

Digitalizace fotografických předloh

Jan Hubička

Muzeum fotografie Šechtl a Voseček
Tábor

Obsah

- **Fotografické materiály:**
 - Rozlišení
 - Dynamický rozsah
- **Skenery:**
 - Základní typy
 - Efektivní rozlišení
 - Dynamický rozsah
 - Prokreslení filmového zrna
- **Nároky na digitalizaci v plné kvalitě**
- **Uložení digitálních fotografií**

Fotografické materiály

Efektivní rozlišení filmů

- Udáváno výrobcí už od 20. let
- Měřeno podle počtu čar na milimetr, které může film prokreslit při kontaktní kopii v ideálním kontrastu
 - Lze snadno přepočítat na digitální obdobu (počet bodů na palec: DPI)
 - Budeme uvádět rozlišení v DPI
- Zdroj: **Timothy Vitale, Image File Formats: TIFF, JPEG & JPEG2000.**

Efektivní rozlišení filmů

- Moderní černobílý negativ **8128 DPI**
- Moderní barevný film **5080 DPI**
- Běžný černobílý film **3912 DPI**
- Běžný pozitiv na papíře **200 DPI**
- Průměr černobílých filmů z roku 1940 kromě mikrofilmů **2590 DPI**
- Průměr černobílých filmů **3530 DPI**
- Průměr černobílých filmů 1970-2004 **6400 DPI**

Vliv čoček na rozlišení negativu

- Čočky jsou často limitující faktor procesu
 - Moderní optika pro 35mm snižuje rozlišení CCA o 25%
 - Optika velkého formátu cca o 40%
 - Optika velkého formátu z let 1890-1920 o 60-80%
- Optika většího formátu dosahuje horšího množství čar na palec; používá více skla

Efektivní rozlišení čoček

- | | |
|---|---------------------------|
| • Optika z let 1840-1930 | 20 lp/mm 900 DPI |
| • Průměrná optika | 40 lp/mm 2100 DPI |
| • Kvalitní optika velkého formátu | 60 lp/mm 3000 DPI |
| • Skvělá optika velkého formátu | 80 lp/mm 4200 DPI |
| • Schneider 150 APO Symmar
f5.6 na f8 | 100 lp/mm 5400 DPI |
| • Nikkor & Canon 50mm & 80mm
na f8, na stativu, pouze na filmu | 120 lp/mm |
| • Leica/Zeiss 35mm
a střední formát | 140 lp/mm |

Efektivní rozlišení kombinace čočka 80 lp/mm + film

- Barevný negativ **2170 DPI**
- Barevný diapozitiv **1620 DPI**
- Historický černobílý negativ **1700 DPI**
 - Velký formát **1024 DPI**
- Poválečný černobílý negativ **2100 DPI**
- Moderní černobílý negativ **2400 DPI**

**Digitalizace je doporučena vždy
na vyšším rozlišení
(přibližně dvojnásobku, pokud
je k dispozici)**



Knihkupectví ARNOŠTA PEŠLA.

2



Detail kolódiového negativu
6x8cm z roku 1877
rozlišení: 2400 DPI



Detail kinofilmu, 30. léta, 5400DPI



Rozlišení fotografických tisků

- Zvětšenina na moderním papíře 300-400DPI
- Kontaktní kopie 600-800DPI



Celek fotografického tisku z negativu 13x18 a detail v rozlišení 800DPI

Vizitka na slaném papíře, 1853, 2400DPI



Detail o velikosti 6mm

Vizitka na slaném papíře, 1853, 400DPI



Rozlišení použité v našem projektu

- Historické negativy (skleněné a nitrátové) **2400 DPI**
- Historické negativy s portréty (nad 13x18cm) **1200 DPI**
- Historické kinofilmy **5400 DPI**
- Negativy středního formátu **4000 DPI**
- Zvětšované pozitivy **400 DPI**
- Kontaktní tisky bez rastru **800 DPI**
- Vizitky a pozitivy s rastrem/strukturou **1200 DPI**

Dynamický rozsah filmů

- Měřeno jako poměr nejsvětlejšího DMIN a nejtmašího DMAX odstínu, udáváno v logaritmické stupnici o základu 10.
 - Nitrátový negativ: průměr 2.0-2.6, DMAX ale až 3.4-3.8d
 - Kinofilm kodak, 1943: 1.4-1.6d
 - Barevný diapozitiv: 3.2d
 - Kodachrom: 2.3d
 - Tisky na papíře max. 2.4d lesklé, 1.8 matné
- Rozsah může zvýšit retuš či poškození!
- Skener by vždy měl přesahovat odhadovaný dynamický rozsah originálu

Skenery

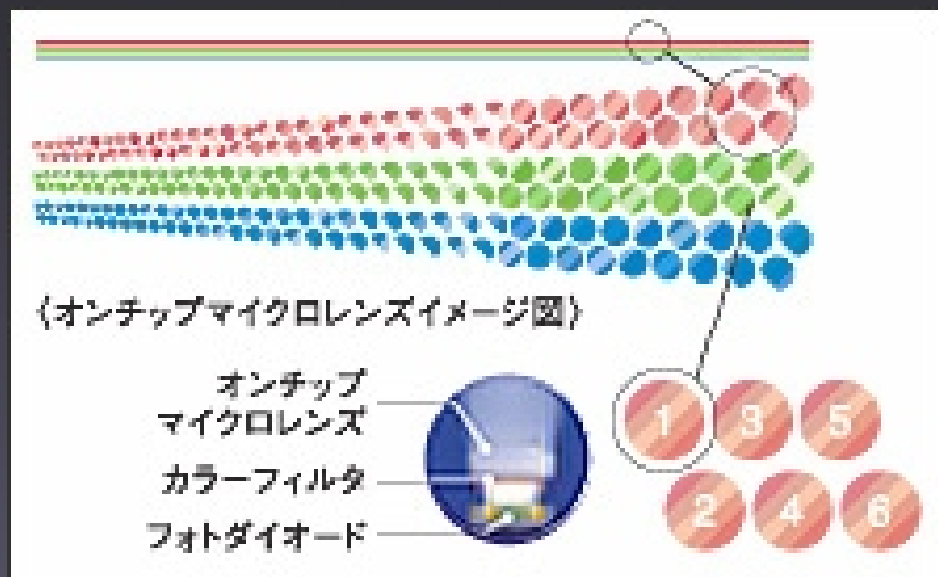
Základní typy skenerů

- Poloprofesionální stolní skenery
 - CCD snímače
 - Snímač šíře celého skeneru pohybující se jedním směrem
 - Každý snímací element má svou čočku
 - Epson, Canon, HP, Microtek, UMAX
- Profesionální stolní skenery
 - Snímače pohybující se ve všech směrech
 - Optika středního formátu, ostření.
 - Kodak (Creo), Fuji Lanovia, ...

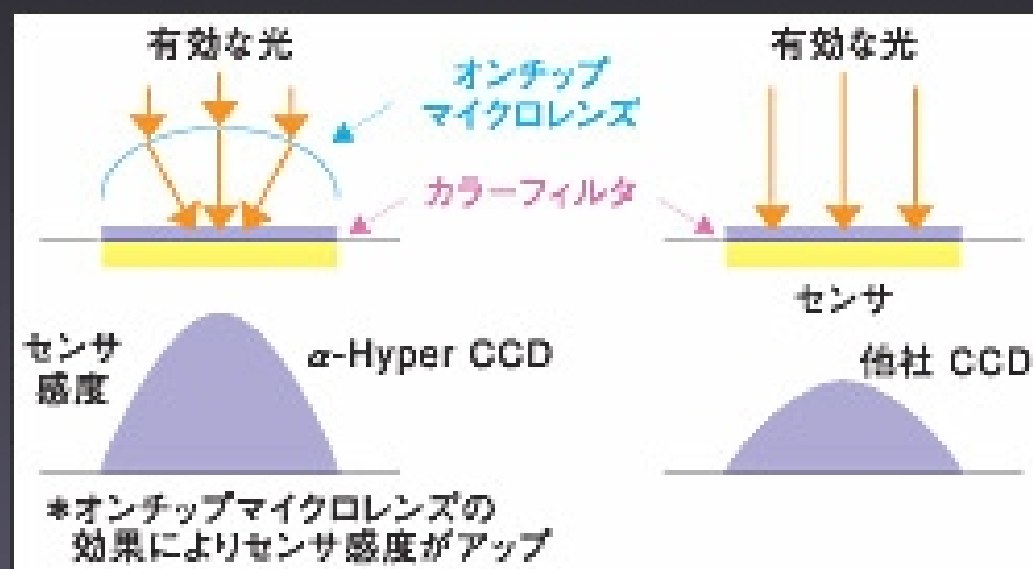
Epson V750



Konstrukce snímače ve skenerech Epson Perfection



α-Hyper CCD 構造イメージ図



α-Hyper CCD 受光量分布図

Fuji lanovia



Filmové skenery

- Základní princip stejný jako u stolních skenerů
- Méně univerzální konstrukce: omezení na maximální velikost filmu (35mm nebo střední formát)
- Odstraňují sklo z optické cesty (zdůrazňováno při marketingu, ale není to podstatné)
- Optika srovnatelná s profesionálními skenery
- Většinou se pohybuje film vůči snímači
- Nikon, Minolta, Microtek

Nikon coolscan 9000ED



Virtuální buben

- Pouze skenery Imacon/Hasselblad
- Film je upnut do magnetické planžety a skener skroutí film do válce, čímž jej vyrovná
- Robustní konstrukce podobná zvětšovacímu přístroji s rozptylovačem světla, kvalitním objektivem a CCD snímačem
- Nejrychlejší filmové skenery vůbec (řádově sekundy na sken v plné kvalitě)
- Starší modely mají příliš směrové světlo
- Nepodporuje odstraňování škrábanců

Imacon flextight



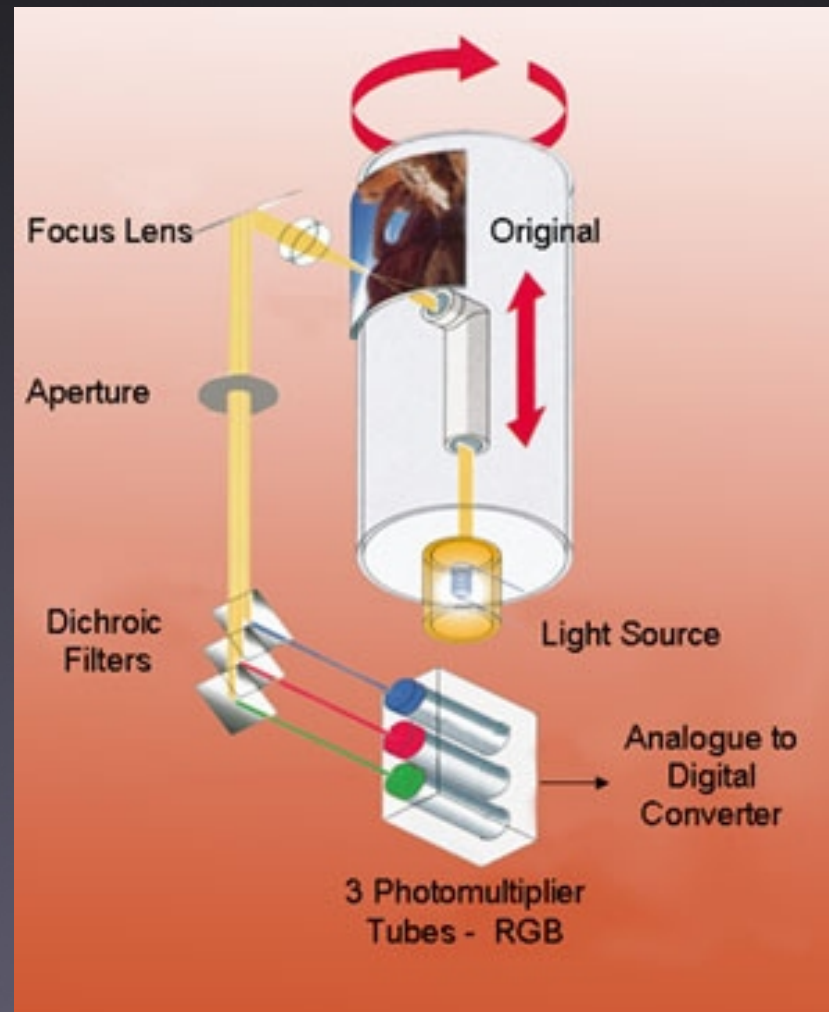
Bubnové skenery

- Filmové materiály se lepí na válcový buben
- Skener snímá jen několik bodů naráz pomocí laseru orientovaným pomocí zrcadel přes film do velkého snímače (MFT)
- Nej kvalitnější snímače vůbec. Optické rozlišení záleží na nastavení zrcadel. Kontrola nad šíří paprsku světla
- Skenování je pomalé, náročné na originál
- Bubnové skenery se dnes nevyrábí

Bubnový skener



Nákres bubnového skeneru



Přefotografování

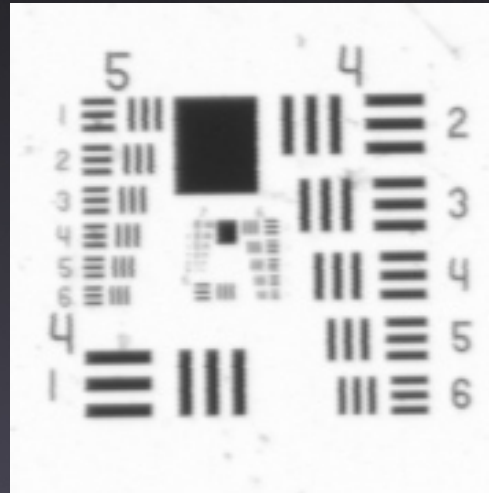
- Nejrychlejší a nejšetrnější forma digitalizace
- Existují digitální stěny s velkým rozlišením (cca 7000 pixelů šíře) s pojízdným snímačem (jako u stolního skeneru)
- “single shot” zadní stěny s rozlišením CCA 20MB
- Je potřeba volit kvalitní optiku a podsvit
- Kvalitní optika velkého formátu dosahuje 60-80lp/mm, tedy cca 3000-4000DPI.
- Rychlé a citlivé snímače generují větší množství šumu.

Rozlišení skenerů

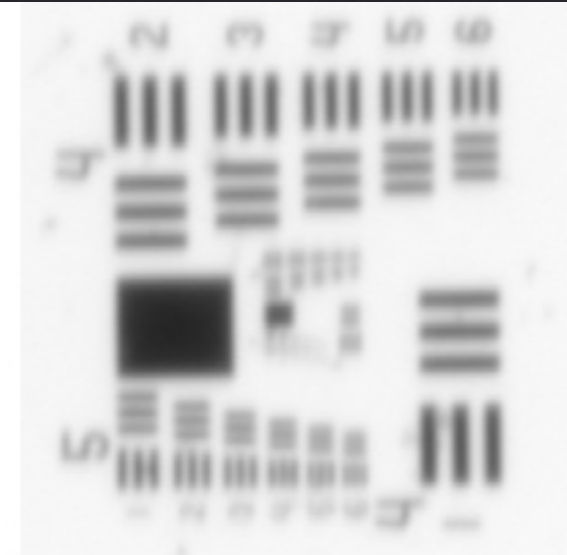
- Udáváno v počtu bodů na palec
- Výrobce většinou udává:
 - Optické rozlišení
 - Počet snímků na palec
 - Optika skenerů často nedosahuje slibovaných parametrů
 - Interpolované rozlišení
 - Naprosto nesmyslný parametr jak moc dokáže software obrázek zvětšit

Efektivní rozlišení

- Počítáno podle rodle počtu čar rozlišených na milimetr
- Lze snadno přepočítat na počet bodů na palec



Nikon LS-4000
4000dpi

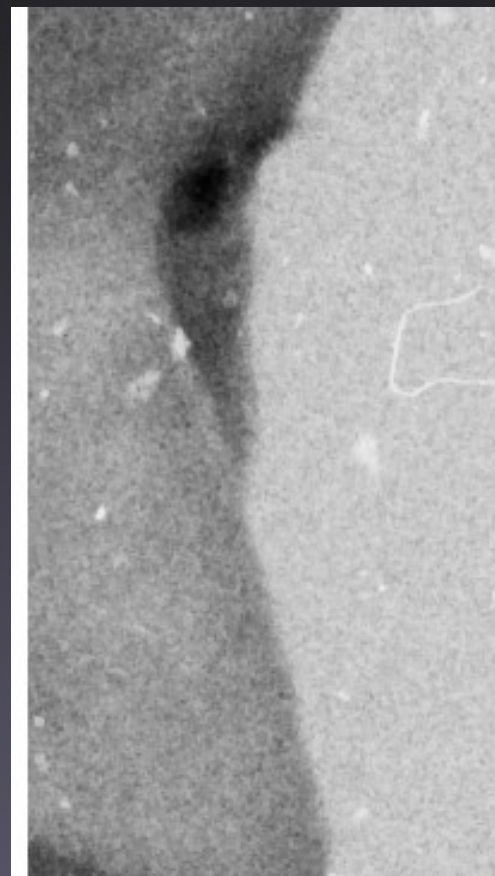


Epson 4870
4800dpi

Efektivní rozlišení 2000DPI



Efektivní rozlišení 5400DPI



Efektivní rozlišení

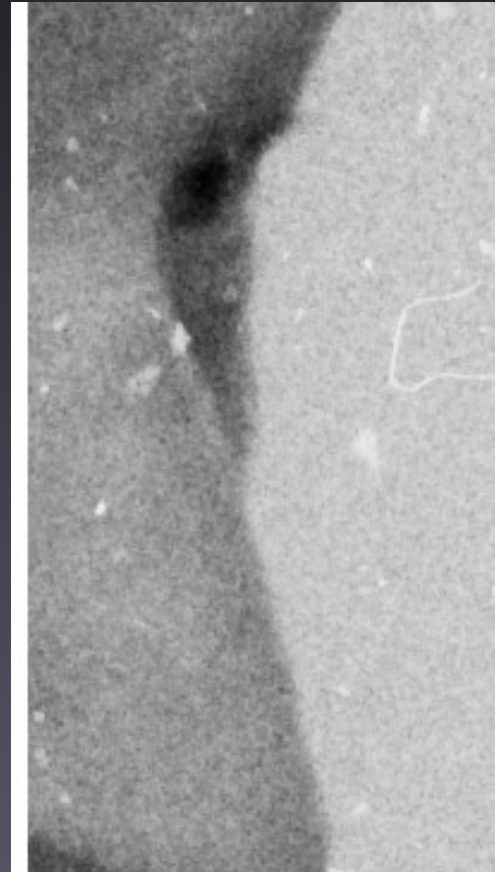
2000DPI

Digitálně doostřeno



Efektivní rozlišení

5400DPI



Efektivní rozlišení

- Přibližné hodnoty
 - Stolní skenery: **1800-2040 DPI** (Epson V750)
 - Profesionální stolní skenery: **4000 DPI**
 - Filmové skenery: **4000 DPI** (Nikon) **5400 DPI** (Minolta)
 - Virtuální buben: **4000 DPI** (Imacon)
 - Bubnové skenery: **>4000 DPI**
 - Přefotografovávání: max. **3000 DPI**

Bitová hloubka skeneru

- Počet bitů na pixel sejmutý D/A převodníkem
- Většinou buď 8, 12, 14 a nebo 16 bitů na kanál
24, 36, 42 nebo 48 bitů na pixel v RGB
- Více než 8 bitů hloubky je velmi podstatné pro digitalizaci negativů a diapozitivů
- Moderní skenery mají téměř vždy 16bitové převodníky
- Software je často omezený na 8 bitů výstupu

Dynamický rozsah

- DMIN je nejsvětlejší skenovatelná barva v logaritmické škále o základu 10
- DMAX je nejtmavší skenovatelná barva
- Dynamický rozsah: rozdíl mezi DMAX a DMIN ve fixní expozici.
- Výrobci často uvádí rozsah podle bitové hloubky: 2.4d pro 8 bitů, 3.6d pro 36 bitů, 4.8d pro 48bitů
- CCD převodníky nepřesahují 4.0d

Dynamický rozsah

- Měření dynamického rozsahu záleží na metodě, teplotě snímačů a dalších faktorech
- Výsledky publikované silverfastem:
 - Nikon LS-5000 3.53d, 4.24d s násobnou expozicí (výrobce udává 4.8d)
 - Epson Perfection 4990 a 700 3.11d, 3.33d s násobnou expozicí (výrobce uvádá 4.0d)
 - Největší rozsah dosahují bubnové skenery s MFT
- Omezující faktor hlavně pro barevné diapozitivy.

Orientační parametry běžných skenerů

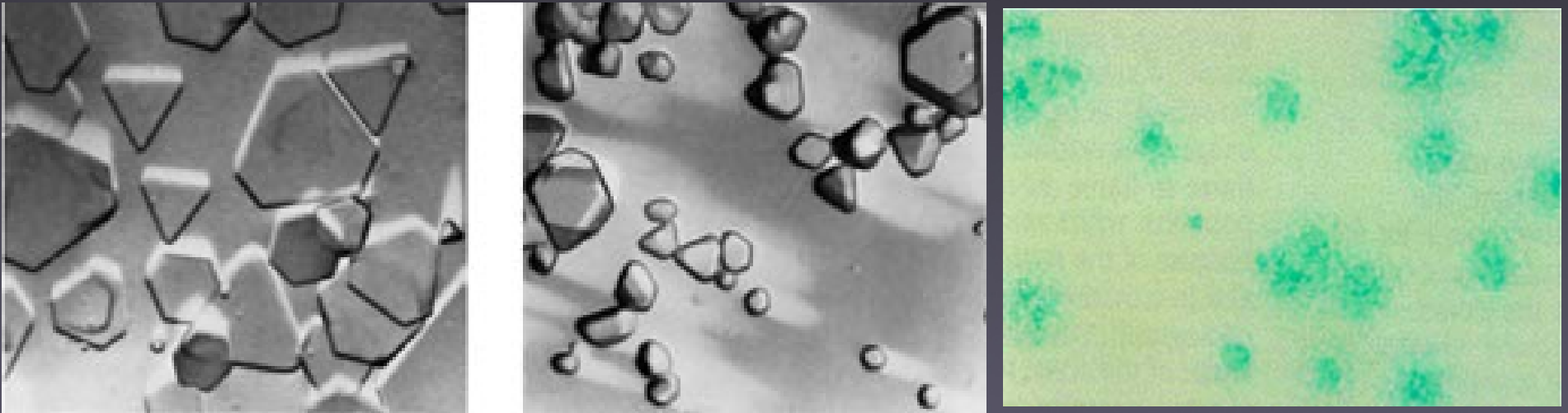
- Epson 4990: **1600-2000 DPI, 3.1d**
- Epson V750: **2000-2300 DPI, 3.1d**
- Canon 9950F: **1600 DPI**
- Microtek i900: **1400-1600 DPI**
- Microtek F1: **2000 DPI**
- Nikon Coolscan 9000ED: **3600-4000 DPI, 3.5d**
- Minolta DiMAGE 5400: **4600-5400 DPI**
- **Více na <http://www.filmscanner.info>**

Software pro digitalizaci

- Podstatné vlastnosti:
 - Kontrola nad expozicí
 - Uložení master souboru v nemodifikované podobě bez ztráty bitové hloubky
 - Podpora násobného skenování, expozice zvláště pro diapozitivy a negativy
 - Podpora tvorby ICC profilu skeneru
- U levnějších typů skenerů lze často dodávaný software nahradit programem vuescan či silverfast.

Prokreslení filmového zrna

- Filmové zrno je větší problém u bromostříbrných předloh než u barevného filmu



Prokreslení filmového zrna

- Zrno v emulzi i škrábance rozptylují světlo
- Bubnové skenery a některé filmové skenery používají směrové světlo a v tomto případě “oslepnou”
 - Kinofilmové skenery Nikon Coolscan jsou extrémně směrové!
 - Většina skenerů používající LCD jako zdroj světla
 - Směrové světlo zvyšuje rychlost skenování a hloubku ostrosti
- Některé skenery omezují vliv rozptýleným světlem
 - Stolní skenery často používají rozptýlené výbojky
 - Minolta 5400 obsahuje volitelnou matnici (není v modelu Minolta 5400-II)
 - Pro Nikon a Minoltu je dostupný rozptylovač Scanhancer.
 - Flextight od modelu 948 obsahuje rozptylovač světla

Nikon Coolscan IV, Kodak Nitrate, CCA 1940



Minolta DiMAGE 5400, Kodak Nitrate CCA 1940



Prokreslení filmového zrna

- Alternativní metoda je wet mounting:
film se ponoří do “oleje” přibližně stejné hustoty jako je emulze. Omezí se tím rozptyl světla.
 - Téměř nutné pro digitalizaci na bubnovém skeneru
 - Existují solventy které nezanechávají reziduum. Tim Vitale je doporučuje I pro nitrátové filmy
 - Stanice pro wet mounting jsou dostupné pro stolní skenery Epson 750Pro, profesionální stolní skenery I pro skener Nikon Coolscan 9000 ED.

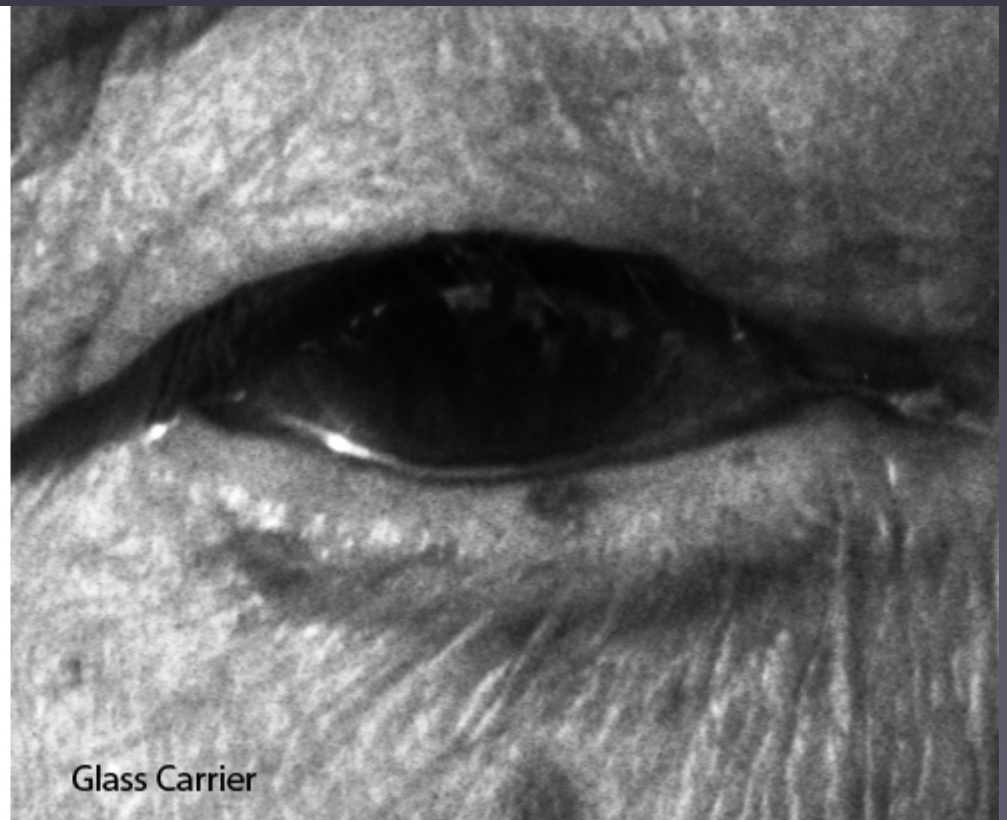
Wet mount na Epsonu V750



Nikon Coolscan 900



Wet Mount



Glass Carrier

Prokreslení filmového zrna

- Na bubnovém skeneru lze ovládat aperture, šíří paprsku skenujícího negativ. Širší aperture redukuje ostrost a snižuje vliv zrna
- K dispozici jsou i softwarová řešení, zejména NoiseNinja a NeatImage. Nenahradí ale kvalitní sken.

Automatické retušování

- Technologie Digital ICE používá infračervený sken pro detekci škrábanců
- Běžné barevné diapozitivy a filmy jsou v infračerveném světle průhledné a jsou vidět nečistoty
- Neplatí o černobílých filmech a částečně o Kodachromu: stříbrná zrnka jsou neprůhledná v infračerveném světle.

Odstraňování škrábanců



- Bez

Software

Digital ICE

Kalibrace barev

- Problémy:
 - CCD snímače nejsou lineární
 - Spektra filtrů ve skeneru neodpovídají vnímání lidského oka ani spektrům jednotlivých složek filmů
 - Zdroj světla ve skeneru neodpovídá dennímu světlu, stárne a není stabilní
- Dochází tak k netriviálním barevným posunům závislým na daném skeneru a na typu skenovaného materiálu
- Problém nejde odstranit jednoduchou manipulací s výsledkem ve photoshopu
- Kalibrace barev je podstatným krokem při digitalizaci všech barevných předloh

Kalibrační terčíky



Kalibrace barev

- Terčík IT-8 obsahuje vzorky jednotlivých barev na daném materiálu.
- Dodávané CD obsahuje přesné údaje proměřené na daném terčíku
- Skenovací program může spočítat převod z barevného prostoru skeneru
- Kvalita profilu závisí na kvalitě implementace kalibrace, na typu terčíku atd.
- Kalibraci je nutné čas od času opakovat
- Levný zdroj relativně kvalitních terčíků na množství materiálů: **Wolf Faust**, <http://www.coloraid.de>

Profil skeneru od výrobce



Profil skeneru od výrobce



Náročnost digitalizace na originál

- Poškození světlem
 - Podle studia Tima Vitale, množství světla u CCD skenerů odpovídá 1-15 luxhodinám, 1-2% denní dávky světla při vystavení v muzeu. Studená katoda vydává 0.7-2.4% UV světla.
 - Bubnové skenery jsou nejnáročnější, fotografování s fleší nejméně náročné
- Poškození teplem
- Poškození otřesy
- Mechanické poškození při manipulaci s originálem
 - Umístění skroucených filmů do držáku bývá náročné. Negativy se často skenují emulzí dolů.
 - Negativy s uvolněnou emulzí lze skenovat obráceně.
- **Skenování na stolním i filmovém skeneru je přijatelné u většiny originálů. Je vhodné minimalizovat počet skenů.**

Nároky na digitalizaci v plné kvalitě

Doba digitalizace

- Stolní a filmové skenery:
 - Deska 18x24cm, Epson Perfection 4990, 2400 DPI, CCA 8 minut
 - Kabinetka, Epson Perfection 4990, 1200DPI, CCA 20 sekund
 - Negativ 6x6cm, Nikon Coolscan 9000, 4000 DPI, CCA 5.5 minuty
 - Diapozitiv 6x7, Nikon Coolscan 9000, 4000 DPI, CCA 6 minut
- Skenování na skeneru Flextight či s digitální zadní stěnou trva řádově sekundy
- Celková doba digitalizace s očištěním, skenováním, přidáním do databáze je CCA 20 minut.

Velikost výsledných souborů

- Černobíle, JPEG2000 bezztrátově
 - Kinofilm, 5400DPI: 50-60MB
 - Negativ 13x18cm, 2400DPI: 230-290MB
 - Negativ 18x24cm, 2400DPI: 430-450MB
 - 6x6 film, 4000DPI, 130-170MB
- Úspora bezztrátového JPEG2000 vůči TIFF cca 30-40%
- Ztrátová komprese JPEG2000 při 98% kvalitě použita pro vše ostatní, úspora CCA 98%

Základní procedura digitalizace

- Co je nutné rozhodnout během skenování
 - Očištění originálu
 - Rozlišení skenu, režim digitalizace
 - Doba expozice
 - Zaostření skeneru
 - Výřez obsahující celý originál a okraje
- Co není nutné
 - Vývážení gradace a barev
 - Digitální dostření
 - Digitální redukce šumu
- Použití software podporující uložení nemodifikovaného obrazu v plné kvalitě výrazně snižuje pravděpodobnost chyb

Kontrola kvality skenů

- Kontrola kvality skenu na monitoru je možná jen do určité míry
 - Nízké rozlišení neumožňuje posoudit množství šumu a zrna
 - 8bitů přenosu nezobrazí úplnou informaci o odstínech na skenu
 - Expozici a barevnou věrnost lze posoudit z obrazů v nízkém rozlišení.
- Je vhodné pravidelně pořizovat zvětšeniny a tisky z archívu
- Je nutné namátkově kontrolovat výsledné soubory pro problémy s expozicí, mechanické poruchy skeneru, kalibraci barev, čistotu skenů

Příklady problémů v našem projektu

- Po určité době si skenerista ušetřil práci a přestal dělat náhledy před skenem u stejně velkých negativů: problémy s expozicí
- Náraz do stolu posunul desku ve skeneru
- Problémy s rovností filmů ve flmovém skeneru Minolta 5400
- Špatně volené výřezy neobsahující celý originál
- Některé negativy přesahují velikost skeneru
- Nová verze programu pro zpracování formátu TIFF obsahovala chybu a zahazovala horních 8 bitů u 16-ti barevných souborů: ztráta CCA 300 skenů
- Problémy s expozicí u rozbitých a nebo krytých negativů
- Archív na DVD byl přesunut pod střešní okno (ztráta CCA 200 DVD)

Uložení digitálních fotografií

Uložení digitálních fotografií

- Master soubory s minimální úpravou
 - Nutný plán pro dlouhodobou migraci
 - Otevřené formáty (bez závislosti na daném výrobci).
 - Podpora 16 bitů hloubky a barevných prostorů
 - Je doporučena bezztrátová komprese: umožňuje snadnou migraci na nové algoritmy. Migrace z jednoho ztrátového algoritmu na nový zvětšuje ztrátu.

Nejčastější formáty

- TIFF

- De-facto otevřený standard pro digitální formáty
- Nejrozšířenější formát vůbec
- Nekvalitní podpora komprese (dnes alespoň bez patentů)

- JPEG2000

- Moderní formát s kvalitní kompresí (bezztrátově cca 1/3 velikosti, ztrátově až 1/100 bez znatelných artefaktů)
- Odolnost vůči poškození, rychlé nahrávání v nízké kvalitě
- Špatná podpora v běžných programech pro zpracování obrázků

Problematické formáty

- RAW
 - Ukládá data z digitálních fotoaparátů bez ztráty informace
 - Závislý na výrobci a proto nevhodný pro archivaci. Zajímavé alternativy jsou RAW-TIFF v programu vuescan a DNG (“univerzální raw”) firmy Adobe.
- JPEG
 - Nepodporuje 16 bitů hloubky
 - Ztrátová komprese se zastaralým algoritmem

Uložení digitálních dat

- Digitální nosiče mají živostnost cca 5 let a technologie zastarává. (dnes nemáme zařízení pro čtení 20 let starých datových nosičů)
- Digitální data umožňují neomezenou migraci s nosiče na nosič. Pravidelná migrace na moderní nosiče je tedy řešením.
- Cena uložení 1MB dat se sníží na 1/10 přibližně za každé 4 roky. Uložení fotografií ve vysokém rozlišení tedy nepředstavuje neřešitelný problém
- Zastarávání formátů vyžaduje migraci na nový formát přibližně jednou za 10-20 let.
- Správa digitálních archívů není příliš drahá ale vyžadují stálou péči.

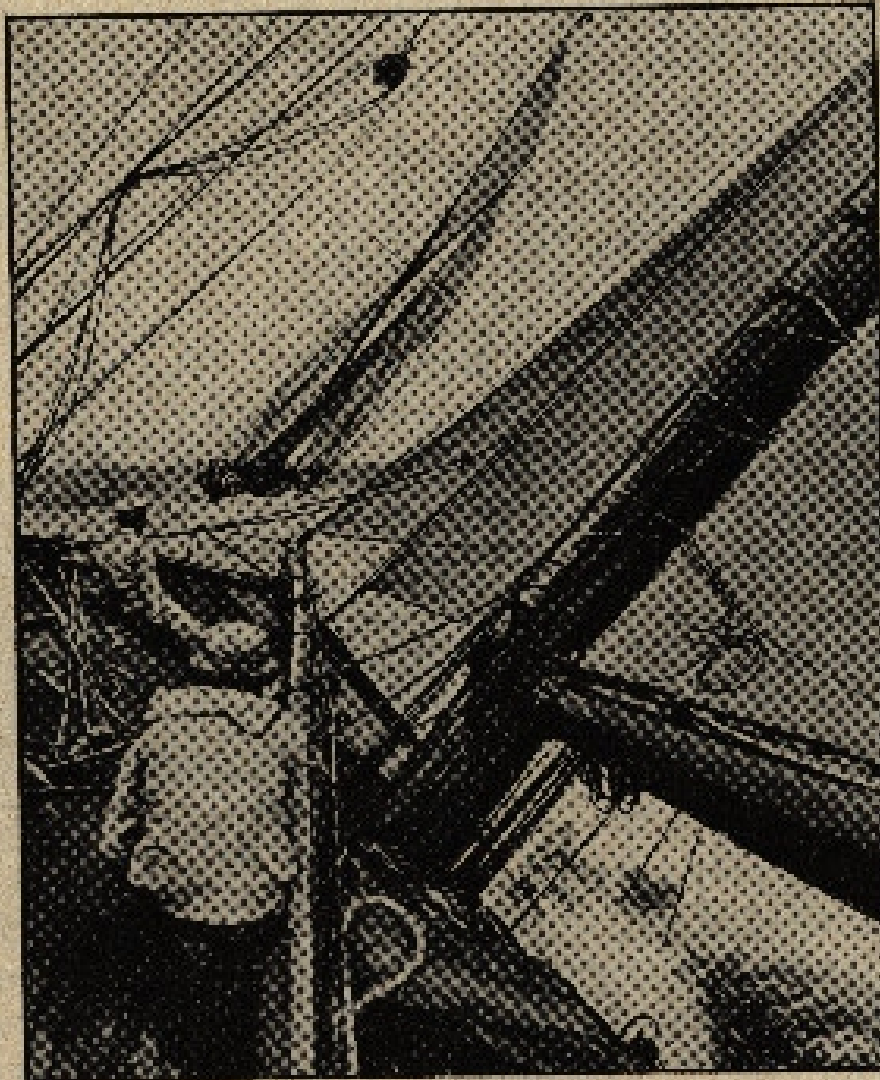
Konec...

Digitalizace problematických předloh

Rastrové předlohy

- Rastrové předlohy je vhodné digitalizovat na efektivním rozlišení skeneru
- Při použití nižšího rozlišení dojde k sečtení rastrů a výsledek je rastrovitější než originál. Navíc se omezuje množství polotónů.

Rastrový tisk, 100DPI



Britské závody v plachtění.

Rastrový tisk, 100DPI



Britské závody v plachtění.

Rastrový tisk, 2400DPI



Britské závody v plachtění.

Digitalizace autochromu

- Autochrom je rastrový materiál
- Zrno je jmné (4000DPI), skenujeme ale shluky zrn.
- Fotografie sice nebývají kontrastní, ale jednotlivé části rastru ano (zejména v červené barvě)
- Postup digitalizace:
 - Sken v efektivním rozlišení skeneru
 - Převod z profilu skeneru do wide gammut RGB (které zachycuje kontrastní barvy)
 - Digitální redukce zrna (Noise Ninja)
 - Převod do Adobe RGB a nebo výsledného prostoru tiskárny.

Digitalizace negativů Orwo

- Negativní materiál orwo má světle žlutou podložku
- Skenery exponují pro běžnou podložku a přeexponují modrou a zelenou
- Je vhodné skenovat Orwo negativy jako diapozitivy a převádět na negativ ručně
- Expozice diapozitivů se ale liší od expozice negativů. Autor programu Vuescan přidal funkci pro ruční ovládání analogového zesílení kanálů.

Digitalizace rozbitých a retušovaných negativů

- Rozbité negativy a negativy s uvolněnou emulzí lze skenovat přímo na skle emulzí nahoru
- Je vhodné redukovat přesvit ve skeneru zakrytím velkých ploch bez negativu
- Algoritmus pro automatickou expozici je třeba potlačit a nebo exponovat na nepoškozenou část emulze
- Retuš také zmate algoritmus pro automatickou expozici

Skenování chemicky zbarevených negativů

- Organické barvy bývají průhledné v infračerveném světle.
- Sken v infračerveném světle je často čistší
- Vuescan umožňuje použít infračervený sken



Přeexponovaný a nepřeexponovaný sken

