Για να μετρήσουμε την **ακτινοβολία** που εκπέμπεται ή ανακλάται από τα αντικείμενα, είναι απαραίτητο να μετρήσουμε την **ενέργεια** τους στα διάφορα **μήκη κύματος**.

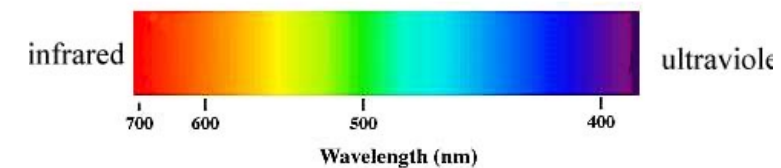


<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/14-7-radiation/>

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα: το άθροισμα όλων των δυνατών μηκών κύματος



The visible spectrum



<https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_Spectrum_Properties_edit.svg

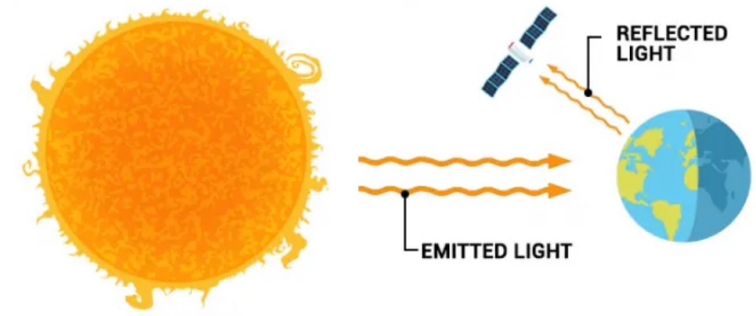
- **Αισθητήρες:** λήψη μετρήσεων από διαφορετικούς τύπους ακτινοβολίας του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (ορατά και μη τμήματα του φάσματος).
- Τα αντικείμενα **ανακλούν** μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω τους και το ανακαλούμενο τμήμα προσδίδει στα αντικείμενα το χρώμα τους.
- Τα αντικείμενα **εκπέμπουν** ακτινοβολία, π.χ., λόγω της θερμοκρασίας τους.



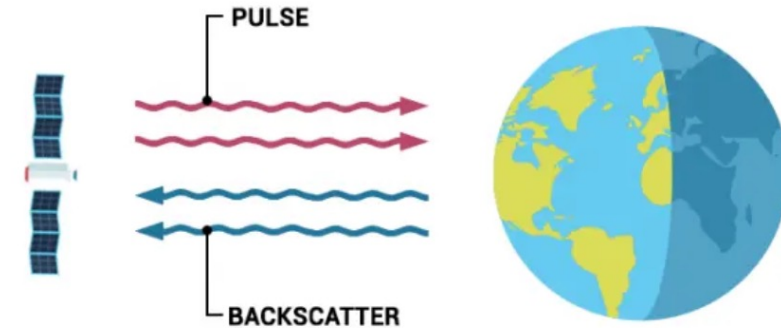
➤ Παραδείγματα εκπομπής/ανάκλασης ?

<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/14-7-radiation/>

- **Παθητικοί αισθητήρες:** χρησιμοποιούν εξωτερικές πηγές ενέργειας για να παρατηρήσουν ένα αντικείμενο, π.χ., χρήση ηλιακού φωτός. (Πρόβλημα ? Σύννεφα).



- **Ενεργητικοί αισθητήρες:** βασίζονται σε δικές τους πηγές ακτινοβολίας για να 'φωτίσουν' τα αντικείμενα και να μπορέσουν στη συνέχεια να μετρήσουν την ενέργεια που ανακλάται και επιστρέφει στον αισθητήρα. (π.χ., SONAR, RADAR, LiDAR)

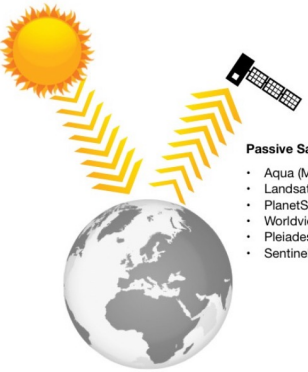


- **Φωτογραφική μηχανή: ενεργητικός ή παθητικός αισθητήρας ?**

Passive remote sensing

Waveband	Microwave Ku to Ka band MW	Long & Mid-wave LWIR-MWIR	Infrared Short-wave SWIR	Near NIR	Visible VIS	Ultraviolet UV
Acronym	MW	LWIR-MWIR	SWIR	NIR	VIS	UV
Wavelength	2 - 0.35 cm	12 - 3 μm	2.5 - 1 μm	1 - 0.75 μm	0.7 - 0.4 μm	<0.4 μm
What they measure	Natural (emitted) radiation from the Earth.			Reflected solar radiation.		
Types of sensors	Radiometers: instruments that measure the intensity of electromagnetic radiation in some bands within the spectrum. Usually, a radiometer is further identified by the portion of the spectrum it covers (e.g. microwave)					
	Spectrometers: instruments that detect, measure, and analyze the spectral content of incident electromagnetic radiation.					
	Spectroradiometers: radiometers that measures the intensity of radiation in multiple wavelength bands (i.e., multispectral). In many cases the bands are of high-spectral resolution.					
Limitations in relation to sunlight	No limitations		No observations possible during complete dark	No observations possible during any darkness		
Limitations in relation to cloud	No limitations	No observations possible through heavy cloud		No observations possible through cloud		
Sensing capabilities	Sensitive to surface temperature: useful for heat-emitting objects (e.g. fires, flares), warm vs cold surfaces, ocean currents, detection of water cover. Some atmospheric influences at particular wavelengths relevant to air quality.		Sensitive to ground conditions: geology, moisture, vegetation.	Useful for assessing the condition of vegetation, for example in terms of stress.	Sensitive to similar features as the human eye. Can be used in stereo form for generating topography.	Useful for air quality.

- Passive Satellites:
- Aqua (MODIS)
 - Landsat-8
 - PlanetScope (Dove)
 - Worldview-4
 - Pleiades
 - Sentinel-2

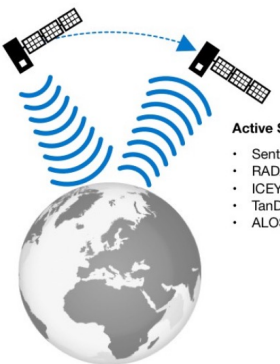


<https://knowledgebase.geocento.com/knowledge/how-does-remote-sensing/-earth-observation-work>

Ενεργοί και Παθητικοί αισθητήρες

Active remote sensing

Waveband	Microwave L to Ku band	Infrared Near NIR	Visible VIS	Ultraviolet UV
Acronym	MW			
Wavelength	30 - 2 cm	1 - 0.75 μm	0.7 - 0.4 μm	<0.4 μm
What they measure	Transmitted microwave backscatter.	Transmitted light backscatter		
Types of sensors	Radar: An active radio detection and ranging sensor that provides its own source of electromagnetic energy in a series of pulses from an antenna. A synthetic aperture radar can be used to create a very high spatial resolution radar image. Additional important information can be obtained from the impact of targets on the polarisation of the radiation.	Lidar: a light detection and ranging sensor that uses a laser (light amplification by stimulated emission of radiation) to transmit a light pulse and measures the backscattered or reflected light. The elevation of surfaces can be determined from the elapsed time between transmitted and backscattered pulses.		
Limitations in relation to sunlight	None	None		
Limitations in relation to cloud	None	Not possible through cloud		
Sensing capabilities	Sensitive to water, surface roughness, snow and ice, some features of vegetation. Surface elevation and deformation from specialised techniques. No penetration through water.	Can be used for detecting atmospheric compounds and measuring vertical structures (surface, vegetation, shallow water depth). Some rocks and minerals or water-borne constituents, fluoresce or emit visible light when illuminated.		



Active Satellites:

- Sentinel-1
- RADARSAT-2
- ICEYE-X1
- TanDEM-X
- ALOS-2

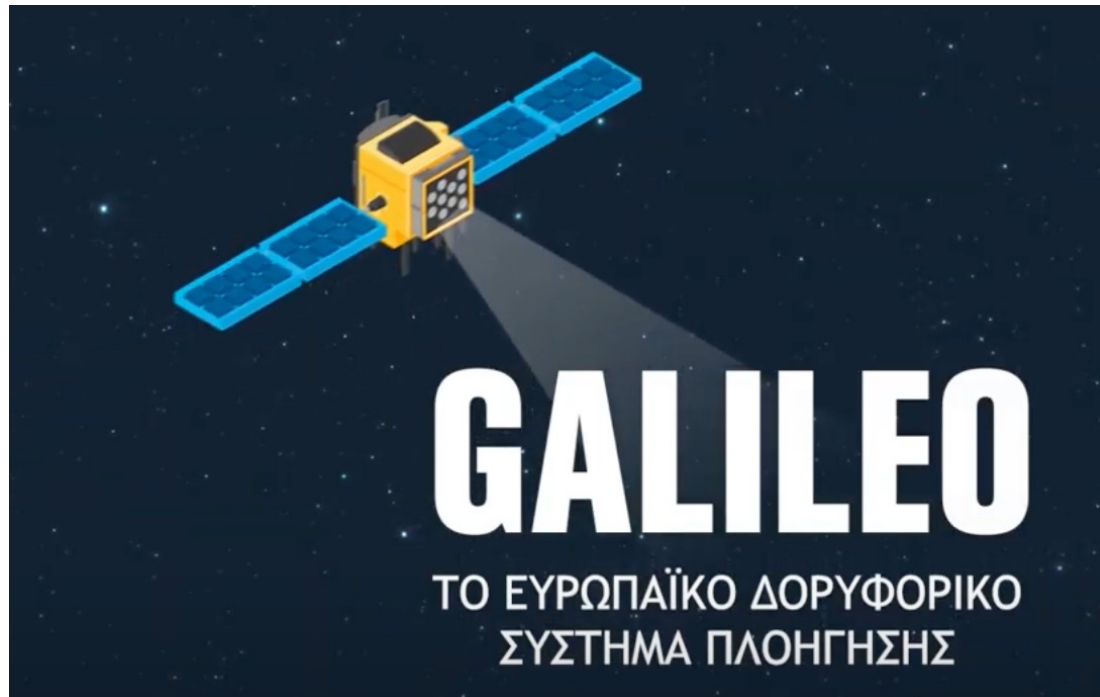


EUSPA - EU Agency for the Space Programme

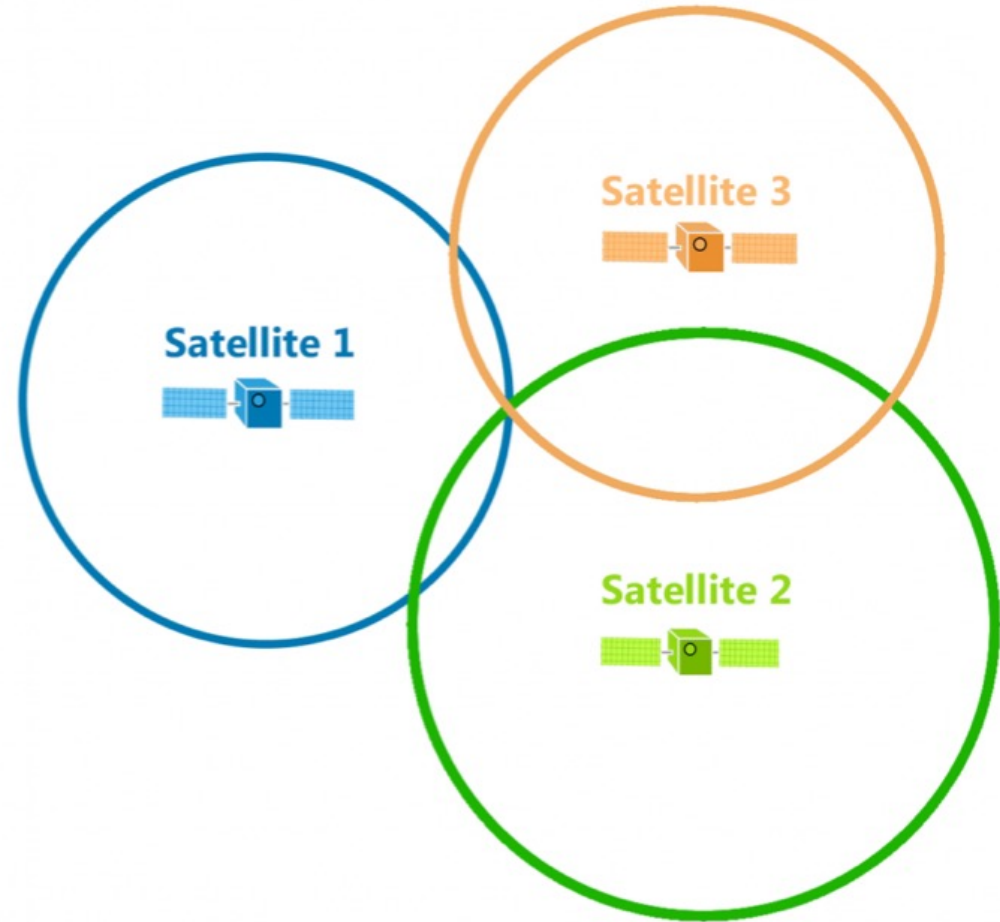
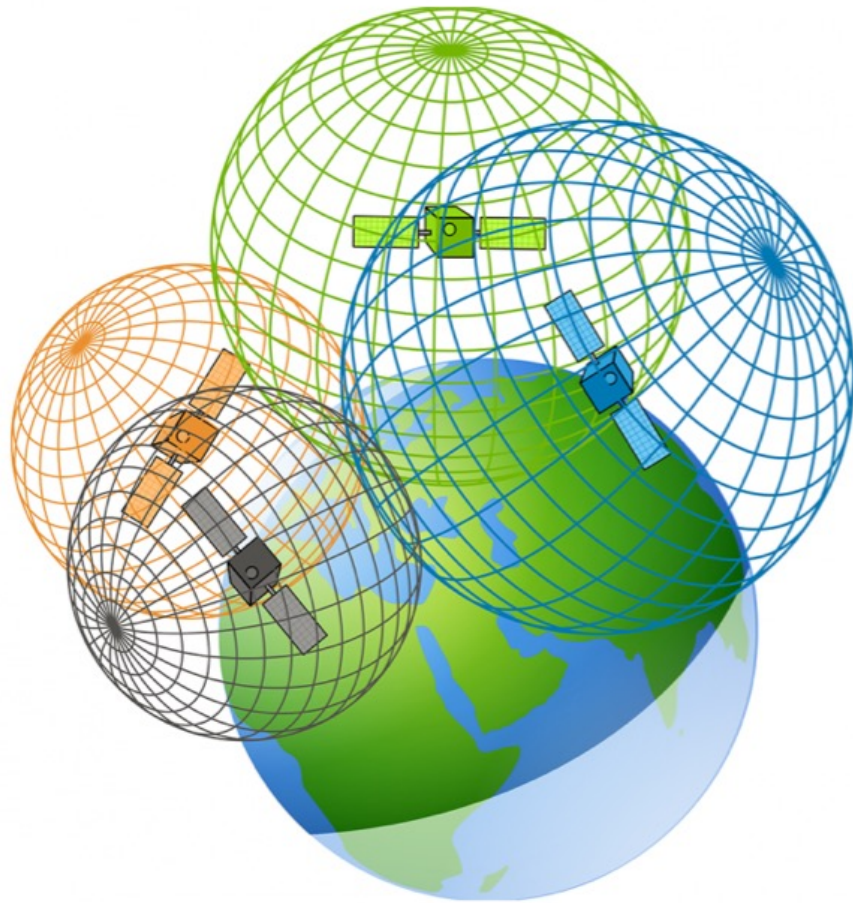
3.45K subscribers

SUBSCRIBE

<https://www.youtube.com/watch?v=-SaaPgLBL0Y&list=PLoW55g8cihhJyHJZjwBYuZK3z5qQvoZ6u&index=2>



<https://www.youtube.com/watch?v=-SaaPgLBL0Y&list=PLoW55g8cihhJyHJZjwBYuZK3z5qQvoZ6u&index=3>



Απόσταση, Χρόνος, Φωνίξ

<https://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>



GPS

- 6 Orbital planes
- 24 Satellites + Spare
- 55° Inclusion Angle
- Altitude 20,200km



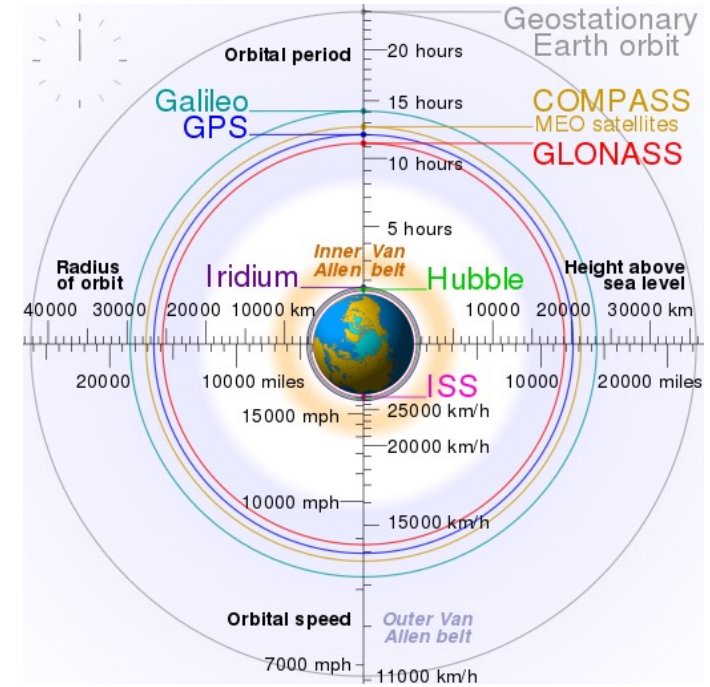
Galileo

- 3 Orbital planes
- 27 Satellites + 3 Spares
- 56° Inclusion Angle
- Altitude 23,616km



GLONASS

- 3 Orbital planes
- 21 Satellites + 3 Spares
- 64.8° Inclusion Angle
- Altitude 19,100km

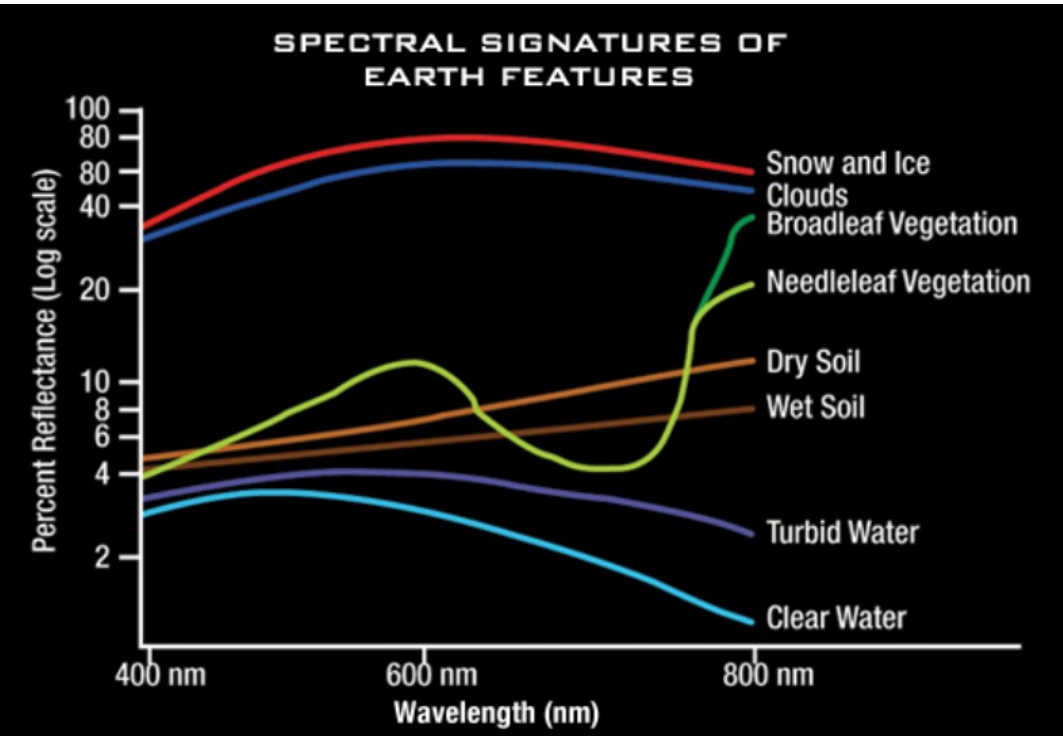


<https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1407>

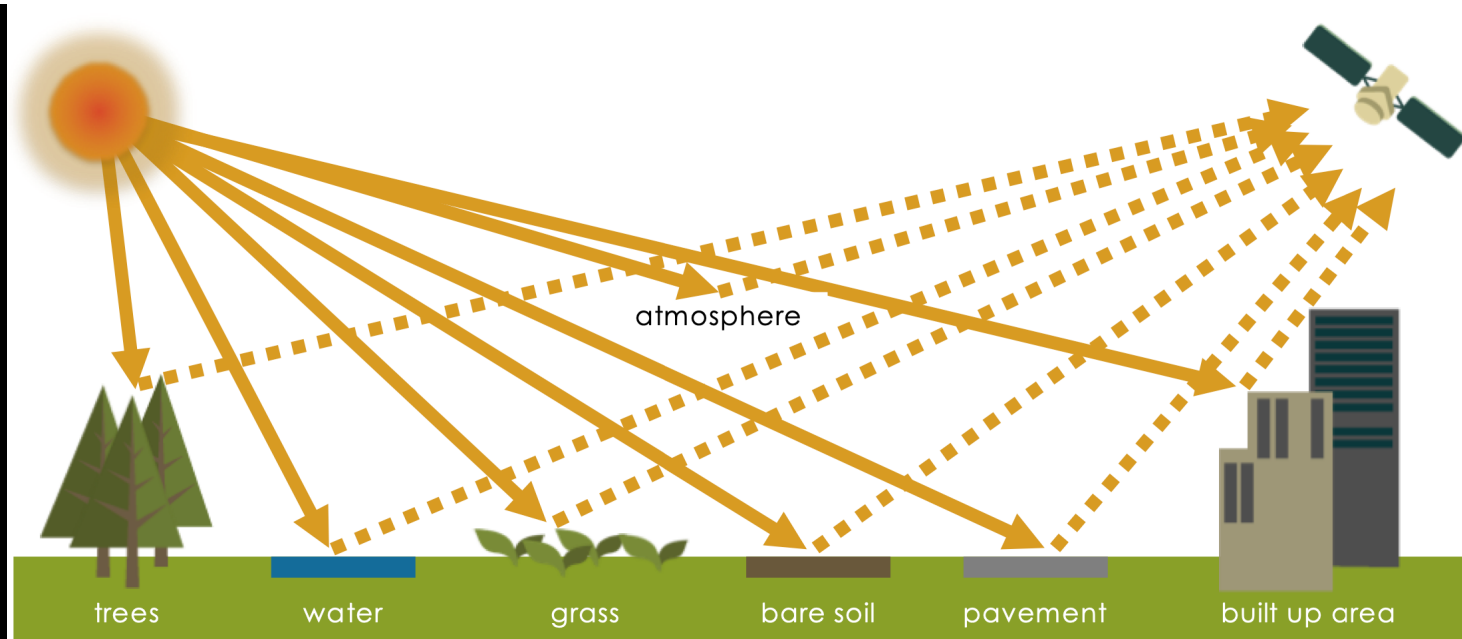
https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation

Φασματική ταυτότητα:

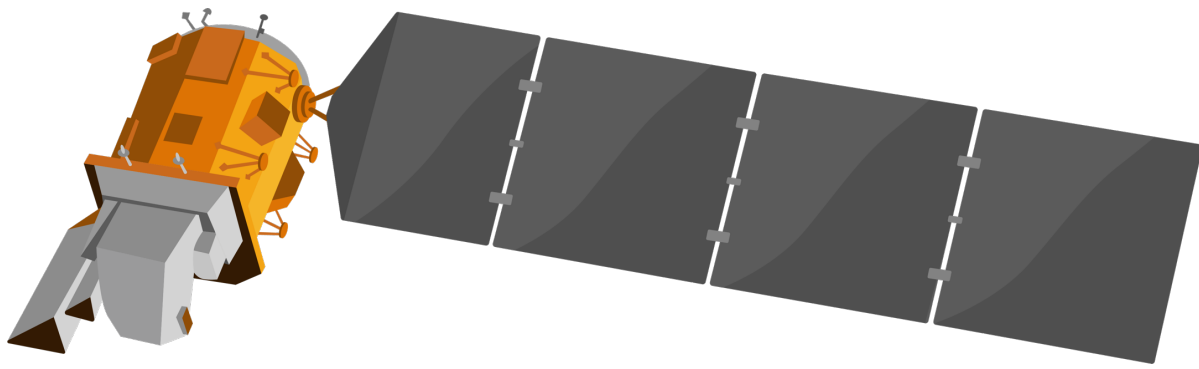
περιγράφει την ποσότητα και φασματική κατανομή της ανακλώμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από ένα αντικείμενο και χρησιμοποιείται ως μέσο αναγνώρισης του αντικειμένου αυτού.



Spectral signatures of different Earth features within the visible light spectrum. Credit: Jeannie Allen.

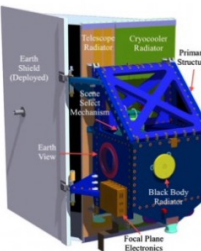
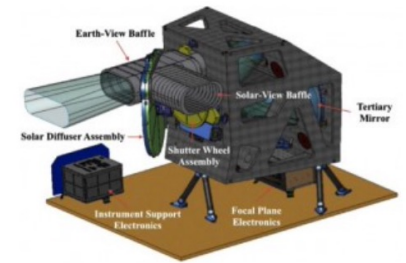
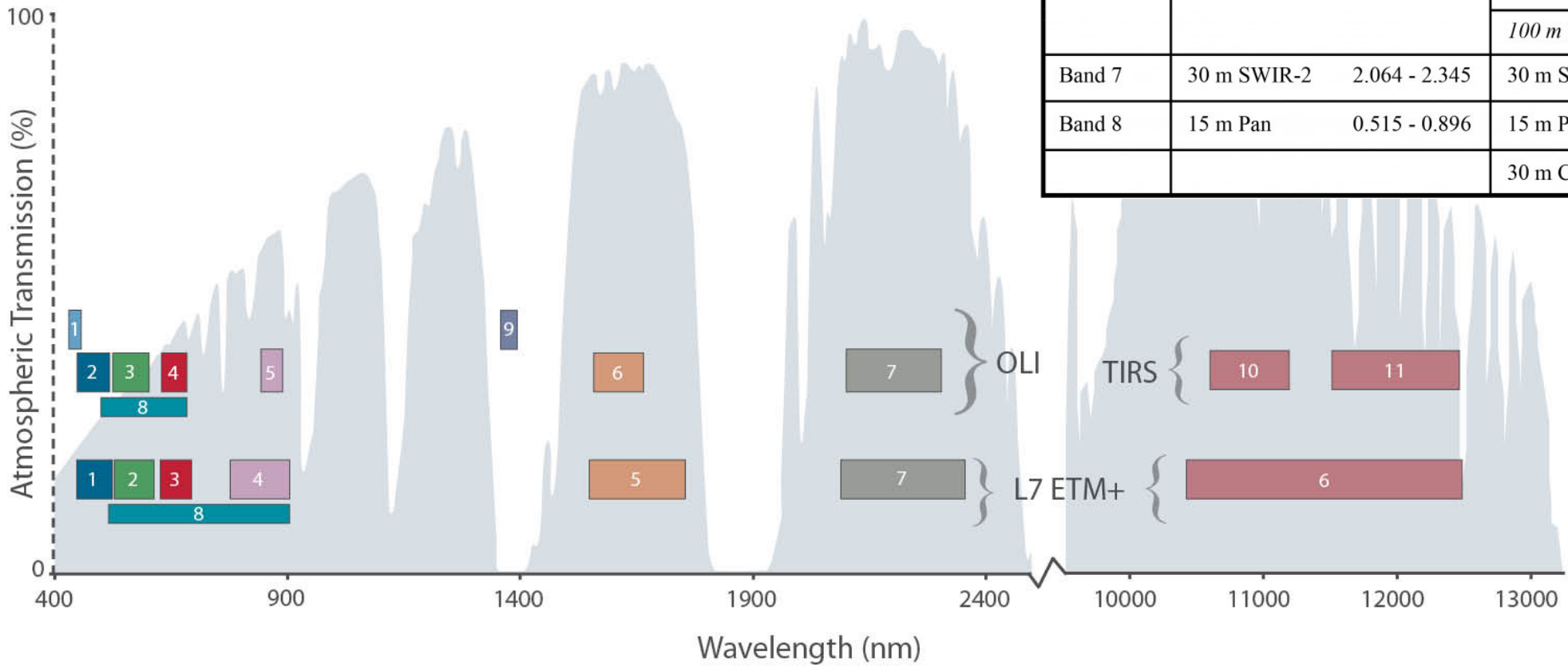


<https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>



Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>

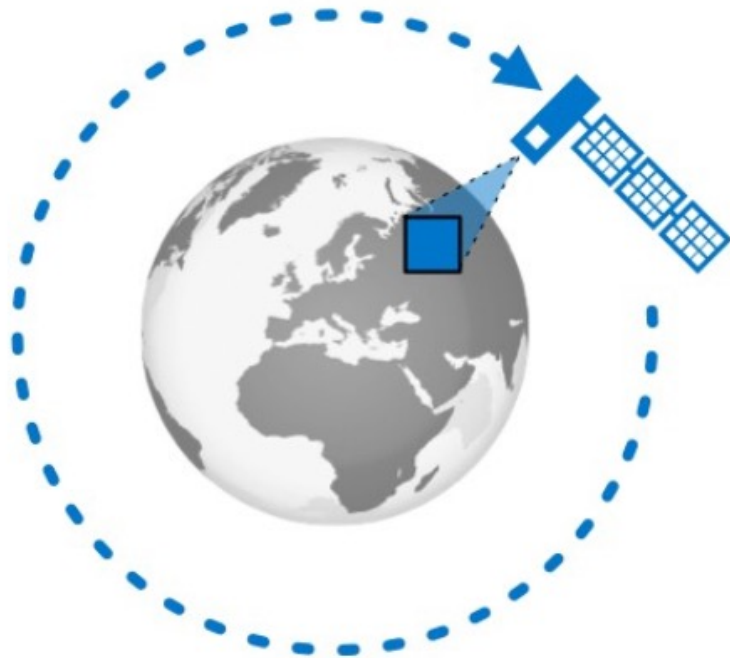




https://www.youtube.com/watch?v=DGE-N8_LQBo

Χρονική Ανάλυση:

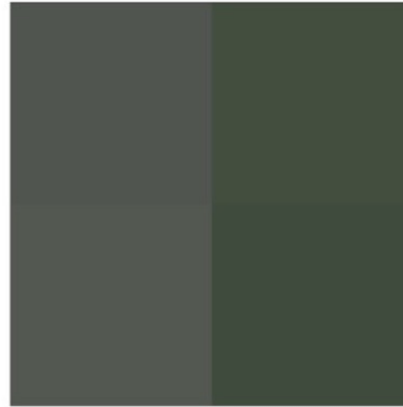
Η συχνότητα με την οποία ένας δορυφόρος (ή ένα σύστημα/αστερισμός/constellation δορυφόρων) είναι σε τροχιά και περνάει πάνω από την ίδια περιοχή



	(#)	Days between images
Aqua (MODIS)	(1)	■
PlanetScope (Dove)	(172)	■
Worldview-4	(1)	■ (When requested)
Pleiades	(2)	■ (When requested)
Sentinel-2	(2)	■ ■ ■ ■ ■ 5 Days
Landsat-8	(1)	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 16 Days

Χωρική Ανάλυση – Μέγεθος pixel

- Δορυφορική εικόνα (ψηφιακή μορφοποίηση) σώζει κάθε κομμάτι πληροφορίας με διακριτό τρόπο (δηλ. πίνακας από τετραγωνίδια που ονομάζονται **pixel/εικονοστοιχεία**).
- Το pixel είναι η μικρότερη μονάδα μιας δορυφορικής εικόνας.



Aqua (MODIS)
250m Resolution



Landsat-8
30m Resolution



Sentinel-2
10m Resolution



PlanetScope (Dove)
3m Resolution



Pleiades
0.5m Resolution

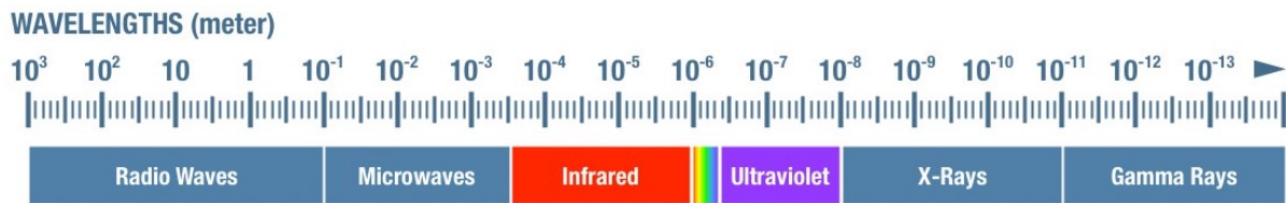
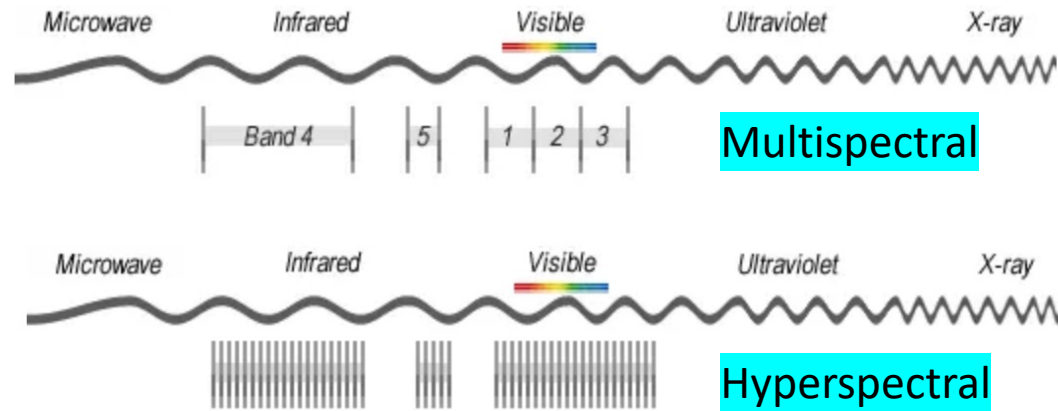


Worldview-4
0.3m Resolution

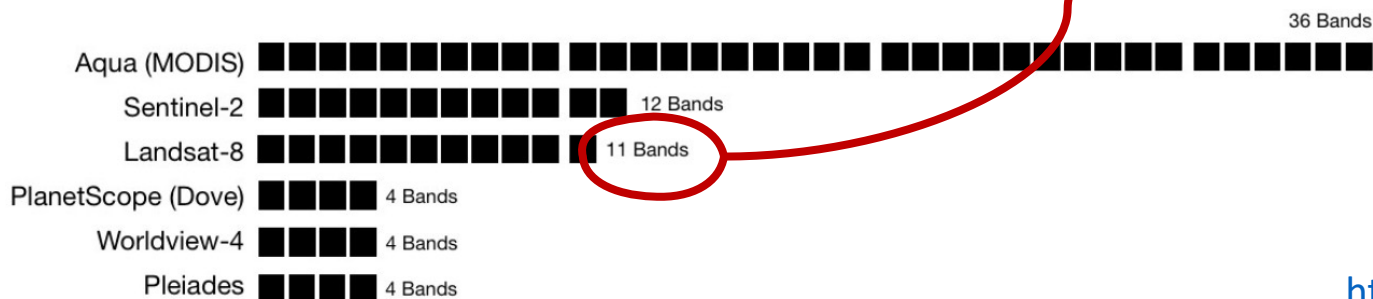
<https://medium.com/radiant-earth-insights/observing-the-earth-fueling-global-development-solutions-1c69fd5632bc>

Διακριτοποίηση Φάσματος:

πλάτος του διαστήματος του διαύλου που χρησιμοποιείται από τον αισθητήρα και συνολικός αριθμός διαύλων (bands)

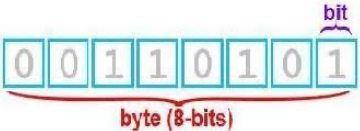


Band Number	Description	Wavelength	Resolution
Band 1	Coastal / Aerosol	0.433 to 0.453 μm	30 meter
Band 2	Visible blue	0.450 to 0.515 μm	30 meter
Band 3	Visible green	0.525 to 0.600 μm	30 meter
Band 4	Visible red	0.630 to 0.680 μm	30 meter
Band 5	Near-infrared	0.845 to 0.885 μm	30 meter
Band 6	Short wavelength infrared	1.56 to 1.66 μm	30 meter
Band 7	Short wavelength infrared	2.10 to 2.30 μm	60 meter
Band 8	Panchromatic	0.50 to 0.68 μm	15 meter
Band 9	Cirrus	1.36 to 1.39 μm	30 meter
Band 10	Long wavelength infrared	10.3 to 11.3 μm	100 meter
Band 11	Long wavelength infrared	11.5 to 12.5 μm	100 meter

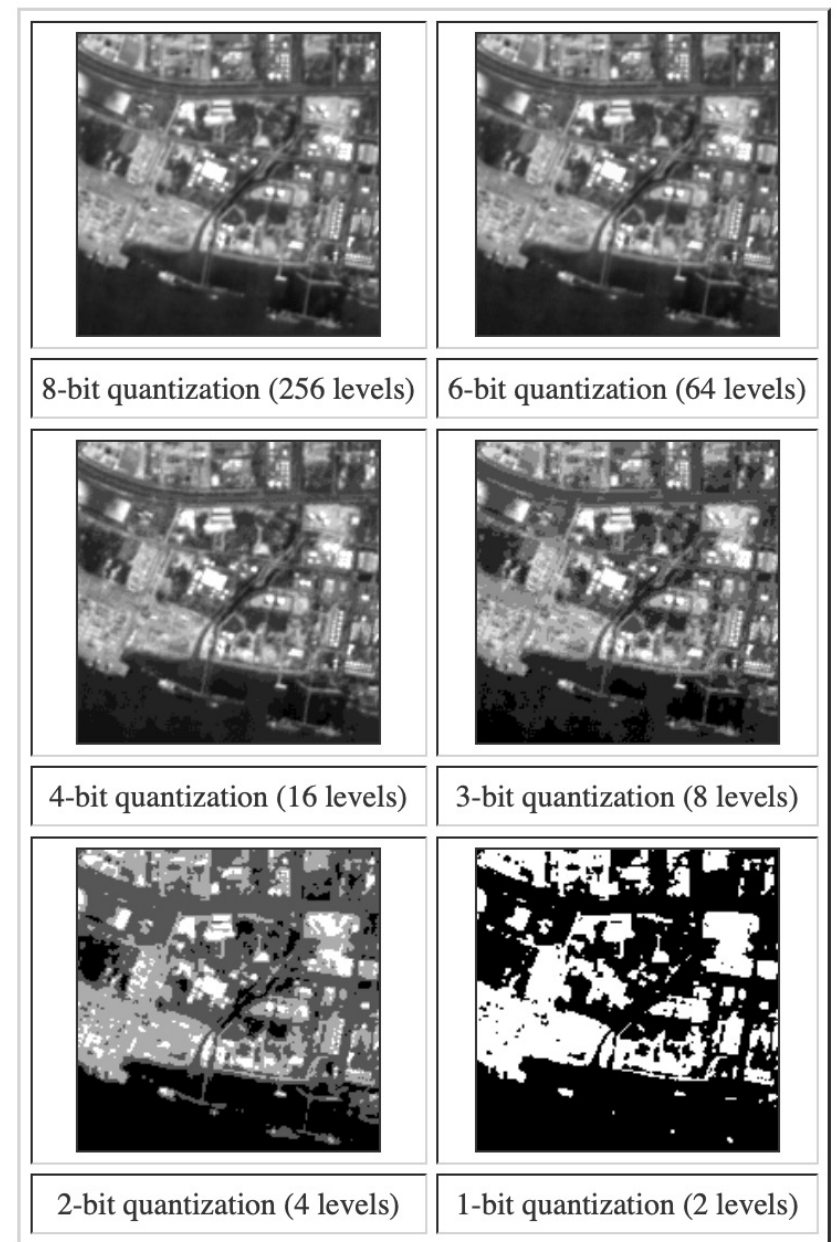


<https://gisgeography.com/spatial-resolution-vs-spectral-resolution/>

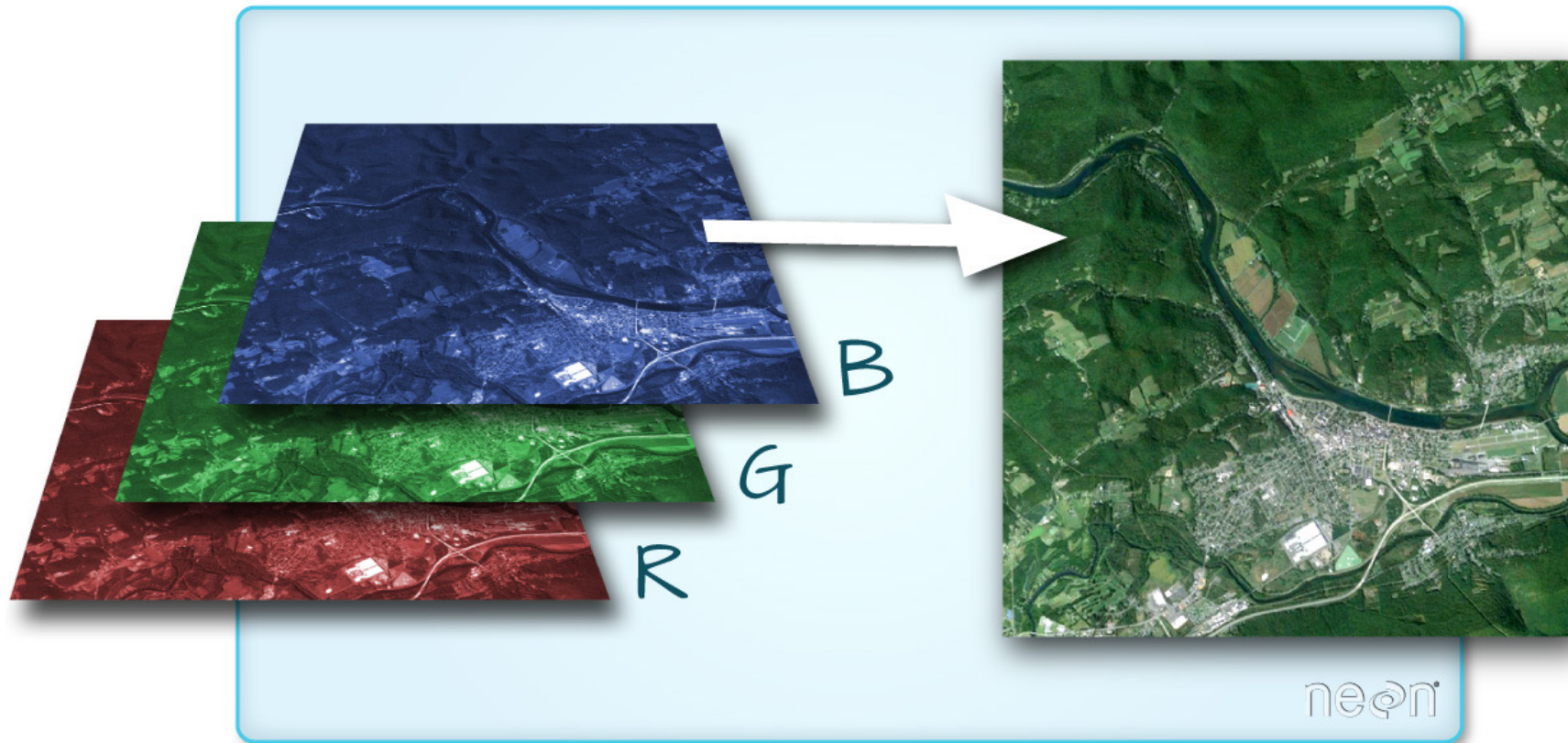
Ραδιομετρική διακριτοποίηση:

- Κάθε **pixel** σε μια εικόνα έχει μια τιμή που αντιστοιχεί στην **ένταση της ακτινοβολίας που ανακλάται** από τα παρατηρούμενα αντικείμενα, για το συγκεκριμένο εύρος μηκών κύματος στο οποίο είναι ευαίσθητος ο αισθητήρας.
- **Αριθμός διακριτών επιπέδων (χρωμάτων) στα οποία κωδικοποιείται το σήμα/δεδομένα (εκφράζεται σε bits)**


The diagram shows a horizontal row of eight light blue boxes, each containing a binary digit: 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1. A red bracket underneath all boxes is labeled 'byte (8-bits)'. A purple bracket above the last box is labeled 'bit'.
- **Όσο περισσότερα επίπεδα (άρα και περισσότερα bit) περιέχει μια καταγραφή, τόσο λεπτομερέστερη είναι η μέτρηση** κι επομένως τόσο πιο ακριβής η καταγραφή των τιμών της ακτινοβολίας.

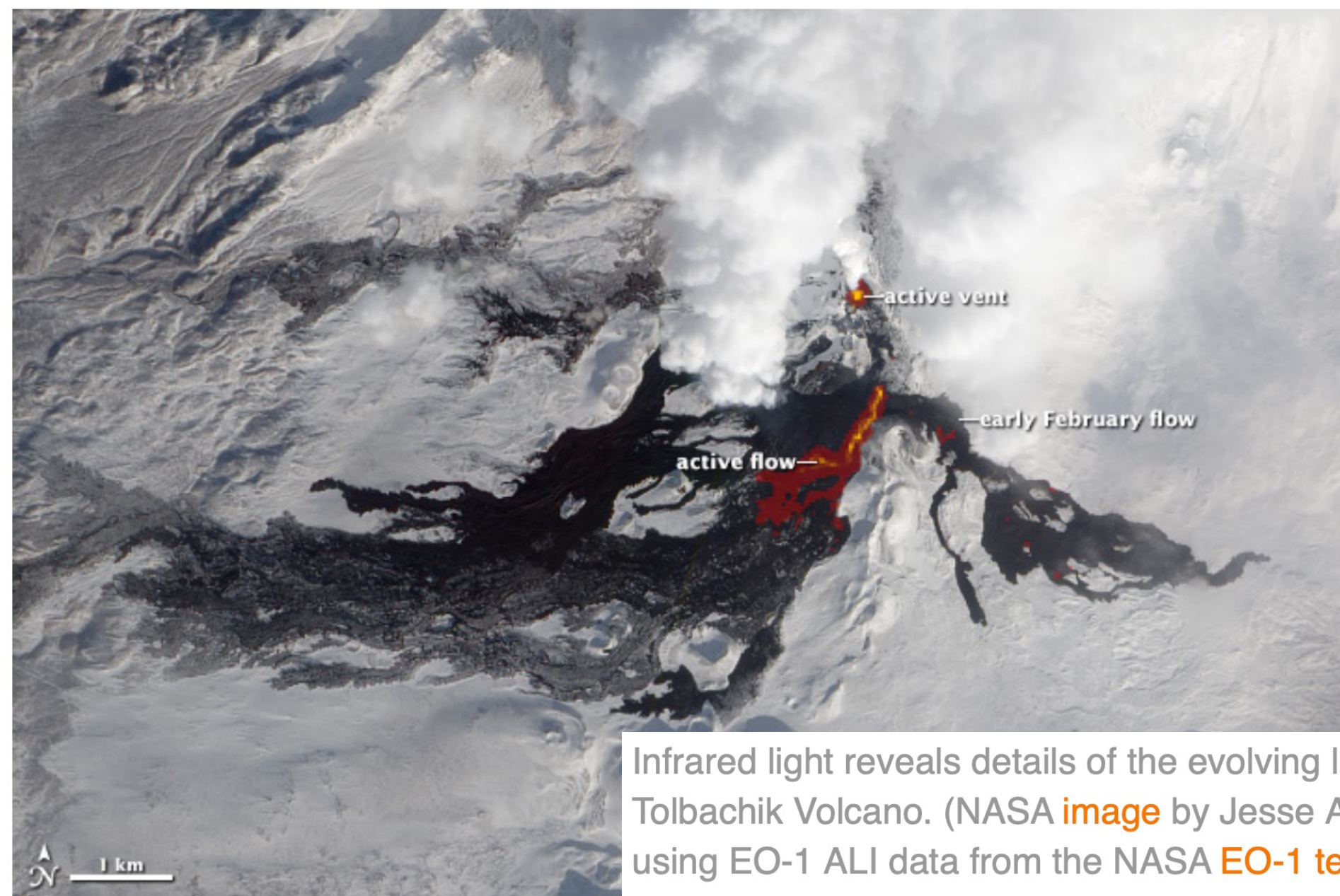


<https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/image.htm>



True-color: visible bands (R + G + B)

False-color: (non-visible) + (visible bands)



Infrared light reveals details of the evolving lava flows on Russia's Tolbachik Volcano. (NASA **image** by Jesse Allen and Robert Simmon, using EO-1 ALI data from the NASA **EO-1 team**.)

<https://earthobservatory.nasa.gov/features/FalseColor>



Fire scars reflect strongly in Landsat's Band 7, which acquires data in the shortwave infrared range. The fire scar is not visible in the left image, which is a standard true-color image. The fire scar stands out clearly in red in the right image, which is a false-color infrared image. Credit: NASA.

<https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>

Google Earth + Google Earth Engine + Landsat archive/timelapse

<https://earth.google.com/>





Charter Geobrowsing Tool

<https://cgt.disasterscharter.org/en>



Εφαρμογές – Φυσικές Καταστροφές

Earth Day 2022: Explore Your World with NASA Worldview



<https://earthdata.nasa.gov/learn/articles/earth-day-2022-campaign>

The screenshot displays the NASA Worldview web application interface. On the left, a sidebar menu includes 'Layers', 'Events', and 'Data'. The 'Layers' panel is expanded, showing three categories: 'REFERENCE' with 'Coastlines' (attributed to OpenStreetMap contributors), 'GEOSTATIONARY' with 'GeoColor (True Color (Day), Multispectral IR (Night))' (from GOES-West/ABI), and 'BASE LAYERS' with a checked 'Group Similar Layers' option. Below these are '+ Add Layers' and 'Start Comparison' buttons. The main map area shows a satellite view of the Pacific Ocean with a search bar at the top right containing the text 'Search for places or enter coordinates'. A 'Animate Map' control is overlaid on the map, set to 'Animate Map In 10 MINUTE Increments' with a 'Frames Per Second' slider at 3.0. The animation range is from '2022 JAN 15 04 : 00 Z' to '2022 JAN 15 05 : 20 Z'. A timeline at the bottom shows the current time as '2022 JAN 15 04:00Z (DOY 015)' with navigation controls for 10-minute and hour intervals.

Εφαρμογές – Φυσικές Καταστροφές

Linking space
to user needs



https://commercialisation.esa.int/wp-content/uploads/2020/12/Galileo-a-major-enabler-for-smart-city-applications_Ventura_Traveset.pdf

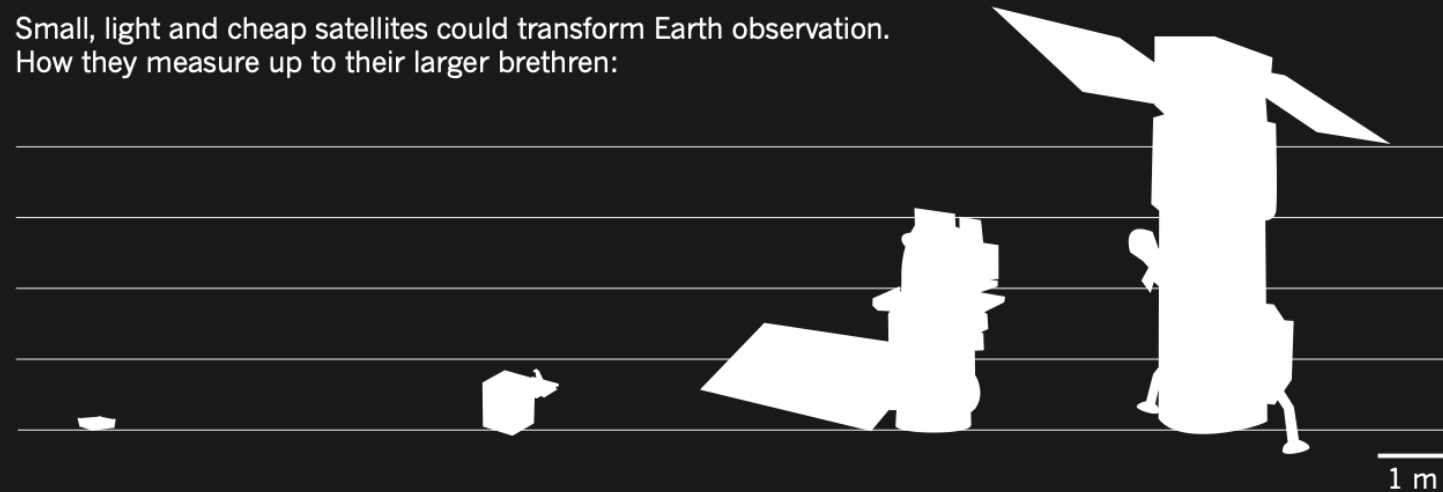
Εφαρμογές – Ευφυή Συστήματα

Many eyes on Earth

Swarms of small satellites set to deliver close to real-time imagery of swathes of the planet.

THE SWARM COMETH

Small, light and cheap satellites could transform Earth observation. How they measure up to their larger brethren:



DOVE

Operator: Planet Labs

Number of satellites*: 32

Weight: ~5 kg

Instruments: Optical and near-infrared spectral bands

Spatial resolution: 3–5 m

SKYSAT

Operator: Skybox Imaging

Number of satellites*: 24

Weight: ~100 kg

Instruments: Optical and near-infrared spectral bands

Spatial resolution: ~1 m

LANDSAT 8

Operator: NASA

Number of satellites*: N/A

Weight: 2,071 kg†

Instruments: Multiple spectral bands

Spatial resolution: 15–100 m‡

WORLDVIEW-3

Operator: DigitalGlobe

Number of satellites*: N/A

Weight: 2,800 kg

Instruments: Multiple spectral bands

Spatial resolution: 0.3–30 m‡

1 m

*When fully operational † Without instruments ‡ Depending on spectral frequency