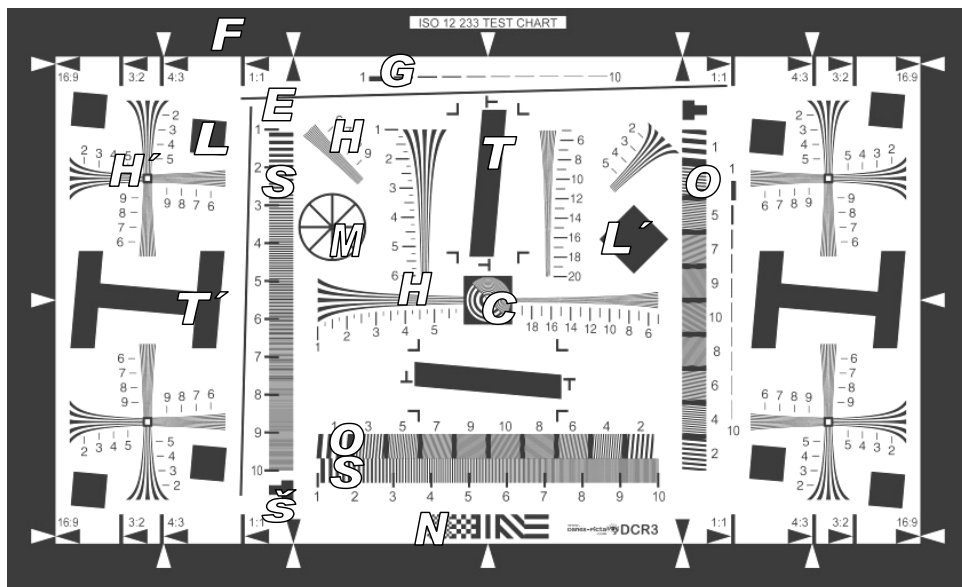


Odrzná tabulka DCR3 je měřicí pomůcka pro stanovení rozlišovacích možností a kvality kresby digitálních fotografických přístrojů. Tabulka je navržena pro fotografické přístroje do 2000 adresovatelných pixelů na výšku obrazu (cca 6M pixelů celkem). Při testování fotopřístrojů s vyšším rozlišením (do cca 24Mpix) transfokujete po zarámování tabulky tak, aby obraz zabíral jen 50% aktivních rádek a všechny hodnoty na tabulce násobte dvěma.

Tabulka je vyrobena na matném fotografickém papíru, s kontrastem 50:1 při nasvícení pod úhlem 45°. Pro kompletní analytické otestování fotopřístroje doporučujeme test podle DCR3 doplnit záběrem s šedou tabulkou 1890GC, barevnou tabulkou BST4D a šedým klínem OW20L.

Hodnocení rozlišovací schopnosti spočívá zejména ve stanovení

- **vizuálního rozlišení** udávaného v počtu čar na výšku obrazu (= lph)
- **limitního rozlišení** (v lph) při poklesu amplitudy na zvolenou hodnotu X% (relativně vůči amplitudě při nízké frekvenci). Amplitudou rozumíme rozkmit digitálních úrovní odpovídajících bílé a černé na tabulce. Příklad: Vizualní limitní rozlišení odpovídá takové frekvenci (lph), kde amplituda dosahuje 5% hodnoty amplitudy při 50 lph. Limitní rozlišení lze stanovovat pro různé kontrasty obrazu a různé poklesy amplitudy.
- **amplitudové odezvy** fotopřístroje jakožto funkce relativní vstupní prostorové frekvence, neboli SFR (spatial frequency response = odezva na prostorové frekvence). V praxi je výsledkem křivka závislosti výstupní odezvy na vstupní prostorové frekvenci. SFR se vypočítává z výstupních digitálních úrovní při zobrazování plynulých frekvenčních klínů "S" (viz obr.) pomocí linearizované ESF (edge spread function), jež popisuje rozptyl na hraně, tedy průběh signálu při zobrazování teoretické limitní ostré hrany). U digitálních přístrojů je situace komplikovaná skokovým průběhem signálu mezi pixely. Celý výpočet vyžaduje speciální softvérové vybavení a provádí se jen ve specializovaných laboratořích.
- míry (poměru) **aliasingu**. Aliasíngem rozumíme artefakty v obraze digitálního fotopřístroje vzniklé kombinací pravidelně opakovaných prvků obrazu s pravidelnou strukturou snímáče vzorkování fotopřístroje, s výrazným efektem při frekvencích vyšších než Nyquistova ($f_N = \text{dvojnásobek vzorkovací frekvence}$). Projeví se jako moaré (pro $f < f_N$) a jako nepravidelné schodování u hranových přechodů.



Hodnoty u rozlišovacích prvků (od 1 do 20) odpovídají stovkám čar na výšku obrazu. Příklad: rastr s označením 10 má tloušťku černých čar 1/1000 výšky obrazu, a to ovšem i v případě, že má čáry orientované na šířku obrazu.

Tabulka odpovídá normě ISO 12233 pro testování digitálních fotopřístrojů (www.iso.ch). Pro korektní využití tabulky DCR3 je třeba stanovovat SFR přesně podle normy. Vedle tabulky budete potřebovat i výkonný matematický software (kupř. Matlab) a zkušenosti s metrologií a matematickým hodnocením signálů.

Pro rychlejší hodnocení rozlišovací schopnosti digitálních fotopřístrojů doporučujeme namísto obtížného výpočtu křivky SFR využít volně přístupný program "ImageJ" (www.rsbl.info.nih.gov), který svojí funkcí "plot" převádí digitální úrovně obrazových bodů (0 až 255) do grafické podoby.

Programem lze z obrazů frekvenčních klínů "S" získat křivku amplitudové odezvy na prostorové frekvence. Svrchní obálka amplitudového průběhu je po znormování na hodnotu 1 při frekvenci 50 lph dobrou ilustrací rozlišovací schopnosti fotografického přístroje. Snadno lze také změřit limitní rozlišení fotopřístrojů.

TABULKA OBSAHUJE

- Černé orámování "F" a centrální ostřířecí prvek "C" pro základní nastavení fotografického přístroje,
- Hyperbolické rozlišovací prvky "H" (6 prvků ve třech směrech v centrální oblasti) a "H'" (4 kombinované sestavy v rozích) pro stanovení vizuálního rozlišení (okem podle monitoru),
- Plynulé frekvenční rastry "S" lze použít i pro stanovení limitního rozlišení a vjemu ostrosti (podle poklesu modulace na vyšších frekvencích)
- Ojedinelé čáry "G" lze využít i pro zhodnocení kresby detailů a softvérového zaostřování obrazu,
- Kolo "M" pro pozorování skenovacích nelinearit,
- Šachovnice "N" pro hodnocení kompresních artefaktů,
- Šikmé čáry "E" (tučné linky s odchylkou 1,5° od vodorovného a svislého směru) pro posouzení "schodování",
- Skupiny čar "O" (pásky ve vodorovném a svislém směru s čarami o 5° nakloněnými) pro měření poměru aliasingu,
- Měrné prvky L, L', T, T' pro měření funkce SFR. Pro tuto aplikaci je nutný speciální softvér.

INSTRUKČNÍ LIST TABULKY JE ZAMĚŘEN NA

- Stanovení vizuálního rozlišení
- Změření vizuálního a ostrostního limitního rozlišení
- Posuzování kresby
- Zjištění míry (poměru) aliasingu.

JAK S TABULKOU PRACOVAT

Uspořádání. Tabulku upevněte na svislou stěnu a rovnoměrně nasvětlete. Fotografický přístroj umístěte na stativ a tabulku zarámujte přesně na výšku podle špiček černých/bílých trojúhelníků u zarámování "F". Zaostřete podle středových kružnic "C". Nastavete vyvážení bílé. Expozici nastavte podle naší šedé tabulky 18GC.

Většina dílčích obrazců ("S", "O", "H", "E") je na tabulce umístěna ve více obrazových směrech (vodorovný, svislý, diagonální) a fotografický přístroj se hodnotí pro každý směr zvlášť. V Instrukčním listu se však zaměříme zejména na hodnocení ve směru vodorovném.

Rozlišovací schopnost (= nejvyšší přenesená prostorová frekvence v obraze) je na měrných obrazcích "A" až "D" uváděna ve stovkách "lph", tedy v počtu stovek obrazových linek (= bodů, pixelů) na výšku obrazu. Při měření v horizontálním směru (na šířku obrazu) se používá stejná metrika - lph, neboť poměr stran obrazu je různý podle typu fotografického přístroje. Celkové rozlišení (počet rozlišitelných pixelů po ploše obrazu) lze vypočítat jako součin hodnot lph v horizontálním a vertikálním směru, vynásobený poměrem stran (většinou 4/3 či 3/2).

Při testování měňte nastavení fotopřístroje: vyvážení bílé, clonu (minimální, optimální), čas i citlivost ISO a pozorujte změny. Rozlišení hodnotěte současně ve středu obrazu i v rozích (vliv optiky přístroje). Při změně ohniskové vzdálenosti objektivu buď upravte vzdálenost fotopřístroje od tabulky, nebo prostě změřte aktuální výšku tabulky na digitálním obraze, a úměrou přepočítávejte všechny hodnoty rozlišení uvedené na tabulce (na 2x zmenšeném obraze platí 2x vyšší hodnoty rozlišení).

Vizuální rozlišení se odečítá na hyperbolách "H" tam, kde na obraze (na monitoru či na tisku v dostatečném zvětšení) mizí jemná struktura čar. Obraců "H" je na tabulce šest - pro zůžné rozsahy rozlišení a pro 3 hlavní obrazové směry. Pro vizuální vjem je důležitější rozlišení vodorovné a svislé, rozlišení diagonální nemá být příliš nízké. Diagonální rozlišení někdy bývá i vyšší - záleží na prostorovém uspořádání pixelů na snímacím prvku a na souběhu vzorkovací frekvence snímače a prostorové frekvence na tabulce. Na obracích "H" je také pozorovatelná (a měřitelná) barevná aberace - fialové lemy na okraji bílých čar.

Pozor na falešná čtení vlivem aliasingu (interferenční proužky s jinou frekvencí, nežli odpovídá předložce).

Schopnost přenášet jemnou obrazovou kresbu (tedy rozlišovací schopnost a ostrost fotopřístrojů) je dána zejména kvalitou objektivu, počtem adresovatelných prvků, elektronickými obvody přístroje (kompresie, gama korekce, srovnání dílčích barevných obrazů do registru, ...), konstrukcí přístroje (úhel dopadu paprsku na světlocitlivý element). Kvůli vlivu objektivu (úbytek světla i ostrosti do rohu obrazu) je třeba porovnávat rozlišení ve středu obrazu a v jeho rozích.

Limitní rozlišení se měří poklesem amplitudy digitálního signálu na zvolenou úroveň. Udává se v lph, při kterých k danému poklesu amplitudy došlo. Na testovací předložce je světelná "amplituda" pro všechny lph stejná, odpovídající digitální úrovně však vykazují snížení amplitudy u vyšších frekvencí. Plnou amplitudu (100%) určujeme na větších černých a bílých plochách tabulky, nepraktičtěji u černých značek "Š" po okrajích rastrů "S" a "O".

Ostrovní limitní rozlišení odpovídá 50% poklesu amplitudy a koreluje s vjemem ostrovního obrazu.

Vizuální limitní rozlišení odpovídá 95% poklesu amplitudy a koreluje s vjemem ztráty kresby v obrazu.

Nástin postupu měření s programem ImageJ. Vyfotografovanou tabulku (jpg, tif) otevřete v programu ImageJ, nástrojem "čára" vyznačte celou délku (vodorovného) rastru "S", nejlépe v dolní části s tučnými čarami vyznačujícími frekvence, čáru táhněte až zleva od značky "Š" vedle rastru. Proveďte příkaz "plot" a dostanete graficky znázorněný průběh digitálních úrovní (0 až 255) podél čáry, kterou jste si vyznačili.

Křivka bývá dosti kostrbatá, protože přesně kopíruje úrovně na jednotlivých pixelech. V grafickém programu (CorelDraw, Illustrator, Callisto) si namodelujte obálku černých a bílých špiček vzniklé křivky. Naleznete na ose X frekvence, kde vzdálenost dosahuje 50%, resp. 5% vzdálenosti, změřené u plné plochy "Š". Tyto frekvence Vám kvantifikují horizontální "ostrost", resp. "kresbu" obrazu. Analogický postup opakujte pro i vertikální směr.

Kresbu detailů lze posoudit také podle ojedinělých černých čar "G". Nápadné zvýšení digitální úrovně na ojedinělých čarách oproti mírnějšímu vzestupu u shodné frekvence na rastru "S", je dáno zejména optikou přístroje. Srovnajte zvýšení u různých clon, porovnejte střed a okraj obrazu. Při vhodném zvětšení čáry na monitoru můžete na jejím okraji pozorovat softvérové doostřování.

Jpg komprese není bezztrátová a přispívá k degradaci obrazu. Obrazec "N" je testem míry degradace, neboť každý fotopřístroj komprimuje podle jiného algoritmu a vytváří jiné artefakty.

Na mírně nakloněných čarách "E" se sleduje míra zubovitosti hrany. Stupínky jsou způsobené jednak vlastní digitalizací (vzorkováním obrazu), jednak aliasingem. Na dobrém obraze jsou stupínky rovnoměrné, bez lemů.

Míra moaré způsobeného aliasingem u nízkých frekvencí (tzv. "Aliasing ratio") v oblasti, kde má fotografický přístroj ještě kresbu) se stanovuje na sadách mírně nakloněných čar "O". Černé obdélníky oddělují oblasti konstantních frekvencí.

Pomocí programu ImageJ zobrazte průběh digitálních úrovní po celé délce obrazce stejně, jako u stanovení limitního rozlišení. Bílé čáry shodné frekvence (vždy mezi dvěma černými obdélníky) nebudou mít vždy stejnou digitální úroveň. To je způsobeno aliasingem. Pro každou frekvenci lze z bílých a černých úrovní spočítat poměr rušivého aliasingu (Hodnotit má smysl pouze při frekvencích menších než f_N . Hodnoty přes 10 jsou již významné.):

Aliasing ratio = (maximální bílá úroveň - minimální bílá úroveň)/(bílá průměrná úroveň - černá průměrná úroveň).

Prezentace výsledků hodnocení fotografického přístroje je možná několika údaji:

1. Číselnými hodnotami vizuálního rozlišení (v lph) v horizontálním/vertikálním/diagonálním směru. Uvádět 4 sady rozlišení: v rohu a ve středu obrazu, vždy pro minimální clonu a pro clonu o 3 stupně přivřenou.
2. Vjemem ostrovního rozlišení (v lph) a limitním rozlišením (v lph) pro dva směry (horizontální/vertikální).
3. Tabulkou hodnot Aliasing Ratio pro frekvence od 100lph až do Nyquistovy frekvence (ztráta kresby), vždy pro horizontální a vertikální směr.

Dále je vhodné archivovat komprimované fotografie a uvést všechna relevantní data o záběrech: ohniskovou vzdálenost, clonu, kompresi, nastavení bílé, zdroj světla ad.

Vhodně zvolené detaily obrazu popíší kvalitu zobrazení lépe než slovo.

Tabulka je přesná měřicí pomůcka. Obměňujte ji pravidelně. Výrobce ručí za neměnnost parametrů 1 rok.