

Datainsamling

Fotogrammetri, fjärranalys och digitalisering

Thomas Gumbricht
thomas@karttur.com
www.karttur.com

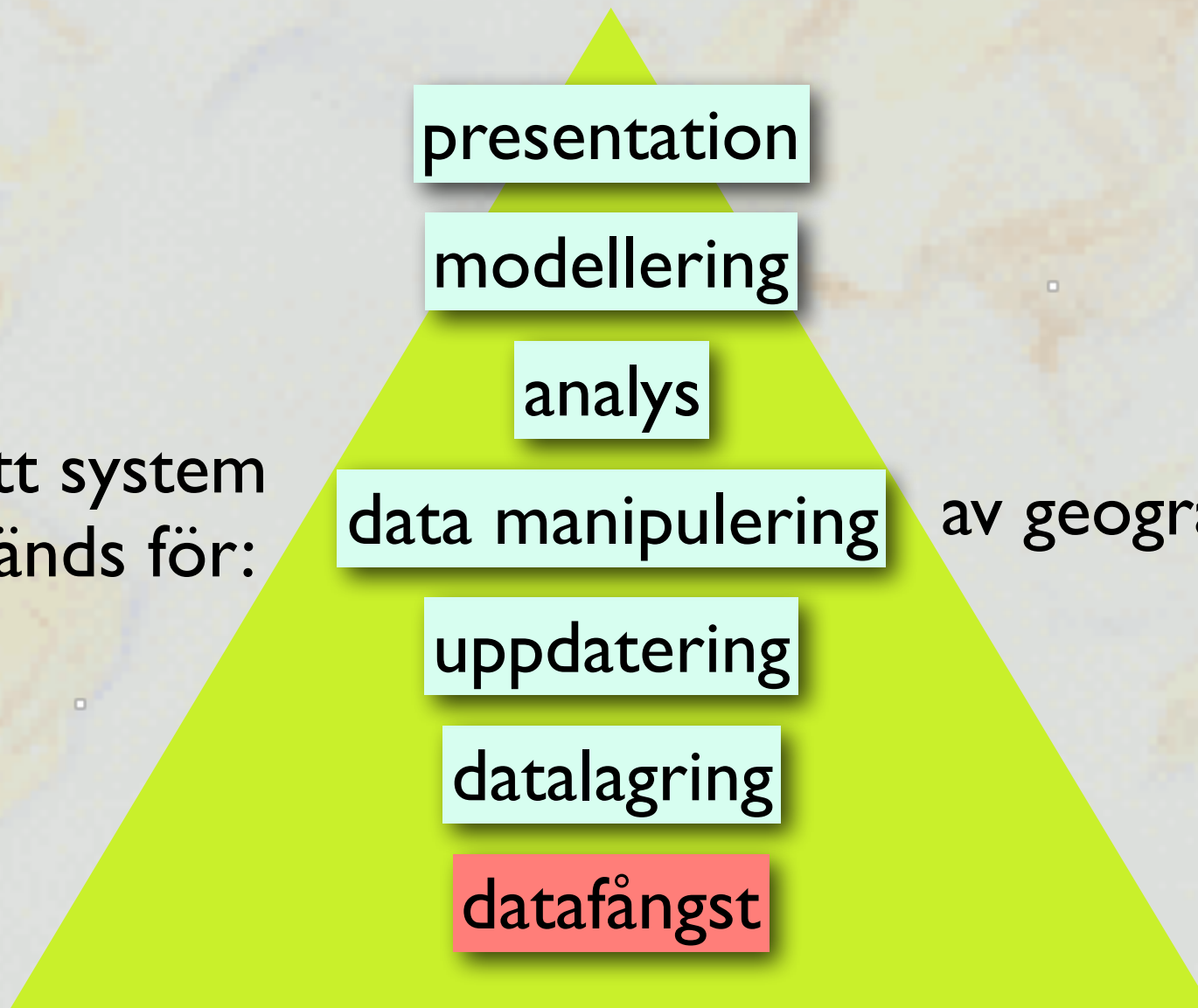
Föreläsningens innehåll och syfte

Föreläsningen ger en översikt över olika metoder för datafångst till geografiska informationssystem (GIS)

- Geodesi
- Fotogrammetri
- Fjärranalys
- Skanning och digitalisering
- Metadata och kvalitet

Komponenter i GIS

GIS är ett system
som används för:



av geografiska data

Komponenter i GIS

Primär data - direkt fångst från digital signal

- Digital inmätning (geodetiskt instrument)
- GPS (Global Positioning System)
- Logger
- Satellitbilder
- Digital flygbildsfotografering
- Digital fotogrammetri (stereo bilder)

datafångst

Komponenter i GIS

Sekundär data - fångst från analog datakälla

- Digitalisering
- Skanning
- Tabellinmatning
- Databaskoppling

datafångst

Kort introduktion till geodesi

Definition

Geodesi är vetenskapen om jordens storlek och form (geometrisk geodesi) samt dess tyngdkraftsfält (fysikalisk geodesi)

En noggrann geodetisk uppmätning är grunden för all kartläggning

Kort introduktion till geodesi

Geodesi - kort historik

- c 200 f.Kr - Eratoshenes från Alexandria beräknade jordens omkrets med cirka 15 % fel, de första trigonometriska beräkningarna
- c 150 f.Kr - Hipparchos gradnät (360°) - jordens omkrets satt till 32 000 km (cirka 25 % för litet)
- 1570 - Den första teodoliten (för vinkelmätning)
- 1600 - Tycho Brahe mäter in Ven och angränsande land
- 1640 - R. Descartes lägger grunden för modern geodesi
- 1737 - J. Harrison uppfinnar den första kronometern
- 1820 - C.F. Gauss och L. Kruger utarbetar projektioner
- 1880 Nollmeridianen bestäms till Greenwich

Kort introduktion till geodesi

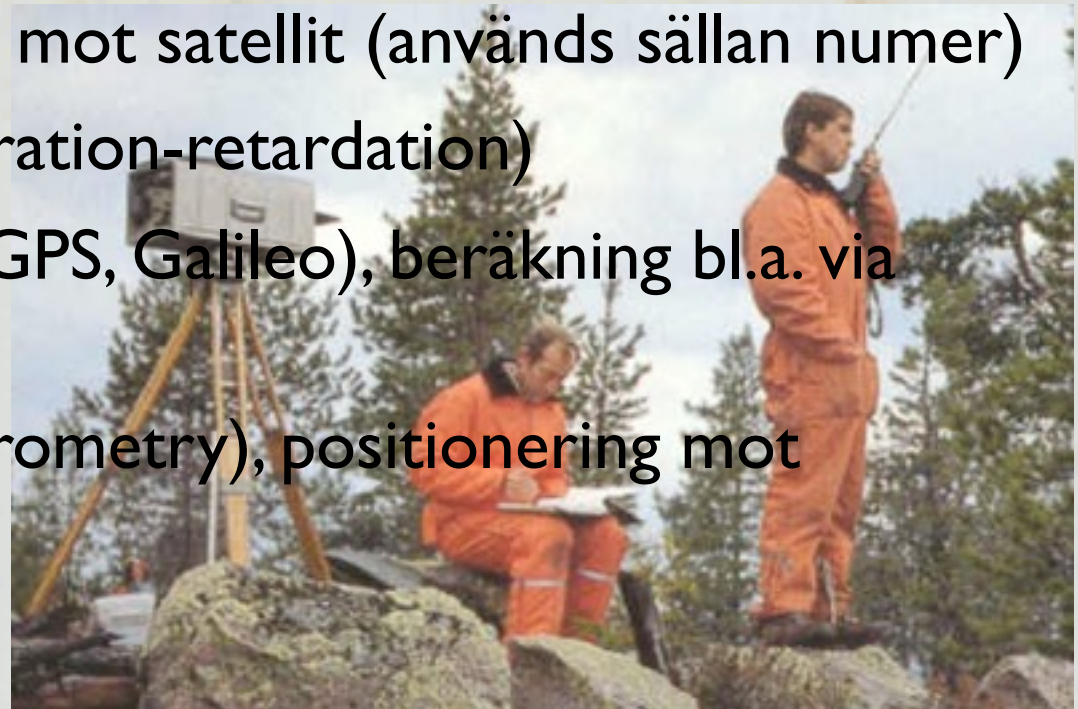
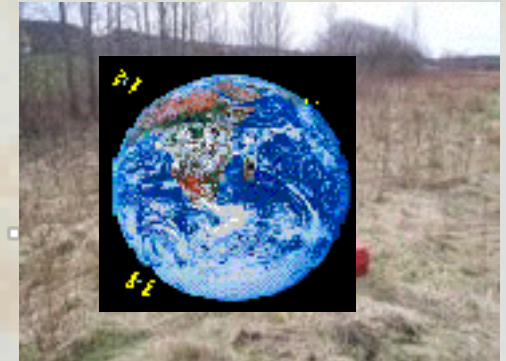
Maupertius
triangelnät i
Tornedalen 1736
- uprättat för att
kontrollera om
jorden var
avplattad vid
polerna som
newton
förutsagt.



Kort introduktion till geodesi

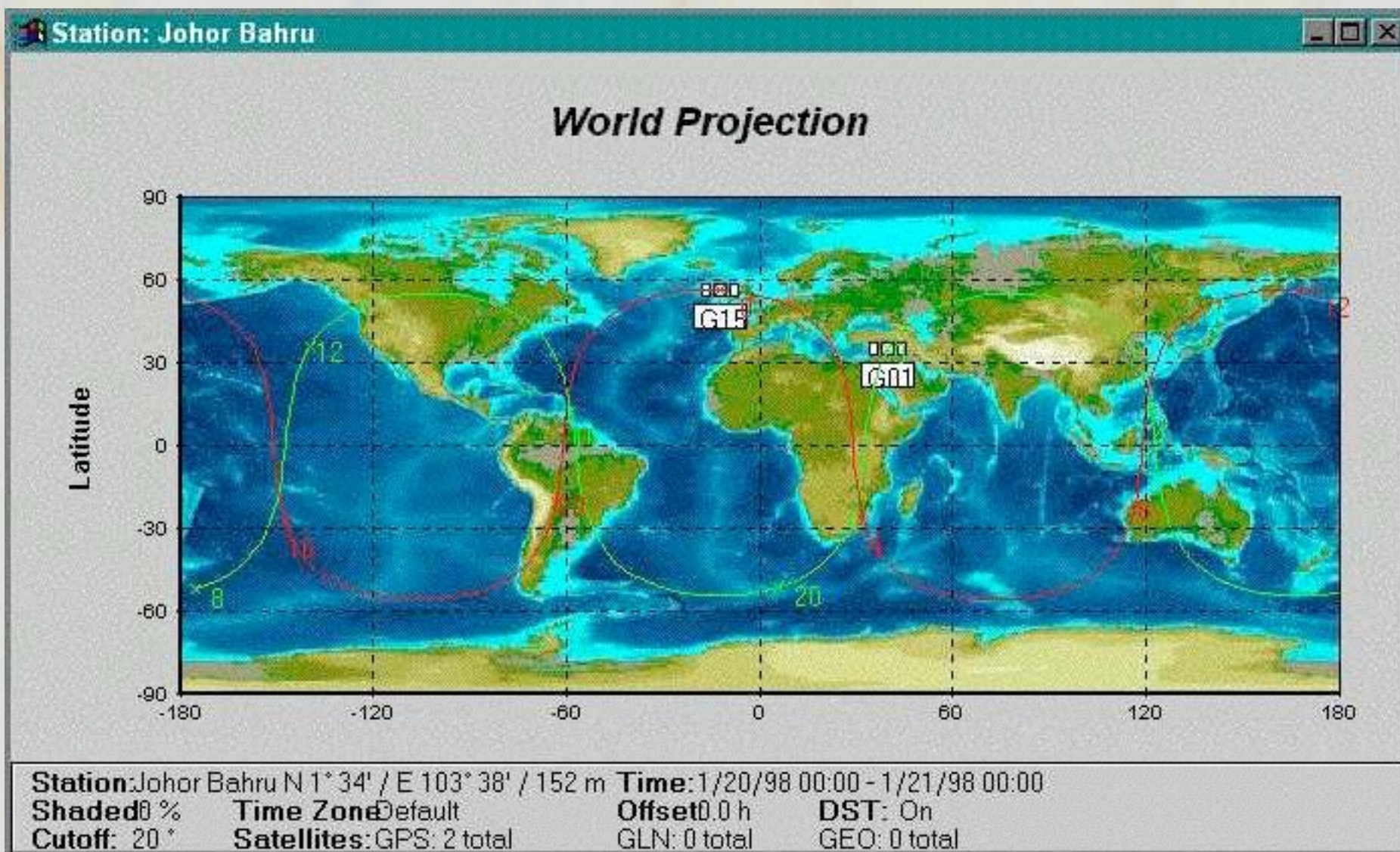
Geodetiska mätmetoder

- Avvägning (höjddata)
- Triangulering - trigonometrisk beräkning
 - Teodoloit
 - Elektromagnetisk DistansMätning (EDM) (laser)
 - Rymdtriangulering - mätning mot satellit (används sällan numer)
- Tröghetspositionering (acceleration-retardation)
- Satellitnavigering (NAVSTAR-GPS, Galileo), beräkning bl.a. via dopplereffekt
- VLBI (Very Long Baseline Inferometry), positionering mot astronomiska radiokällor



Kort introduktion till geodesi

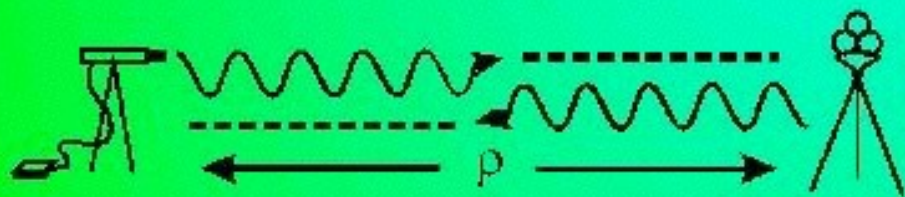
Omloppsbana för två av GPS-satelliterna under ett dygn



Kort introduktion till geodesi

Skillnaden mellan EDM (laser) och GPS

Two - way ranging (eg EDM)
one clock used to measure Δt



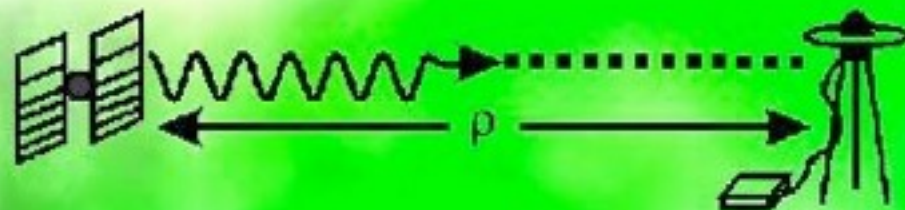
measure $\Delta t = 2\rho/c = \text{two way travel time}$
calculate $\rho = c \Delta t / 2$

GPSCO

Med laser (och radar) mäter man
distans mot två vägar och en klocka

One - Way Ranging (eg GPS)

T_x clock generates signal
 R_x clock detects signal arrival
the two clocks must keep same time!



measure $\Delta t = \rho/c = \text{one way travel time}$
calculate $\rho = c \Delta t$

GPSCO

Med GPS mäter man distans mot en
väg och två klockor

Fotogrammetri

Definition

Fotogrammetri är vetenskapen om att göra mätningar av tre-dimensionella positioner hos objekt i världen utifrån två eller flera fotografiska eller digitala bilder

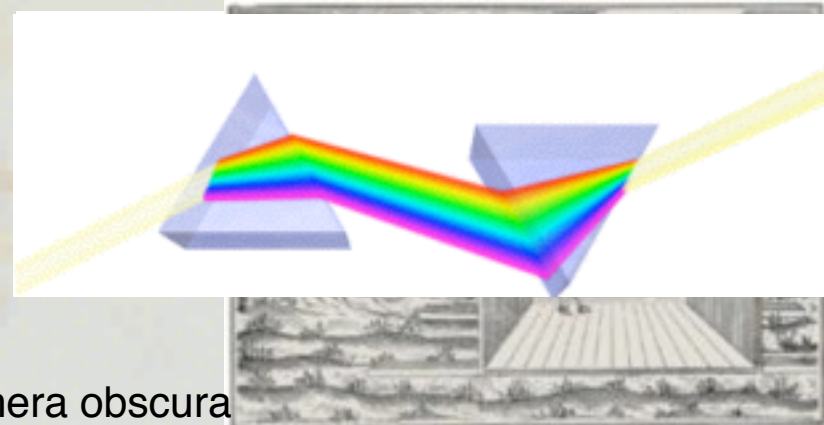
Till de vanligaste tillämpningarna hör topografisk kartering, skogsinventering och militära ändamål.

Detaljerad fotogrammetri används även inom arkitektur, arkeologi, medicin mm.

Fotogrammetri och fjärranalys

Kort historik om fotogrammetri och flygbilder I

- c 330 f.Kr - Aristoteles filosoferar om ljusets egenskaper
- c 1000 - Al Hazen förklarar principerna för kamera obscura
- 1267 - Roger Bacon konstruerar en kamera obscura för att skapa optiska illusioner
- 1490 - Leonardo da Vinci beskriver i detalj funktionerna för camera obscura
- 1572 - Friedrich Risnor använder camera obscura principen för topografisk kartering
- 1614 - Angelo Sala upptäcker att salter av silver är ljuskänsliga
- 1666 - Sir Isaac Newton upptäcker att ett prisma kan bryta och separera ljus av olika våglängder
- 1676 - Johann Christopher Sturm använder speglar för att konstruera en lins
- 1777 - Carl Wilhelm Scheele upptäcker att silversalter kan fixeras efter ljusexponering
- 1802 - Thomas Young lägger fram en teori för färgseende baserat på separata receptorer för rött - grönt - blått



Fotogrammetri och fjärranalys

Kort historik om fotogrammetri och flygbilder 2

- 1827 - Joseph Nicephore Niepce tar det första fotografier i Frankrike (exponeringstiden var 8 timmar)
- 1830 - Stereoskopet upptrinns
- 1830-1850 Utveckling av olika ljuskänsliga emulsioner
- 1858 - Gaspard Felix Tournachon tar det första flygfotografiet från en ballong över
- 1860 - Flygfotografering från ballonger börjar användas för kartering
- 1861 - Thomas Sutton skapar det första färgfotografiet med hjälp av James Clark Maxwell, de använder fyra färgfiler (rött, grönt, blått och gult)
- 1873 - Herman Vogel upptäcker infraröd känslig emulsion
- 1887 - Kartläggning av skogar från flygbilder börjar i Tyskland
- 1903 - Brevduvor börjar användas för flygfotografering i Tyskland
- 1907 - De två franska bröderna Auguste och Louis Lumiere utvecklar ett system för färgfotografering och skapar 35 mm formatet.
- 1909 Wilbur Wright tar de första flygfotografierna.

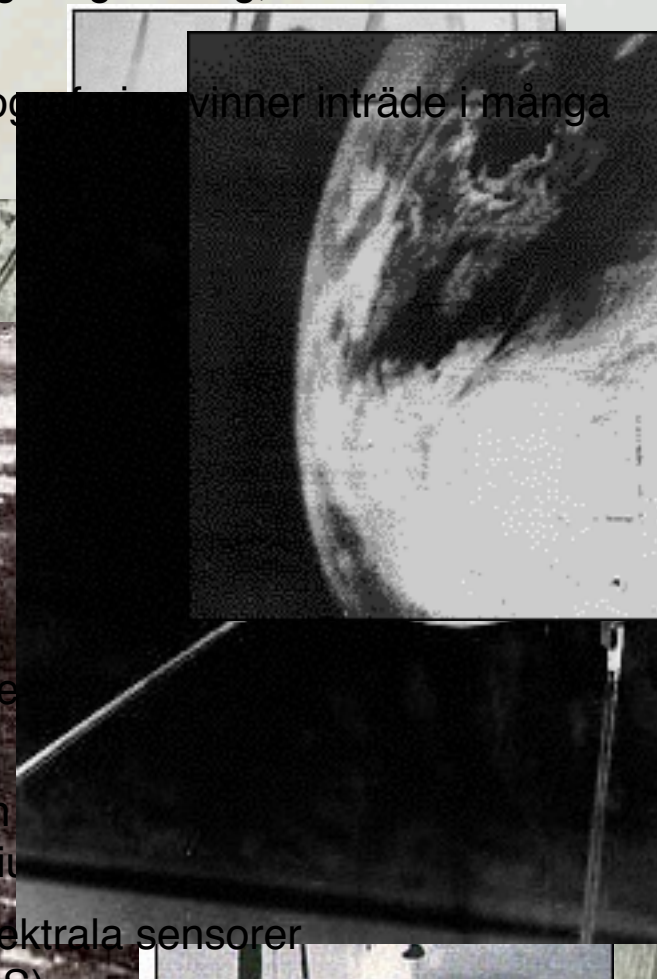


Världens äldsta bevarade flygfoto
Boston, 1860 - James Wallace Black

Fotogrammetri och fjärranalys

Kort historik om fotogrammetri och flygbilder 3

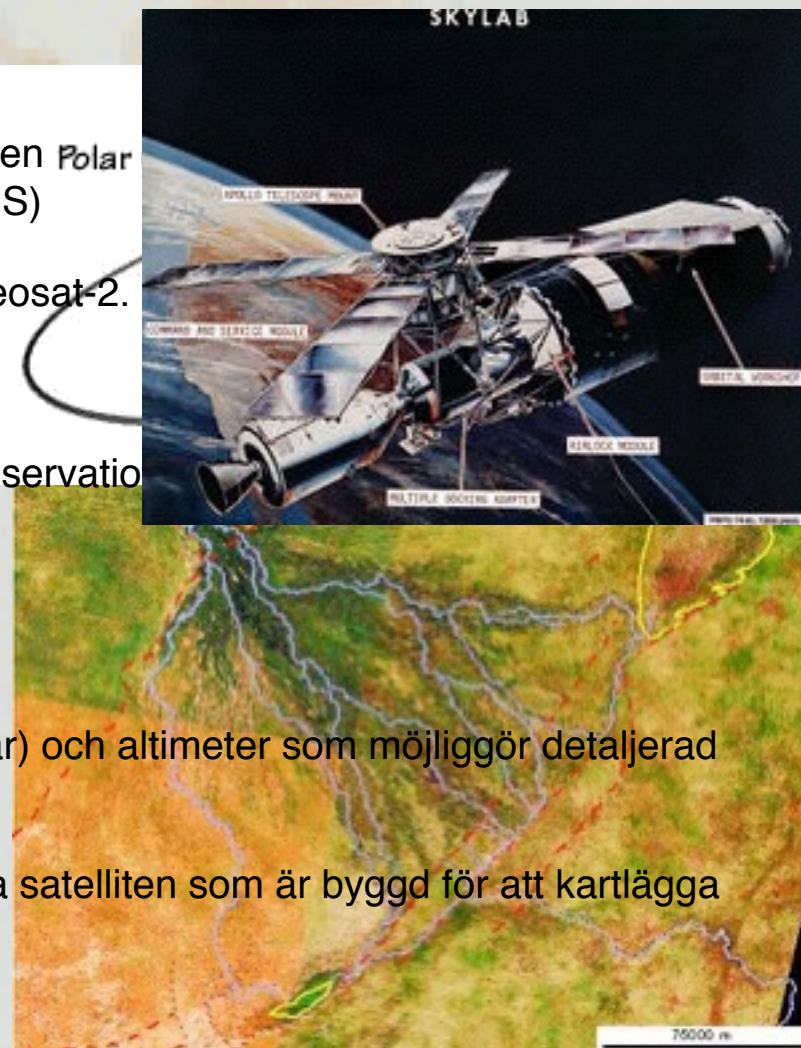
- 1914-1918 - Under första världskriget utvecklas speciella kameror för flygfotografering, särskilt Franska armén använder sig i stor utsträckning av flygbilder.
- 1918-1939 Under mellankrigstiden utvecklas nya emulsioner och flygfotografier vinner inträde i många civila tillämpningar
- 1939-1945 Flygbildsteknik och tillämpningar utvecklas för militära ändamål, först i Tyskland och sedan hos de allierade. Landningsplatser för fartyg och terrängens framkomlighet kartläggs från flygbilder.
- 1946 - Första satellitbilden över jorden tas med en V2 raket
- 1950 - Utveckling av multispektrala sensorer
- 1954 - Spionflygplanet U2 lyfter för första gången (fortfarande i tjänst)
- 1957 - Sovjet skjuter upp Sputnik.
- 1960 - Tiros 1, den första vädersatelliten sänds upp, efter TIROS 10 utvecklas flera satelliter i denna serie.
- 1960 USA skickar upp flera generationer av spiosatelliten CORONA, den första från pol-till-pol. Bilderna släpps ned till marken och framkallas i laboratorier
- 1972 ERTS-1, omdöpt till Landsat1 sänds upp, utrustad med två multispektrala sensorer - Return Beam Vidicon (fungerar kort tid) och MultiSpectral Scanner (MSS)



Fotogrammetri och fjärranalys

Kort historik om fotogrammetri och flygbilder 4

- 1972 - Fotografier tagna med Hasselbladskameror från Skylab används för att göra markanvändningkartor
- 1975 Landsat 2 skjuts upp. GOES 1, den första geostationära vädersatelliten skjuts upp.
- 1977 - ESA skjuter upp Meteosat-1 (geostationär).
- 1978 - USA skjuter upp Landsat 3, Seasat, den första radar satelliten Polar (fungerar i cirka 100 dagar), och Nimbus-7 (ozon-mätningar - TOMS)
- 1981 - Uppskjutning av Space-Shuttle Imaging Radar (Sir-A), Meteosat-2.
- 1984 - Uppskjutning av Landsat 4.
- 1986 - Frankrike skjuter upp SPOT-1 (Système Probation de la Observatio
- 1988 - Indien skjuter upp IRS-1A (Indian Remote Sensing).
- 1990 - Uppskjutning av SPOT-2.
- 1991 - ESA skjuter upp ERS-1 med SAR (Synthetic Aperture Radar) och altimeter som möjliggör detaljerad höjdmätning av jordytan, Uppskjutning av IRS-1B.
- 1992 Japan skjuter upp JERS-1 (SAR), USA skjuter upp den första satelliten som är byggd för att kartlägga haven - Topex/Poseidon.



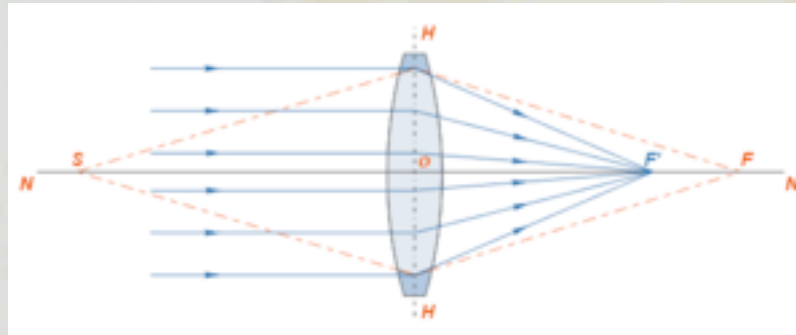
Fotogrammetri och fjärranalys

Kort historik om fotogrammetri och flygbilder 5

- 1993 - Uppskjutning av SPOT-3, Landsat 6 kommer bort efter uppskjutning (aldrig återfunnen)
- 1995 - CORONA och andra tidiga spionsatellitbilder deklassifieras.
- 1995 - Orbview skjuter upp den första kommersiella satelliten (Orbview-1), uppskjutning av ERS-2 och IRS-1C, Kanada skjuter upp en SAR satellite - Radarsat-1.
- 1996 - Indien skjuter upp IRS-P3, misslyckad uppskjutning av SPOT-3.
- 1997 - Uppskjutning av Orbview-2 med SeaWifs, Japan skjuter upp ADEOS-1, Indien IRS-1D, ESA Meteosat-7.
- 1998 - Uppskjutning av SPOT-4
- 1999 - Uppskjutning av Landsat 7, Ikonos (första civila satellit med upplösning på 1 m), ochTERRA (med fem separata instrument - MODIS, ASTER, CERES, MISR och MOPITT, vilket möjliggjort mycket bättre kalibrering av instrumenten).
- 2000 - Shuttle Radar Topography Mission - global topografisk kartläggning
- 2001 - Uppskjutning av Quickbird, kommersiell satellit med 61 cm upplösning (Google Earth´s detaljerade bilder)
- 2002 - Uppskjutning av Aqua (syster till TERRA), Envisat (ESA´s motsvarighet till TERRA och AQUA, med ännu fler instrument), SPOT-5, Meteosat Second generation (MSG), ADEOS-II.
- 2003 - Uppskjutning av ICESat, första jordobservationssatelliten med lasermätning (fungerar inte fullt ut), efterföljaren Cryosat exploderade vid uppskjutning 2005.

Fotogrammetri

Principerna för en kamera

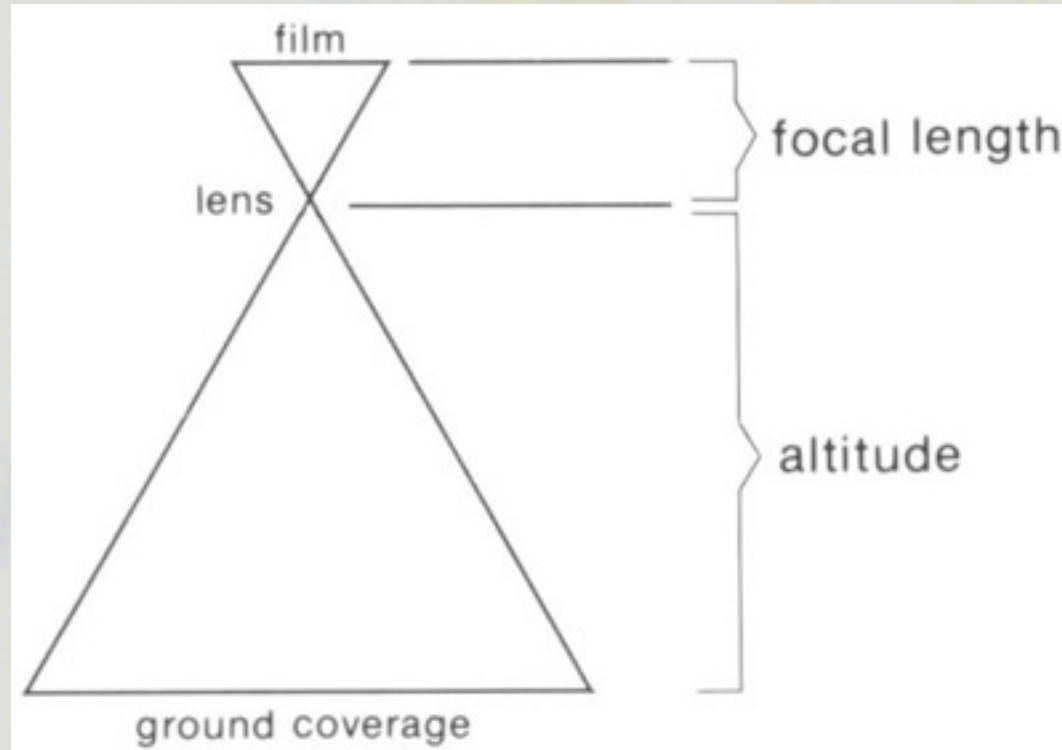


Parallellt infallande ljus (**blått**) från fjärran objekt
Fokuspunkten = brännvidd eller principalfokus

Divergent infallande ljus (**rött**) från närliggande objekt
Fokuspunkten varierer med avstånd till objektet

Fotogrammetri

Flygfotografering i nadir

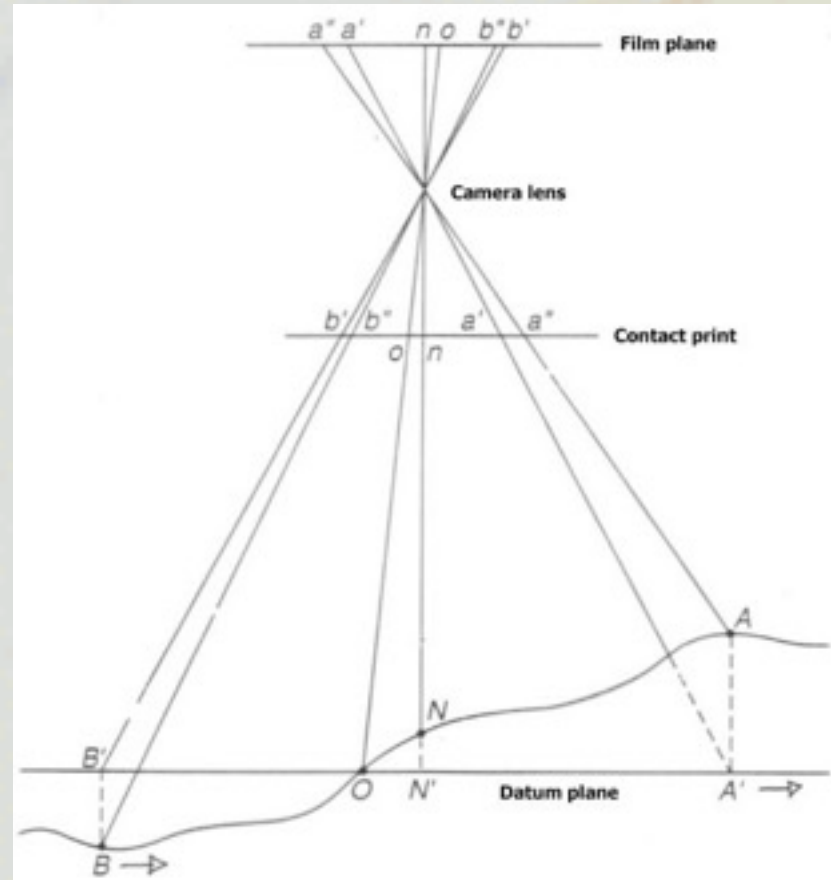


Skalfaktorn (m) i ett fotografi beräknas som:

$$m = h/c$$

där : h = avståndet till objektet (flyghöjden över marken) och c = brännvidden.

Fotogrammetri



Skalan i en flygbild är inte konstant på grund av höjdvariationen i terrängen. Högre terräng avbildas i större skala än lägre terräng (h har ett mindre värde)

Fotogrammetri

Förutom variationer i terrängen kan förskjutningar i bilden uppstå genom att

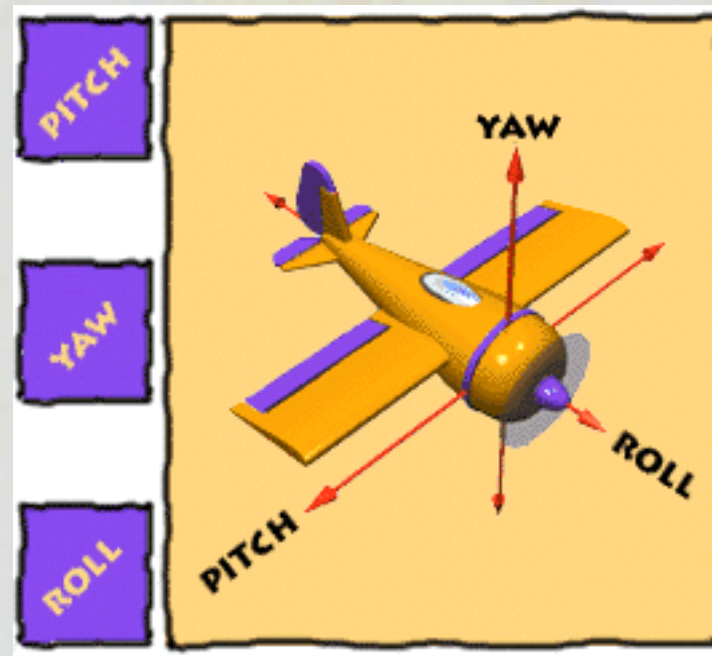
- kameran är tiltad
- jordytans rundning.

Betydelsen av jordytans rundning är oftast negligerbar.

Fotogrammetri

Däremot är tiltning av kameran ett problem vid flygfotografering och alla annan fotografering

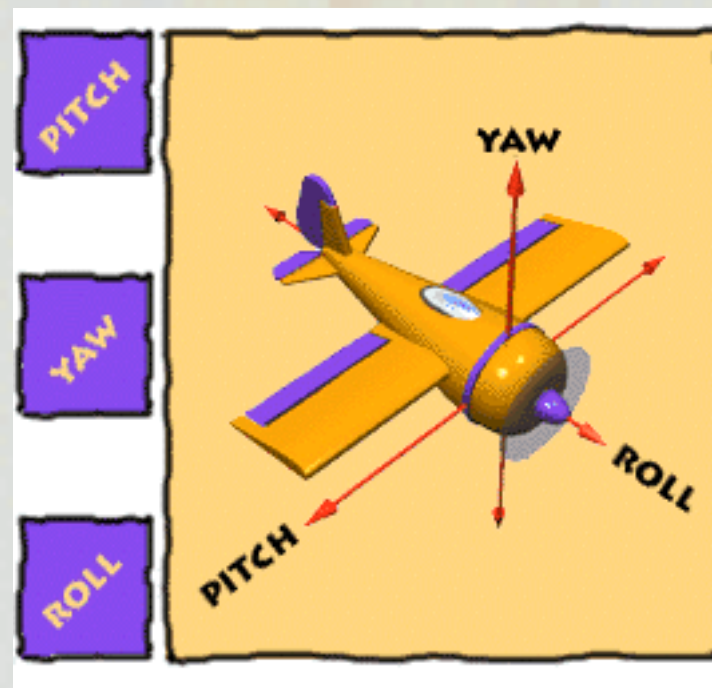
Tiltningen kan vara i rummets tre dimensioner: Nick (Pitch), Rotation (Yaw) och Rullning (Roll)



Fotogrammetri

Nick (eng: Pitch)

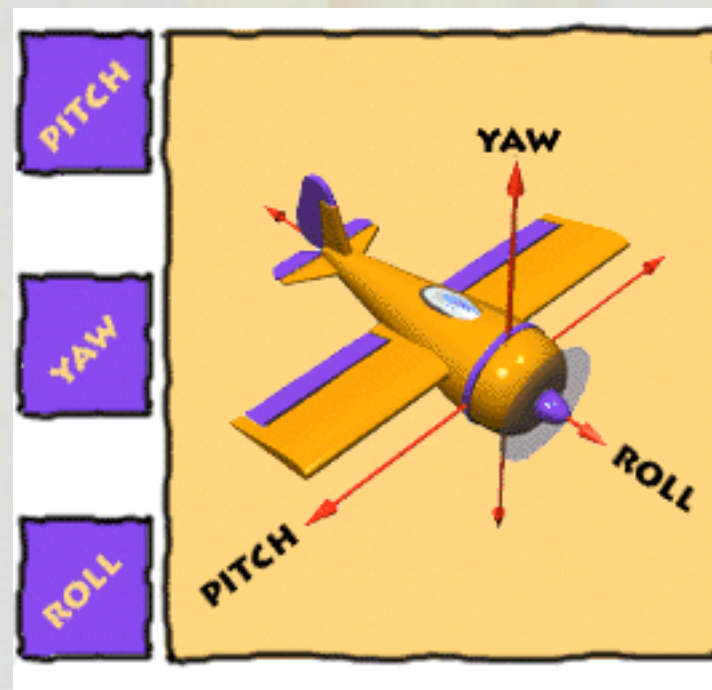
Tiltning runt sidoaxeln (ving-axeln) kallas Nick



Fotogrammetri

Rotation (eng: Yaw)

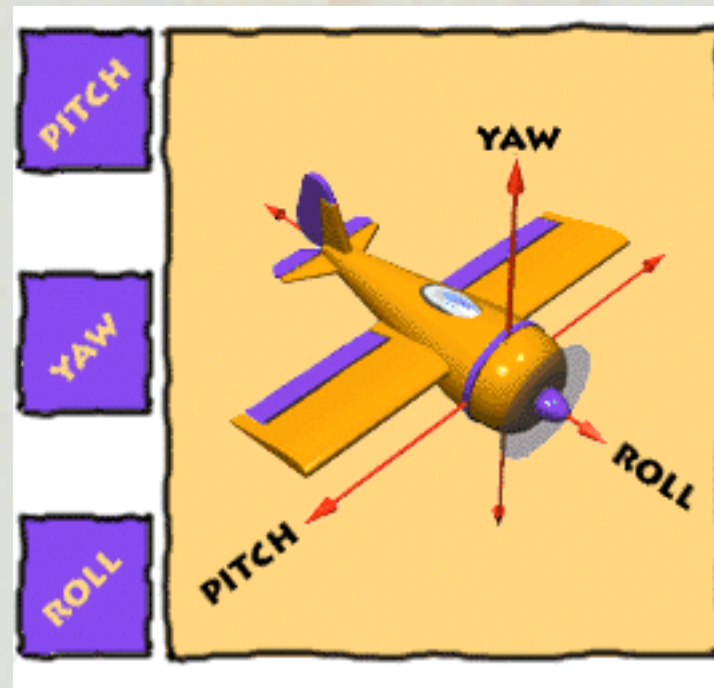
Tiltning runt den vertikala axeln kallas rotation



Fotogrammetri

Rullning (eng: Roll)

Tiltning runt längsaxeln kallas rullning



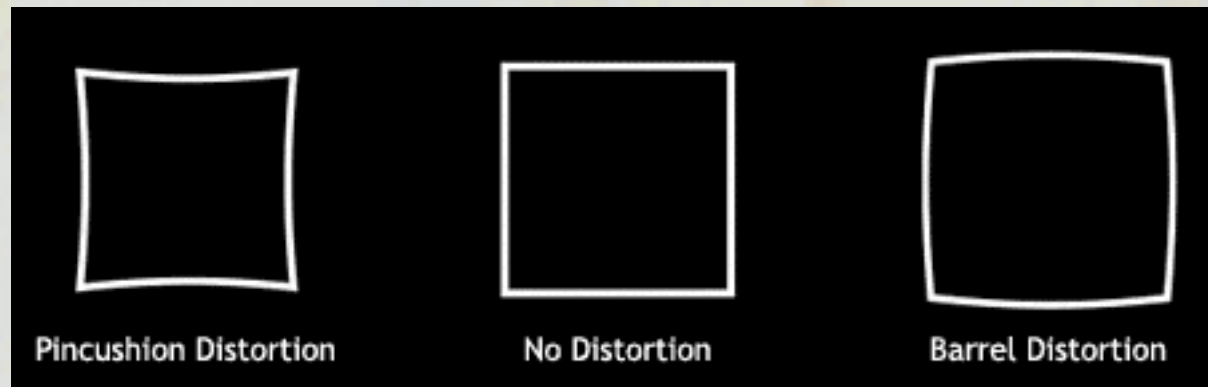
Fotogrammetri

Förutom förskjutningar påverkas en korrekt avbildning också av förvrängningar genom

- rörelser i bilden
- atmosfäriska störningar
- krympningar i material (papper, film)
- linser

Fotogrammetri

Oftast är det linsen som orsakar den största störningen



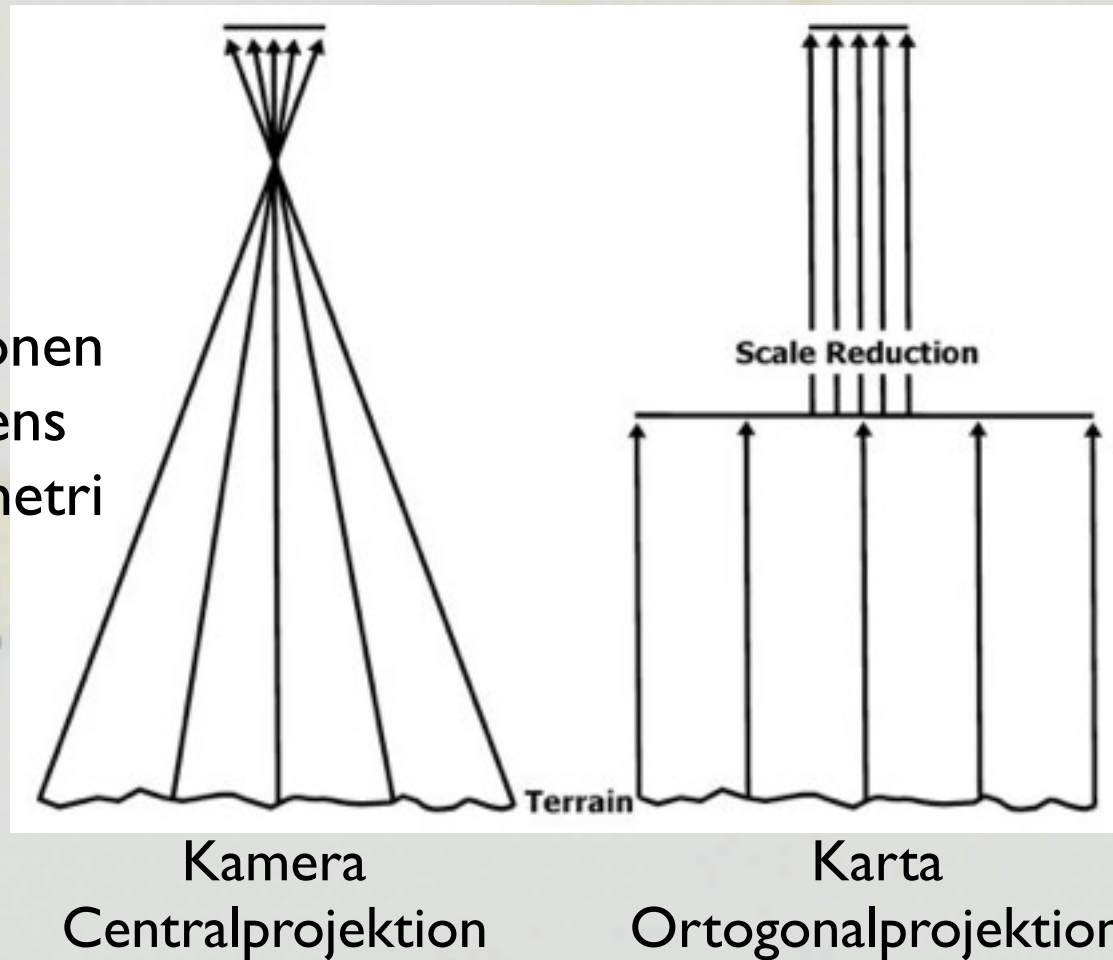
Typisk distortion hos
linser med långa brännvidder
(teleobjektiv)



Typisk distortion hos
linser med korta brännvidder
(vidvinkelobjektiv)

Fotogrammetri

Ortorektifiering

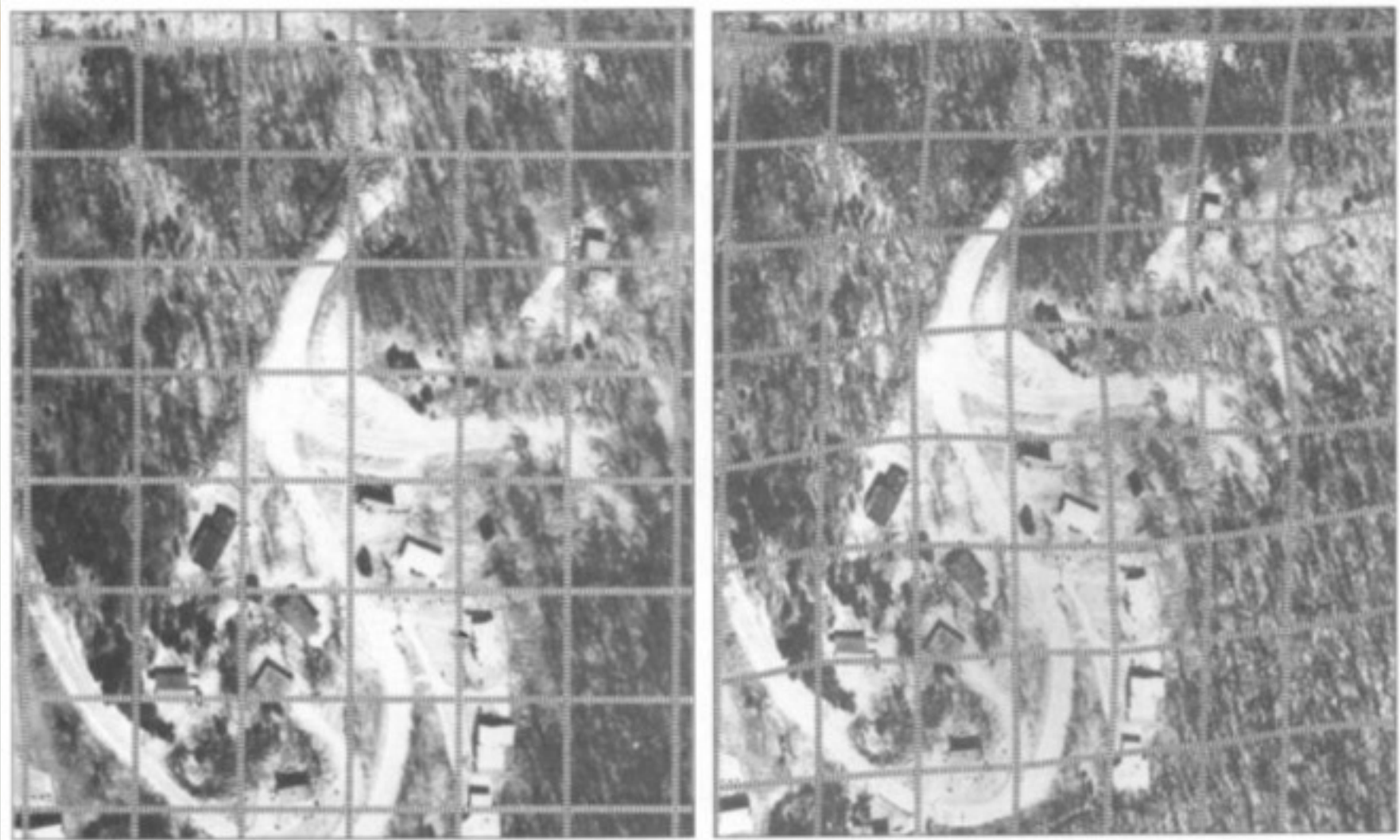


I centralprojektion
varierar objektens
storlek och geometri

En ortogonal
projektion återger
objekten både
planimteriskt och
geometriskt
korrekt

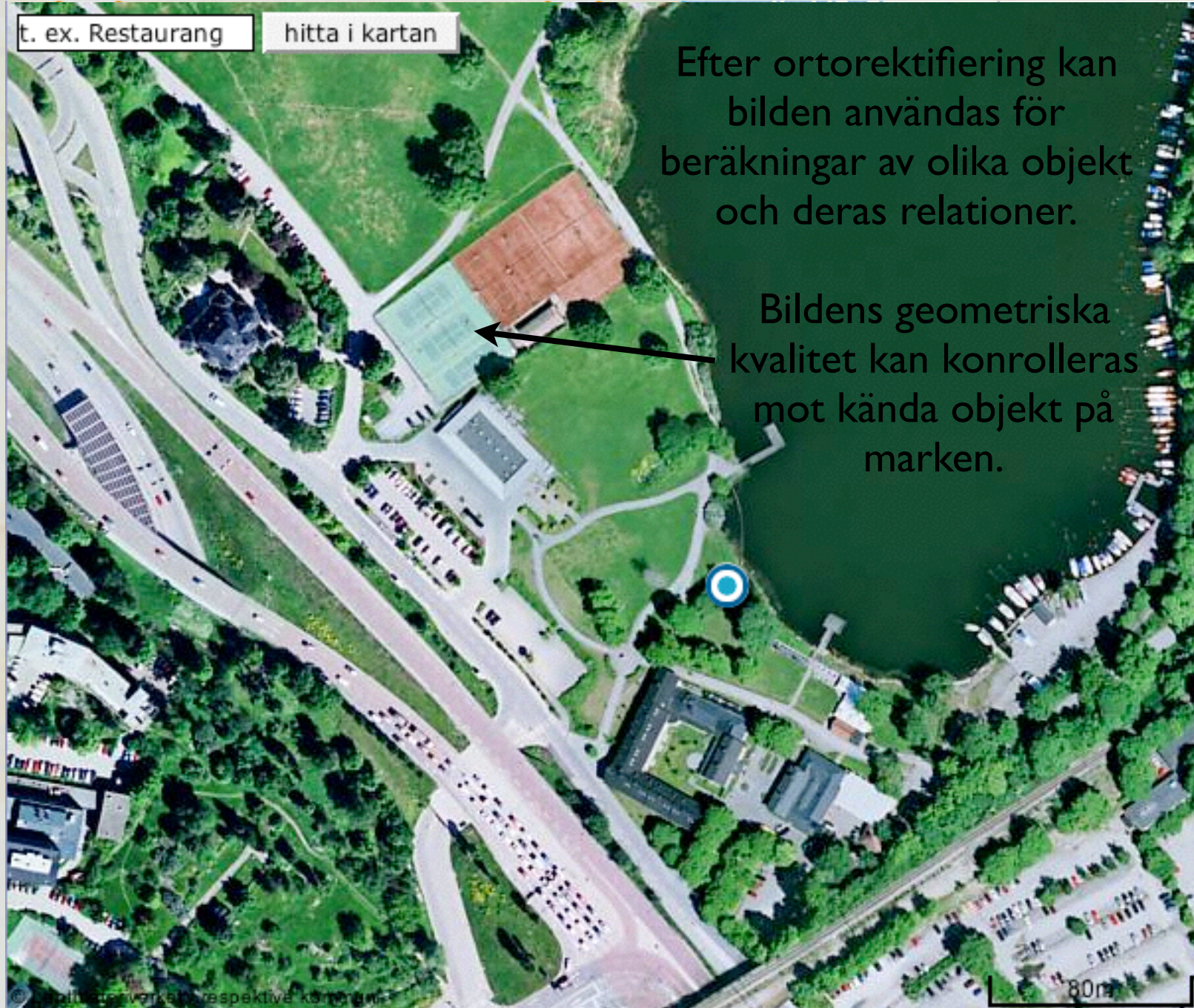
Fotogrammetri

Ortorektifiering



Original och ortorektifierad flygbild

Fotogrammetri



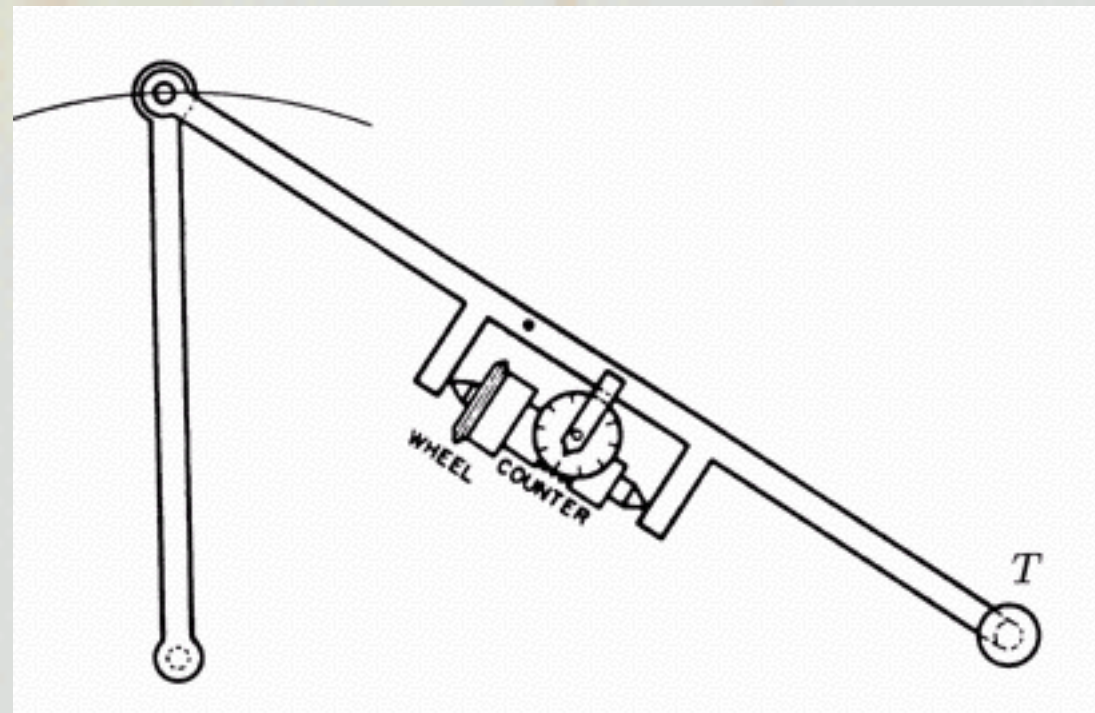
Fotogrammetri

En typisk beräkning i en ortorektifierad karta är ytstorlek. Innan GIS introducerades användes exempelvis punkträkning ...



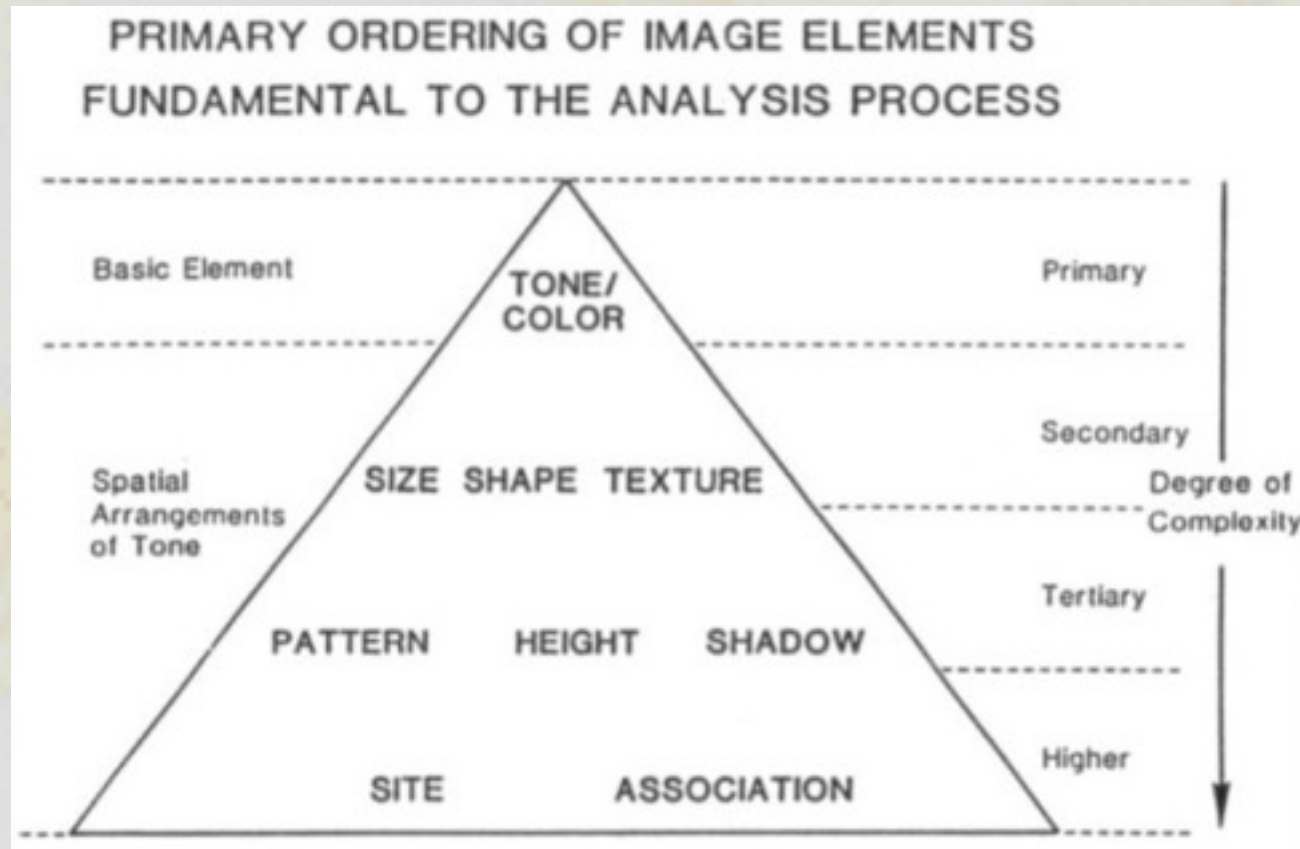
Fotogrammetri

...eller en mekanisk planimeter.



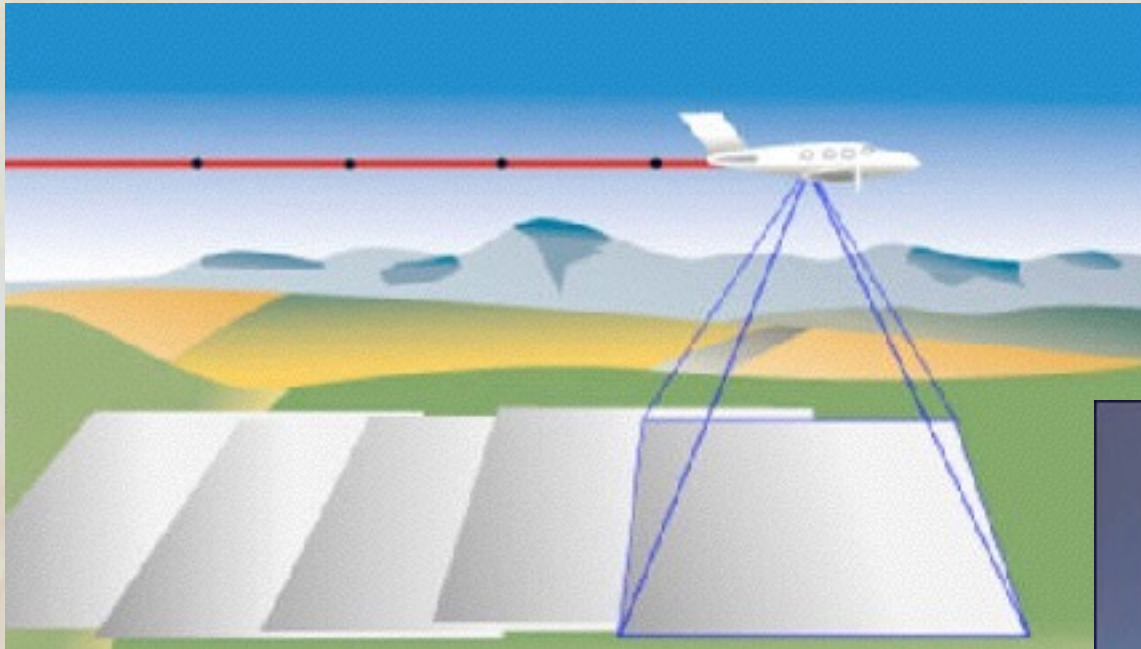
Fotogrammetri

tolkning av bilder



Fotogrammetri

Stereobilder för höjdkartering



Digital flygbildskamera

Överlappningen bör vara minst 60 % för att göra höjdmodeller från stereobilder.



Fotogrammetri

Svenska flygbilder

- Detaljkartor i skala 1:600 - 1:2000 flygs på låg höjd - 600 till 1000 meter
- Topografiska kartor i skala 1:10 000 flygs på 4600 meter
- Omdrevsfotografering (cirka vart 7e år) flygs på 9200 meter
- Noggrannheten i en flygbild är grovt räknat 0.1-0.2 promille av flyghöjden

Fotogrammetri

Svenska flygbilder

- Topografisk flygfotografering görs som regel under tidig vår före lövsprickning
- För vegetationskartering sker fotografering under sommartid med infraröd-känslig film

Fjärranalys

Definition

Fjärranalys är ett vetenskapsområde nära relaterat till bildanalys som avser metoder att göra mätningar av egenskaper hos omgivningen från satellitbilder och flygbilder.

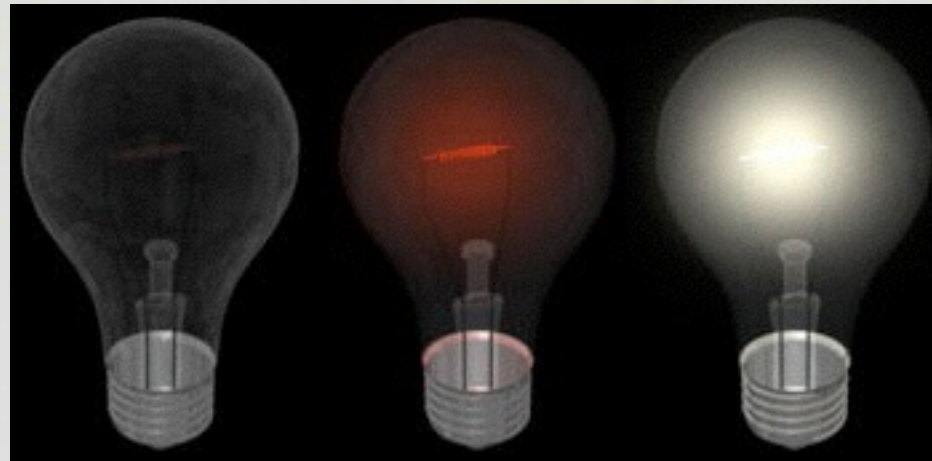
Vanliga tillämpningar utgörs av väderobservationer, mätningar av vegetationsegenskaper, och miljöförroeningar.

Fjärranalys

Elektromagnetisk strålning

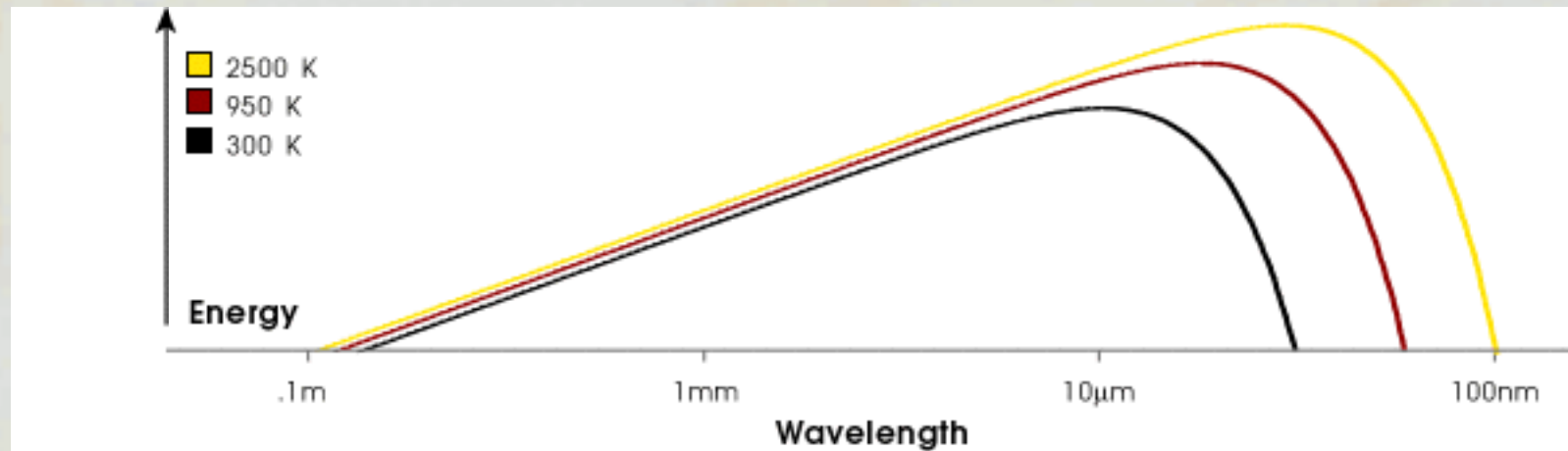
Alla objekt med en temperatur högre än absoluta nollpunkten (-273°C) reflekterar, absorberar och emitterar energi i form av elektromagnetisk strålning.

Våglängden på den emitterade strålningen beror primärt på temperaturen - ju högre temperatur desto kortare (intensivare) våglängd.



Fjärranalys

Elektromagnetisk strålning

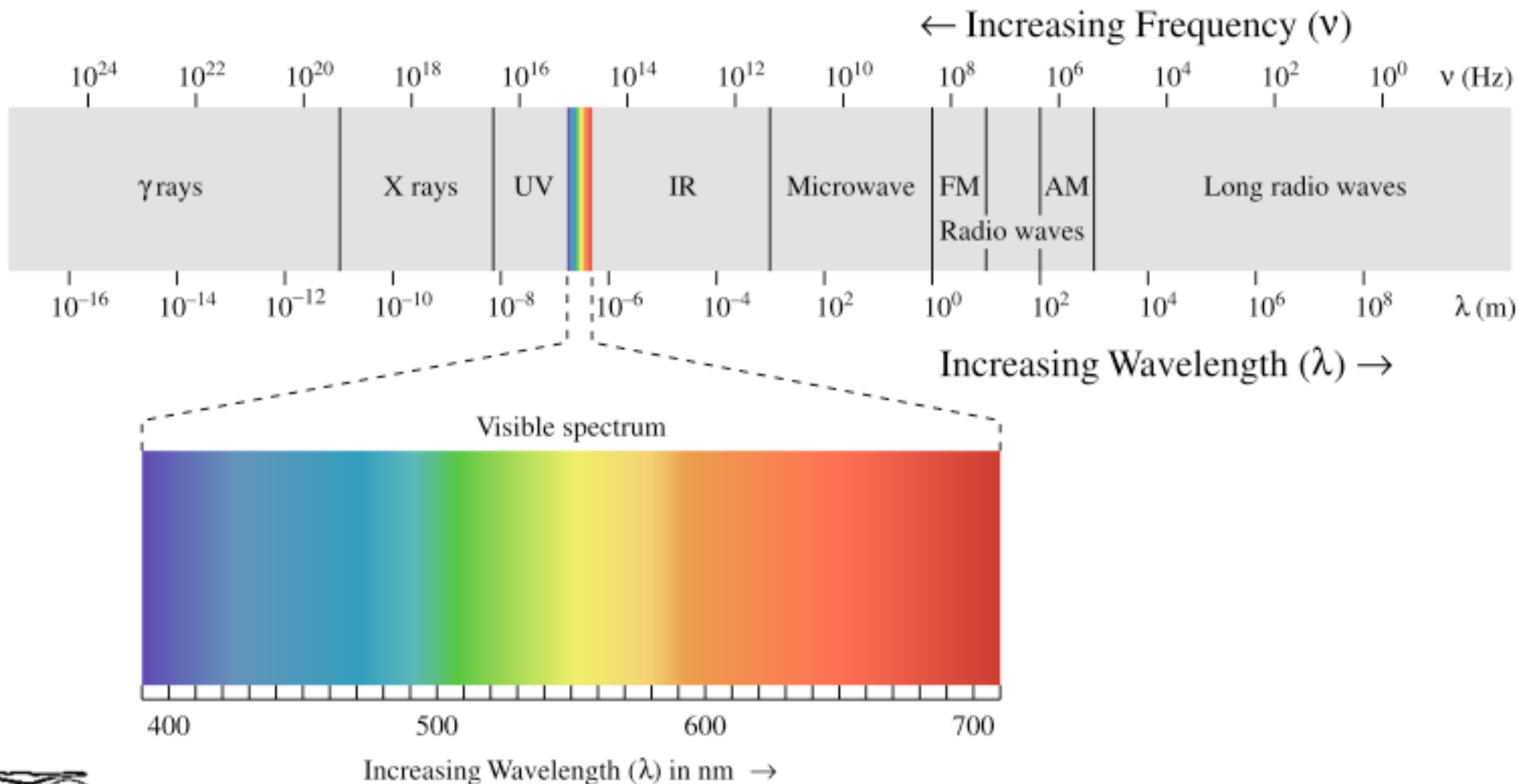


Energiinnehållet i den elektromagnetiska strålningen ökar med temperaturen. Blått ljus innehåller mer energi än rött, och synligt ljus innehåller mer energi än infrarött.

En kropp som först absorberat energi och sedan re-emitterar denna energi sänder därför ut strålning med längre våglängd jämfört med den strålning som först absorberades.

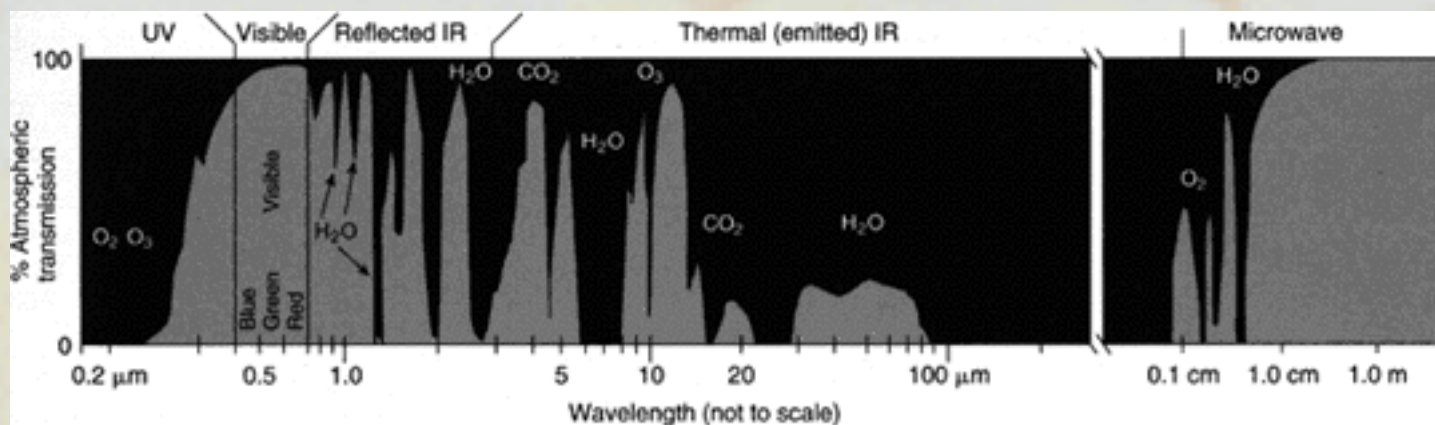
Fjärranalys

Uppdelning av det elektromagneiska spektrumet



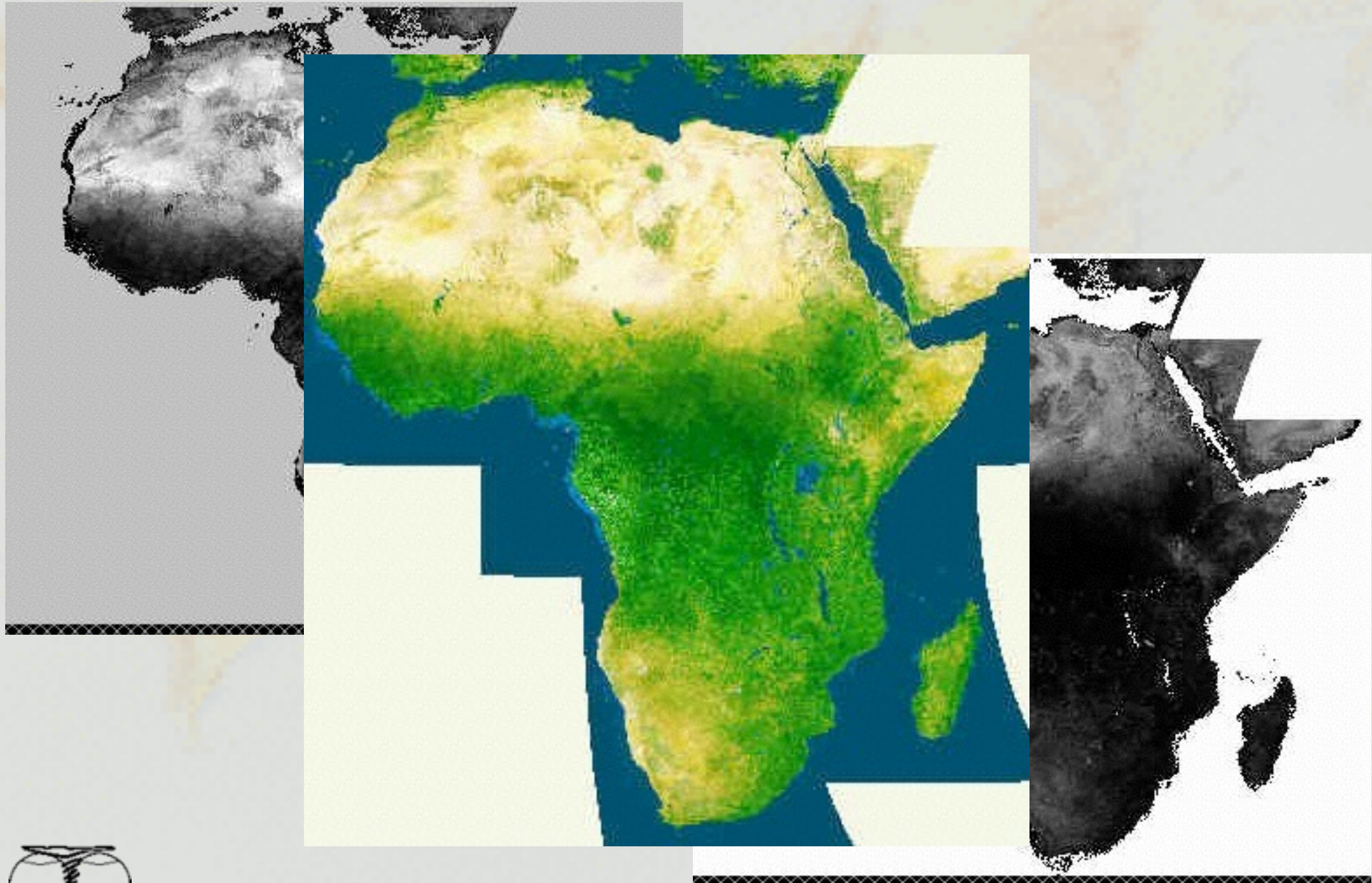
Fjärranalys

Jordatmosfärens transmissivitet för olika våglängder inom det elektormagnetiska spektrumet



Atmosfärens gaser absorberar elektromagnetisk strålning av olika våglängder.

Fjärranalys



Fjärranalys

Metoder för att detektera elektromagnetisk strålning

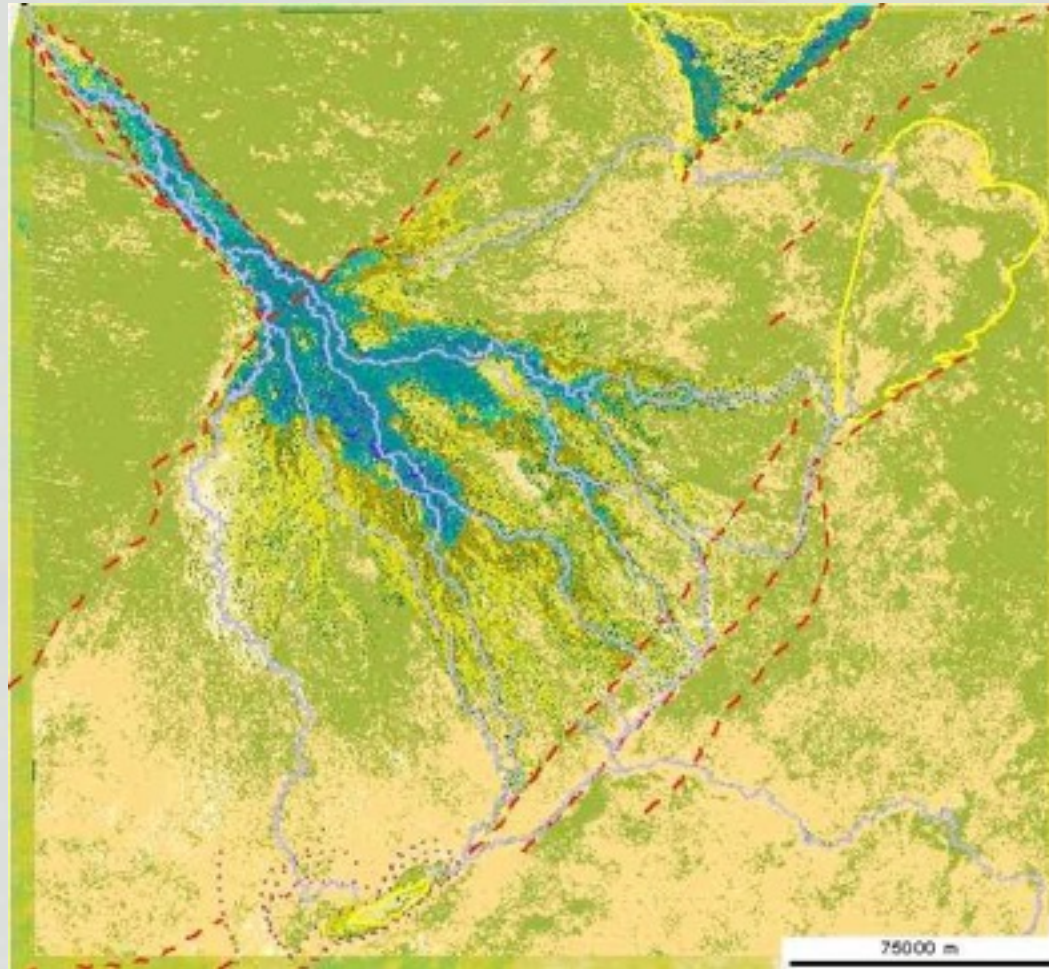
- Passiva sensorer - detekterar naturlig strålning (vanligtvis reflektioner från solen)
 - Radiometer - detekterar inom ett visst våglängdsband (blått, grönt, rött, infrarött etc)
 - Imaging radiometer - en radiometer som skannar bildlinjer dimensioner och sedan bygger samman en bild
 - Spectrometer - en radiometer där det elektromagnetiska spektrumet delats upp innan det träffar sensorn (typiskt via ett prisma)
 - Spectroradiometer - en radiometer som kan mäta elektromagnetisk strålning i flera, ofta väl definierade våglängder simultant (multispektral radiometer)

Fjärranalys

Metoder för att detektera elektromagnetisk strålning

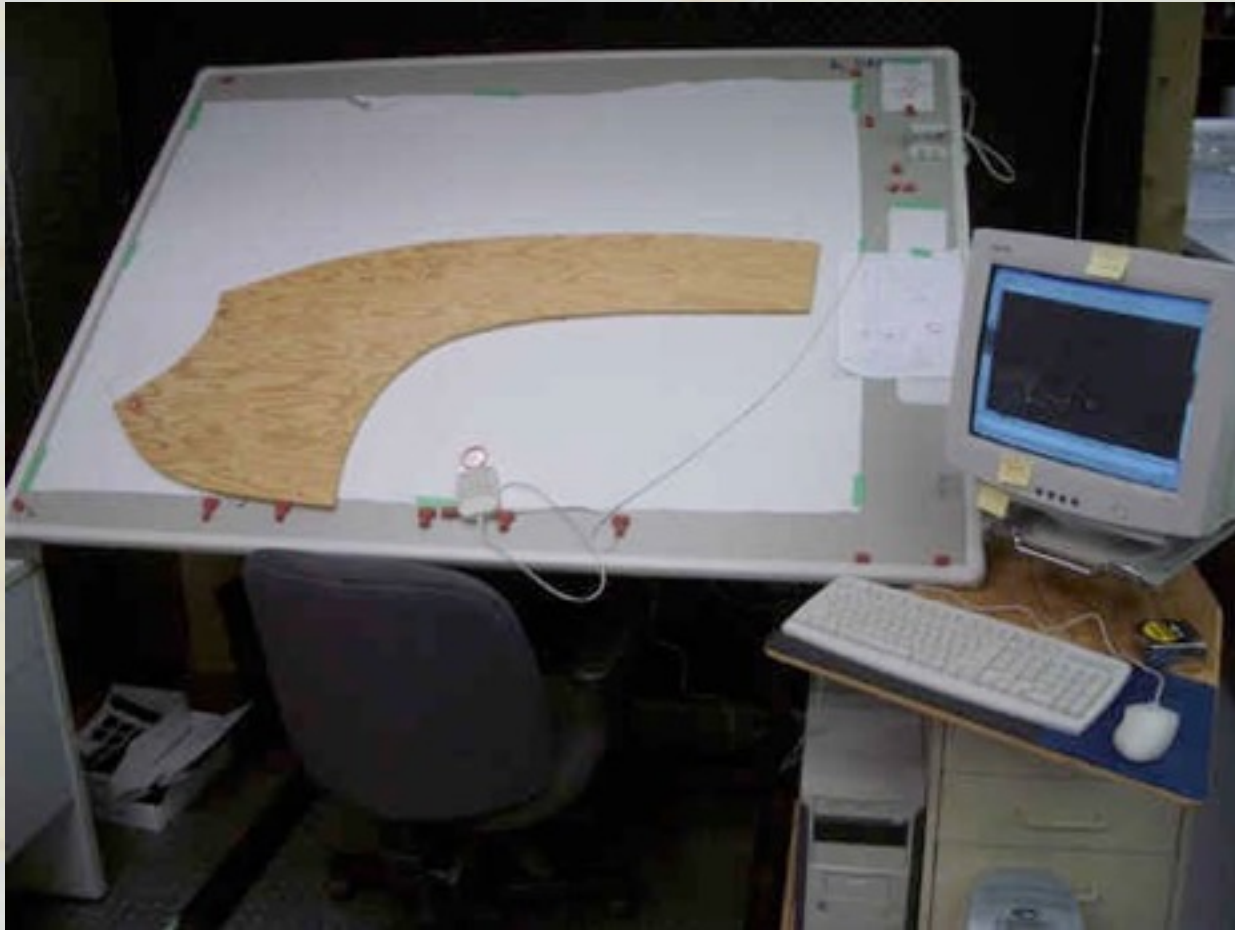
- Aktiva sensorer - sänder ut egen strålning och registreras reflektionen av denna
 - Radar - (Radio Detection and Ranging) emitterar radio eller mikrovågsfrekvenser genom en riktad antenn och mäter den returnerade reflektionen. Avståndet till objektet kan beräknas från tiden det tar mellan emission och registrering.
 - Scatterometer - hög frekvent mikrovågsradar, kan användas för att mäta vindar över vattenytan.
 - Lidar (Light Detection and Ranging) - emitterar ljuspulser och mäter reflekterat ljus som träffar sensorn. Förutom avstånd kan Lidar nyttjas för att mäta atmosfärens komposition.

Fjärranalys Klassifisering



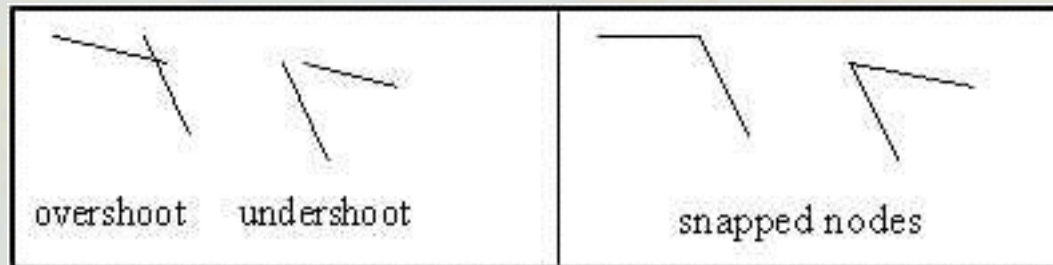
Skanning och digitalisering

Digitaliseringsbord



Skanning och digitalisering

Digitalisering



Skanning och digitalisering

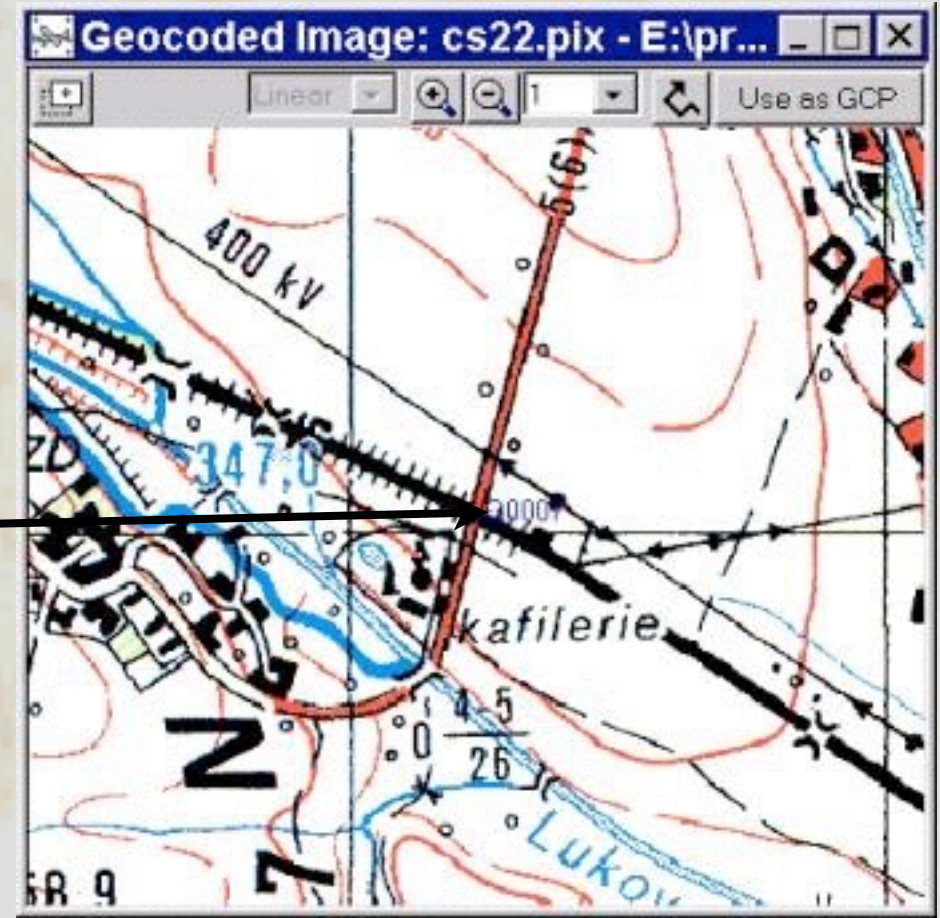
Fatbäddsskanner



Trumskanner



Skanning och digitalisering



Kontrollpunkter för att rektifiera flygfoto/satellitbild till ortokarta

Kvalitet och metadata

- Kvalitetsmärkning av geografiska data:
 - Produktionsmetod
 - Produktionsdatum
 - Lägesnoggrannhet
 - Tematisk noggrannhet
 - Attributnoggrannhet
 - Logisk konsistens
 - Fullständighet
 - Aktualitet