

Odhad kvality fotografických materiálů a metody jejich digitalizace

Jan HUBIČKA

ANOTACE: V článku diskutujeme o základních otázkách spojených s digitalizací fotografických materiálů – co od digitalizace očekávat a jak je možné zdigitalizovat fotografii co nejlépe. Uvedeme přehled základních metod určení množství informace na fotografii. Shrňme vlastnosti digitalizačních zařízení a popíšeme několik praktických příkladů digitalizace fotoarchiválií v muzeu Šechtl a Voseček.

K digitalizaci historických fotografií je mnoho důvodů. Mezi ty nejčastější patří:

1. nutnost vytvořit digitální katalog sbírky s náhledy vlastních fotografií;
2. reprodukce fotografií v tisku;
3. potřeba zaznamenat aktuální stav fotografie pro pozdější zhodnocení stárnutí fotografie;
4. příprava novodobých fotografických zvětšenin digitální cestou;
5. ochrana originálu: omezení nutnosti manipulace s originálem a zachování jeho informační hodnoty v případě poškození nebo zničení.

Každý z důvodů klade jiné nároky na kvalitu digitalizace. Pro potřeby katalogu stačí malé náhledy pořízené digitálním fotoaparátem ve formátu JPEG. Pro publikační účely je zvykem připravovat skeny umožňující reprodukci fotografie v původní velikosti, stačí skenovat obrazovou část originálu a skeny černobílých fotografií lze uložit do odstínů šedi. Pro preventivní konzervaci je naopak třeba co nejpřesněji zaznamenat barevné odstíny originálu a zaznamenat i neobrazovou část, aby později bylo možné porovnat aktuální stav fotografie se skenem a zhodnotit její stárnutí. Pro velkoplošné zvětšeniny je zase podstatné digitalizovat ve vysokém rozlišení a zachytit co nejvíce detailů originálu.

Různé motivace k digitalizaci i stále se vyvíjející technika často vedou k nutnosti digitalizaci opakovat. V 90. letech nebylo praktické uložit digitální fotografie v plném rozlišení, jelikož dostupná úložiště nebyla dost velká a zpracování fotografií by bylo neúnosně pomalé. CCD snímače, na kterých je založena většina digitalizačních zařízení, zdaleka nedosahovaly kvalit filmových materiálů. Tato situace se zásadním způsobem změnila. Dnes je možné i praktické vytvořit digitální kopie fotografií tak, aby zachytily v podstatě veškerou obrazovou informaci originálu. Moderní digitalizace by tedy měla usilovat o digitální kopie původních fotografií v takové kvalitě, aby vzniklo

Tab. 1. Rozlišení fotografických materiálů⁶

Materiál	Počet čar na milimetr	Odpovídající digitální rozlišení ⁷
Barevný negativní film	64 lp/mm	3 240 ppi
Barevný diapozitiv	53 lp/mm	2 683 ppi
Běžný černobílý film	84 lp/mm	4 282 ppi
Běžný černobílý film z roku 1940	57 lp/mm	2 900 ppi
Běžný černobílý film z roku 1970	89 lp/mm	4 525 ppi
Běžný moderní černobílý film	126 lp/mm	6 400 ppi

plnohodnotné digitální faksimile originální analogové předlohy a digitalizaci už nebylo nutné (až na velmi speciální případy) opakovat.¹

1. Množství informace na fotografii

Parametry digitalizace musí vycházet ze skutečného množství obrazové informace daného originálu. Při jeho stanovení se můžeme opřít o vynikající studii o rozlišení historických fotografií T. J. Vitale² a odhadnout rozumnou horní mez kvality fotografie podle dostupných informací o materiálu, datu pořízení snímku a vlastnostech použitého fotoaparátu.

Rozlišení fotografického negativu a diapozitivu

Přibližně od roku 1935 přední výrobci fotografických materiálů uvádějí údaje o počtu čar na milimetr (*line pairs per millimeter, lp/mm*),³ který daný materiál dokáže prokreslit. Tento údaj se měří přímým kopírováním testovacího terče v laboratorních podmínkách a vypovídá o jemnozrnnosti materiálu.⁴ Lze z něj přímo určit rozlišení digitalizace tak, aby i digitální kopie bezpečně prokreslila stejný počet čar. Potom můžeme mít jistotu, že zaznamenáváme dostatek detailů.

V tabulce 1 uvádíme rozlišení nejčastějších fotografických materiálů. Rozlišovací schopnosti moderních materiálů jsou uváděny výrobcem.⁵

Tato tabulka sice poslouží pro určení horní meze pro digitalizaci, ale není příliš praktická.

■ Poznámky

1 Federal Agencies Digitization Initiative (FADGI) – Still Image Working Group, *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files*, 2010; dostupné on-line na http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/FADGI_Still_Image_Tech_Guidelines_2010-08-24.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016; Timothy J. Vitale, *Digital Imaging in Conservation: Cameras*, 2005, dostupné na <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/emg/library/pdf/vitale/2005-07-vitale-digital-imaging.pdf>, vyhledáno 1. 2. 2016; Idem, *Notes on Digital Documentation*, 2005, http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/emg/library/pdf/vitale/2005-06-21-digital-documentation_001.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.

2 Timothy J. Vitale, *Estimating the Resolution of Historic Film Images: Using the Resolving Power Equation (RPE) and Estimates of Lens Quality*, 2009, dostupné na http://vitaleartconservation.com/PDF/estimating_historic_image_resolution_v9.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.

3 Párem čar se zde rozumí dvojice bílá, černá.

4 Problémem měření tohoto údaje je subjektivnost rozhodování, kdy jsou ještě čáry viditelné. Bylo proto později nahrazeno přesnějším měřením funkce MTF (*Modulation Transfer Function*). MTF křivky však nejsou dostupné pro historické materiály.

5 Jonathan M. Sachs, *DoF 4.0 – A Depth of Field Calculator*, 2016, dostupné on-line na http://www.dl-c.com/DoF/DoF_Reference_Manual.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.

6 Dle Vitale (pozn. 2), s. 14–15.

7 Rozlišení digitálních zařízení se většinou uvádí v počtu bodů na palec (*Dot per Inch, dpi*), případně pixelů na palec (*Pixels per Inch, ppi*). Převod analogového rozlišení

Dosažení kvalitního skenu v rozlišení 5 000 ppi a více je nesmírně obtížné. Naštěstí uvedených rozlišovacích schopností lze dosáhnout pouze při přímém kopírování v optimálních (laboratorních) podmínkách. Běžné fotografie jsou pořízené fotoaparátem, kde kvalitu ovlivňuje použitý objektiv.

Stejně jako u fotografických materiálů, i u objektivů lze určit maximální počet čar na milimetr vykreslený jeho optikou.⁸ Rozlišovací schopnosti objektivů záleží na jejich typu, konstrukci, druhu skla, potahování čoček speciálními vrstvami a dalších vlastnostech. Zjednodušeně lze říci, že kvalita obrazu klesá s množstvím skla, kterým musí světlo projít. Záleží i na kvalitě použitého skla a určení objektivu (objektivy pro kinofilm či mikrofilm prokreslí mnohem více čar než objektivy pro střední a velký formát, zoomovací objektivy mají horší kresbu než srovnatelně kvalitní objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností).

Při digitalizaci většinou neznáme typ objektivu použitého k pořízení fotografie. V tabulce 2 se tedy omezíme jen na parametry objektivu patrné z vlastního negativu a datace jeho pořízení.

Pomocí tabulek 1 a 2 lze snadno určit realistické meze pro rozlišení moderních fotografií (barevných diapozitivů, negativů i černobílých negativů).⁹ Vlastní digitalizace by pak ale měla probíhat alespoň na jeden a půl až dvojnásobku určeného rozlišení. (Přesné rozlišení záleží také na schopnostech digitalizačního zařízení.) Získáme tím dostatečnou rezervu pro možné chyby odhadu rozlišení a také pro oddělení obrazové informace od dalších vad (například škrábanců, prachu a dalších poškození originálu).

Nejdůležitější je odhad rozlišení černobílých negativů. Ty jsou nejkvalitnější a vyrábějí se nejdéle a existuje jich bezpočet typů. Při digitalizaci historických černobílých negativů lze efektivní rozlišení originálu odhadnout podle roku jeho vzniku a očekávané kvality optiky za použití tabulky 3, která zaznamenává vývoj kvality filmových materiálů v čase.

Uvedme několik praktických příkladů odhadů efektivního rozlišení fotografií z archivu Šechtl a Voseček:¹⁰

1. *Skleněné negativy formátů 9 × 13 cm až 24 × 30 cm z let 1870–1940 (obr. 1)*

Při digitalizaci velkoplošného skleněného negativu 13 × 18 cm z roku 1940 lze podle tabulky 3 očekávat efektivní rozlišení fotomateriálu vyrobeného v tomto období cca 2 900 ppi. Vzhledem k tomu, že byl film pořízen fotoaparátem s tehdejší optikou velkého formátu, lze podle tabulky 2 očekávat pokles kvality přibližně o 65 %. Skutečné rozlišení fotografického obra-

Tab. 2. Ztráta kvality podle použitého formátu a objektivu¹¹

Ztráta rozlišení	Způsob pořízení fotografie
25 %	moderní film 35 mm s použitím výborného objektivu (100 lp/mm)
40 %	běžný film malého formátu z let 1940–1970 s použitím výborného objektivu
40 %	moderní film malého formátu s použitím běžného objektivu
40–60 %	film velkého formátu z let 1890–1970 s použitím průměrného objektivu (40 lp/mm)
50–60 %	moderní film velkého formátu s použitím výborného objektivu (60 lp/mm)
50–70 %	film s velmi velkým rozlišením s použitím výborného objektivu
55–70 %	moderní film s velkým rozlišením (5 000–7 000 dpi) s použitím dobrého objektivu (80 lp/mm)
60–70 %	běžné moderní filmy s použitím průměrného objektivu (40 lp/mm)
60 %	velkoformátový film (kromě raného svítkového) z let 1890–1930 s použitím průměrného objektivu
60–70 %	film nebo skleněný negativ z let 1890–1930 s použitím libovolného tehdy dostupného objektivu
60–80 %	velkoformátový film nebo skleněný negativ z let 1875–1900 s použitím průměrného objektivu (10–20 lp/mm)
60–90 %	moderní velkoformátový film s použitím průměrného velkoformátového objektivu

Tab. 3. Odhadované rozlišení černobílého negativu podle roku pořízení¹²

Rok pořízení fotografie	Efektivní rozlišení	Ztráta kvality 25 %	Ztráta kvality 40 %	Ztráta kvality 50 %	Ztráta kvality 60 %	Ztráta kvality 70 %
1940	2 900 ppi	2 175 ppi	1 740 ppi	1 450 ppi	1 160 ppi	870 ppi
1945	3 100 ppi	2 325 ppi	1 860 ppi	1 550 ppi	1 240 ppi	930 ppi
1960	3 735 ppi	2 801 ppi	2 241 ppi	1 868 ppi	1 494 ppi	1 121 ppi
1975	4 525 ppi	3 400 ppi	2 715 ppi	2 260 ppi	1 810 ppi	1 358 ppi
1990	5 450 ppi	4 088 ppi	3 270 ppi	2 725 ppi	2 180 ppi	1 635 ppi

zu, zaznamenaného na tomto negativu, je tedy asi 1 015 ppi. Digitalizace by měla probíhat zhruba na rozlišení dvojnásobném, tedy asi 2 030 ppi. Sken negativu 13 × 18 cm v tomto rozlišení má 150 megapixelů a uložený se šestnáctibitovou hloubkou RGB bez komprese zabere 900 MB. Tato velikost se sice může zdát příliš vysoká, ale jedná se o cenné historické fotografie, které byly pořízeny profesionální technikou. Protože jsme skutečné rozlišení fotografie násobili dvěma, skutečná kvalita těchto negativů by měla dosahovat ekvivalentu ostré digitální fotografie s rozlišením $150/4 = 37$ megapixelů.

Stejně parametry lze doporučit i pro sbírky starších skleněných negativů a negativů na filmové podložce alespoň 13 × 18 cm. Informace o skutečném rozlišení starších materiálů sice nejsou k dispozici, ale podle zkušenosti autora datace pořízení skleněného negativu příliš neovlivňuje kvalitu kresby a i fotografie z 80. let 19. století mohou být velmi precizní.

2. *Kinofilmy Josefa Jindřicha Šechtla z let 1928–1950 (obr. 2)*

Za horní mez rozlišení těchto filmů lze považovat hodnotu 3 100 ppi (údaj v tabulce 3 pro rok 1945). Vzhledem k tomu, že užitý fotoaparát Leica používá optiku malého formátu, činí

ztráta kvality přibližně 40 %. Faktickou horní mezí rozlišení obrazů na těchto kinofilmech je tedy rozlišení přibližně 1 860 ppi. Digitalizovat bychom měli ve dvojnásobném rozlišení, přibližně 3 720 ppi. Sken v této kvalitě dosáhne velikosti přibližně 18 megapixelů. V případě kinofilmů lze ale doporučit digitalizaci v rozlišení

■ Poznámky

uvedeného v počtu čar na milimetr do digitálního uvedeného v počtu pixelů na palec (ppi) tak snadno provedeme převodem milimetrů na palce (násobením 25,4) a následným násobením dvěma (každý pár čar bílá, černá orientovaný horizontálně nebo vertikálně potřebuje dva pixely).

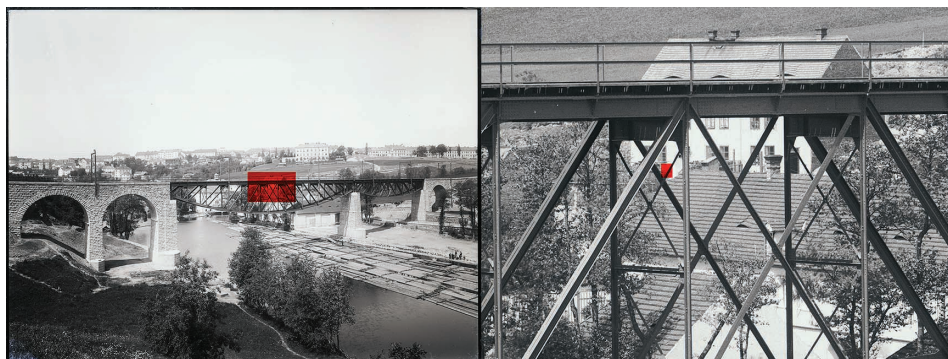
⁸ Viz Vitale (pozn. 2), tab. 5.

⁹ Ibidem, s. 3.

¹⁰ Jan Hubička, Eva Hubičková, Projekt digitalizace archivu Šechtla a Voseček, in: *Digitalizace aneb Konec oslých uší. DKOU: sborník vydaný u příležitosti stejnojmenné konference konané 14. – 16. 6. 2010 v Městské knihovně v Praze, Praha 2010.*

¹¹ Ibidem, s. 21, tab. 6.

¹² Ibidem, s. 21, tab. 7. Vitale zpracoval odhad na základě dostupných měření od výrobců filmu. Záměrně neuvádíme údaje pro negativy vyrobené před rokem 1940, které jsou založené na chybné extrapolaci a jejich pravdivost lze vyvrátit na konkrétních případech. Pro starší negativy doporučujeme použít odhadu pro rok 1940.



1a



1b



2a



2b

ještě větším. Skeny pak budou obsahovat realisticky prokreslené zrna materiálu¹³ – z takových skenů lze připravovat i velkoplošné zvětšeniny.

3. Negativy provedené mokrou cestou z let 1860–1890 (obr. 3)

Fotografické negativy pořízené mokřím kolodiovým procesem, stejně jako daguerrotypie, tvoří zcela speciální kategorii. I přes raný

rok vzniku jsou tyto materiály extrémně jemnozrnné a použité objektivy byly schopné uprostřed obrazu vykreslit překvapivě množství detailů.

Uvedme jako příklad fotografii (obr. 3) digitalizovanou v rozlišení 5 480 ppi na skeneru Eversmart Select. Ve zvýrazněném detailu je čitelný nápis „Povstání v Bosně“. Při digitalizaci pod 2 000 ppi by už čitelný nebyl. Tento negativ je ale zcela ojedinělý a ve vzorku 9 500 skleně-

Obr. 1. 1a – Josef Šechtla: Stavba elektrické dráhy Tábor–Bechyně, 1903. Negativ 30 × 40 cm invertovaný do pozitivu s vyznačeným detailem 30 × 40 mm. Archiv Šechtla a Voseček, edeska0052. 1b – detail velikosti 1 × 1,3 mm digitalizovaný v rozlišení 5 580 ppi (vlevo), digitálně zostřený (uprostřed) a po zmenšení na 1 000 ppi (vpravo). Zde viditelně dochází ke ztrátě informace. Pokud použijeme plot jako čárový test, napočítáme 17 párů čar na milimetr, 863 ppi. Celý negativ tak dosahuje ekvivalentu 180 megapixelové digitální fotografie.

Obr. 2. 2a – Josef Jindřich Šechtla, Náměstí Jana Žižky z Trocnova. Kinofilmový negativ (35 × 23,5 mm) invertovaný do pozitivu, výřez 3,5 × 2,35 mm. Archiv Šechtla a Voseček, film35mm6828. 2b – Detail o velikosti 0,8 × 0,8 mm digitalizovaný v rozlišení 5 400 ppi (vlevo) a zmenšený na odhadované rozlišení 1 860 ppi. Dochází sice jen k minimální ztrátě obrazové informace, ale výrazně se mění struktura zrna materiálu, jehož kvalitní prokreslení je podstatné při přípravě velkoformátových zvětšenin. Efektivní rozlišení obrazové informace této fotografie lze odhadnout na 1 600 ppi, tedy necelé 3 megapixely. U kinofilmu lze doporučit vždy digitalizovat na 4 000 ppi a více.

ných negativů zdigitalizovaných z archivu Šechtla a Voseček se další takový nepodařilo najít.

4. Fotografie Marie Šechtlové na svitkovém filmu o velikosti políčka 6 × 6 cm – 6 × 9 cm z let 1950–1990 (obr. 4)

Černobílé materiály v roce 1990 dosahovaly 5 450 ppi a ztráta ostrosti objektivem pro střední formát byla cca 40 %. Lze očekávat rozlišení přibližně 3 270 ppi a nejkvalitnější fotografie tak mohou odpovídat moderní digitální fotografii o 60–90 megapixelech. Digitalizace při doporučeném dvojnásobku rozlišení, tedy 6 540 ppi, není prakticky dostupná, a proto je třeba volit kompromis, přibližně 4 000 ppi a více. Při rozlišení 4 000 ppi má sken negativu 6 × 6 cm 90 megapixelů a 6 × 9 cm 134 megapixelů.

5. Negativy a barevné diapositivy 9 × 12 cm, které Josef a Marie Šechtlovi pořídili fotoaparátem Sinar v letech 1970–1990 (obr. 5)

Zde se jedná o profesionálně zpracované negativy pořízené špičkovou technikou. Rozlišení

■ Poznámky

13 Timothy J. Vitale, *Film Grain, Resolution and Fundamental Film Particles*, 2007, http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/emg/library/pdf/vitale/2007-04-vitale-filmgrain_resolution.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016. Jednotlivé částice stříbra ve fotografické emulzi se pohybují ve velikosti 0,6–0,8 μm. Částice ale tvoří shluky, které jsou řádově větší. Jejich struktura (filmové zrna) je často patrná i na běžných zvětšeních a je nedílnou součástí fotografického obrazu.

Obr. 3. 3a – Ignác Schächtl, Žižkovské náměstí, 1880–1885. Negativ 11 × 13 cm (mokřý kolodiový proces) invertovaný do pozitivu s vyznačeným detailem 1,1 × 1,3 cm. V novém stánku jsou čitelné nápisy „Pečtíkův národní kalendář“ a „Povstání v Bosně“, které byly klíčovými pro datování fotografie. Archiv Šechtl a Voseček, deska0090. 3b – detail nového stánku v původním skenu 5 588 ppi (vlevo), zmenšený na 2 000 ppi (uprostřed) a na 600 ppi (vpravo). Je zřejmé, že obrazová informace dosahuje 2 000 ppi a celá fotografie 90 megapixelů. Fotografie je třeba digitalizovat v rozlišení přibližně 4 000 ppi. Rozlišení výrazně přesahuje odhad 600 ppi podle metodiky T. J. Vitale a ukazuje, že ji nelze aplikovat na mokřý kolodiový proces.



3a

negativu v roce 1990 se pohybovalo kolem 5 450 ppi a ztráta ostrosti kvalitním objektivem pro velký formát kolem 55 %. Efektivní rozlišení tedy může dosáhnout 2 452 ppi (tedy až 100 megapixelů). Dosáhnout dvojnásobku rozlišení při digitalizaci je nesmírně obtížné a opět je nutné přistoupit ke kompromisu a digitalizovat v rozlišení alespoň 3 500 ppi. Výsledné skeny mají rozlišení alespoň 200 megapixelů.

U barevných diapositivů lze podle tabulky 1 očekávat nižší rozlišení kolem 2 783 ppi. V kombinaci s objektivem je efektivní rozlišení kolem 1 390 ppi a digitalizace by tak měla proběhnout kolem 2 780 ppi.

Z uvedených odhadů lze vyznívat ještě hrubší pravidlo: profesionálně provedené negativy mohou mít rozlišení odpovídající 80 megapixelové digitální fotografii. Tato hranice byla dostupná i v 19. století a platí dodnes – optika i snímáče přesahující efektivní rozlišení 80 megapixelů jsou velmi drahé. Větší rozlišení vyžaduje fotografování po částech a následné složení.

Rozlišení fotografických pozitivů na papíře

Až dosud jsme hovořili o skenování předloh na transparentní podložce – fotografických negativů či diapositivů. S jinou situací se setkáváme při skenování pozitivních kopií na fotografickém papíře. Zde mluvíme o *fotografických zvětšeninách* (pořízených z menšího negativu pomocí zvětšovacího přístroje) anebo *kontaktních kopiích* (kde výsledná fotografie je stejně velká jako původní negativ a vzniká prosvícením negativu přiloženého přímo na fotografický papír). Zvětšeniny se od kontaktních kopií podstatně liší svou kvalitou. Je tedy užitečné znát tento rozdíl a určit způsob pořízení dané fotografie. S trochou zkušenosti bývá rozdíl patrný na první pohled. Je ale možné se přidržit datace fotografie: zvětšovací přístroje sice byly dostupné už od konce 19. století, ale k jejich



3b

velkému rozšíření došlo až v 40.–50. letech 20. století.

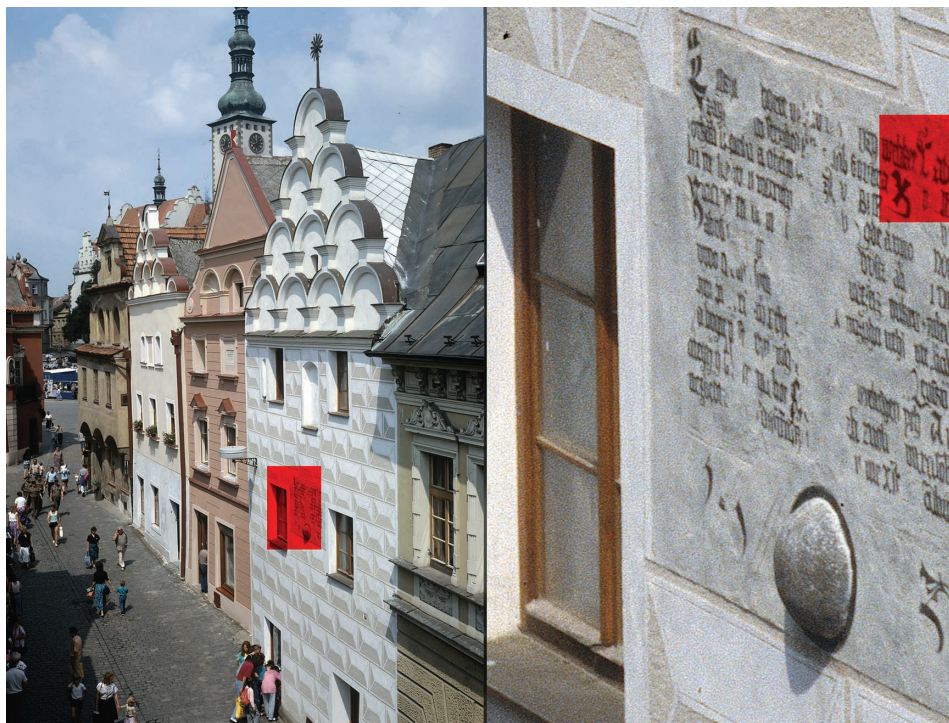
Fotografické papíry oproti zejména novějším negativním a diapositivním materiálům vykazují schopnost vykreslení mnohem menšího počtu čar na milimetr. Vedle této skutečnosti můžeme navíc u zvětšenin počítat se ztrátou způsobenou vlastnostmi objektivu zvětšovacího přístroje a dalšími faktory klasického analogového pozitivního zpracovatelského procesu v temné komoře. Starší zvětšované fotografické pozitivy na papíře nemusí přesáhnout rozlišení 200 ppi a lze je digitalizovat v rozlišení 400–600 ppi. Kontaktní kopie však mohou být v některých případech z hlediska obsažených obrazových informací překvapivě podrobné a kvalitní. Takové pozitivy je třeba digitalizovat minimálně v rozlišení 600 ppi, optimálně pak při rozlišení 1 200–1 400 ppi.¹⁴

Dynamický rozsah fotografických materiálů

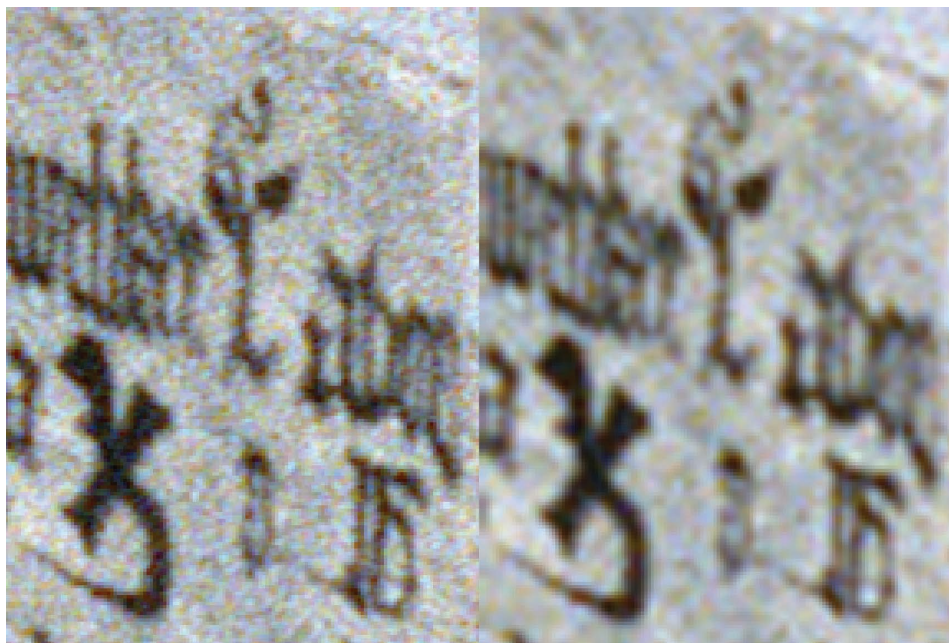
Dynamický rozsah fotografie (dynamic range) je poměr množství odraženého (anebo u transparentních předloh propuštěného) světla v nejsvětlejším bodě fotografie vůči množství odraženého (anebo propuštěného) světla v nejtmašším místě fotografie. Tento údaj hraje klíčovou roli. Při digitalizaci originálu s větším rozsahem přístrojem s menším rozsahem dojde ke ztrátě informace ve světlech a stínech. U moderních materiálů vyžadují péči zejména barevné diapositivы, které mohou být velmi kontrastní a představovat problém i pro nejkvalitnější skenery. Fotografie na papíře i negativy mívají menší dynamický rozsah. Historické negativy (určené pro kontaktní kopie, ale i rané kinofilmy cca do roku

■ Poznámky

¹⁴ Ladislav Bezděk, Martin Frouz, *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*, Praha 2014, s. 171–172.



4a



4b

1950) jsou výrazně dynamičtější (nebo tvrdší) než moderní negativy (obr. 6). Proto i u skenů historických negativů je třeba věnovat tomuto parametru zvláštní pozornost. Větší dynamika negativů byla kompenzována fotografickými papíry s výrazně měkčí kresbou. Skenery i digitalizační programy jsou zaměřeny na moderní typy negativů a často si s kontrastem historických předloh nedokážou poradit. Tento nedostatek bývá často ignorován s tím, že přece staré fotografie musí být kontrastní. Opak je ale pravdou.

Dynamický rozsah fotografického materiálu se většinou udává v dekadickém logaritmickém měřítku. Rozsah 2 tedy znamená, že nejsvětlejší část fotografie odrazí stokrát více světla než její nejtmaší část. Malé změny v rozsahu znamenají velký rozdíl v praxi. V tabulce 4 uvádíme dynamické rozsahy nejčastějších fotografických materiálů, které je pak třeba porovnat s parametrem zvoleného skeneru.

Poznamenejme, že dynamický rozsah lidského oka je větší než dynamický rozsah valné většiny digitalizačních zařízení. Na rozdíl od rozlišení se tedy nemůžeme spolehnout na to, že

Obr. 4. 4a – Josef a Marie Šechtlovi, Pražská ulice v Táboře, 90. léta, diapozitiv Kodak EPN 6 × 9 cm. Celek a detail velikosti 6 × 9 mm. Archiv Šechtl a Voseček, nfilm0316. 4b – Detail velikosti 0,9 × 1,2 mm digitalizovaný v rozlišení 4 000 ppi (vlevo). Podle údajů výrobce je rozlišení filmu Kodak Ektachrome 100 (EPN) 50 lp/mm, tedy 2 540 ppi. Při započtení ztráty objektivem 40 % očekáváme rozlišení 1 524 ppi (vpravo). Ukázka zmenšeného skenu na 1 524 ppi toto očekávání potvrzuje. Rozlišení fotografie je 16 megapixelů. Digitalizace by měla proběhnout přibližně na 3 000 ppi, 60 megapixelů.

všechny okem viditelné detaily budou zachyceny i v digitální kopii, a tuto skutečnost je třeba opatrně kontrolovat.

II. Základní parametry skenerů

V této části uvedeme krátký přehled parametrů digitalizačních zařízení – ať skenerů v tradičním slova smyslu, nebo zařízení založených na snímání digitálním fotoaparátem. Zmíníme i jejich nejpodstatnější nedostatky.¹⁵

Efektivní rozlišení

Rozlišení skeneru v počtu bodů na palec (ppi) je nejčastěji udávaným parametrem skenerů. Toto rozlišení však nevypovídá mnoho o tom, jaké kvality skenu je přístroj skutečně schopen. Rozlišujeme totiž mezi optickým rozlišením a efektivním rozlišením.

1. *Optické rozlišení skeneru (optical resolution)* je počet bodů na palec, které skener dokáže hardwarově zaznamenat. U kvalitních stolních skenerů se tento parametr pohybuje od 1 200 ppi do 9 600 ppi. Tento údaj bývá zpravidla uveden výrobcem.

2. *Efektivní rozlišení (effective resolution nebo spartial resolution)* udává skutečné schopnosti skeneru a vyjadřuje nejvyšší rozlišení, při kterém je skener ještě schopen zaznamenat detaily obrazu.

Efektivní rozlišení skeneru nebývá uváděno výrobcem, může se lišit výrobek od výrobku a může být několikanásobně menší než jeho optické rozlišení. Drahé prepress skenery, bubnové skenery i profesionální filmové skenery dosahují efektivního rozlišení téměř odpovídajícího optickému. Na druhou stranu stolní skenery střední třídy a levnější filmové skenery většinou dosahují přibližně poloviny až třetiny

■ Poznámky

15 Viz též Kit A. Peterson, *Digital Conversion Specialist, What to Look for in a Scanner: Tip Sheet for Digitizing Pictorial Materials in Cultural Institutions*, 2005, dostupné on-line na <http://www.loc.gov/rr/print/tp/LookForAScanner.pdf>, vyhledáno 1. 2. 2016.

Tab. 4. Dynamický rozsah fotografických materiálů¹⁷

Typ materiálu	Dynamický rozsah
Moderní bromostříbrný fotografický papír	až 2,8 d
Barevný diapozitiv	až 3,2 d
Historický bromostříbrný negativ (například na nitrátové či skleněné podložce)	2,0 d – 2,6 d; u špatně zpracovaných negativů ale může být i výrazně vyšší – až 3,8 d
Kinofilm Kodak z roku 1946 a novější	1,4 d – 1,6 d

Tab. 5. Efektivní rozlišení skenerů

Skener	Typ	Výrobce uvedené optické rozlišení	Efektivní rozlišení	Efektivní počet čar na milimetr
Epson Perfection 4990	stolní skener	4 800 ppi	1 500–1 800 ppi	30–34 lp/mm
Epson Perfection V700/V750/V800/V850	stolní skener	6 400 ppi	2 299–2 580 ppi 2 580–2 895 ppi ¹⁸	45–50 lp/mm 50–55 lp/mm
Epson Expression 11000XL	stolní skener	2 400 ppi	2 170 ppi ¹⁹	42 lp/mm
Microtek ArtixScan F1	stolní skener	4 800 × 9 600 ppi	2 000 ppi ²⁰	40 lp/mm
Canon 9000F mark II	stolní skener	9 600 ppi	1 700 ppi ²¹	33 lp/mm
Nikon LS-5000	filmový skener	4 000 ppi	3 500–4 000 ppi	70–80 lp/mm
Minolta DiIMAGE 5400	filmový skener	5 400 ppi	5 200–5 400 ppi	102+ lp/mm
Hasselblad Flextight X1 a X5	filmový skener s virtuálním bubnem	8 000 ppi kinofilm 3 200 ppi střední formát 2 040 ppi velký formát	6 900 ppi kinofilm ²²	135 lp/mm, kinofilm

hodnoty uvedené výrobcem v technických parametrech.

Podobně jako u rozlišení fotografických materiálů lze efektivní rozlišení změřit digitalizací testovacího terče a určením počtu čar na milimetr, které skener dokáže zaznamenat. Efektivní rozlišení několika dnes populárních skenerů uvádí tabulka 5. Praktický rozdíl v kvalitě je patrný na obr. 7.

Při volbě skeneru nejdříve rozhodneme o rozlišení digitalizace na základě zhodnocení technik popsaných v předchozí sekci a potom hledáme skener, který je schopen dosáhnout odpovídajícího efektivního rozlišení. Je vhodné vždy volit rozlišení, které je celočíselným zlomkem optického rozlišení skeneru, aby nedocházelo ke zbytečné interpolaci a tím způsobené ztrátě kvality.

V některých případech je vhodné použít i vyšší rozlišení, než je efektivní rozlišení skeneru i materiálu. Tato technika, podobně jako digitalizace na více průchoďů, snižuje šum ve výsledném digitálním souboru po jeho zmenšení na příslušnou velikost. Navíc některé skenery touto technikou vydají mírně ostřejší výsledek. Nikdy ale neskenujeme v rozlišení vyšším, než je rozlišení optické.

Efektivní rozlišení digitálních fotoaparátů

Rozlišení je dobře definované u skenerů, které buď nepoužívají klasický objektiv a mají

miniaturní čočky na každém snímáči (tyto skenery jsou ale dnes málo dostupné), nebo mají objektiv s fixním zoomem i ostřením (jak je tomu například u novějších skenerů Epson). V tomto případě dochází k období kontaktního kopírování ve fotografii a optické rozlišení je pevně dané. Otázka efektivního rozlišení se ale vztahuje i na zařízení založená na digitálním fotoaparátu. V tomto případě dochází k přenosu obrazu přes objektiv, který promítá obraz na snímáč v jiné velikosti, než je původní, a většínou umožňuje zoom. Určení efektivního rozlišení tedy závisí nejen na parametrech snímáče a objektivu, ale i na velikosti kopírované předlohy.

Bitová hloubka

Digitalizací převádíme neomezené množství odstínů analogové předlohy do konečného. *Bitová hloubka* uvádí množství různých odstínů, které zaznamenáváme. Pro ukládání digitálních obrázků se běžně používá osm bitů na barvu. To znamená, že každá barevná složka je určena celým číslem v rozsahu 0 až 255. Protože běžné displeje i tiskárny používají stejnou bitovou hloubku, mohlo by se zdát, že digitalizace ve větší kvalitě není třeba. Toto ale přestane být pravda, pokud se sken dále upravuje. Pro tyto účely se dnes používá nejčastěji 16 bitů na barevný kanál. Poznamenejme, že u barevných skenů se často udává trojnásobek skutečné bitové hloubky (tedy počet bitů potřebný k uložení všech tří barevných složek). 24bitový sken odpovídá osmibitové hloubce v každé separaci (červené, zelené a modré) a 48bitový pak 16 bitů v separaci.

Podobně jako dynamický rozsah fotografie je *dynamický rozsah skeneru* poměr mezi množstvím světla v nejsvětlejším a nejtmavším bodu obrazu, který dokáže skener věrně zpracovat.

Dynamický rozsah skeneru

Výrobci rádi udávají teoretický dynamický rozsah daný počtem bitů, se kterým skener pracuje. Snímáče jsou vyráběny osmibitové, desetibitové, dvanáctibitové, čtrnáctibitové a šestnáctibitové. Teoreticky dostupný dynamický rozsah je omezen na 2,4 d pro 8 bitů, 3,6 d pro 12 bitů, 4,8 d pro 16 bitů. Tyto hodnoty jsou ale z mnoha důvodů mnohem vyšší než skutečnost. Skenery s technologií CCD (což jsou v dnešní době prakticky všechny) většinou nedosahují hodnoty 4,0 d, kterou mají jen bubnové skenery s technologií PMT. Mezi důvody omezující dynamický rozsah patří nelinearita CCD snímačů a jejich šum.

Pro představu o skutečném dynamickém rozsahu skenerů můžeme použít studii Dietmara Wullera.¹⁶ Výsledky této studie jsou uvedeny v tabulce 6. Dynamické rozsahy skenerů jsou tedy nadhodnocovány podobně jako jejich rozlišení.

■ Poznámky

¹⁶ Dietmar Wueller, *SilverFast Multiexposure and Scanner Dynamic Range*, 2007, dostupné on-line na http://www.silverfast.com/PDF/TestReport_ME_DWueller.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.

¹⁷ Zdroj Vitale (pozn. 2).

¹⁸ Patric Wagner, *Epson Perfection V800 Photo test report*, dostupné on-line na <http://www.filmscanner.info>, vyhledáno 1. 2. 2016; Mark D. Segal, *The New Epson V850 Pro Scanner*, dostupné on-line na <https://luminous-landscape.com/wp-content/uploads/2015/02/The-New-Epson-V850-Pro-Scanner-Final.pdf>, vyhledáno 1. 2. 2016. Dvě hodnoty rozlišení představují dvě nastavení vzdálenosti držáku.

¹⁹ Patric Wagner, *Epson Expression 11000XL Pro detailed test report*, dostupné on-line na <http://www.filmscanner.info>, vyhledáno 1. 2. 2016.

²⁰ Patric Wagner, *Test Report Scanner Microtek ArtixScan F1*, dostupné on-line na <http://www.filmscanner.info>, vyhledáno 1. 2. 2016.

²¹ Patric Wagner, *Canon CanoScan 9000F Mark II detailed test report*, dostupné on-line na <http://www.filmscanner.info>, vyhledáno 1. 2. 2016.

²² Patric Wagner, *Hasselblad Flextight X5 – Virtual drum scanner*, dostupné on-line na <http://www.filmscanner.info>, vyhledáno 1. 2. 2016.



5a



5b

Obr. 5. 5a – Josef Šechtěl, Rubín, Bechyně, kolem roku 1987, diapozitiv Kodak 9×12 cm. Celek a detail velikosti 9×12 mm. Archiv Šechtěl a Voseček, efilm0003. 5b – Výřez velikosti 0,7×1,5 mm v rozlišení 4000 ppi (vlevo) a zmenšený na 1143 ppi (vpravo). Podle notch code lze identifikovat materiál jako Ektachrome 64, u kterého výrobce uvádí 50 lp/mm, tedy 2 540 ppi. Po odečtení 55 % ztráty objektivem očekáváme rozlišení 1 143 ppi. Srovnání skenů s rozlišením 4 000 ppi a 1 143 ppi ukazuje, že skutečné rozlišení fotografie je mírně vyšší. Při rozlišení 1 200 ppi lze odhadnout efektivní objem obrazové informace na 22 megapixelů.

Při srovnání s hodnotami v tabulce 4 zjistíme, že dynamický rozsah nebývá problém při digitalizaci negativů. Naopak při digitalizaci diapozitivů je jedním z nejpodstatnějších parametrů.

Poznamenejme, že další běžně udávanou informací je hodnota *optická denzita* (D_{MAX}). Tato hodnota udává nejtmaší odstín, který skener rozpozná od černé. Přesto, že se tato hodnota udává ve stejných jednotkách jako dy-

namický rozsah, u skenerů s volitelnou délkou expozice vysoká hodnota D_{MAX} nezaručí, že skener bude schopen prokreslit světla i stíny dynamického originálu. Vysoká hodnota D_{MAX} je ale užitečná při skenování přexponovaných anebo převyvolaných originálů.²³

Kalibrace barev

Co nejpřesnější zaznamenání barevných odstínů je jedním z důležitých úkolů digitalizace. Barevná složka představuje podstatné vodítko i při práci s černobílými fotografiemi a negaty – ukazuje lépe stav originálu, techniku jeho pořízení a jeho stárnutí. Základem pro kvalitní přenos barev je dostatečný dynamický rozsah. Je ale třeba dbát na pravidelnou kalibraci všech zařízení a ukládání všech skenů včetně barevných profilů, se kterými byly pořízeny. Problematika kalibrace barev je poměrně složitá a přesahuje rozsah tohoto článku. Je dobře zpracovaná v literatuře.²⁴

Typy skenerů

Pro digitalizaci bylo vyvinuto množství nejrozličnějších digitalizačních zařízení. Uvedme tedy nejčastější dnes dostupné typy.

Stolní skenery (tabloid či flatbed) jsou nejčastější typy skenerů. Předlohu snímají z horizontálně umístěného skla. Fungují podobně jako kopírky: v dolní části skeneru je pohyblivý snímač, který postupně skenuje obraz pohybem v jednom směru. Pro digitalizaci reflexivních předloh se používá osvětlení ze strany snímače a pro digitalizaci transparentních prosvícení z druhé strany. Kvalitní stolní skenery lze zhruba rozdělit na dva typy – pre-press skenery a poloprofesionální skenery.

Pre-press skenery byly v 80. a 90. letech vyvinuty pro přípravu podkladů k tisku (kde konku-

rovaly v té době dominantním skenerům bubnovým). Jejich účelem je pořídit sken v dostatečné kvalitě pro danou publikaci. Vzhledem k ústupu klasické fotografie mají tato zařízení stále menší uplatnění. Protože se jedná o velmi drahé přístroje, v podstatě všechny už zmizely z trhu. K digitalizaci historické fotografie se nejčastěji používá skenery Scitex (později Creo a ještě později Kodak) Eversmart a IQsmart řady Select a Supreme. Tyto skenery mají dostatečné efektivní rozlišení (kolem 4 000 ppi) i dynamický rozsah pro digitalizaci téměř všech typů fotografických materiálů. Bohužel jejich podpora byla v roce 2013 ukončena a dnes je možné koupit jen repasované skenery od Genesis Equipment Marketing. Jedinou autorovi známou alternativou jsou v současné době individuálně podle požadavku klienta stavěné skenery Cruse.

Vedle profesionálních skenerů jsou velmi zajímavé *poloprofesionální stolní skenery*. V této oblasti patří ke špičce skenery řady Epson Perfection. Tyto skenery jsou stále na trhu a vzhledem k vývoji v oblasti CCD snímačů překonaly levnější varianty pre-press skenerů. Jsou navrženy tak, aby umožnily jak digitalizaci běžných odrazových předloh, tak i digitalizaci moderních diapozitivů a kinofilmu.

■ Poznámky

23 Testy optické denzity jsou uvedeny v *NTSL Test Report: Optical Evaluation of Scanners*, 2006, dostupné on-line na http://www.epson.com/cmc_upload/pdf/NSTL_Scanner_OD_Report.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.

24 Don Hutcheson, *RGB Scanning For Color Management*, version 32, May 2011, dostupné on-line na http://www.hutchcolor.com/PDF/Scanning_Guide.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016; Bruce Fraser – Chris Murphy – Fred Bunting, *Real World Color Management*, San Francisco 2004 (2. vydání).

Tab. 6. Skutečný dynamický rozsah skenerů

Skener	Naměřený dynamický rozsah	Naměřený dynamický rozsah s násobnou expozicí	Udávaný rozsah
Nikon LS-5000	3,53 d	4,24 d	4,8 d
Epson Perfection 4990 a V700	3,11 d	3,3 d	4,0 d
Canon CanoScan 8600F	2,89 d	3,62 d ²⁹	

Podle uvedených hodnot dynamického rozsahu a rozlišení je však patrné, že tato zařízení se nehodí pro zpracování kvalitnějšího kinofilmu (kvůli omezenému rozlišení) a diapozitivů (kvůli nedostatečnému dynamickému rozsahu). Na druhou stranu ale schopnosti stolních skenerů ve srovnání s dražším vybavením bývají často podceňovány, buď vzhledem k jejich nízké ceně, nebo proto, že software dodávaný výrobcem není navržen pro profesionální skenování a může při provedení prvních zkoušek odradit. Tento problém lze však řešit například použitím programu Vuescan nebo SilverFast AI. Často se také podceňuje nutnost kvalitního zaškolení obsluhy, které je samozřejmostí u dražších řešení.

Skenery při své činnosti fotografii zahřívají a vystavují světlu. Problémy s intenzitou osvětlení byly patrné hlavně u raných skenerů s málo citlivými snímači. Studie provedené v 90. letech na modernějších skenerech²⁵ ukazují, že poškození fotografického materiálu odpovídá 1–15 lx-hodinám, a je tedy přijatelné. Podstatnější je zahřátí originálu, kterého se ale při kvalitní digitalizaci lze vyvarovat jen těžko (tento problém odpadá u skenerů s prosvětlením předlohy na bázi LED diod). S vývojem citlivějších snímačů stále klesá množství světla nutné k digitalizaci.

Přefotografování za pomoci moderních digitálních fotoaparátů je velmi populární technikou digitalizace zejména kvůli své rychlosti. Některé problémy spojené s digitalizací pozitivů (jako odrazy způsobené vysráženým stříbrem) lze eliminovat ruční kontrolou osvětlení. Přefotografování je také jedinou volbou pro materiály, které nelze vložit do skeneru: jsou buď zakřivené, jejich emulze je uvolněná, anebo jsou rámované a nelze je přiložit na sklo.

Jak již bylo řečeno dříve, velkým problémem je dosáhnout dostatečného rozlišení, dynamického rozsahu, rovnoměrnosti osvětlení a geometrické správnosti. To klade nároky jak na snímač, tak i na objektiv. Některé komerčně dostupné systémy založené na digitální kameře používají nebezpečné množství světla a tepla.²⁶ Častým problémem bývá i množství šumu ve skenech způsobené použitím citlivějších snímačů.

Vzhledem k tomu, že vývoj fotografických přístrojů je mnohem aktivnější než vývoj skenerů, je tato cesta čím dál tím zajímavější alternativou ke klasickému skenování. Dnes je relativně dostupné dosáhnout parametrů potřebných k digitalizaci kinofilmu.²⁷

Filmové skenery jsou skenery určené pro digitalizaci transparentních fotografií na pružné podložce (nikoliv pro digitalizaci pohyblivého filmu). Od stolních skenerů se liší tím, že jsou stavěny pro speciální účel (například použité objektivy nemusí být schopny sejmut celou plochu papíru A4 a omezí se na šířku filmu). V dnešní době se dostupnost filmových skenerů omezuje na profesionální skenery Nikon Coolscan, a Hasselblad Flextight a skenery nižší třídy Plustek a Reflexa. Ve srovnání se stolními skenery filmové skenery dosahují lepších efektivních rozlišení (3 500 ppi i více) a mívají lepší dynamický rozsah, nutný k digitalizaci barevných diapozitivů. Díky tomu dominují v oblasti digitalizace kinofilmu a svitkového filmu. Skenery Hasselblad Flextight dokáží také skenovat ploché filmy (ne však skla) až do velikosti 10 × 28 cm. Ani u těchto špičkových skenerů však šířka každého skenu nemůže přesáhnout 8 000 pixelů, a proto u filmu 9 × 12 cm je optické rozlišení omezeno na pouhých 2 200 ppi a efektivní rozlišení je pravděpodobně ještě o několik procent nižší.

Další konstrukční parametry skenerů

Skenery se liší mnoha dalšími konstrukčními detaily, které ovlivňují kvalitu výsledku.

Podstatný je zdroj světla. Ten může být směrový nebo rozptýlený; může mít široké nebo úzké spektrum a záleží také na jeho rovnoměrnosti a barevné stálosti. Skenery zaručují rovnoměrnost kalibrací bílého bodu před každým skenem. Ne všechny jsou však jeho stabilitu schopny udržet po delší dobu potřebnou pro sken ve vysokém rozlišení. Diody LED podávají směrové světlo a výbojky světlo rozptýlené. Rozptýlené světlo potlačuje vliv škrábanců, prachu a filmového zrna.²⁸ Některé skenery (Hasselblad X5 nebo Minolta 5400) proto obsahují matnici pro dosažení co nejroztýlenějšího světla. To je důležité zejména při digitalizaci starších kinofilmů, kde zrna je podstatným problémem. Výhodou

klasických výbojek je také široké spektrum. Čím více je světlo podobné dennímu, tím více je skener schopen podávat věrně barvy na různých typech materiálů bez nutnosti kalibrovat pro daný film (což u historických materiálů nemusí být možné). LED diody naopak nepotřebují žádný čas na zahřátí a podávané světlo je stabilnější. Omezené spektrum je však patrné například u skenerů Nikon Coolscan, kde je nutné kalibrovat každý materiál zvlášť.

Ne všechny postupy digitalizace jsou stejně šetrné k originálu. Nikdy se nevyhneme vystavení originálu světlu a často ani teplu a vibracím. Přefotografování nám dává plnou kontrolu nad manipulací s originálem. Na druhou stranu například skenery Hasselblad Flextight manipulují s filmem automaticky a poměrně razantně. Nejvyšší skeny pomocí profesionálních stolních skenerů a bubnových skenerů zase používají tzv. wet mounting, kde je originál ponořen do roztoku s přibližně stejnou hustotou jako film. Roztok pak vyhladí škrábance a zlepší optické parametry skeneru. Reakce mezi roztoky pro wet mounting a historickými materiály musí být velmi opatrně sledována a je značně riskantní. Podstatné je také množství světla, kterému je originál vystaven, a úroveň jeho zahřátí.

Optika skeneru může mít mnoho nepříjemných vlastností. Jako u každého objektivu se můžeme setkávat s tzv. chromatickou aberrací, kde u kontrastních přechodů vidíme barevné obrysy, s přesvitem, kde světlo v málo krytých oblastech ovlivňuje okolí, i s geometrickými vadami. Podstatným parametrem je hloubka

■ Poznámky

25 Timothy J. Vitale, *Light Levels Used in Modern Flatbed Scanners*, RLG DigiNews, 1998, č. 5, s. 12.

26 Kit A. Peterson, *Digital Conversion Specialist, What to Look for in a Scanner: Tip Sheet for Digitizing Pictorial Materials in Cultural Institutions*, 2005, dostupné on-line na <https://www.loc.gov/rr/print/tp/LookForAScanner.pdf>, vyhledáno 1. 2. 2016.

27 Výsledky digitalizace přefotografování si lze prohlédnout v plné kvalitě v on-line databázi Knihovny kongresu USA, kde se tato technika často používá. Skeny jsou volně dostupné v plné kvalitě a u jednotlivých sbírek je stručně uvedena i technika digitalizace. Viz např. *Civil War Photographs, Digitizing the Negatives*, dostupné on-line na <http://www.loc.gov/pictures/collection/cwp/digitizing.html>, vyhledáno 1. 2. 2015.

28 Jan Hubička, *Digitalizace historických fotografických materiálů*, 2011, dostupné on-line na <http://www.citem.cz/mediawiki/index.php>, vyhledáno 1. 2. 2016.

29 Dietmar Wueller, *SilverFast Multiexposure and Scanner Dynamic Range for Canon CanoScan 8600F*, 2007, dostupné on-line na http://www.silverfast.com/PDF/Test-Report_ME_DWueller_2.pdf, vyhledáno 1. 2. 2016.



6a



6b



6c

Obr. 6. Porovnání dynamického rozsahu negativů: 6a – z 80. let 19. stol. (viz obr. 3); 6b – ze 70. let 20. stol.; 6c – z roku 1915.

ostrosti. U filmových skenerů (například Nikon Coolscan) ostrost často záleží na zlomcích milimetrů, zatímco jiná zařízení (například Epson Perfection) tolerují mnohem větší rozsah. Historické materiály jsou často pokroucené a nemusí být možné je upnout do držáků a dosáhnout optimální rovnosti (film se může pokroutit i ve virtuálním bubnu). Navíc se vzhledem k sesychání podložky u kinofilmů nelze spolehnout na přesně definované rozestupy perforace a jednotlivých políček. Často tak nelze skenovat více než dvě až tři políčka naráz.

Některé filmové a stolní skenery umožňují kromě skenování ve viditelném světle také skenování v infračervené složce. To používá služba *DigitalICE*, která u barevných negativů a diapositivů dokáže relativně spolehlivě detekovat škrábance a prach: tyto materiály nahrazují stříbro organickými barvivými, která jsou v infračervené složce průsvitná, a tudíž se v infračerveném kanálu prokreslí hlavně vady originálu. Infračervená složka je užitečná i v dalších případech. Tato funkce má i jiná využití. U poškozených černobílých materiálů je občas infračervená složka čistší než viditelné spektrum.

V neposlední řadě záleží na rychlosti skenování, která ovlivňuje celkovou produktivitu. Doba jednoho skenu se může lišit od zlomků sekund (u fotografování) po několik hodin potřebných u bubnových skenerů. Celkovou produktivitu však můžou ovlivnit další faktory: pokud skener disponuje možností skenování většího množství filmů najednou, nezaměstná obsluhu na plný úvazek a ta se mezi zakládáním filmů do skeneru může věnovat jiné činnosti nebo obsluhování dalších skenerů.

Software a formáty archivace dat

Podstatnou roli hraje i použitý software. V případě fotoaparátů se jedná o firmware daného přístroje a program či plugin na zpracování fotografií, pokud je fotoaparát uložil jako surová data (RAW). U skenerů provádí většinu zpracování počítač a firmware skeneru bývá jednodušší. Dodávané skenovací programy nebo pluginy ke skenerům se liší v mnoha směrech. Zde uvedeme nejpodstatnější požadavky.

V každém případě by program měl umožnit uložit skeny s přesností 16 bitů na kanál. Některé skenovací aplikace nabízejí možnost uložení obrazu v tzv. „archivní kvalitě“ a soubory uložené v tomto režimu pojmenovávají jednotliví výrobci skenovacích programů různě (aplikace

oXygene DT file, *Vuescan RAW TIF* nebo *SilverFast RAW 64bit HDR*). V podstatě se jedná o klasický formát TIFF, který ale obsahuje sejmutá data bez dalšího zpracování, jako je například převod barevných profilů, úprava gradace, korekce barev, ostření, redukce zrna a odstranění škrábanců. Z hlediska archivace jsou všechny tyto úpravy nežádoucí, protože dochází ke ztrátě informace o originálu a lze je snadno provést v době, kdy připravujeme snímek pro konkrétní použití. Nastavení těchto transformací je takto pod individuální kontrolou obsluhy a většinou lze dosáhnout lepších výsledků i s ohledem na požadované další užití. Naopak vyžaduje vysokou odbornou zdatnost a zkušenost skeneristy.

Pokud se rozhodneme nepoužívat archivní formát (dále RAW TIFF), je třeba minimalizovat automatické zpracování digitálních dat ve skenovacím programu. Měli bychom stále ukládat 16 bitů na kanál, dbát na přesnou kalibraci barev, vypnout digitální ostření, digitální redukci fotografického zrna, automatické nastavení jasů, kontrastu i barevné sytosti. Je dobré ukládat sice měkké, ale pokud možno bezztrátové skeny (histogram fotografie by se tedy měl na začátku i na konci blížit nule). Kontrast lze vždy zvýšit později před prezentací fotografie např. tiskem apod., stejně tak jako lze provést pokročilejší úpravu barev. Dále je vhodné digitalizovat spolu se škálou, která dává referenci ke skutečnému vzhledu originálu. Škálu je dobré pravidelně měřit pomocí spektrofotometru a její skutečné odstíny archivovat spolu se skeny. Měli bychom dbát na uložení skutečného rozlišení a rozměru skenu a použitého ICC profilu.

Pro takto vzniklé *master skeny*, určené pro dlouhodobou archivaci, se doporučuje používat bezztrátové formáty TIFF, případně JPEG2000 v bezztrátovém modu. Uložení *master skenů* ve ztrátové kompresi (například JPEG nebo JPEG2000) je z dlouhodobého hlediska nevhodné. K uložení barevných profilů poslouží standardizované formáty ICC a ICM. Profily skeneru je vhodné přiložit i k formátům RAW TIFF. Soubory RAW TIFF však není dobré mechanicky převést do standardizovaného barevného prostoru (například Adobe RGB), protože tyto prostory mohou být užší, než je profil skeneru, a ztratíme tak veškeré výhody práce s RAW daty.

Poznamenejme, že při archivaci je vždy nutné volit řešení, které není závislé na daném formátu daného výrobce. Soubory by měly být bez problému použitelné i za 20 let a více a měla by být možná automatická migrace na novější formáty.

III. Praktické příklady digitalizace

V předchozích sekcích jsme shrnuli základní znalosti nutné ke správné volbě kvality a procesu digitalizace. Z digitálního skenu je tak možné získat nejméně stejně kvalitní reprodukci, jako je reprodukce laboratorní cestou na fotografický papír z původního negativu. Digitální reprodukce může dokonce často poskytnout mnohem kvalitnější výsledek než reprodukce analogová.

Uvedme několik praktických případů z prostředí Muzea Šechtl a Voseček. Zaměříme se na základní zvolené postupy a problémy s nimi spojené.³⁰

K digitalizaci skleněných negativů do velikosti 20 × 30 cm jsme použili skenery Epson Perfection 4880 a Epson Perfection 4990. Digitalizace proběhla v rozlišení 2 400 ppi do formátu RAW TIFF černobíle. Černobílé skeny byly kompromisem v roce 2004, kdy jsme projekt začali, a dnes bychom volili uložení v barvách. Pro desky jsme připravili vlastní držák (paspartu) vložený do skeneru. Negativ jsme vkládali emulzí dolů a držák jej uchopil ve správné vzdálenosti od skla skeneru; tyto skenery totiž ostří do fixní vzdálenosti od skla.³¹ Podstatné je také odmaskování světla, které vniká do skeneru kolem skenovaného negativu a může způsobovat odrazy a další kazy. K digitalizaci jsme použili program Vuescan, který se výborně osvědčil nejen možností uložit RAW TIFF, ale i přesnou kontrolou nad procesem skenování a ochotou zvolit dostatečně vysoké doby expozice pro husté a kontrastní předlohy. V případě poškozených originálů a u těch, kde bylo nebe vykryto silnou vrstvou červené barvy (kokcínování), jsme volili expozici ručně podle „zdravé“ části originálu naskenováním náhledu, označením zdravé části fotografie a uzamčením expozice.

Stejnou technikou digitalizujeme i pozitivy do velikosti A4, které skenujeme v rozlišení 1 200 ppi a podle typu ukládáme buď na 1 200 ppi, nebo 600 ppi barevně. Ke kalibraci barev používáme terče Coloraid a později Munsell.

■ Poznámky

30 Bližší informace viz Jan Hubička, *Digitalizace historických fotografických materiálů*, 2011, dostupné on-line na <http://www.citem.cz/mediawiki/index.php>, vyhledáno 1. 2. 2016.

31 Cca 1,3 mm. Tato vzdálenost se liší od výrobku k výrobku a je nutné ji zkusit experimentálně (novější držáky skenerů Epson mají ruční nastavení vzdálenosti).

Obr. 7. Efektivní rozlišení skenerů. Stejný výřez digitalizovaný skenerem Eversmart Select na 5 588 ppi (vlevo) a Epson 4 990 (uprostřed). Vpravo je sken ze skeneru Eversmart zmenšený z 5 588 ppi na 1 600 ppi (efektivní rozlišení skeneru Epson podle tabulky 5). Z ukázky je patrné, že skenem ve vyšším rozlišení a převzorkováním lze dosáhnout kvalitnějšího výsledku.



7

Pro digitalizaci kinofilmů jsme použili filmový skener Minolta DiMAGE 5400. Na rozdíl od pozdějšího „vylepšeného“ modelu Minolta DiMAGE 5400 II skener disponuje volitelnou matnicí k dalšímu rozptýlení světla, a je tudíž vhodný pro digitalizaci malých negativů s výrazným zrnem. V přípravné fázi jsme provedli zkoušky na skeneru Epson Perfection 4990, který nepodal potřebné optické rozlišení, na několika typech skenerů Nikon Coolscan pro kinofilm, které kvůli směrovému světlu i problému s expozicí vedly k extrémně zrnitým skenům, a na skenerech Sigma, které také vedly k velkému zrně. Později jsme srovnatelných výsledků s Minoltou dosáhli i na skenerech Eversmart Select a Hasselblad Flextight X5. Opět jsme použili program Vuescan a uložení do RAW TIFF v 5 400 ppi (42 megapixelů). Skeny nás mile překvapily tím, že umožňují zvětšeniny až do několika metrů s příjemnou strukturou fotografického zrna. Naopak nás zklamala rychlost skeneru po zapnutí matnice a kroucení podložky v držáku vedoucí k nerovnoměrné ostrosti skenů.

Pro zpracování negativů středního formátu (6 × 6 až 6 × 9 cm) používáme skener Nikon Coolscan 9000 ED. Dodávané držáky jsme nahradili volitelným držákem s protinewtonovským sklem – vzhledem k malé hloubce ostrosti skeneru se upnutí starších a pokroucených filmů do originálních držáků bez skla ukázalo jako téměř nemožné. Opět používáme program Vuescan, formát RAW TIFF a maximální rozlišení 4 000 ppi. Černobílé negativy skenujeme z důvodů časové úspory do odstínů šedi. Barevné materiály skenujeme čtyřkanálově včetně infračervené složky. Fotografie ukládáme až po odstranění škrábanců pomocí DigitalICE, aby se zamezilo závislosti na programu Vuescan. Kalibrujeme pro každý typ materiálu zvlášť pomocí terčů Coloraid.

Nejnáročnější se ukázalo zpracování plochých filmů 9 × 12 cm. Dosáhnout efektivního rozlišení nad 3 000 ppi po celé ploše takových materiálů je mimo možnosti skenerů Epson i Hasselblad Flextight. Zkoušky provedené na nich ukázaly v porovnání s mikroskopickým zvětšením, že rozlišení je skutečně nedostačující – fotografie obsahují detaily, které sken na

2 000 ppi nedokáže prokreslit. Skenery Epson navíc nemají dostatečný dynamický rozsah a nebyly schopny věrně prokreslit plochy ve stínech. V roce 2011 jsme přistoupili ke koupi repasovaného skeneru Eversmart Select. Používáme jej i pro digitalizaci skleněných negativů přesahujících velikost A4.

Skener Eversmart podává výborné výsledky při digitalizaci diapositivů a ukázal se také jako velmi produktivní i přesto, že jeden kvalitní sken trvá kolem půl hodiny. Vzhledem k velké ploše skeneru (30 × 40 cm) je možné najednou založit 8 filmů, nastavit parametry skenování a věnovat se jiné práci. Skener umožňuje digitalizaci po celé ploše filmu a dodává ostré skeny až do rozlišení 5 400 dpi. Skenovací program oXYgene však ukazuje své stáří a nedokáže pracovat se soubory nad 4 GB a už v rozsahu 2–4 GB vykazuje různá omezení (například není možné obraz během skenování otočit). Při 16bitové hloubce lze tedy skenovat „pouhých“ 666 megapixelů. V závislosti na typu originálu skenujeme filmy 9 × 12 cm buď na 4 318 ppi, nebo 3 810 ppi, což jsou dvě z nativních rozlišení skeneru.³² Všechny ploché filmy skenujeme včetně okrajů, protože ty obsahují informace o materiálu a na levé straně zářezy, které jsou užitečné při bližší identifikaci a dataci.³³ Skeny ukládáme do formátu RAW TIFF (který skenovací program nazývá Digital Transparency, DT). Jedinou vadou je nedostupnost funkce pro odstraňování škrábanců pomocí DigitalICE. Tato služba však chybí u všech profesionálních skenerů pro film, protože v době nástupu DigitalICE byl vývoj těchto skenerů už u konce.

Již v průběhu digitalizace jsme ze skenů zpracovali množství digitálních tisků. Připravovali jsme pravidelné výstavy. Zpřístupněním

všech skenů v náhledové kvalitě na webu (které ve své době bylo v Čechách ojedinělé) s žádostí o doplnění informací o fotografiích jsme ale také zahájili velkou vlnu badatelského zájmu, která trvá dodnes.

Pravidelné tisky z nových skenů posloužily jako podstatná část průběžné kontroly kvality digitalizace. Ta je naprosto nezbytná, aby se včas odhalily jak chyby obsluhy (které mohou být systematické a vést k velkému množství špatných skenů), tak poruchy skenerů. Digitalizace velkých množství fotografií bez průběžné kontroly často vede k těžkým rozhodnutím, zda je nutné velké množství více či méně nepovedených skenů opakovat, anebo se spokojit s výsledkem, který není optimální.

Článek vznikl v rámci výzkumného projektu Historický fotografický materiál – identifikace, dokumentace, interpretace, prezentace, aplikace, péče a ochrana v kontextu základních typů paměťových institucí (kód projektu DF13P010VV007), financovaného z Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI).

Autor děkuje L. Hyťhovi a L. Bezděkovi za připomínky, korektury a cenná doporučení.

■ Poznámky

32 Skenery Eversmart obsahují zoomovací objektiv, který však neumožňuje plynulý přechod a je kalibrován pro několik rozlišení.

33 *Notch code*, https://en.wikipedia.org/wiki/Notch_code, vyhledáno 1. 2. 2015.