



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και  
Περιφερειακής Ανάπτυξης

## **Δορυφορικά Συστήματα**

Ιωάννης Φαρασλής

# Είδη Δορυφόρων

**Οι πιο διαδεδομένοι δορυφόροι είναι :**

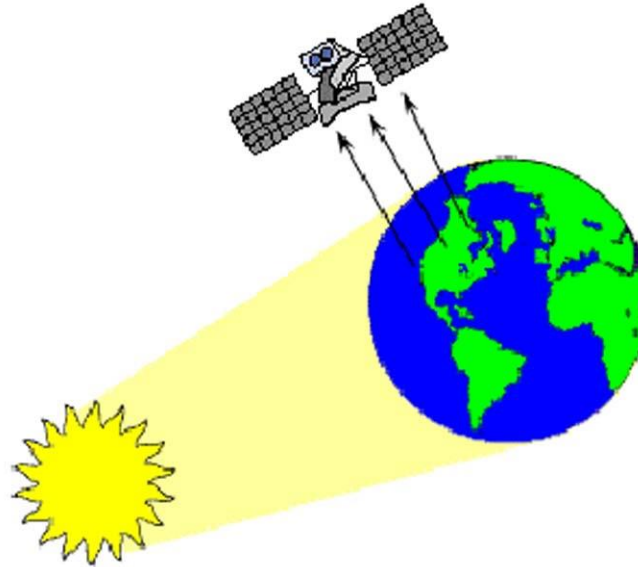
- Τηλεπικοινωνιακοί - τηλεόρασης
- Μετεωρολογικοί, ελέγχουν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεση, ταχύτητα ανέμου και προσφέρουν στοιχεία για καιρικές προβλέψεις.
- Ωκεανογραφικοί, ελέγχουν τα θαλάσσια ρεύματα, καταγράφουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τη ρύπανση των θαλασσών.
- Χαρτογραφικοί, καταγράφουν τις χρήσεις γης, τη βλάστηση, τον τύπο του γεωλογικού στρώματος, τους υδάτινους πόρους.
- Στρατιωτικοί

# Συστήματα Τηλεπισκόπησης

- Παθητικά συστήματα καταγραφής
- Ενεργητικά συστήματα καταγραφής (radar)

# Παθητικά συστήματα καταγραφής

- Εξαρτώνται από εξωτερική πηγή ενέργειας (ΗΛΙΟΣ)
- Καταγραφή της ανακλώμενης – εκπεμπόμενης ηλιακής ακτινοβολίας





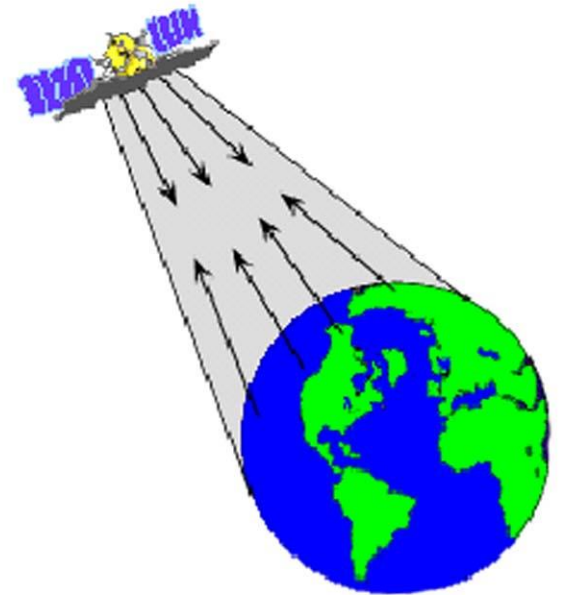
# Ενεργητικά συστήματα καταγραφής (radar)

➤ Έχουν δική τους πηγή ενέργειας

➤ Πλεονέκτηματα :

Επιχειρησιακή ικανότητα μέρα & νύχτα

Παρατήρηση περιοχών με νεφοκάλυψη



# Τροχιές Δορυφόρων

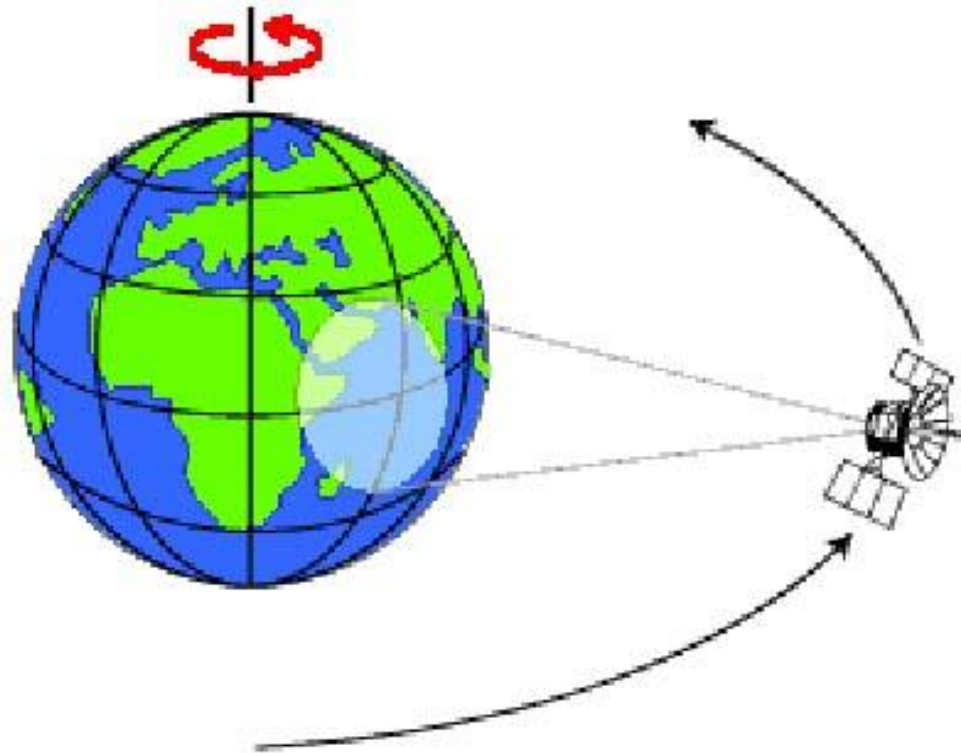
Δύο κατηγορίες δορυφόρων ανάλογα με την τροχιά τους:

➤ Γεωστάσιμοι: Ακολουθούν τον ισημερινό και φαίνονται σαν ακίνητοι από την γη.

➤ Ηλιοσύγχρονοι: Πάνω από την περιοχή την ίδια ώρα κάθε φορά.

# Γεωστάσιμοι Δορυφόροι

- Ύψος πτήσης 36000 Km → μικρή διακριτική ικανότητα

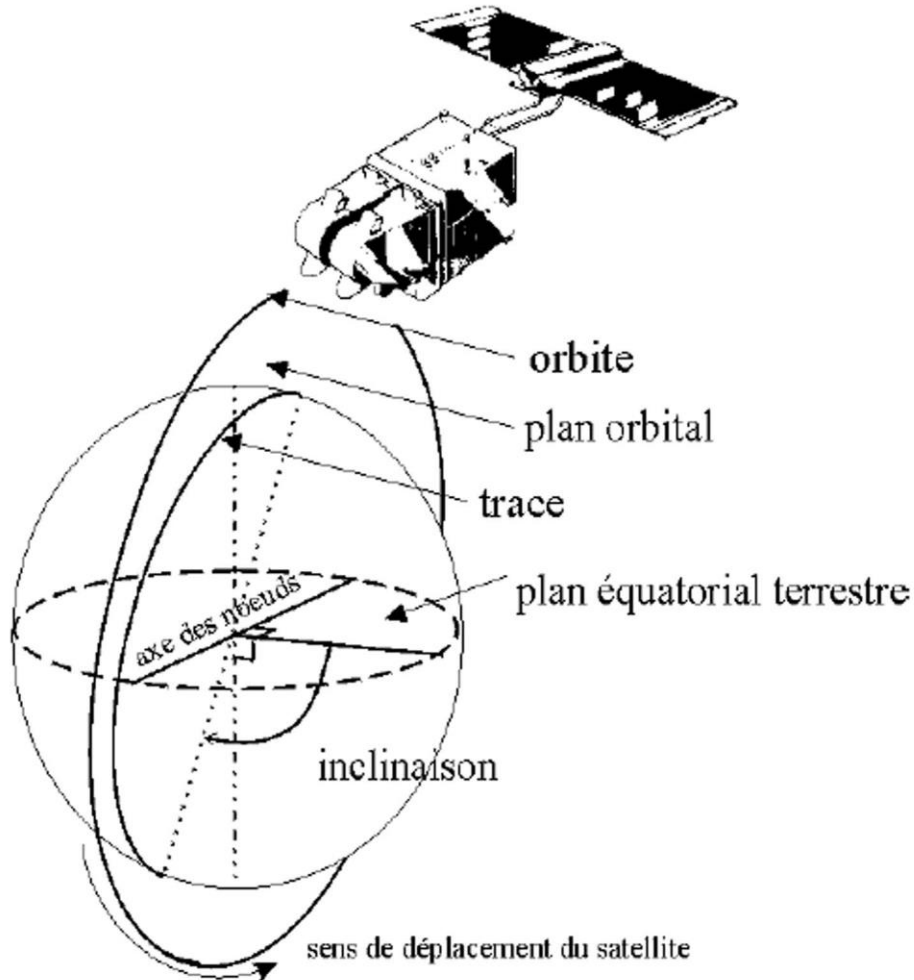


# Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωστάσιμων Δορυφόρων

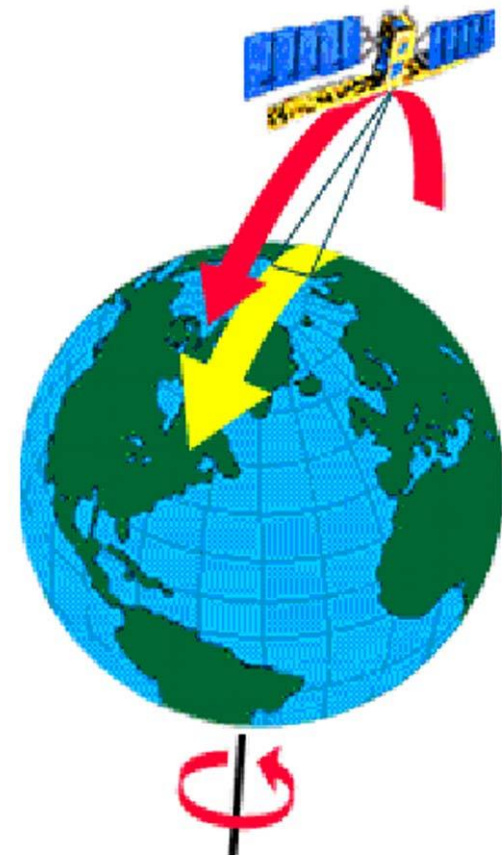
- Πλεονεκτήματα:
  - ✓ Μεγάλη χωρική κάλυψη
  - ✓ Συνεχή παρατήρηση της ίδιας περιοχής της επιφάνειας της γης
  - ✓ Ένα επίγειο τμήμα είναι αρκετό για έλεγχο και ρυθμίσεις του δορυφόρου
- Μειονεκτήματα
  - ✓ Δεν καλύπτονται οι περιοχές των πόλων
  - ✓ Δεν υπάρχει δυνατότητα υψηλής ευκρίνειας καταγραφής στο έδαφος
  - ✓ Κατά την έκλειψη του δορυφόρου από τη γη υπάρχουν διαταραχές στην παροχή ηλεκτρισμού.

# Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς

- Ύψος πτήσης 36000 Km μεταξύ 800 και 900 Km.
- Τροχιά Πολική : Κίνηση Βορρά προς Νότο



Données orbitales d'un satellite (adapté de JM. Gilliot, 1994)



# Ηλιοσύγχρονη Τροχιά

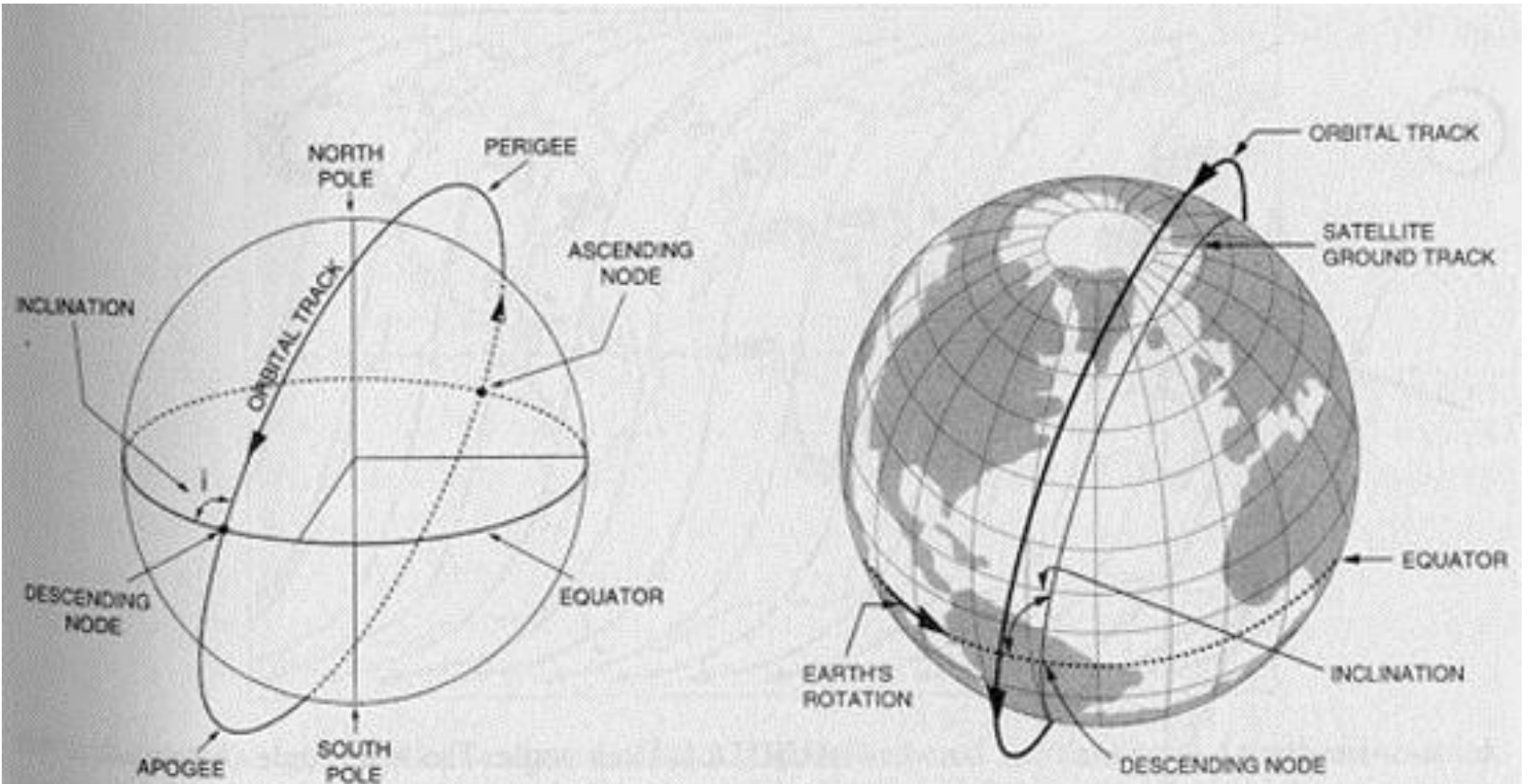
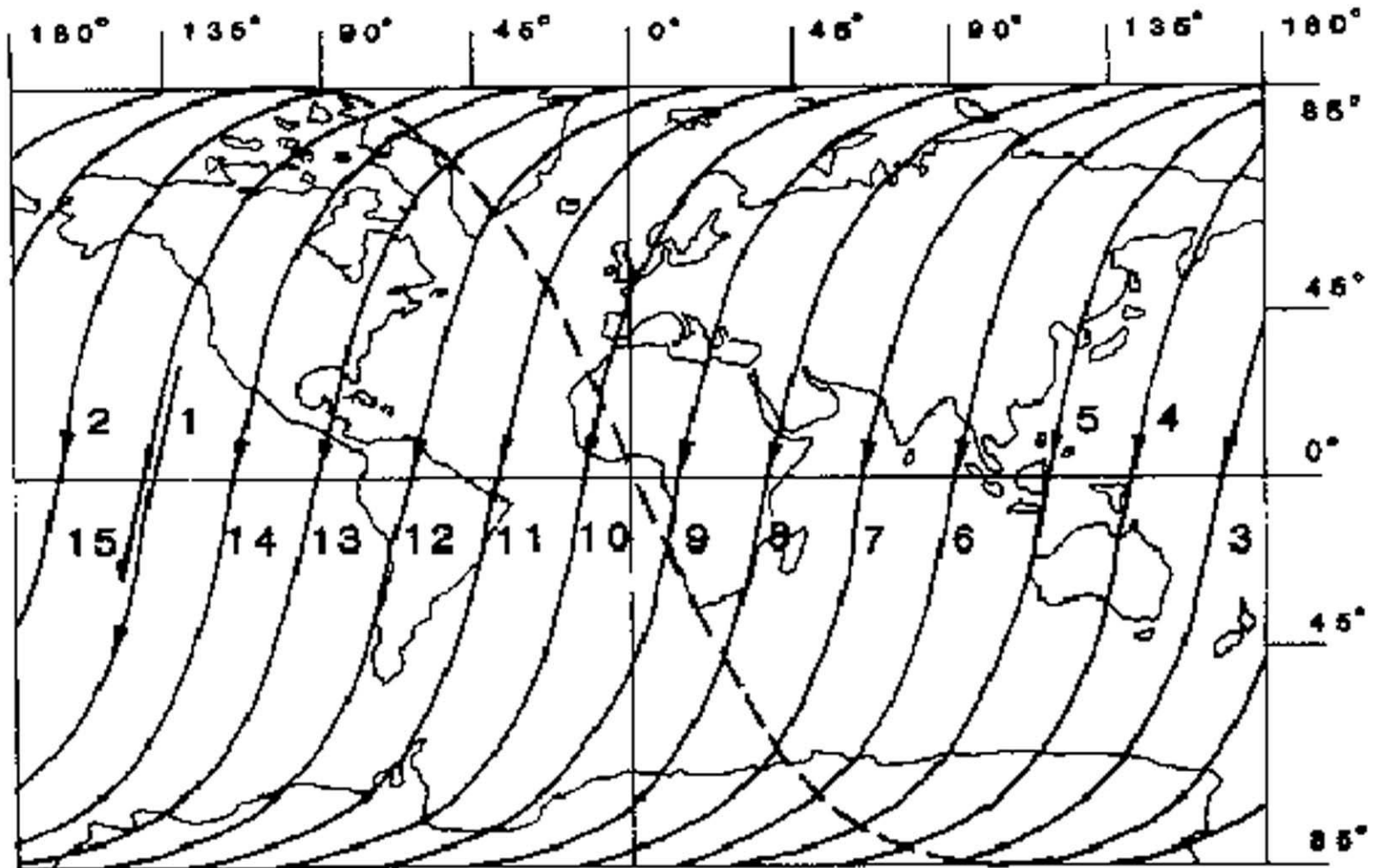


FIGURE 6.1. Satellite orbits. Left: Definitions. Right: Schematic representation of a sun-synchronous orbit.

# Έχνη Δορυφόρου ηλιοσύγχρονης τροχιάς




# Εφαρμογές Δορυφόρων Πολικής Τροχιάς

- ✓ Περιβαλλοντικές εφαρμογές
- ✓ Εφαρμογές μελέτης και πρόγνωσης του κλίματος
- ✓ Μετρήσεις της θερμοκρασίας επιφάνειας Θάλασσας
- ✓ Εφαρμογές σε σχέση με τη δυναμική των ωκεανών
- ✓ Καταγραφή ηφαιστειακών δραστηριοτήτων
- ✓ Εντοπισμός και παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών
- ✓ Ανάλυση της παγκόσμιας βλάστησης
- ✓ Έρευνα και διάσωση



# Παραδείγματα Γεωστάσιμων Δορυφόρων :

## **Meteosat**

- Μετεωρολογικός Δορυφόρος (1977-2004)  Ευρώπη
- Ανιχνεύει ακτινοβολία :
  - ✓ Ορατό
  - ✓ Περιοχή απορρόφησης υδρατμών
  - ✓ Θερμικό υπέρυθρο
- Σάρωση του γήινου δίσκου κάθε 30 λεπτά

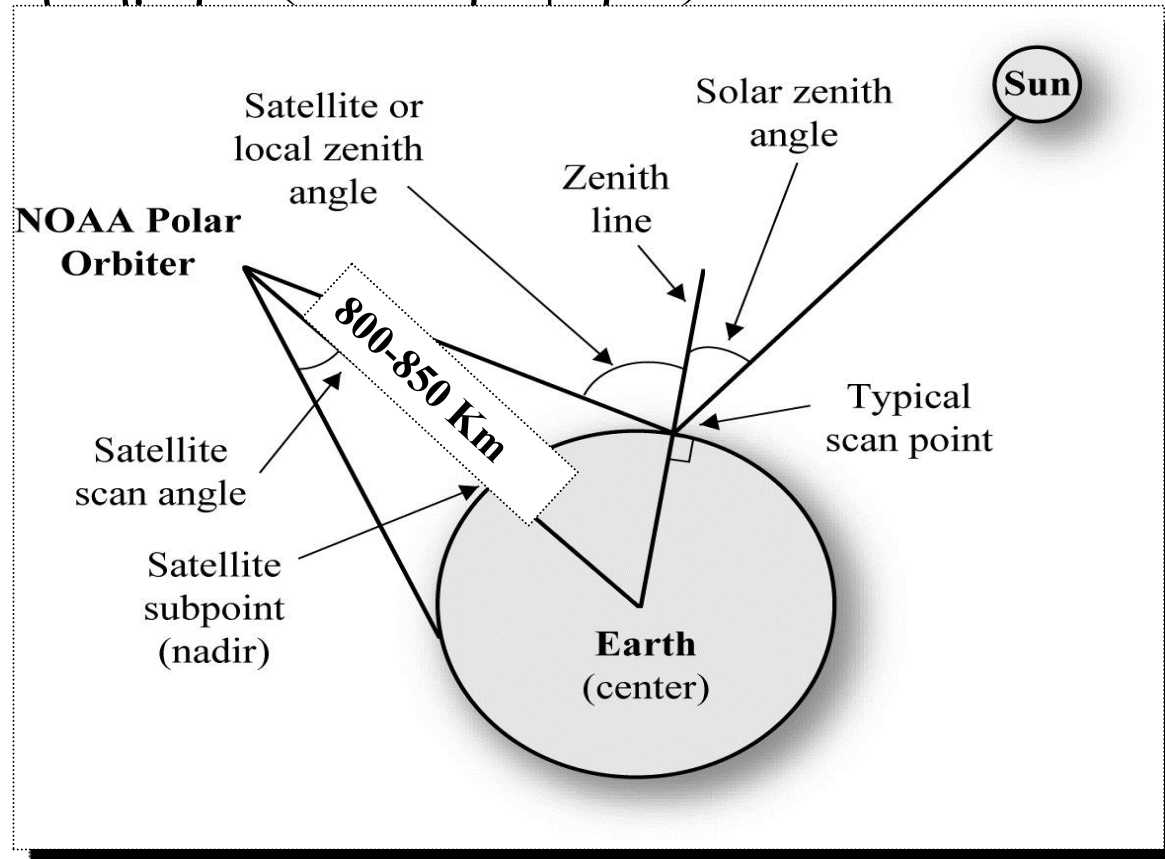
# Παραδείγματα Γεωστάσιμων Δορυφόρων :

## MSG

- Συνέχεια του Meteosat
- 12 φασματικά κανάλια εικόνας
- Δημιουργία εικόνων κάθε 15 λεπτά
- Αποτελείται από 3 κύρια μέρη :
  - ✓ Ραδιομέτρο εικόνας (ορατό – υπέρυθρο φάσμα)
  - ✓ Εξοπλισμός επικοινωνιών του δορυφόρου
  - ✓ Υποσυστήματα υποστήριξης ( προωθητήρες)

# Παραδείγματα Δορυφόρων Πολικής Τροχιάς: NOAA

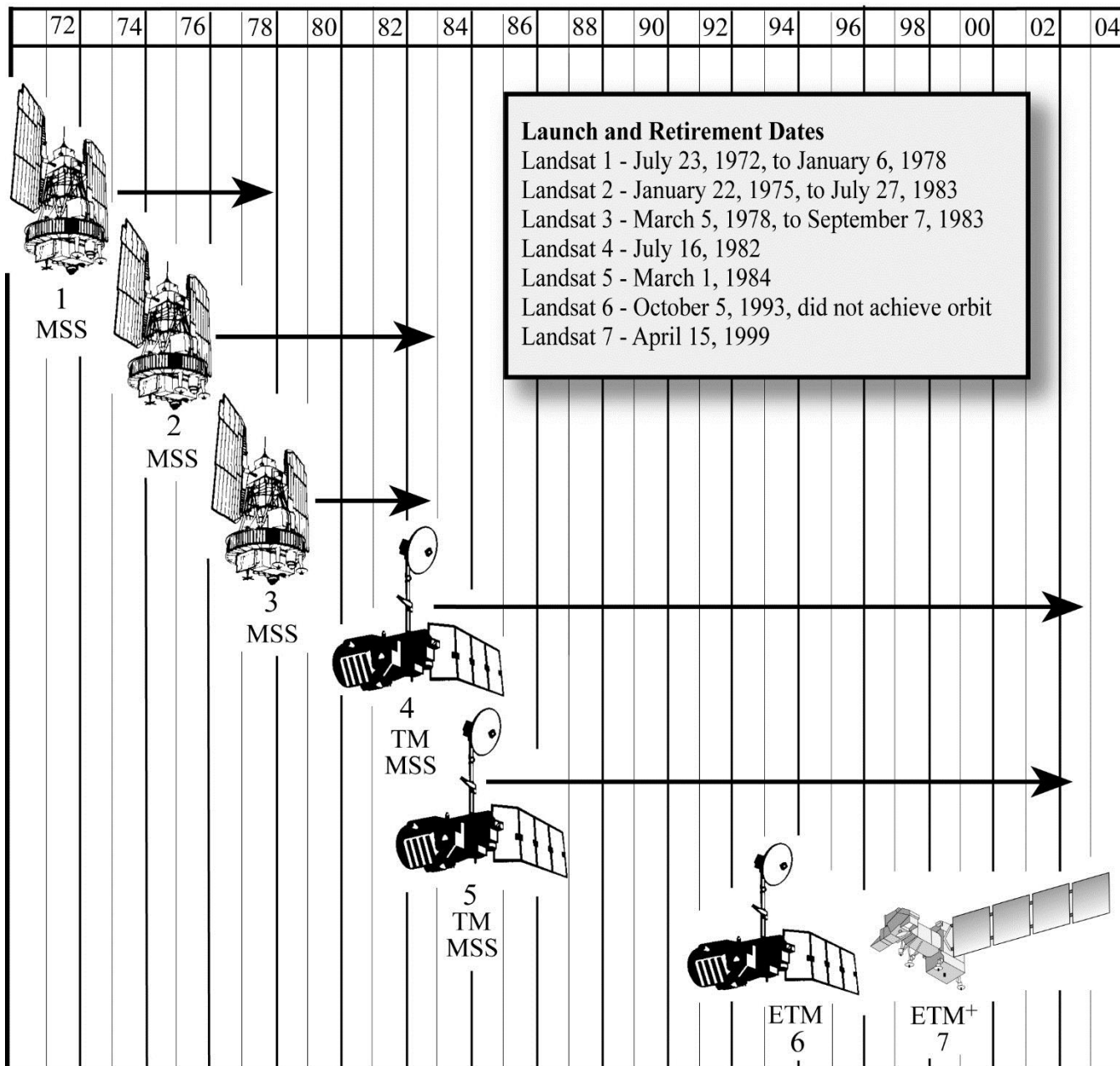
- Περιβαλλοντικοί/μετεωρολογικοί : Μελέτη ωκεανών – ατμόσφαιρας-επιφάνειας της γης
- Διακριτική Ικανότητα 1,1 Km
- Κάλυψη της γης 2 φορές την ημέρα (δύο δορυφόροι)



# Παραδείγματα Δορυφόρων Πολικής Τροχιάς: NOAA

- Το Ραδιόμετρο AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) καταγράφει : Παγκόσμια βλάστηση – Θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας – κάλυψη από πάγους
- Χαρακτηριστικά των καναλιών του AVHRR :
  - 1 : 0,58-0,68 (Ορατό) Καταγραφή των περιοχών με νέφη
  - 2 : 0,727 – 1 ( Near infrared) Διαχωρισμός ξηράς-ύδατος, βλάστηση
  - 3A : 1,58-1,64 } (υπέρυθρη ακτινοβολία) Ανακλώμενη, εκλυόμενη
  - 3B : 3,55-3,93 } ακτινοβολία
  - 4, 5 : 10,3 – 12,5 (infrared ακτινοβολία) Θερμοκρασία επιφανειών ξηράς, θάλασσας

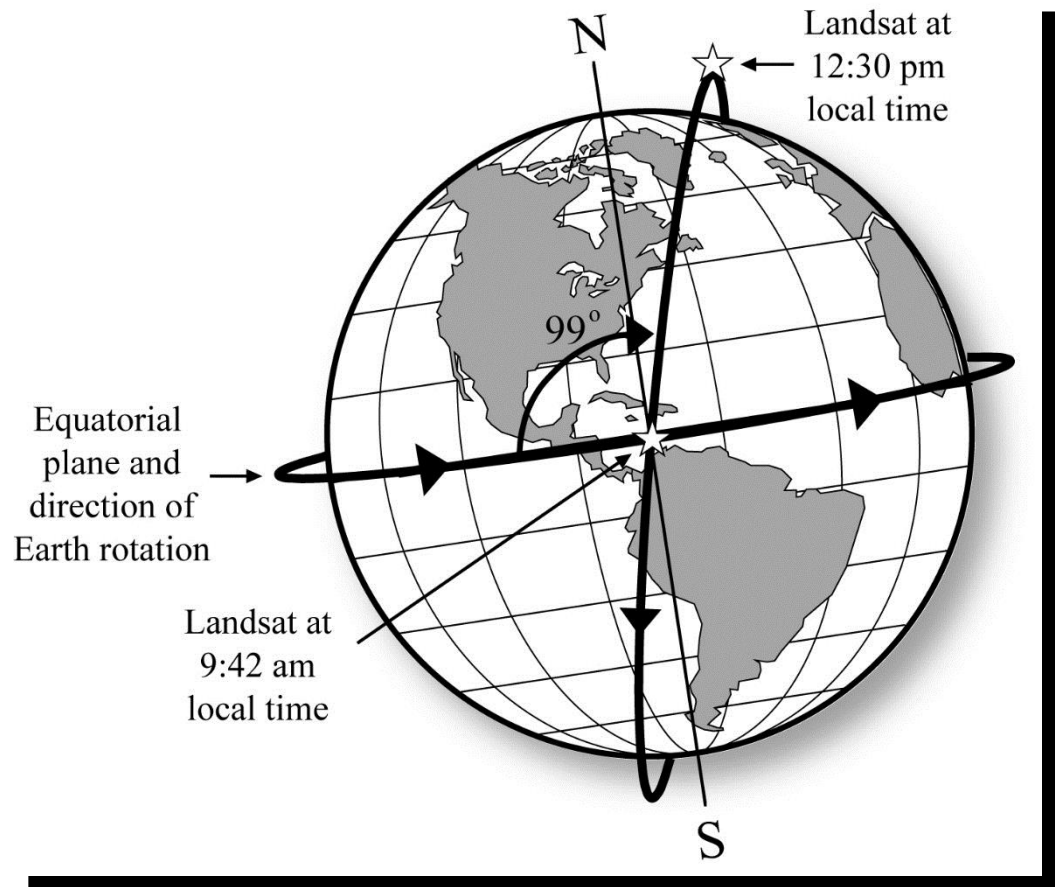
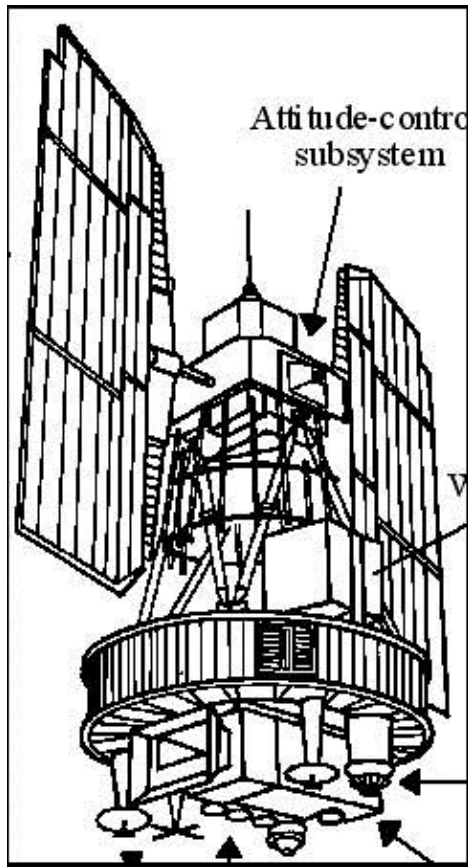
# Παραδείγματα Δορυφόρων Πολικής Τροχιάς :Landsat



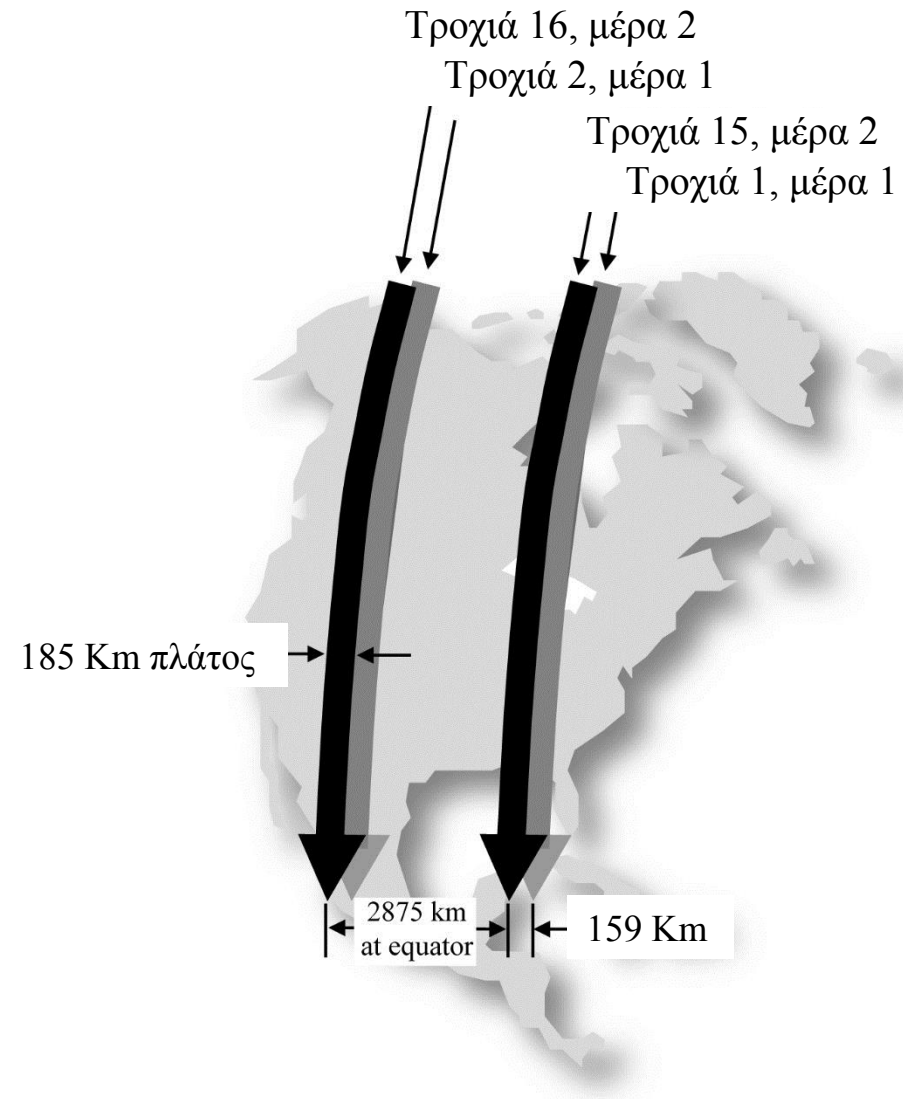
# Χαρακτηριστικά των LANDSAT

	Landsat MSS		Landsat 4, 5 TM	
Landsat Πολυφασματικός Σαρωτής (MSS) και Landsat Θεματικός Χαρτογράφος (TM)	Κανάλια	Μήκος Κύματος $\mu\text{m}$	Κανάλια	Μήκος Κύματος $\mu\text{m}$
	4	0.5-0.6	1	0.45 – 0.52: Χαρτογράφηση παράκτιων υδάτων
	5	0.6-0.7	2	0.52 – 0.60: Ανιχνευση ανθρώπινων κατασκευών, Διαχωρισμό βλάστησης
	6	0.7-0.8	3	0.63- 0.69 : Τύποι βλάστησης
	7	0.8-1.1	4	0.76 – 0.90 : Καθορισμός βιομάζας
	8 (Landsat 3)	10.4-12.6	5	1.55 – 1.75 : Προσδιορισμός της υγρασίας, διαχωρισμός νεφών, χιονιού, πάγου
			6	10.40 – 12.50 : Θερμική χαρτογράφηση
			7	2.08 – 2.35 : Γεωλογικοί σχηματισμοί
Χωρ. ΔΙ	79X79 m για 4-7 240X240 m για το 8		30X30 m για 1-5, 7 120X120 m για το 6	
Ραδ. ΔΙ	0 - 63		0 - 255	
Χρ. ΔΙ	18 μέρες		16 μέρες	
Υψος	919 Km		705 Km	
Κάλυψη	185 Km		185 Km	

# Landsat Πολυφασματικό Σύστημα Καταγραφής (MSS)

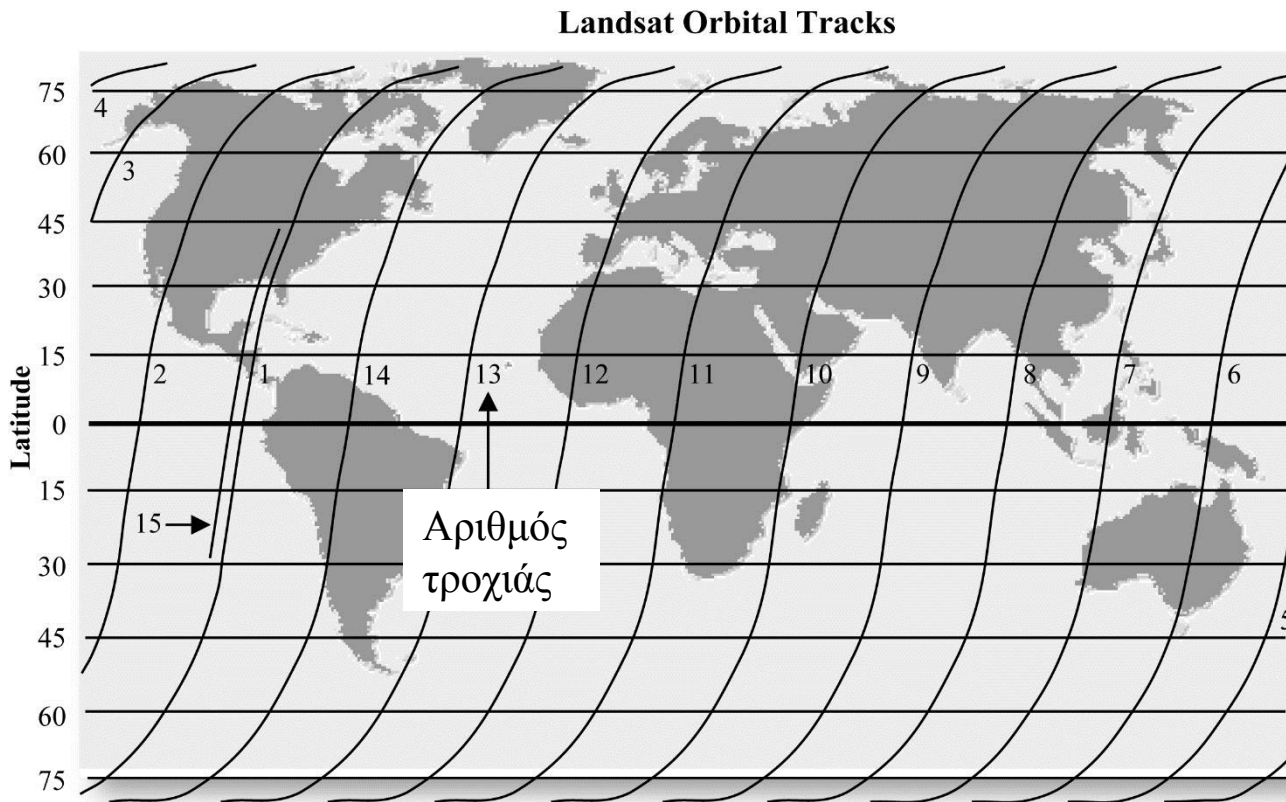


# Τροχιά του Landsat (MSS)

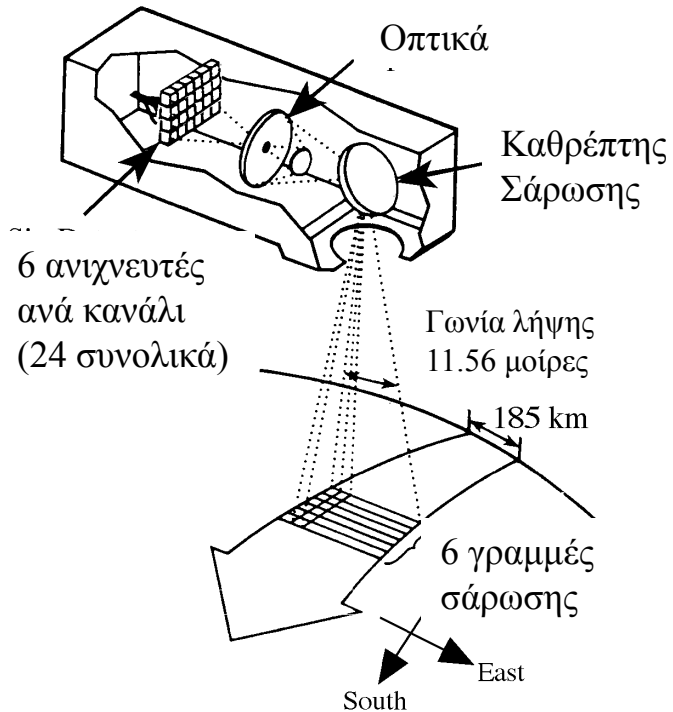
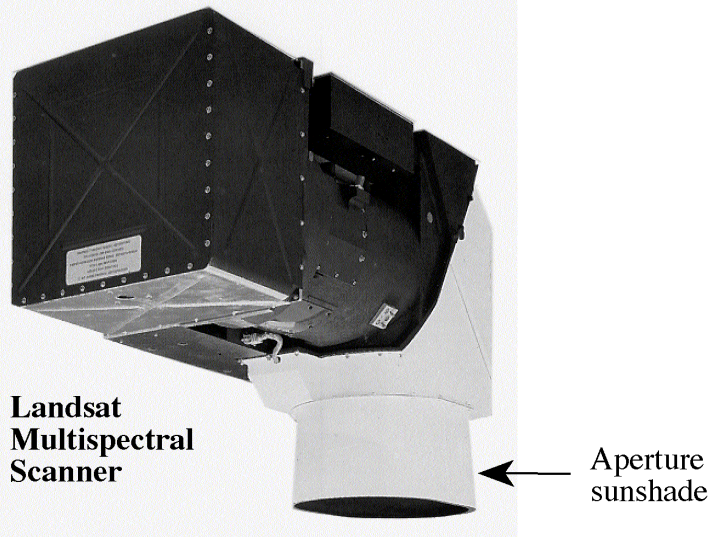




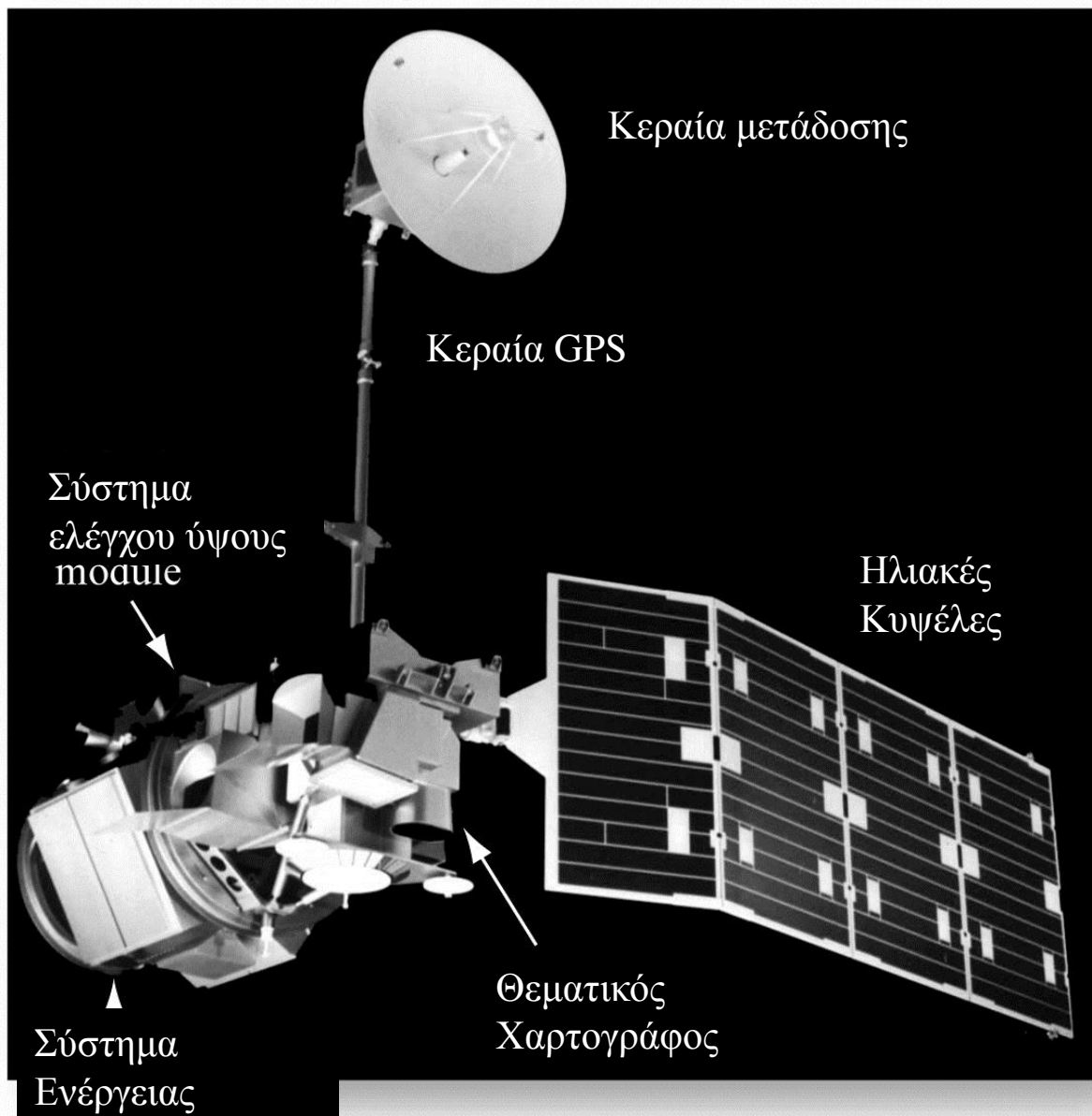
# Ύχνη τροχιών Landsat 1, 2, or 3 κατά τη διάρκεια μιας μέρας



# Τα μέρη του Landsat Multispectral Scanner (MSS)



# Τα μέρη του Landsat TM 4 & 5



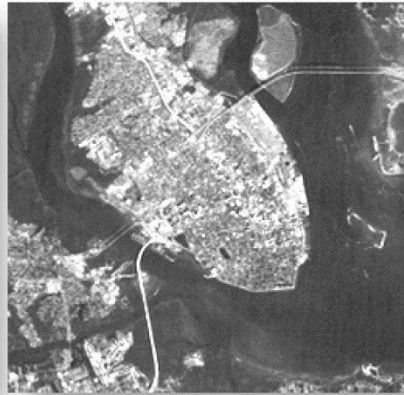
Landsat 5 Thematic Mapper Data of Charleston, SC



a. Band 1.



b. Band 2.



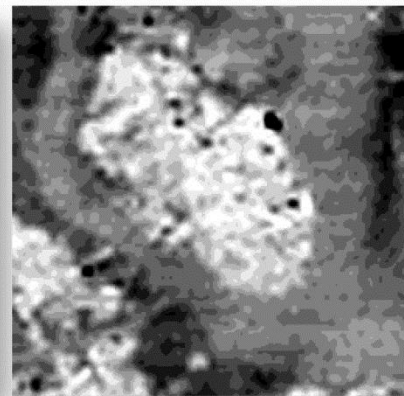
c. Band 3.



d. Band 4.



e. Band 5.



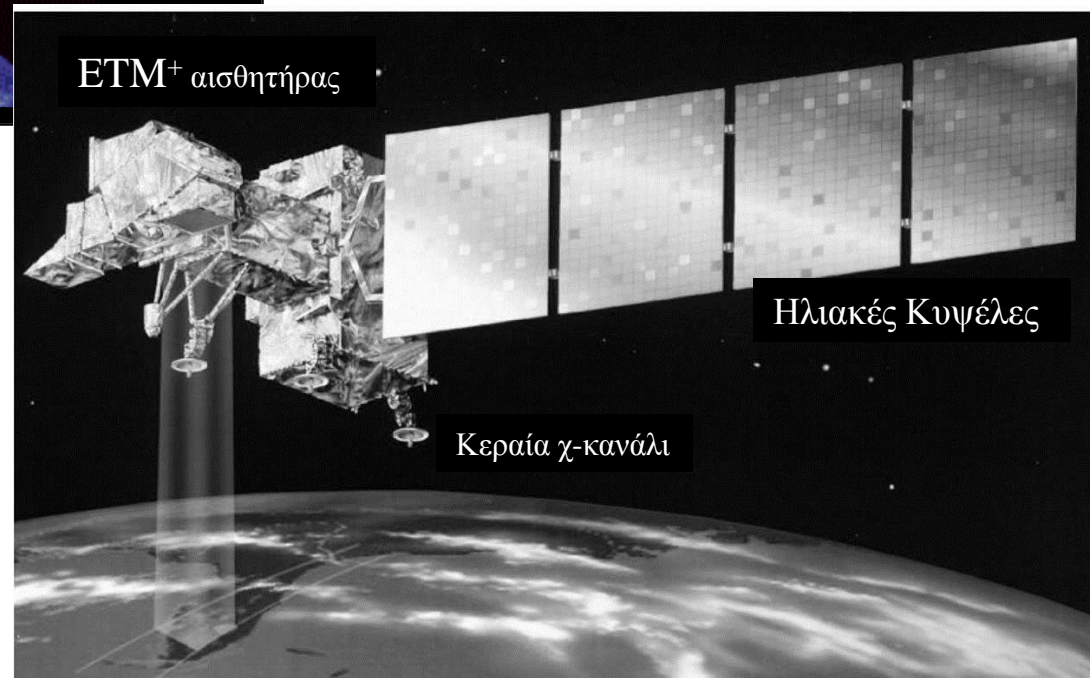
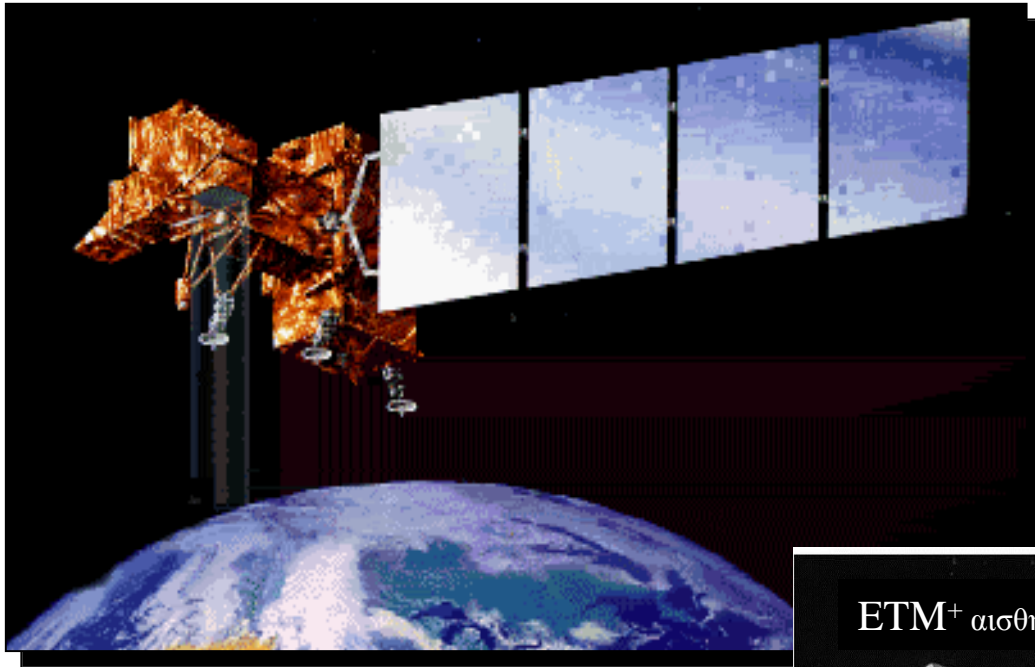
f. Band 6 (thermal infrared).



g. Band 7.

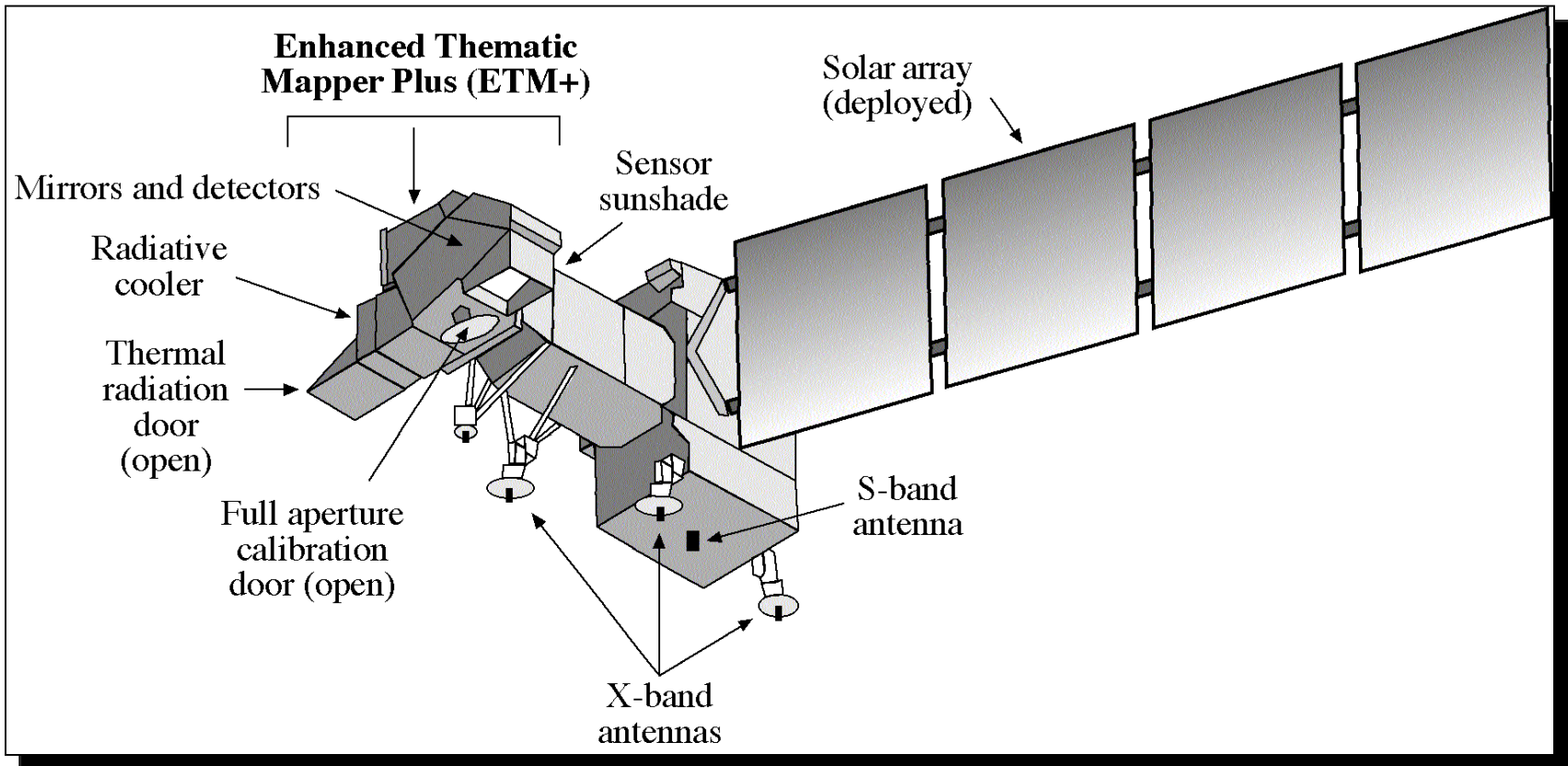
7 κανάλια του Landsat TM  
(Thematic Mapper) Charleston,  
3/1/1994

# Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)





# Απεικόνιση του Landsat ETM<sup>+</sup> Enhanced Thematic Mapper Plus



# Landsat 7: Λάρισα, 30 x 30 m, 8/2002 (Κανάλια 4,3,2 = RGB)





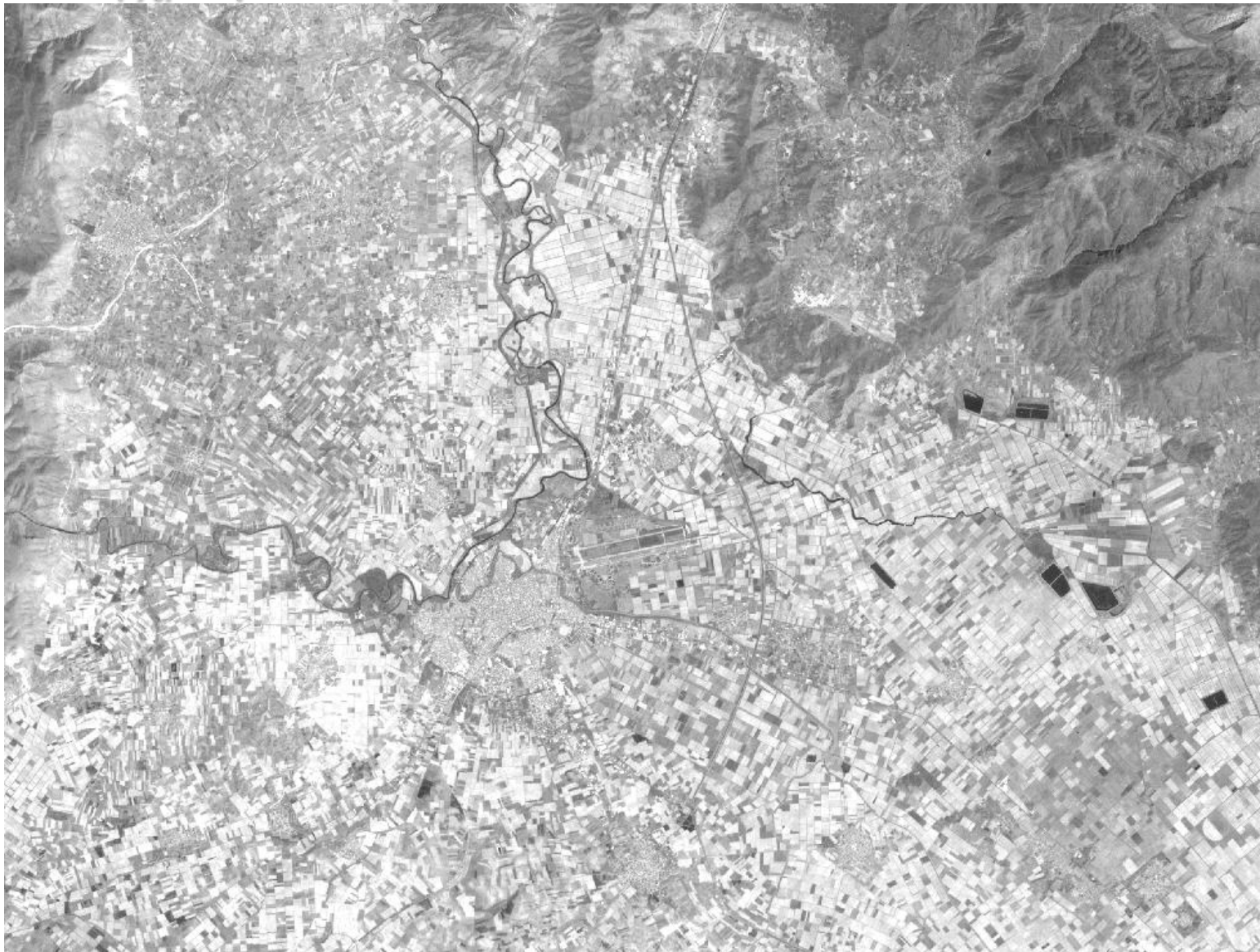
# Landsat 7: Λάρισα, 30 x 30 m, 8/2002 (Κανάλια 7,4,2 = RGB)





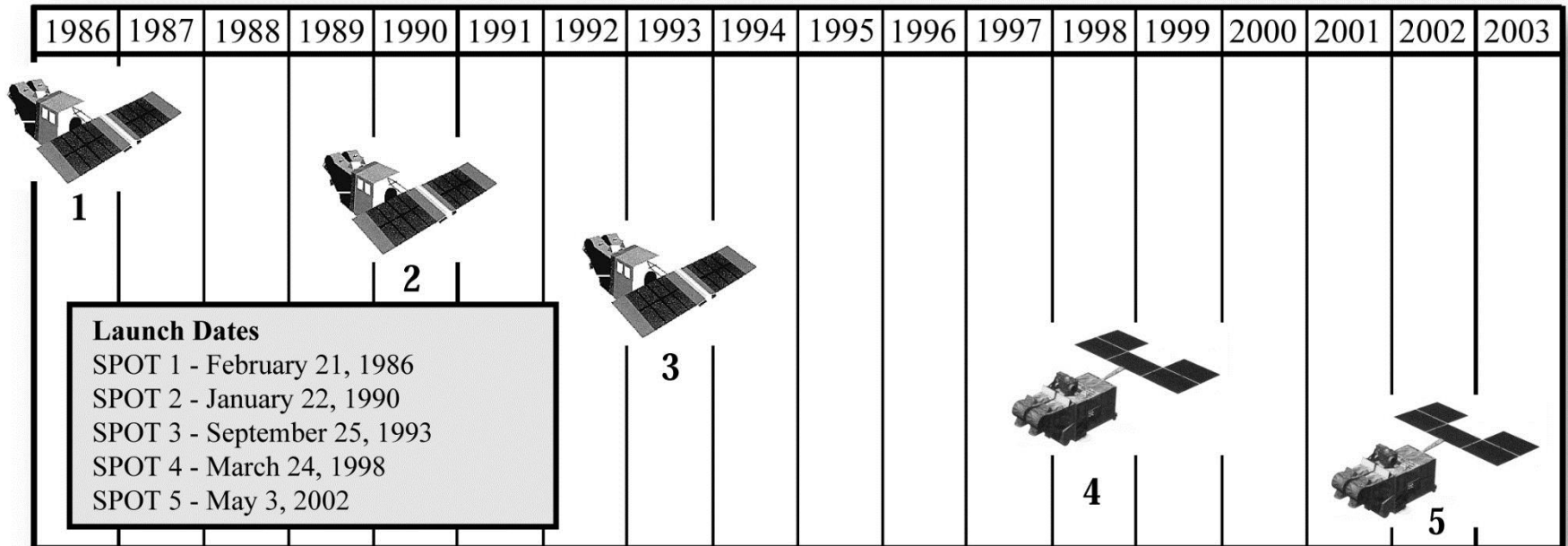
# Landsat 7: Λάρισα, 15 x 15 m, 8/2002

Παγχρωματική



# Παραδείγματα Δορυφόρων Πολικής Τροχιάς : SPOT

**SPOT** : System Pour L' Observation de la Terre



# Δυνατότητες του SPOT

- Χαρτογράφηση
  - ✓ Γεωργικών καλλιεργειών
  - ✓ Γεωλογικών σχηματισμών
  - ✓ Τύπων κάλυψης γης
- Παρακολούθηση οικολογικών καταστροφών
- Δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων :

Υψομετρικής πληροφορία

# Χαρακτηριστικά Δορυφορικών Δεδομένων: **SPOT**

## **SPOT 1,2,3**

- Χωρική Διακριτική Ικανότητα :  
Πολυφασματική εικόνα: 20X20 μέτρα  
Παγχρωματική εικόνα: 10X10 μέτρα
- Χρονική Διακριτική Ικανότητα: 26 μέρες (δυνατότητα κάθε 4 τρεις μέρες πλάγια λήψη)
- Αριθμός καναλιών: 3

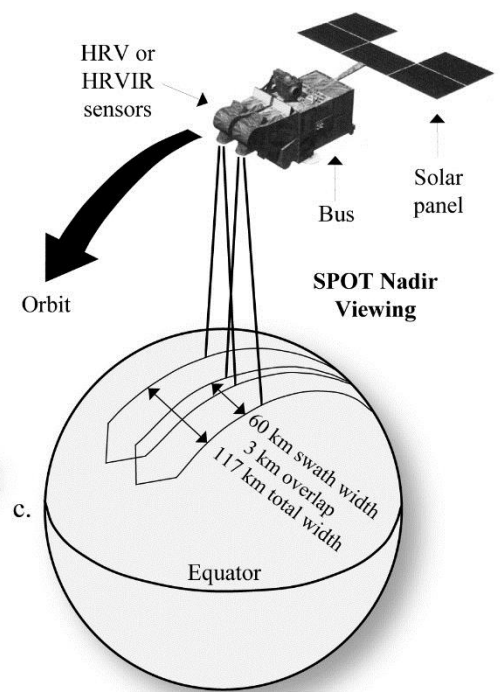
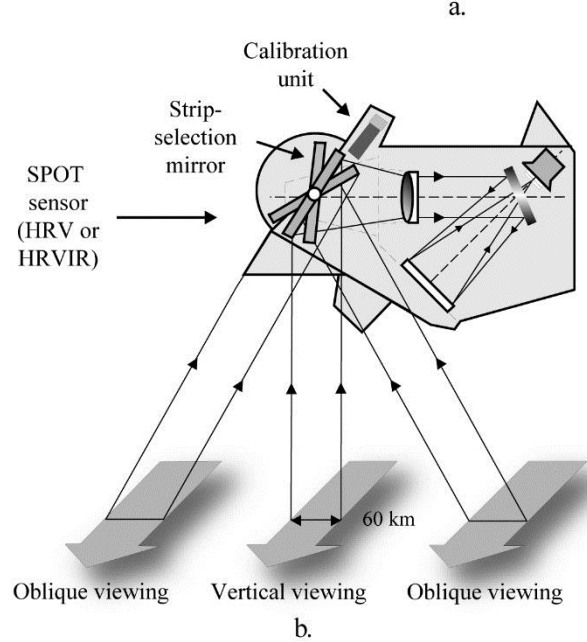
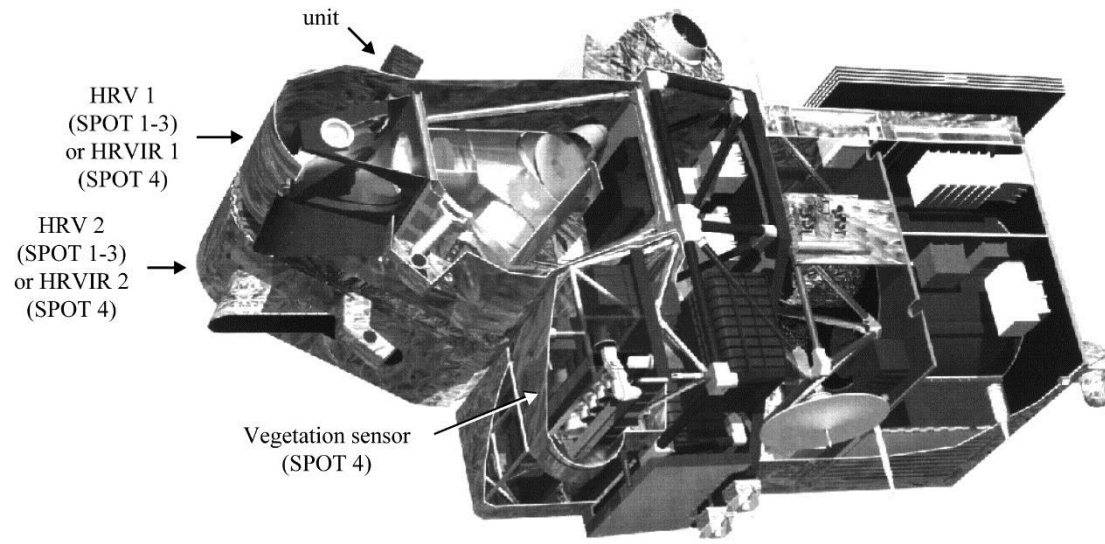
**SPOT 4** : Επιπλέον κανάλι στο μέσο υπέρυθρο

**SPOT 5**: Παγχρωματική εικόνα: Χωρική Διακριτική Ικανότητα 2.5 μέτρα

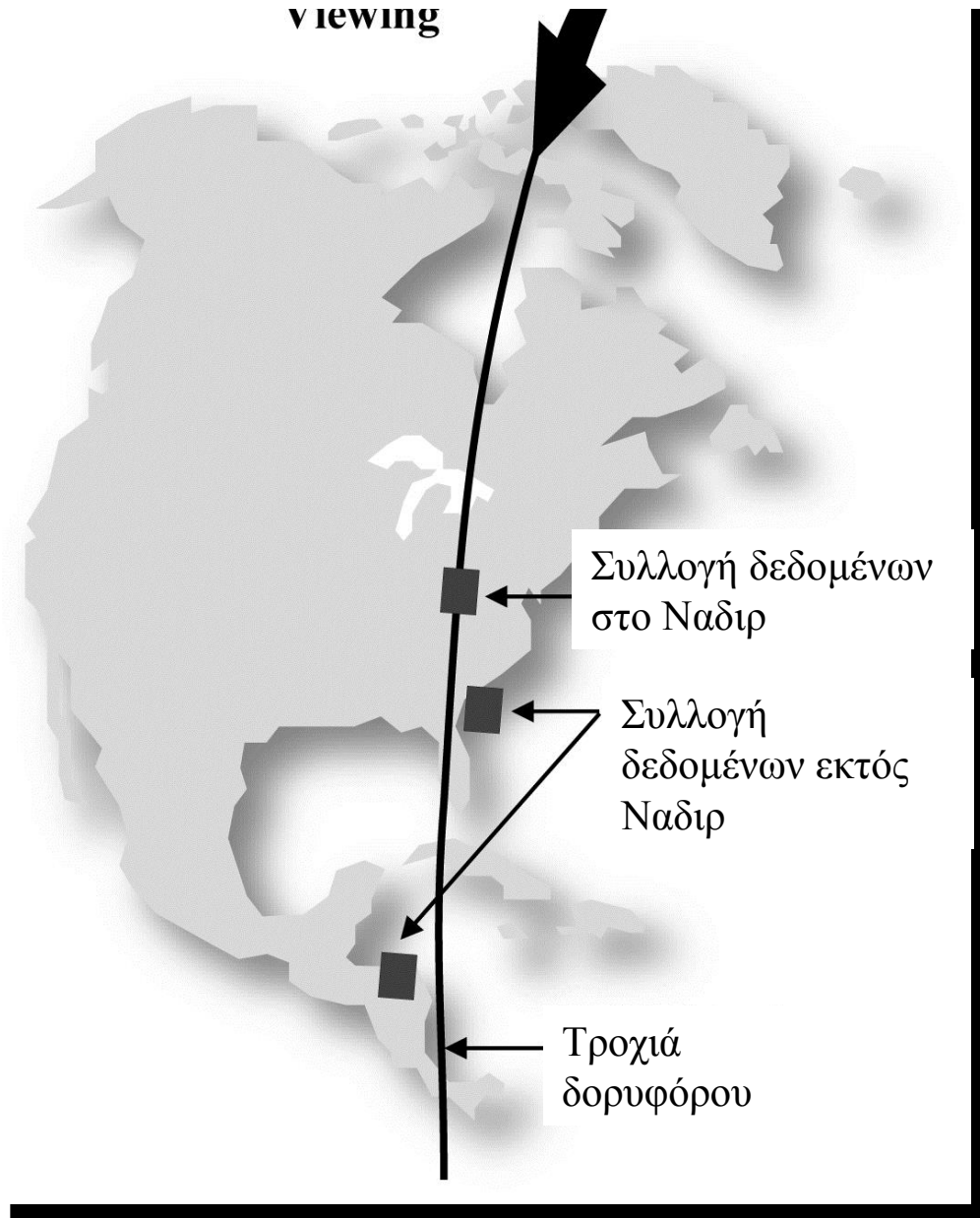
# Χαρακτηριστικά των καναλιών: **SPOT**

Κανάλια	Μήκος Κύματος μm	Εφαρμογές
Κανάλι 1	0.50 – 0.59 (πράσινο)	Πράσινη ακακλώμενη ακτινοβολία
Κανάλι 2	0.61 – 0.68 (κόκκινο)	Διάκριση ειδών φυτών. Οριοθέτηση εδαφών & γεωλογικών μορφών
Κανάλι 3	0.79 – 0.89 (ύπερυθρο)	Ευαίσθητο στην ποσότητα βιομάζας Αναγνώριση Καλλιεργειών Χαρτογράφηση έδαφος/νερού

# Συστατικά μέρη του Δορυφορικού συστήματος SPOT



# SPOT : Καταγραφή εικόνων εκτός Ναδιρ

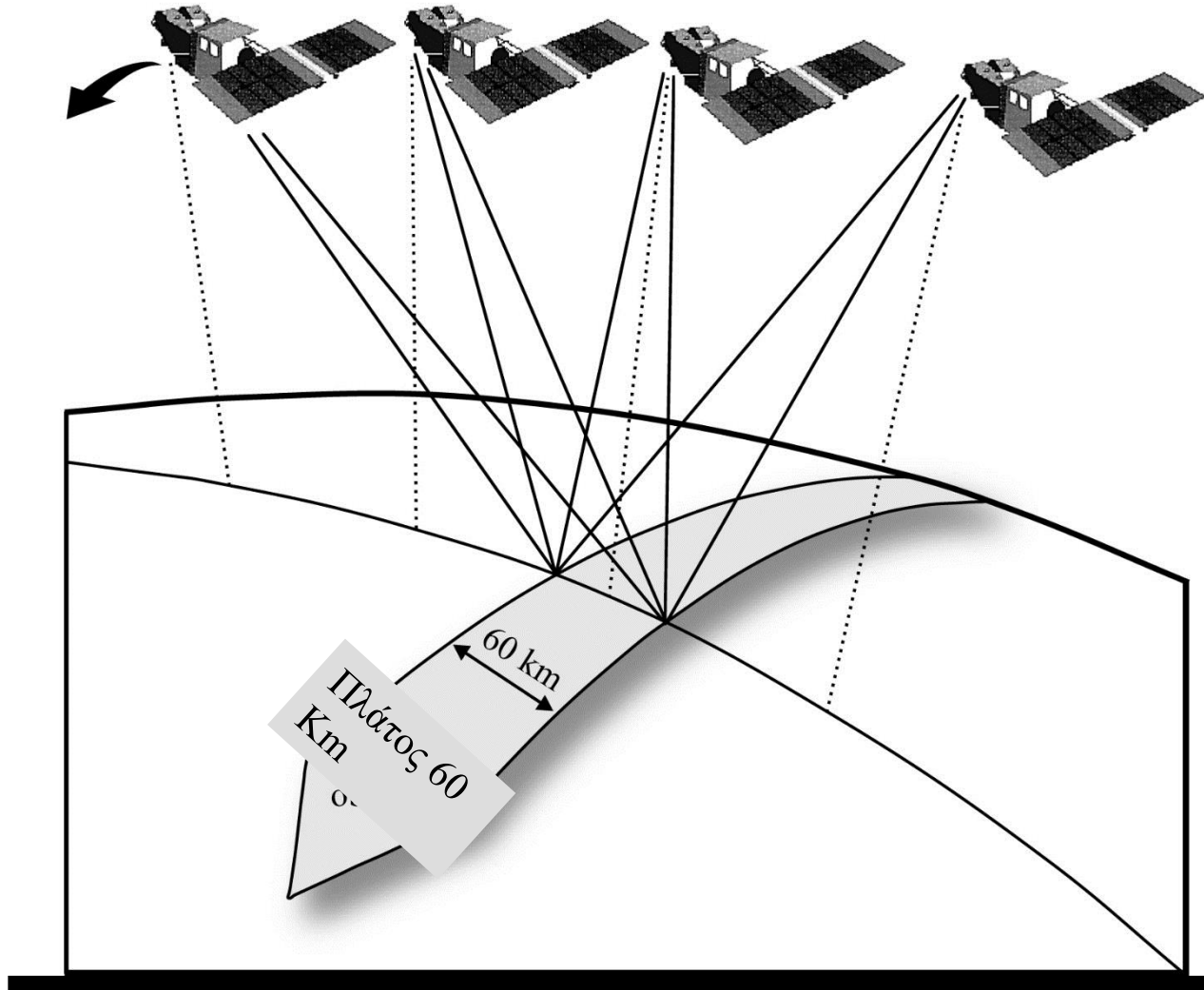


# SPOT : Καταγραφή εικόνας εκτός Ναδίου

One pass on days: D + 10    D + 5

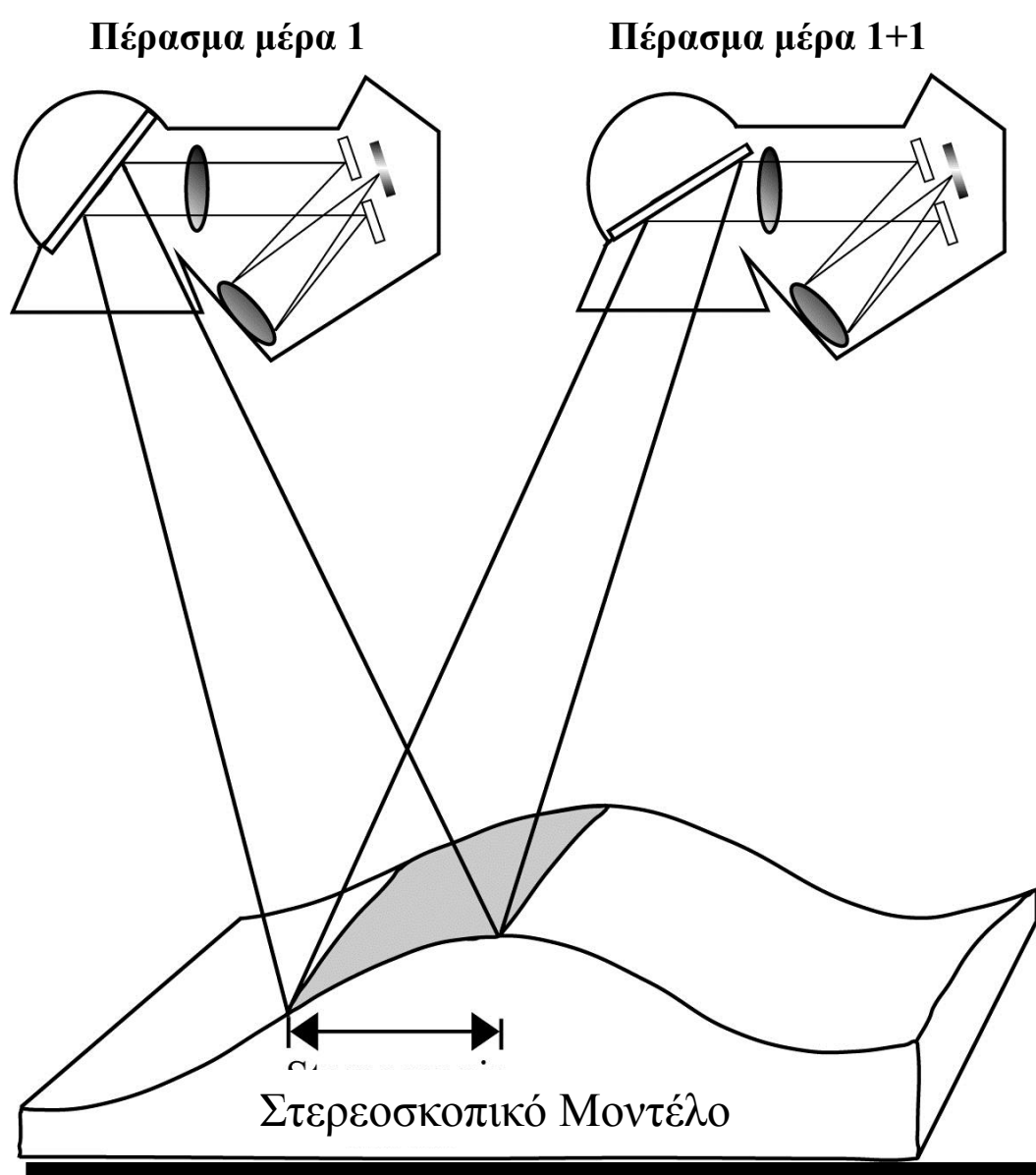
D

D - 5





# SPOT : Ικανότητα Στερεοσκοπικής Παρατήρησης





a. Landsat Thematic Mapper Band 3 (30 x 30 m) February 3, 1994

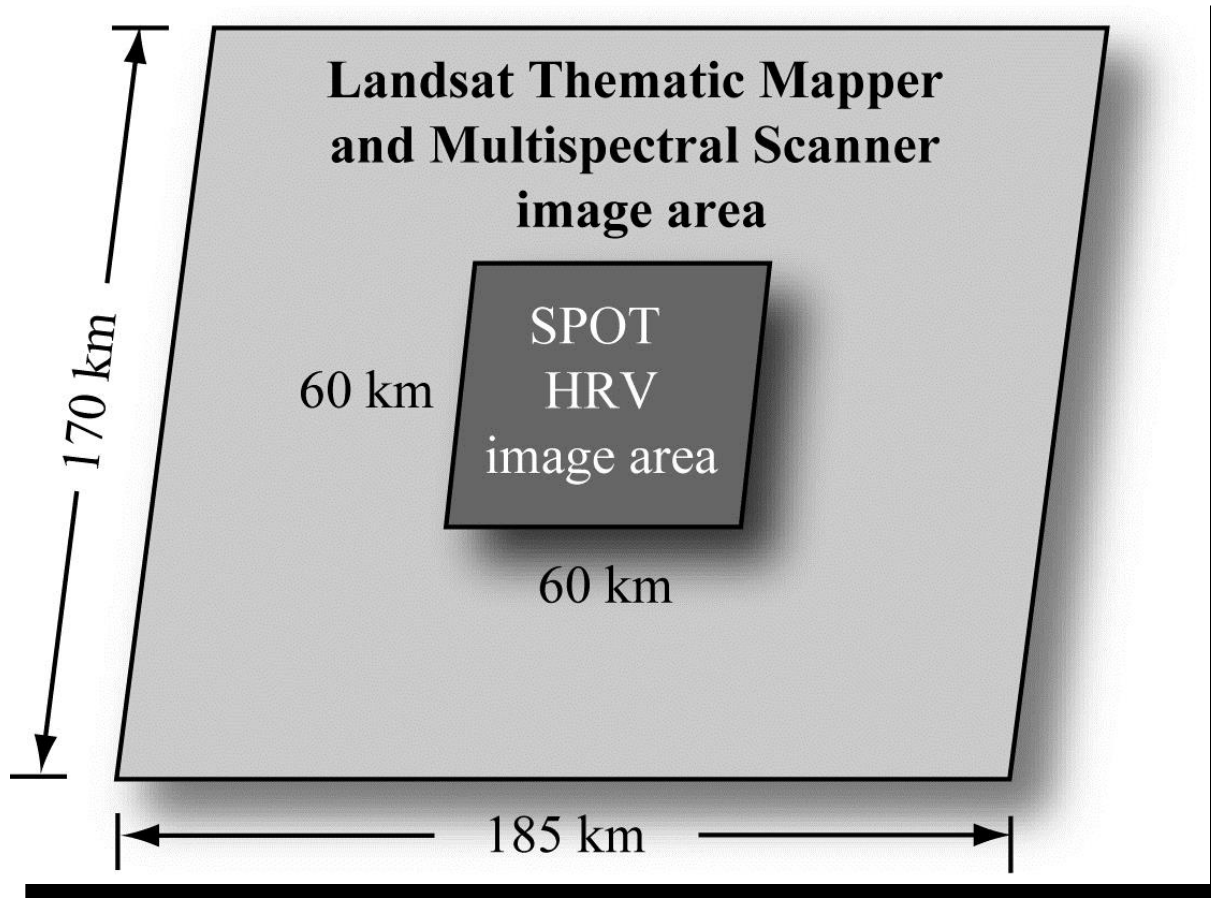
Landsat TM 30 x 30 m Κανάλι 3



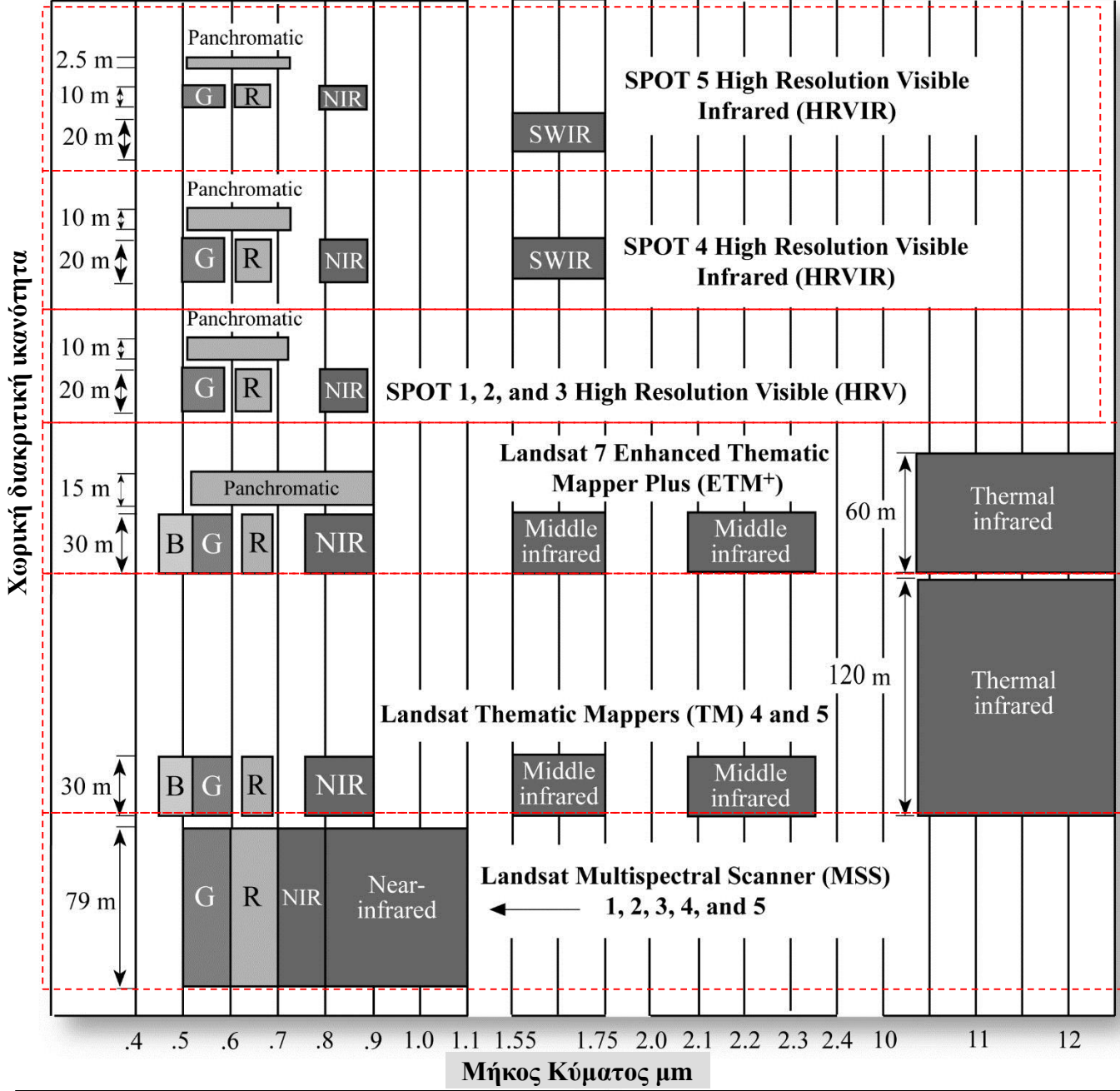
b. SPOT HRV Panchromatic Band (10 x 10 m) January 10, 1996

SPOT 10 x 10 m Πανχρωματική

# Γεωγραφική κάλυψη της επιφανείας της γης από τα συστήματα SPOT HRV and Landsat TM



# Χωρική – Φασματική Διακριτική Ικανότητα των : Landsat - Spot



**Spot**

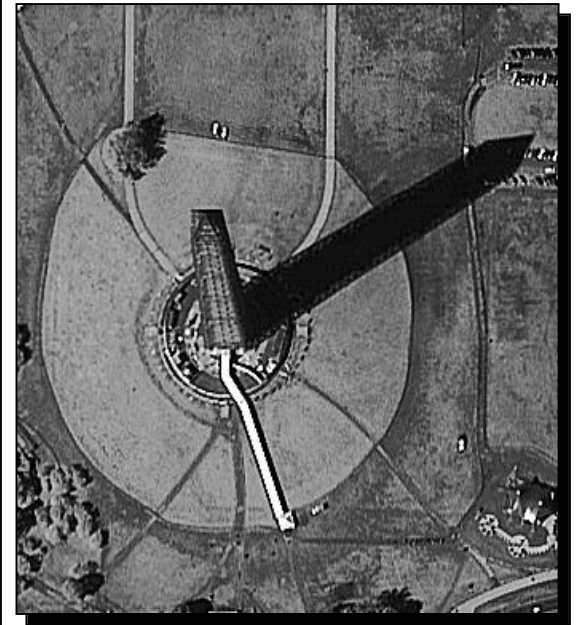
# Δορυφόρος ΙΚΟΝΟΣ

- Χρονική Διακριτική Ικανότητα : 11 ημέρες (3 μέρες με πλάγια λήψη)
- Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα : 11- bit (2048 διαβαθμίσεις)
- Εύρος κάλυψης τροχιάς : 11 Km
- Ύψος τροχιάς : 682 Km

Κανάλι	Μήκος Κύματος μm	Διακριτική ικανότητα
Blue	0.45-0.52	4 m
Green	0.52-0.60	4 m
Red	0.63-0.70	4 m
Near IR	0.76-0.85	4 m
Πανχρωματικό	0.45-0.90	1 m

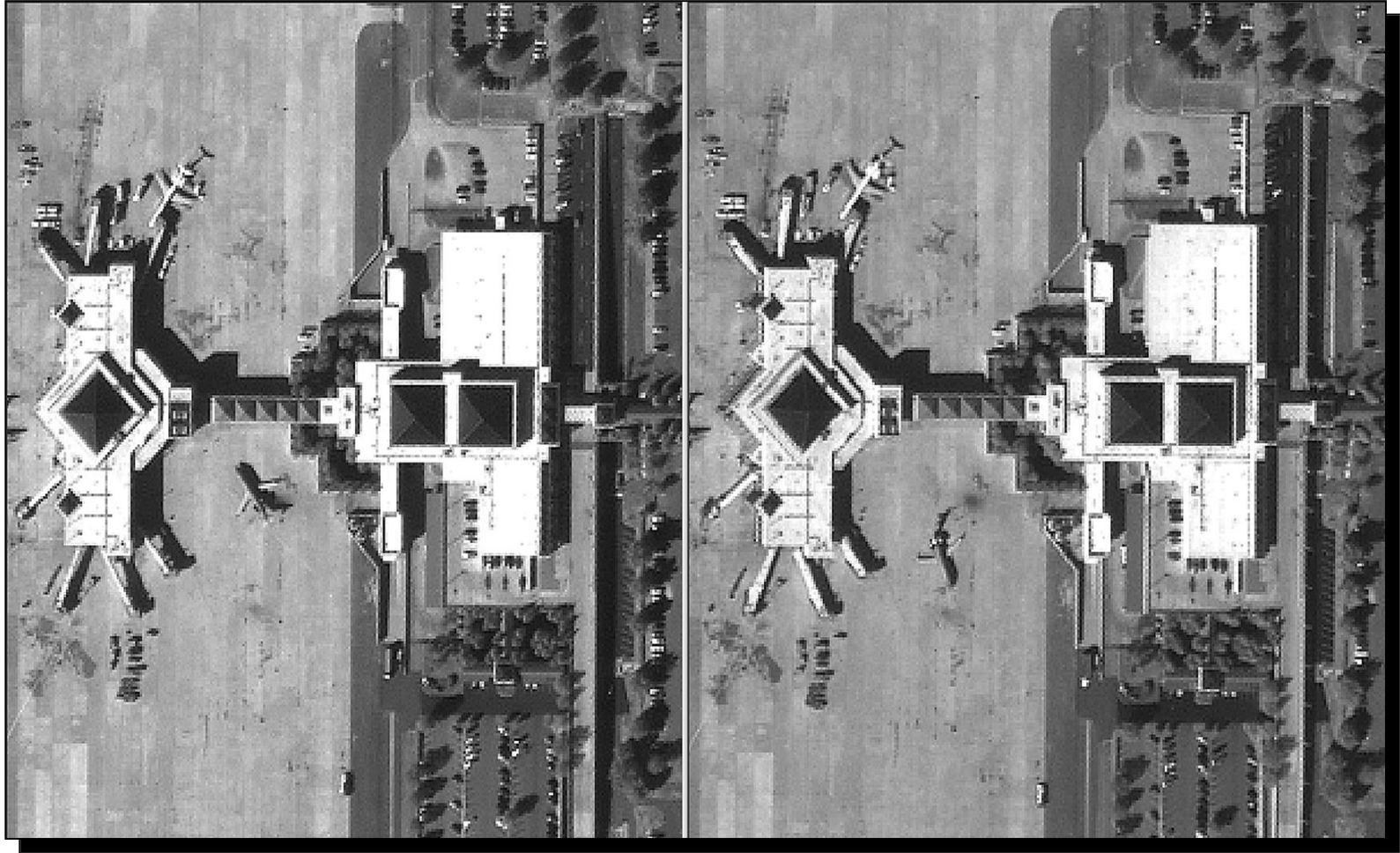


# IKONOS : Παγχρωματικές εικόνες : Washington, DC



1 x 1 m χωρική διακριτική ικανότητα

# ΙΚΟΝΟΣ στερεοζεύγος του αεροδρομίου της Columbia





# IKONOS : πόλη Columbia, 28/10/ 2000



Πανχρωματική 1 x 1 m



Σύνθεση: Πανχρωματική-  
Πολυφασματική 4 x 4 m <sup>44</sup>



# SENTINEL-2



- **Sentinel-2A**      23 June 2015
- **Sentinel-2B**      7 March 2017

## **Multi-spectral instrument (MSI): 13 spectral channels**

- Visible/Near infrared (VNIR)
- Short wave infrared spectral range (SWIR).

## **SENTINEL-2A Orbital Characteristics**

Orbit: Sun-synchronous

Altitude: 786 Km

Dynamic Range: 12 bit,

Repeat Cycle : 10 days with one satellite, and 5 days with 2 satellites (2A &2B)

# SENTINEL-2

13 spectral bands

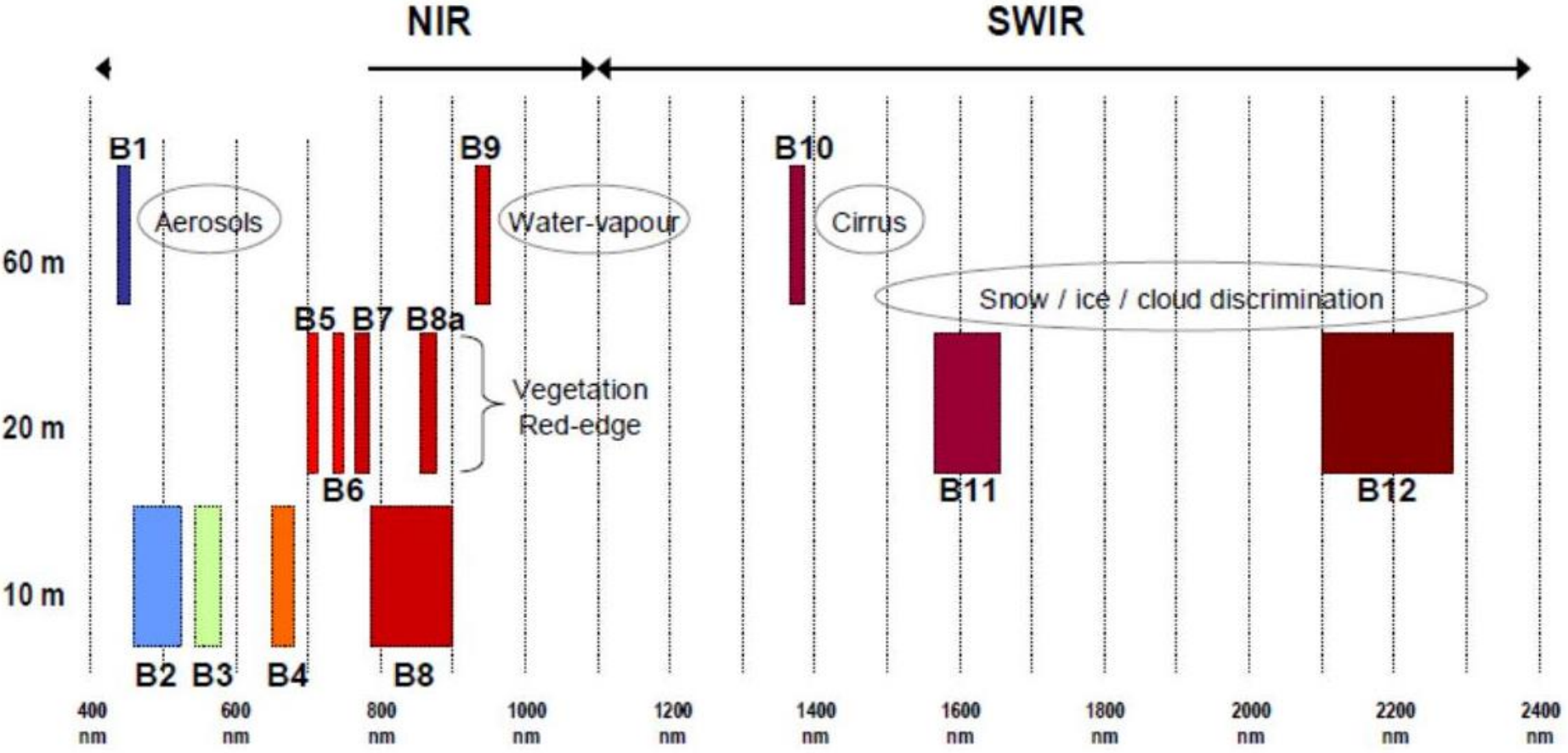


Figure 1: MSI Spectral-Bands versus Spatial Resolution

# SENTINEL-2

## 13 spectral bands

- **4 bands at 10m:** blue (490nm), green (560nm), red (665nm) and near infrared (842nm).
- **6 bands at 20m:**
  - 4 narrow bands for vegetation characterisation (705nm, 740nm, 783nm and 865nm)
  - 2 larger SWIR bands (1610nm and 2190nm) for applications such as snow/ice/cloud detection or vegetation moisture stress assessment.
- **3 bands at 60m:** mainly for cloud screening and atmospheric corrections (443nm for aerosols, 945 for water vapour and 1375nm for cirrus detection)

# SENTINEL-2

Physical band	Band index	Pixel resolution (m)	Central wavelength (nm)
B1	0	60	443
B2	1	10	490
B3	2	10	560
B4	3	10	665
B5	4	20	705
B6	5	20	740
B7	6	20	783
B8	7	10	842
B8A	8	20	865
B9	9	60	945
B10	10	60	1375
B11	11	20	1610
B12	12	20	2190

# SENTINEL-2

- Product Levels

Type	Processing Level	Outline Description	Granularity	Intended Users
S2HKTM	N/A	Sentinel-2 spacecraft Housekeeping telemetry in Transfer Frame format	One entire downlink pass (downlink dependent)	FOS
S2MSI0	0	MSI raw-image-data (compressed) in raw ISP format	Per detector and on-board scene 25km across-track 23km along-track	MSI instrument Experts PDGS internal users
S2MSI1A	1A	MSI uncompressed raw image data with spectral bands coarsely coregistered and appended Ancillary data	Per detector and along-track onboard scene size: 25km across-track 23km along-track	Not distributed to external users
S2MSI1B	1B	Radiometrically corrected (calibrated) MSI image data with spectral bands coarsely co-registered and refined geometric model appended but not applied	Along-track band co-registration is performed	Expert End Users
S2MSI1C	1C	Ortho-rectified and UTM geocoded Top-of- Atmosphere Reflectance with sub-pixel multispectral and multi-date registration	One 100x100km UTM Tile covered within one orbit	General End Users
S2MSI2Ap	2A	Bottom-of-Atmosphere multi-spectral reflectance in S2MSI1C geometry (orthorectified & UTM)		

Table 2-2: Sentinel-2 product levels and main characteristics