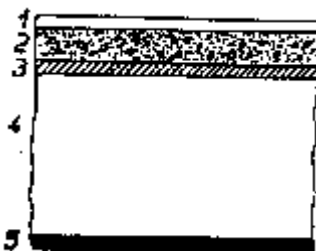


2. Optické a fotografické základy, filmy a jejich složení, filtry

Fotografické materiály

Fotografické materiály mohou mít formu negativu, pozitivu či diapozitivu. Podle složení se filmy dělí na materiály jednovrstevné (černobílé) a vícevrstevné (barevné).

Fotografické materiály jednovrstevné

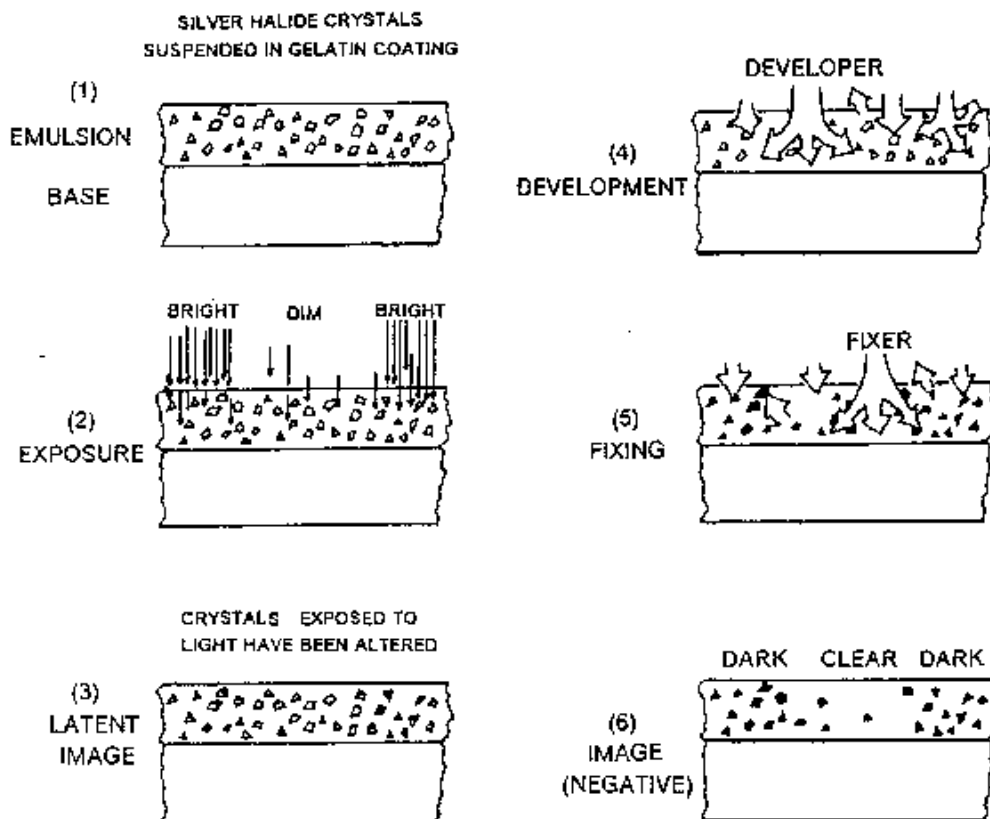


Obr. 2.1 Složení černobílého filmu

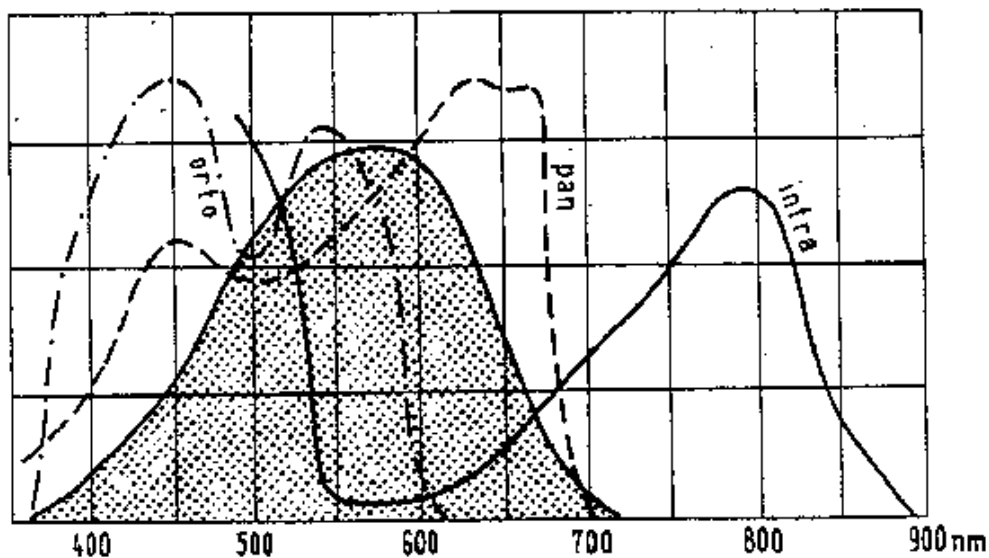
Složení černobílého filmu (obr 2.1):

1. ochranná vrstva - chrání citlivou vrstvu před mechanickým či chemickým poškozením
2. citlivá vrstva obsahující krystalky sloučenin stříbra (AgBr, AgI, AgCl) v želatině, velikost řádově jednotky mikrometrů (5)
3. mezivrstva - spojuje citlivou vrstvu a filmovou podložku
4. filmová podložka (báze) - odolná vůči rozměrovým změnám způsobeným změnami teploty či vlhkosti. Dříve se využívalo skleněných desek. Nyní polyester. Film musí být také odolný vůči poškození při přetáčení apod.
5. antihalační vrstva - absorbuje část světla, které prochází citlivou vrstvou i filmovou podložkou a zabraňuje tak jeho zpětnému odrazu, který by zaznamenala citlivá vrstva a jehož výsledkem by byl efekt „halo“ kolem světlých objektů na fotografiích

Princip vzniku fotografie je obecně známý. Obraz vzniká na vrstvě filmu citlivé na světlo fotochemickou reakcí (tzv. **latentní obraz**). Sloučeniny stříbra v želatině jsou tvořeny krystalky, které mají malé, nepravidelné, ostré tvary, aby zachycovaly fotony. Čím menší jsou krystalky, tím větší detail může být na fotografii zachycen. Naopak větší krystalky jsou více citlivé na světlo avšak rozlišení filmu je menší. Podle množství od objektu odraženého světla citlivá vrstva negativu různým stupněm zčerná. Čím více světla dopadá na danou část filmu, tím více krystalků je vystaveno této reakci, při které je bromid stříbrný rozštěpen na stříbro a brom. Světlé a tmavé plochy pak skládají výsledný obraz. **Vyvolání** - koupání exponovaného filmu v alkalických chemikáliích – krystaly bromidu stříbrného, které byly fotochemickou reakcí změněny pouze částečně, jsou nyní rozštěpeny zcela. Největší hustotu sloučenin stříbra mají části vystavené velkému množství světla (na negativu se jeví jako tmavé) a naopak. V případě barevného filmu jsou objekty na negativu vyjádřeny ve svých doplňkových barvách (viz. dále). Krystalky AgBr, které nebyly změněny působením světla při expozici filmu jsou následně vyplaveny z citlivé vrstvy filmu - ten je tzv. **ustálen** (znenáhlivěn ke světlu). Je to důležité proto, aby dále neprobíhala fotochemická reakce, když bude film znovu vystaven světlu. Výsledkem je **negativ**.



Obr. 2.2 Princip vzniku fotografie



Obr. 2.3 Spektrální citlivost běžných fotografických materiálů

Citlivá vrstva může být citlivá k různě širokému intervalu vlnových délek. Nejpoužívanější jsou citlivé vrstvy (obr. 2.3):

1. ortochromatická - nesnímá oranžovou a červenou část spektra (použití v pozemní fotogrammetrii)
2. panchromatická - citlivá k celému viditelnému spektru kromě modré (použití v pozemní fotogrammetrii)
3. infrachromatická - citlivá k intervalu vlnových délek 0,6-0,9 mikrometrů (použití při tématickém mapování)

Spektrální citlivost vrstvy filmu je ovlivňována jednak přidáním speciálních barviv a nebo pomocí tzv. filtrů. Film je charakterizován křivkou spektrální **citlivosti**. Použitý film by měl mít dobrou **rozlišovací schopnost**, která se udává v počtu čar na 1 mm (viz. dále).

Vlastnosti citlivé vrstvy filmu:

- **Citlivost ke světlu** - je to převrácená hodnota osvětlení, která způsobuje určité zčernání citlivé vrstvy (udává se v jednotkách DIN, ASA, GOST). Citlivost filmu (film speed) - rychlý film vyžaduje poměrně malé množství světla ke správné expozici, pomalý film (málo citlivý) - uzávěrka komory musí být otevřena více a nebo delší čas.
- **Gradace** - vztah mezi množstvím světla, které dopadá na citlivou vrstvu a jím způsobeným zčernáním. Gradace je charakterizována tzv. gradační křivkou. V letecké fotogrametrii se používá filmů se strmou gradační křivkou.

Charakteristika základních druhů černobílých snímků:

A. Černobílé snímky panchromatické

Tyto snímky vyjadřují barevné odstíny zemského povrchu různými odstíny šedi. Zrakem jsme schopni rozlišit pouze omezené množství tónů šedi. Proto interpretace černobílých snímků je daleko obtížnější než snímků barevných. Normální černobílý film snímá barvy ve stejném rozsahu jako lidské oko a převádí je do tónů šedi. Výhodou těchto filmů je snadné zpracování a využitelnost k různým účelům - je na ně pořízena většina našich leteckých snímků. Není vhodný tam, kde jde o rozlišení vegetace. Tmavé tóny, které nahrazují zelenou navzájem splývají a znemožňují rozpoznat druh porostu nebo typ lesa. Jejich předností je relativně dobrá plasticita a to, že se ne zcela ztrácí kresba ve stínech. Mají ze všech druhů snímků nejlepší rozlišovací schopnost. Nevýhodou je, že zachycují pouze viditelnou část spektra, tedy krátkovlnné záření, které je atmosférou značně rozptylováno.

B. Černobílá infračervená fotografie

Jsou pořízeny na černobílý infrachromatický film. Infračervené záření proniká aerosoly a kouřem - jsou méně rozptylovány než viditelné světlo. Je tedy možné pořizovat tyto snímky i za poměrně špatného počasí, ne však přes hustou mlhu, oblačnost nebo déšť. Infračervené záření vyžaduje objektivy s delší ohniskovou vzdáleností než viditelné záření. Paprsky dobře pronikají ovzduším a snímky tak ztrácejí vzdušnou perspektivu, obrazy se jeví ploše. Zatímco na panchromatických snímcích jsou vzdálenější objekty nezřetelné a mlhavé, IČ snímky zobrazují vše stejně výrazně. Protože je infračervené záření málo rozptylováno jsou výrazné vržené stíny. Snímky se vyznačují náhlými přechody bez polostíňů, infračervené snímky jsou tedy mnohem kontrastnější než panchromatické.

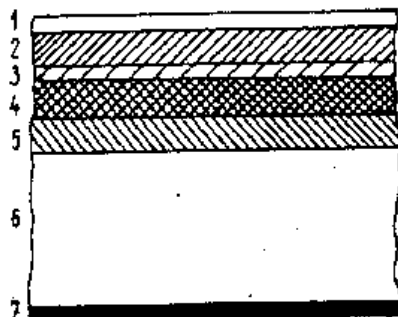
Protože odrazové schopnosti předmětů jsou v IČ oblasti jiné jak ve viditelném světle, jednotlivé terénní prvky se na IČ snímcích jeví odlišně ve srovnání se snímky ve viditelné části spektra. Vodní plochy, které pohlcují záření téměř dokonale, proto jsou sytě černé. Na IČ snímcích se tedy dá snadno identifikovat existence a průběh vodních toků.

Díky různému vodnímu obsahu se výrazně odlišují různé druhy porostů. Jehličnatý les absorbuje IČ záření více jak listnatý - jeví se tedy na snímku jako tmavý. Krajina se zelenými plochami a listnaté lesy působí dojmem, jako by byly pokryty sněhem nebo ozářeny měsíčním světlem. Světlý tón je způsoben rozdílnou vnitřní stavbou listů od jehličí. V důsledku dobrého odlišení listnatých a jehličnatých stromů se IČ snímky používají často v lesnictví. IČ filmy se používají s červenými filtry k potlačení fialové a modré části spektra. Dají se použít i k rozlišení druhů zemědělských plodin, naopak na nich zaniká síť komunikací a poněkud se ztrácejí liniové prvky. Také jsou hůře patrné zastavěné plochy.

Fotografické materiály vícevrstevné (barevné, Colour reversal films)

A. Barevné snímky ve viditelném oboru spektra

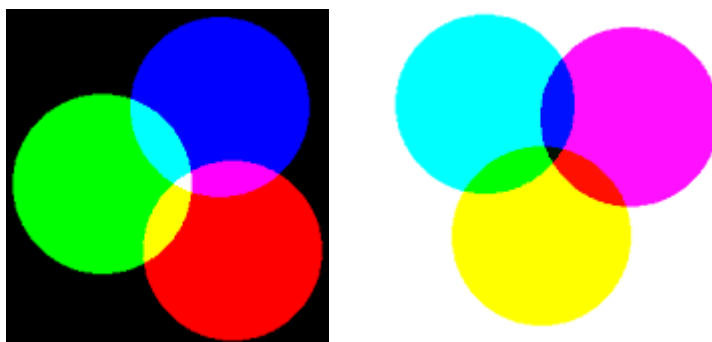
Jsou pořizovány na film, který má obvykle tři citlivé vrstvy, každá je citlivá k základním barvám - modré, zelené a červené. Mohou existovat ve dvou formách - jako pozitiv na fotografickém papíře nebo jako diapozitiv.



Obr. 2.4 Složení barevného filmového materiálu

Složení barevného filmu (obr. 2.4):

1. ochranná vrstva
2. vrstva citlivá k modrému světlu
3. žlutá filtrační mezivrstva
4. vrstva citlivá k zelené
5. vrstva citlivá k červené
6. filmová podložka
7. antihalační vrstva



Obr. 2.5 Princip aditivního a subtraktivního skládání barev

Princip skládání barev: Všechny barevné odstíny objektů na snímcích vznikají aditivním skládáním tzv. základních barev barevného modelu RGB. U aditivního skládání barev je na počátku černá a každá barevný odstín vznikne součtem různé intenzity základních barev RGB. Takto vznikají barvy na monitoru počítače. K základním barvám tohoto systému existují barvy doplňkové (CMY). Barevné odstíny objektů tak mohou vznikat také subtrakcí (odčítáním) různé intenzity těchto barev doplňkových od počáteční – bílé. Tento způsob míchání barevných odstínů se využívá v typografii.

Aditivní skládání barev:

Red + Green = Yellow
 Red + Blue = Magenta
 Blue + Green = Cyan
 Red + Green + Blue = White

Subtraktivní skládání barev:

Red + Blue = Purple
 Red + Yellow = Orange
 Yellow + Blue = Green
 Red + Blue + Yellow = Black

Spektrální citlivost jednotlivých vrstev je volena tak, aby pokrývaly celý rozsah viditelné části spektra. Barevné materiály jsou citlivější na dobré atmosférické podmínky, na správné určení

expoziční doby, mají menší prostorovou rozlišovací schopnost. Vyvolaný barevný negativní film obsahuje tři dílčí obrazy v tzv. doplňkových barvách: žluté, purpurové a azurové. Vykopírováním na pozitivní materiál a nebo inverzním vyvoláním na diapozitiv vznikne obraz v téměř přirozených barvách. Jsou obecně pořizovány z menších výšek (kolem 2 km) a to v měřítcích 1 : 13 000 až 1 : 20 500. Barvy se jeví jako přirozené použijeme-li UV filtr. Barevné snímky se daleko lépe interpretují, protože lidské oko rozezná daleko více barevných tónů než odstínů šedi. Jsou tedy vhodné tam, kde u ČB snímků zanikají detaily - např. při rozlišování vegetace. Mají nejlepší kresbu detailů ve stínech, nejlépe ukazují reliéf pod vodou. Nevýhodou je poněkud nižší rozlišovací schopnost, protože na jednotlivých citlivých vrstvách filmu dochází k rozptylu světla.

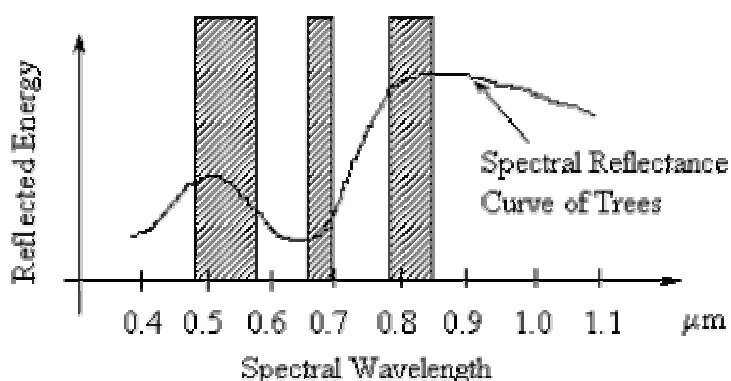
B. Barevná infračervená fotografie

False color (spektrozónální) Camouflage Detection Film - původně pro vojenské účely.

Jsou vytvářeny na tří- ale i dvouvrstvé filmy. Jedna z citlivých vrstev filmu je citlivá k infračervené části spektra (na místo k modré). Výsledkem jsou nepřirozené barvy objektů na těchto snímcích. Používají se se žlutým filtrem.

- Objekty odrážející zelenou barvu jsou zobrazeny v odstínech modré.
- Objekty odrážející červenou barvu jsou zobrazeny v odstínech zelené.
- Objekty odrážející infračervené záření jsou zobrazeny v odstínech červené.

Objekt odráží světlo	modré	zelené	červené	infračervené
Na barevné fotografii viditelné bude	modrý	zelený	Červený	*****
Na barevné IČ fotografii viditelné bude	*****	modrý	Zelený	červený

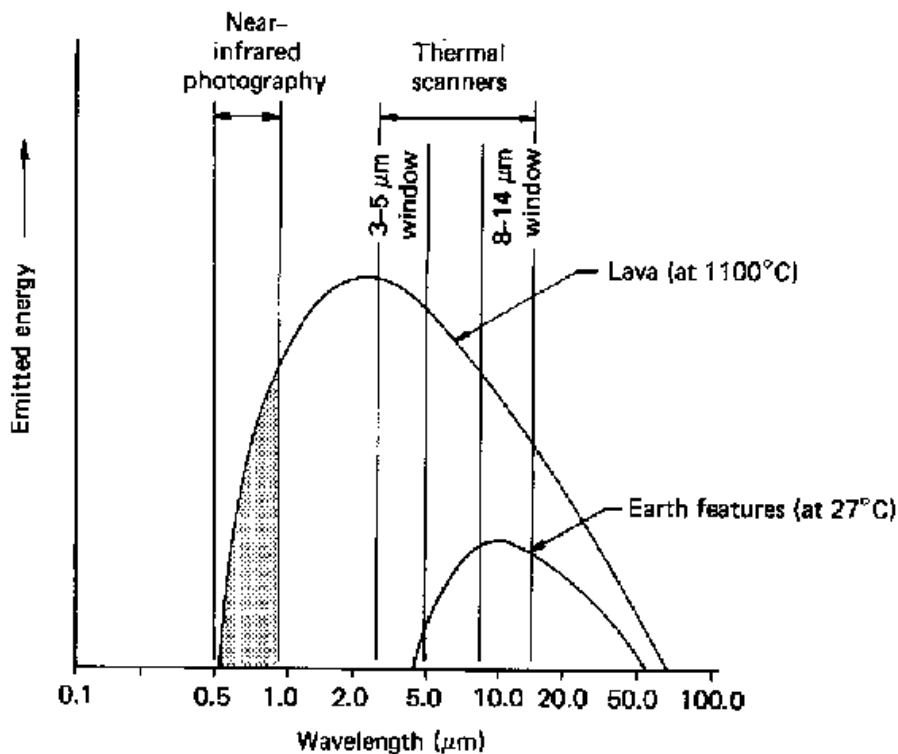


Obr. 2.6 Odrazivost vegetace ve viditelné a blízké infračervené části spektra

Snímky dávají dobrý, kontrastní obraz. Zobrazují i místa v hlubokých stínech. Snímkuje se většinou z malých výšek - 500 až 1500 m - ve velkých měřítcích. Tyto snímky se používají v lesnictví například k dokumentaci vegetačních škod. Listnáče a louky se na nich zobrazují červeně, jehličnany, holá pole a mrtvá vegetace zeleně či modře a odumřelé rostliny bez chlorofylu žlutě až hnědě. Vzhled snímku se však liší podle značky filmu i podle použitého papíru. Pro konkrétní interpretační účely se sestavují tabulky barev. Na snímcích se výraznými barevnými odstíny jeví změny půdní vlhkosti, organické a minerální složení půdy, půdní struktura, geologické charakteristiky, druhy porostů apod.

V případě povrchů s běžnou teplotou (kolem 300 K) je množství emitovaného záření v oboru vlnových délek, ve kterých je vytvářena infračervená fotografie velmi malé. Z toho plyne, že IČ fotografie nelze použít ke zjišťování teplotních rozdílů běžných povrchů. Naproti tomu emitovaná energie z výrazně teplých povrchů (požáry, láva, horké prameny) je daleko intenzivnější - tedy může být zachycena na IČ fotografii (viz. obr 2.7). V případě běžných

povrchů je na IČ fotografii zaznamenáno pouze odražené elektromagnetické záření, které nemá vztah k teplotě povrchu.



Obr. 2.7 Intenzita vyzařování objektů s běžnou teplotou a objektů výrazně horkých v blízké infračervené části spektra

Filtry

Nutnost použití filtrů u konvenčních metod plyne z výšky letu. Mezi předmětem a komorou vzniká vzdušný zákal - vzniká rozptylem krátkovlnných paprsků na vzdušných aerosolech. Rozptyl paprsků degraduje kontrast snímků, snižuje jejich kvalitu. Funkcí filtru je tedy odstranit paprsky rozptýleného světla. Barevný filtr vždy zdůrazňuje tu barvu, kterou je zabarven a zeslabuje barvu doplňkovou. Při použití vhodného filtru je tedy možné zesílit kontrast určitých předmětů.

Vzdušný zákal má vždy modrou barvu - panchromatické fotografie se nejčastěji používají s filtry světla žlutými nebo žlutozelenými, často se používají i filtry červené. Barevné fotografie ve viditelné části spektra používají tzv. UV absorpční filtr. Na černobílých infračervených snímcích se používají žluté filtry v lesnictví, temně červené např. k určování vodních ploch, u barevných fotografií světla žluté.

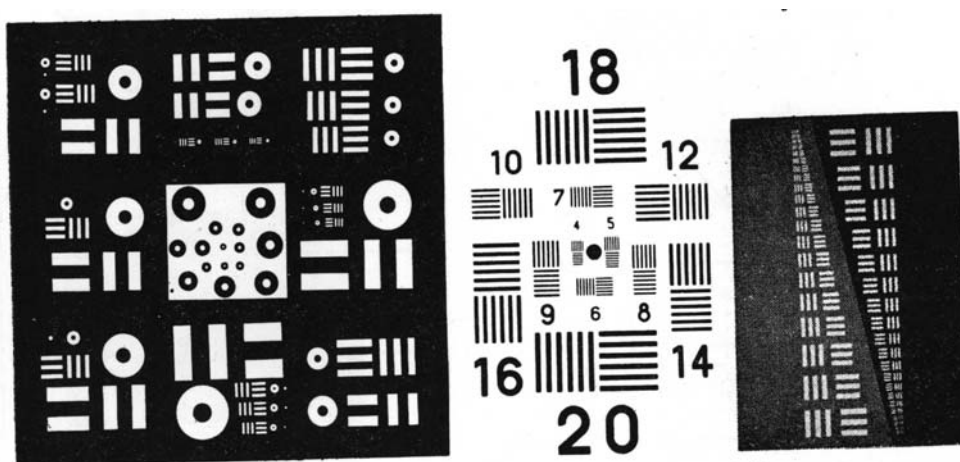
Filtr je charakterizován tzv. spektrální propustností, což je množství propuštěného záření v daném vlnovém rozsahu. Zvláště pečlivě se spektrální propustnost posuzuje u multispektrální fotografie. Zde filtr propouští pouze úzce ohraničený spektrální obor (kanál, pásmo) a pak se označuje jako filtr úzkopásmový.

Osvětlení fotografie klesá směrem od středu k okrajům. Tento úbytek světla se nazývá **vignetace** a k jejímu eliminování se používají speciální filtry, které absorbují silněji ve střední části snímku a méně směrem k okrajům.

Optické vlastnosti leteckých snímků důležité pro leteckou fotogrammetrii:

Pro interpretaci snímků, ale také pro účely jejich proměření ve fotogrammetrii mají význam následující optické vlastnosti: kontrast, ostrost a prostorová rozlišovací schopnost.

- **Kontrast** - je to rozdíl mezi světlými a tmavými plochami. Obvykle se vyžaduje, aby se tóny měnily od bílé po sytě černou, nižší kontrast se naopak požaduje u snímků výrazně členitého reliéfu. Kontrast se dá upravovat i u analogových snímků.
- **Ostrost** - je to schopnost zachytit změnu kontrastu. Závisí na zaostření objektivu, průhlednosti atmosféry, optické dokonalosti přístroje. Jako hloubka ostrosti se označuje schopnost objektivu snímat ostře objekty, které nejsou ve stejné vzdálenosti.
- **Prostorová rozlišovací schopnost** - je to schopnost odlišit na snímku jakékoliv dva sousední objekty. Posuzuje se podle skutečné velikosti objektu, který lze na snímku ještě rozeznat při největším možném zvětšení. Závisí především na vzdálenosti, z níž se snímkovalo.. Rozlišovací schopnost závisí na optické kvalitě filmu, optickém systému, stabilitě nosiče, atmosférických podmínkách, na kvalitě zpracování filmu. U fotografií se rozlišovací schopnost měří počtem ještě rozpoznatelných čar na 1 mm šířky.



Obr. 2.8 Vzorníky pro určování rozlišovací schopnosti snímků

Rozlišovací schopnost (RS) se určuje pomocí vzorníků (obr. 2.8). Jedná se o sérii různě širokých tří bílých proužků oddělených stejně širokými mezerami. Rozlišovací schopnost je potom reciproká hodnota vzdálenosti dvou nejmenších čar, které lze ještě rozlišit pod mikroskopem - tedy počet čar na 1 mm. RS kvalitního panchromatického filmu pro letecké snímání dosahuje hodnot 100 -150 čar/mm. Infračerveného 30 80 čar/mm. Lidské oko rozliší 10 bodů na 1 mm šířky - tj. 5 čar. Speciální filmy pro pozemní fotogrammetrii mohou mít rozlišení až 50 čar/mm. Negativ má vždy vyšší RS jak pozitiv

Rozlišovací schopnost 50 čar/mm rovná se $1/50 = 0,02$ mm

Výše uvedené optické vlastnosti snímků a jejich optickou kvalitu mohou významně narušovat vnější vlivy:

Oblačné jasné skvrny - intenzivní odraz od okrajů kupovité oblačnosti a následné přezářením terénu.

Sluneční skvrna - světlá skvrna většinou na vodních plochách vznikající zrcadlovým odrazem slunečních paprsků přímo do objektivu kamery (obr. 2.9.). Na opačném konci vzhledem k hlavnímu bodu leží tzv. horká skvrna.



Obr. 2.9 Zrcadlový odraz části hladiny vodní plochy

Analogové letecké snímky ve fotogrammetrii

Ve fotogrammetrii se využívá analogových leteckých snímků ve všech třech formách: negativu, pozitivu či diapozitivu. Pro měřické účely je nejméně vhodný pozitiv, z hlediska přesnosti je lépe využít negativu či diapozitivu. Tyto formy nepodléhají v takové míře rozměrovým změnám a mají lepší rozlišovací schopnost. Proto je lze také pozorovat či na nich měřit při vícenásobném zvětšení. Negativ lze pozorovat s 15-ti násobným zvětšením, diapozitiv s 12-ti násobným. Černobílé pozitivy však pouze s 3-4 násobným a spektrozónální 2,5-3 násobným zvětšením. Zpracování pozitivu na matný papír ještě více degraduje prostorové rozlišení – výhodnější je papír lesklý.

Výhody a nevýhody snímků pořízených konvenčními postupy

Uvedené druhy snímků se vyznačují vysokou optickou kvalitou, jejich prostorová rozlišovací schopnost je někdy větší jak rozlišovací schopnost lidského oka, mohou tedy někdy zachytit i detaily nepostřehnutelné lidským okem. Mohou snímat spektrum v téměř dvojnásobném rozsahu než lidské oko. Lze je pořídit relativně rychle a ve srovnání s pozemním mapováním i levně. Oproti mapě jsou záznamem skutečnosti úplným, bez omylů, mohou sloužit ke kontrole map. Lze jimi sledovat dynamiku jevů.

K nevýhodám patří to, že je na nich špatně patrná vertikální členitost bez použití stereoskopie. Rostlinný kryt na barevných snímcích stírá plastický dojem. Fotografování je omezeno jen na denní dobu s jasným počasím a s osvětlením. Protože jsou většinou velkého měřítka, k pokrytí zájmového území je třeba značný počet snímků. Vertikálně členitý terén je podán zkresleně, v nestejném měřítku. Někdy jsou podstatné jevy utopeny v moři detailů. K jejich nevýhodám patří to, že rychle zastarávají a k jejich interpretaci je třeba výcviku.

Digitální fotografie

Může být vytvořena dvěma způsoby:

- přímo v digitální podobě (digitální kamerou)
- skenováním analogového obrazu

Digitální fotografie vzniká zaznamenáváním intenzity odraženého slunečního záření na velkém množství křemíkových čipů (CCD) citlivých na světlo. Tyto jsou uspořádány v řadě či v matici. Každý jeden čip zaznamenává intenzitu dopadajícího záření z určité elementární části snímaného obrazu a vytváří tzv. obrazový prvek (pixel). Počet CCD detektorů v matici či řadě a rozměr pixelu určují rozlišovací schopnost výsledného obrazového záznamu. V současné době již digitální fotografie dosahují geometrických kvalit fotografií klasických (viz. dále - digitální fotogrammetrie).