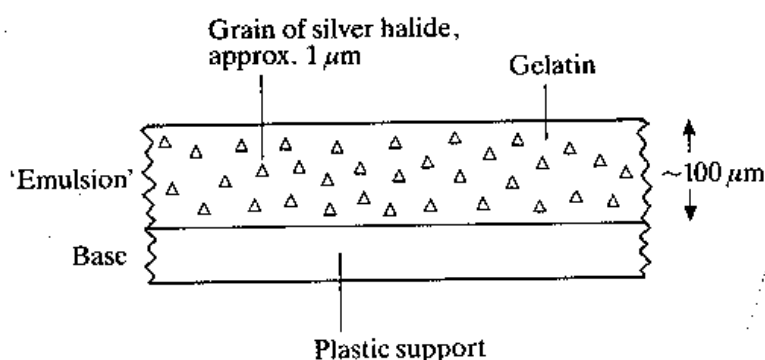


# FOTOGRAFIJA

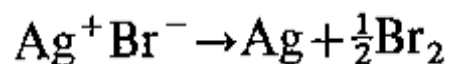
Fotografiranje iz zraka predstavlja najmodernejšo obliko daljinskega zaznavanja okolja. Daljinsko zaznavanje delimo v pasivno in aktivno zaznavanje, slikovno ali neslikovno, fotografiranje sodi v pasivno slikovno zaznavanje.

## Fotografski film

Fig. 4.1. Schematic diagram showing the construction of a typical photographic film.



Ta shema prikazuje zgradbo fotografskega filma. Emulzija je sestavljena iz kristalov srebrovega bromida, srebrovega klorida ali srebrovega jodida in poteka v suspenziji v plasti želetine debelosti približno 100 μm na plastični osnovi, ki služi emulziji zgolj za podporo. Kristali v emulziji so v velikosti od 1-10 μm. Temeljno načelo, ki sodeluje pri odkrivanju elektromagnetnega sevanja je upoštevanje sprememb v energiji elektrona. Ker je elektron nabit z delci z nizko maso, je enostavno voden s strani električnih polj sevanja. Pri fotografskem filmu je interakcija, ki poteka takšna, da se elektron prenese z bromidovega iona na srebrov ion, in pusti atom srebra in atom broma.



Običajno se ta reakcija sama spontano obrne ampak, če se tvori zadostno število atomov srebra (običajno okoli 4) v kratkem času, v enem zrnju, potem je šop atomov stabilen. Ta šop je razvojni center. Potem, ko je izpostavljen svetlobi, je razvijanje filma obravnavano z redukcijo  $\text{Ag}^+$  (iz katona) v  $\text{Ag}$  (atom) samo v prisotnosti obstoječih atomov srebra, ki delujejo kot jedra za naraščajoče kristale srebra. Tako so le tista zrna, ki vsebujejo razvojni center pretvorjena v trdno srebro. Preostali so nespremenjeni.

Iz tega kratkega opisa teorije za fotografski postopek (Gurney – Mottova teorija) lahko vidimo, da je izpostavljenost svetlobi dovolj, da povzroči le nekaj atomov srebra, ki se oblikujejo v dano zrno in končno v celotno zrno srebra, ki vsebuje morda 10(na 10) atomov.

## Tipi filmov

- **Črno – beli filmi**

To je najenostavnejša vrsta filma, uporabljali so jo pri najzgodnejših fotografiranjih iz zraka. Še vedno je v široki uporabi.

Črno-beli film je občutljiv za UV sevanje. Te valovne dolžine se običajno filtrirajo zaradi zmanjšanja v nasprotju sipanju. Vendar pa je včasih koristno samo snemanje UV valovne dolžine, na primer pri opazovanju fluorescentnih materialov, kot so karbonati, minerali, olje,

...

Z uporabo ustreznih filmov in filtrov lahko fotografije odgovorijo samo na območja (recimo) 0,7 – 0,9 mikrometrov v bližini infrardeče svetlobe.

Izdelani so samo z eno plastjo emulzije.

- **Barvni filmi**

Človeško oko lahko loči le okoli 200 odtenkov sive, vendar okoli 20 000 barv in barvnih odtenkov. Tako lahko več informacij razbere iz barvne kot iz črno-bele slike, tudi če je sredstvo za to samo vizualni pregled. Barvni filmi so izdelani s tremi plastmi emulzije in ne samo z eno. Z vključitvijo ustreznih barvil je najvišji sloj spodnji v modri in rdeči barvi. Rumeni filter posreduje med najvišjim in srednjim slojem z izpostavljanjem vseh treh plasti, da bi preprečil modro svetlobo.

Zaradi zapletenosti gradnje in posledično obdelave, je barvna fotografija draga. Kljub temu je barvna fotografija iz zraka našla nekaj različnih aplikacij zlasti na področju kmetijstva, gozdarstva, ekologije, geomorfologije, hidrologije in oceanografije.

Kot tudi »konvencionalni« barvni film je lažni/napačni infrardeči film (FCIR). Ta je bil prvotno razvit med 2. svetovno vojno, da bi pomagal pri lociranju sovražnikovih tankov, ki so jih ti skrivali pod hlodi (lesom). Te uporabe so bile v glavnem v raziskavi vegetacije, vendar je bil FCIR film uporabljen tudi v preučevanju urbanih območij, kartiranju mokrišč (glej plate 2), iskanju arheoloških najdišč itd. Sestava filma je podobna sestavi konvencionalnega barvnega filma, vendar se plasti emulzije ne odzivajo na modro, zeleno in rdečo (3 osnovne barve v normalnem barvnem filmu) ampak na zeleno, rdečo in bližnjo infrardečo. V obdelavi so te barve prikazane kot modra, zelena in rdeča (torej so to »napačne barve«), tako da, na primer zelen tank, ki se skriva v zelenem lesu prikaže kot moder tank v rdečem lesu.

## Hitrost, kontrast in resolucija

Odziv filma je okarakteriziran s tremi parametri:

- **Hitrost** – nanaša se na dolžino časa, za katero je film izpostavljen obsevanosti, lahko doseže spremembe v njegovi motnosti po procesiranju. Hitrost opiše filmov odziv na svetlobo v enojni intenziteti.
- **Kontrast** – opiše efekt spremembe obsevanosti oziroma izpostavljenega časa. če mala sprememba producira veliko spremembo pri obsevanosti filma je film visokokontrastni ali obratno. Odziv filma je opisan z karakteristično krivuljo.

$D$  = optična gostota

$X$  = logaritem izpostavljenosti

$T$  = intenzivnosto tranzistno razmerje

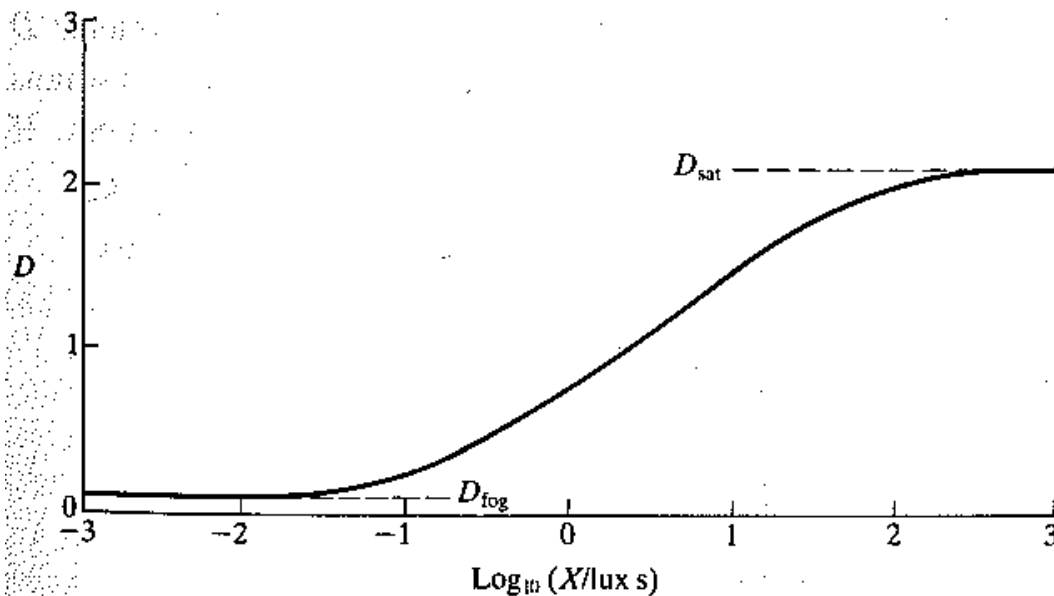
ENACĀBA ZA KARAKTERISTIČNO KRIVULJO

$$D = -\log_{10} T$$

Kakovost filma se odrazi v vrednosti  $x$ , kar pomeni da bo krivulja začela rasti. Film z visokim kontrastom bo imel večjo vrednost  $\gamma$  (gama). Večino filmov ima vrednost  $\gamma=2$ .

Prevelika vrednost okvari doseg filma in lahko spremeni optično vrednost  $D$ .

Fig. 4.2. The characteristic curve of a typical medium-speed film.



- **Resolucija** – sposobnost zaznavanja sistema da razlikuje razširjen objekt od točke. Ponavadi je izražena z črtnimi pari za enoto dolžine.

Fig. 4.3. Typical object used to determine the resolution of a photographic system in terms of line-pairs per unit length.



Primer: Objekt je fotografiran in se bo razvijal če se bodo BAR vzorci prepoznali na negativu. Več je BAR vzorcev boljša je resolucija.

$f$  = dolžina fokusa

$H$  = razdalja od motiva

$l$  = resolucija

Ekvivalentna je  $lf/H$  sposobnosti razvijanja dveh točk, ki sta ločeni z distanco ( to je  $r_g$ )

$$r_g = H/2lf$$

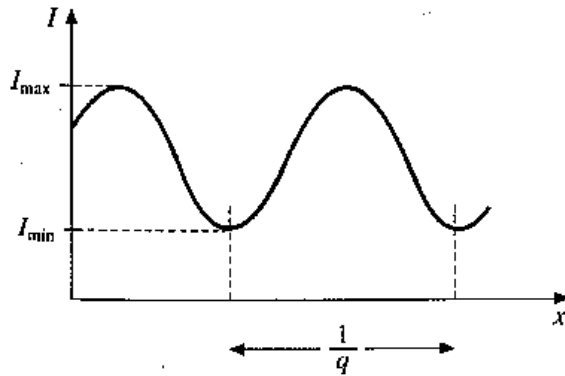
Resolucija optičnega sistema je kombinacija sposobnosti leč ter filma. Fotografška interpretacija mora razlikovati med talno resolucijo, ki je potrebna da zazna figuro jo identificira in analizira. Resolucija potrebna da zazna cesto je 10 metrov, da jo identificira je 2 metra in da jo analizira je 0,2 metra.

## Modulacijski prenos funkcij

Raba parnih linij na enoto dolžine kot merilo za film ali sistema oz. resolucije je precej surova metoda za navajanje reprezentacije prostorskih natančnosti. Več informativnih indikacij dobimo s FUNKCIJO MODULARNEGA PRENOSA. Ta opisuje zmožnost filma za snemanje sinusoidne razlike v intenzivnosti kot funkcije njihove prostorske frekvence. Ta pristop vključuje načeloma vse informacije prostorskega odziva na film.

Slika 4.4 prikazuje jakost in pozicijo sinusoidnega nihanja.

Fig. 4.4. A sinusoidal variation of intensity  $I$  with position  $x$ . This form of variation is characterised by its modulation  $m = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$ , and its spatial frequency  $q$ .

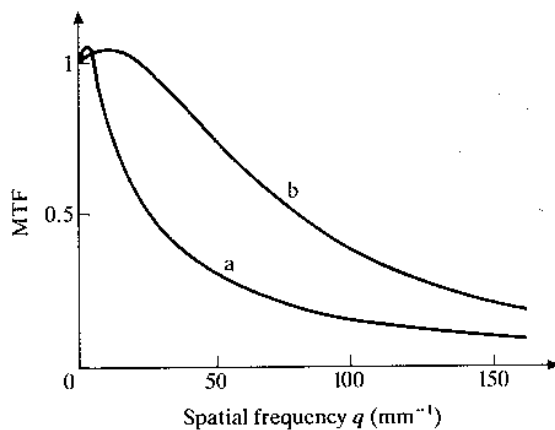


Poleg te faze katero lahko zanemarimo je ta funkcija v celoti znak prostorske združitve  $q$  frekvence (ciklov na dolžino enote).

Upoštevajte da se ta razlikuje od običajne definicije prostorske frekvence, ki se meri v radianih na enoto dolžine in je zato 2-krat večji od tega) in modulacije  $m$  opredeljena kot MTF (funkcija modularnega prenosa) za fotografske sisteme opredeljena kot razmerje izhodne modulacije pomeni, da proizvajajo na film, na vhod modulacije oz na tarčo (oz.cilj). To je funkcija s prostorsko frekvenco  $q$  in za fotografske sisteme je navadno opredeljena kot prostorska frekvenca v filmski ravnini.

SLIKA 4.5 nam prikazuje tipične MTF-e za grobo in drobnozrnate filme.

Fig. 4.5. Modulation transfer functions of typical photographic films. (a) low resolution, (b) high resolution.



MTF je moč opredeliti ločeno za komponente optičnega sistema (film, objektiv, itd.) in jih kombinirati s pomnožitvijo le teh skupaj. To jim daje veliko prednost v

primerjavi z merilom parnih linij pri ocenjevanju uspešnosti zapletenega optičnega sistema.

# Fotografska optika

V tem delu bomo na kratko omenili optiko fotografskega sistema. Domeneva se da je bralec seznanjen z teorijo nastanka slike z eno lečo. Poglejmo si najprej sistem z eno lečo goriščne razdalje. Oddaljenost predmeta in slike od gorišča sta v zvezi in jasno je da bo objekt postavljen pod kotom alfa prikazoval podobo dolžine  $v \times \alpha$ . (predpostavka alfa je dosti manj kot en radian) Oddaljenost predmeta  $u$  teži k neskončnosti  $v$  pa se nagiba k temu da goriščno razdaljo spravi na velikost slike.

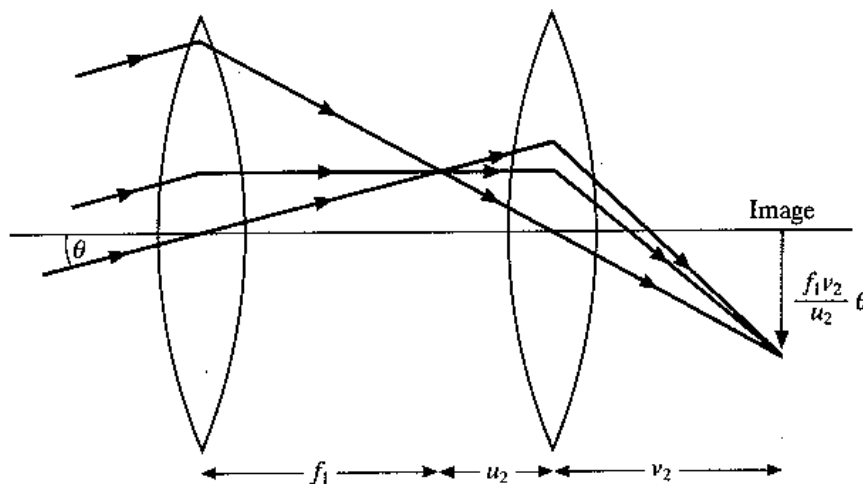
$$1/u + 1/v = 1/f$$

Primer: Pri fotografiji iz zraka je to približevanje. Upoštevajmo objekt enotne eksistence tako da je dohodni sijaj na lečo  $L$ . Recimo da predmet objema prostorski kot  $\Omega$  na lečo, obsevanost na lečo je tako  $\Omega(\text{omega})L$ . Skupni prečni tok  $D$  je premer leče ta tok je ob predpostavki da v leči ni izgub porazdeljen po celotnem območju  $\Omega(\text{omega}) \times f^2$  ki daje osvetljenost filma na ravnini. Svetlost slike je tako določena z razmerjem  $f/D$  pri čemer je  $f$  število leč. Jasno je da če je manjše število  $f$  večja leča in svetlejša slika. Leče so izdelane z malim številom  $f$  okrog 1 čeprav se za aerofotografiranje uporabljajo leče med  $f$  5-10

## Sestavljene leče

Večina aerofotografskih sistemov uporablja sestavljene leče. Te imajo prednost saj dajejo večjo goriščno razdaljo ne da bi montirali fizično večjo lečo. Slika 4. 7 prikazuje 2 konvergentni leči z goriščnicama  $f_1$  in  $f_2$  v tem zaporedju.

Fig. 4.7. Formation of an image (of an object at infinity) by a compound lens.



Iz slike 4.7 je jasno da je skupni učinek dveh leč enak

tisti z enim objektivom z isto goriščno razdaljo in da je možno goriščno razdaljo pomnoževati

z povečavo druge leče. Gre za velik prihranek prostora, sploh če je druga leča sestavljenega sistema drugačna.

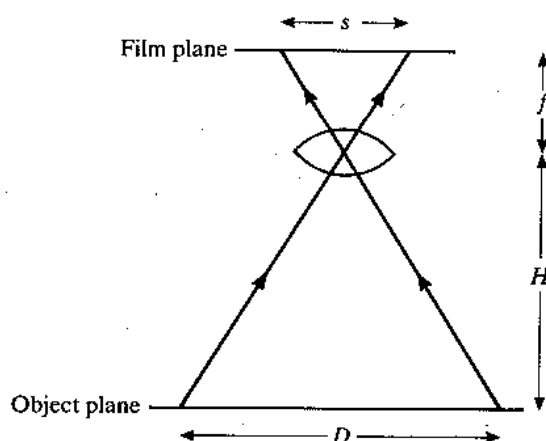
Tako so npr. izdelani teleobjektivi.

## Obseg in zajetje slike

Obseg zemljevida in posledično letalskih posnetkov je manjše število ki izraža razmerje med velikostjo objekta na zemljevidu in velikostjo objekta v naravi. Velik obseg pomeni več kot 1/50000 Mali obseg pa 1/500000. Jasno je da od preprostih geometrijskih vidikov da obseg negativnih letalskih posnetkov kjer je  $f/H$  kjer je  $f$  goriščna razdalja  $H$  pa je razdalja od objektiva do tal. Seveda se lahko natisnejo povečani oz. pomanjšani negativi.

Slika 4.8 nam kaže če je negativ v velikosti  $s$  bo  $D$  oz. pokritost tal  $D = sH/f$

Fig. 4.8. Geometric construction to find the coverage  $D$  of a vertical aerial photograph.



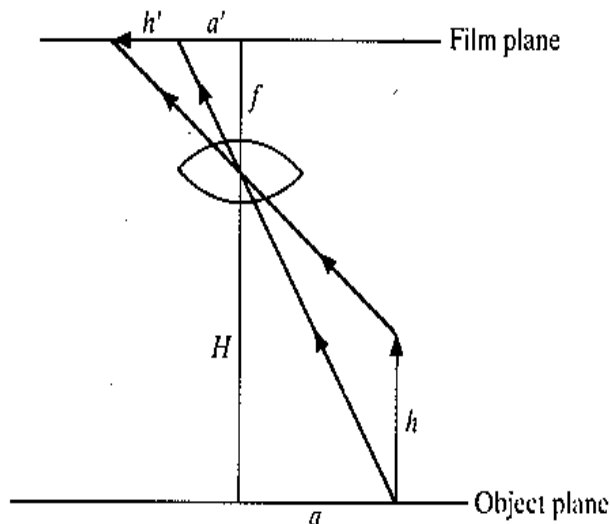
Velikost  $s$  (film) se običajno giblje med 35mm pa do 30 cm velike formate imajo npr. space shutli, raketoplani.

Ker je razmerje  $s/f$  zaradi enotnosti kartiranja mora biti razdalja med objektivom in zemljo vedno približno enaka. naše ugotovitve obsega ,ločljivosti, pokritosti zemlje so bile pridobljene iz vertikalnega fotografiranja iz zraka. Poševna fotografija nam daje večjo pokritost vendar na račun pokritosti izgublja ločljivost in je tako neprimerna za kartiranje.

## Stereofotografija

Na prvi pogled je presenetljivo da aerofotografija vsebuje podatke o višini površja. Za primer vertikalne aerofotografije vertikalnega predmeta kot je prikazano na sliki 4.11; objekt je lociran na distanci  $a$  od kamerine najnižje točke in kamera (katere focalna dolžina je  $f$ ) je locirana na višini  $h$  nad zemljo. Očitno je iz grafa 4.11 da dokler  $a$  ni enak 0 glava in noge objekta sta prikazana na različnih točkah filma.

Fig. 4.11. Relief displacement. The top and bottom of a vertical object are imaged at different places on the film.



Razdalja  $h'$  katera je projekcija višine  $h$  na film je imenovana reliefni premik. Preprosta geometrija nam pokaže da je to enačba.

$$h' = hfa / H(H - h) = ha' / (H - h)$$

Metoda reliefnega premika, ki se nanaša na izmeritev  $h'$  je odvisna od slike, ki razkriva tako vrh in dno objekta. To je možno za fotografiranje nekaterih stavb, vendar ne bo delovalo pri topografiji. V takem primeru moramo uporabiti par fotografij slikanih iz različnih lokacij.



## **Aplikacije zračne fotografije**

Aplikacije aerofotografije so načeloma dobro poznane in korespondenca med fotografijo in podobo ustvarjeno s človeškimi možgani in očesom je dovolj dobra da večino aplikacij ima v vsakem primeru intuitiven občutek o le-tem. Glavna prednost fotografije je da je lahko kontrolirana in ne draga ter da so fotografski optični sistemi večinoma narejeni z veliko preciznostjo da solahko kvantitativne prostorske informacije pridobljene razvitih fotografij.