

Konec přímé fotografie

BcA. Vít Hašek

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Ateliér Reklamní fotografie

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Vít Hašek**

Osobní číslo: **K12416**

Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**

Studijní obor: **Multimédia a design - Reklamní fotografie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **1. Teoretická část:
Konec přímé fotografie**

2. Praktická část:
a) autorská publikace:
Světlá skříňka
b) volný výstavní soubor:
Světlá skříňka

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 35 stran textu + předepsané přílohy. Součástí obhajoby práce i hodnocení je přednáška na téma teoretické části diplomové práce v rozsahu maximálně 25 minut. Součástí přednášky je obrazová prezentace. Přednáška není reprodukováním obsahu práce!

2. Praktická část:

a) autorská publikace na zvolené téma: cca 20 fotografií, odevzdává se definitivní podoba – 2 ks vázané publikace včetně grafické úpravy titulní strany, řešení jednotlivých stran či kapitol, doporučený formát min. A4 nebo formát odvozený. Současně se odevzdává artist's statement (400 – 500 slov).

b) volný výstavní soubor: ucelený, koncipovaný soubor fotografií, vycházejících, případně navazujících na téma autorské publikace. Odevzdává se min. 9 ks fotografií uceleného výstavního souboru, vlastního projektu, výstavní formát, archivní kvalita fotografií, adjustované + artist's statement (400 – 500 slov).

c) prezentační CD (2 ks): obsahuje všechny teoretické i praktické části diplomové práce. Teoretická v .pdf formátu a dále všechny fotografické práce v uvedených technických parametrech (náhledy 75dpi a plná data 300dpi, tisková kvalita), včetně artist's statementu obou částí diplomové práce, vždy cca 400 – 500 slov.

Dále na samostatném nosiči CD-ROM odevzdejte obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce v minimálním počtu 10 kusů pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do Portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Rozsah diplomové práce: viz Zásady pro vypracování
Rozsah příloh: viz Zásady pro vypracování
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/umělecké dílo

Seznam odborné literatury:

doporučené zdroje:

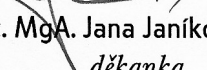
veškerá dostupná odborná literatura a webové stránky vztahující se k tématu po konzultaci s vedoucím práce.

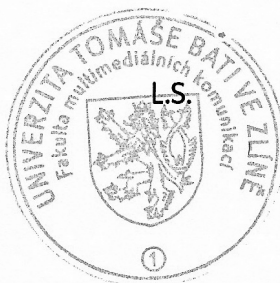
Vedoucí diplomové práce: **MgA. Michal Reichstätter**

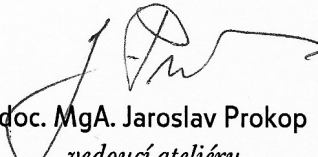
Datum zadání diplomové práce: **2. listopadu 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2016**

Ve Zlíně dne 1. prosince 2015


doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.
děkanka




doc. MgA. Jaroslav Prokop
vedoucí ateliéru

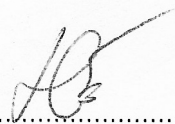
PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně11. 12. 2015.....

BcA. Vít Hašek



.....
Jméno, příjmení, podpis

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem jen citovanou literaturu, kterou uvádím v bibliografických odkazech. A že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Souhlas

Souhlasím, aby tato bakalářská práce byla zařazena do knihovny UTB ve Zlíně.

Poděkování

Rád bych poděkoval MgA. Michalovi Reichstätterovi za jeho rady při psaní této práce.

Vít Hašek
V Praze, 13. května 2016

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je hledání, jakým způsobem se proměnilo vnímání média fotografie, v době přechodu od klasického chemicko-optického záznamu k digitálnímu. Vyzdvihnutí nutnosti technologické gramotnosti a popsání nových možností záznamu obrazu.

Klíčová slova: programovatelná, fotografie, digitální, gramotnost, algoritmy, obraz, hacking

ABSTRACT

An aim of this master thesis is to explore the changes in perceiving of photography in the time of shift from chemical to digital image recording. As well as describing of necessity to gain sufficient level of technological knowledge and to presenting of examples of new ways of imaging technologies.

Keywords: computational, programmable, photography, digital, literacy, algorithm, image, hacking

OBSAH

ÚVOD.....	2
1 DEFINICE POJMŮ.....	4
2 DIGITÁLNÍ GRAMOTNOST.....	6
3 VZNIK PROGRAMOVATELNÉ FOTOGRAFIE.....	14
4 HYPER FOTOGRAFIE.....	23
4.1 KONSTRUKCE VÝPOČETNÍCH KAMER (COMPUTATIONAL CAMERAS).....	25
4.2 PŘÍKLADY VÝPOČETNÍCH KAMER.....	28
4.3 PŘÍKLADY KOMBINACE ALGORITMŮ A DIGITÁLNÍCH KAMER STANDARTNÍCH KONSTRUKCÍ.....	33
5 HACKED PHOTOGRAPHY.....	46
ZÁVĚR.....	50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ.....	54

ÚVOD

Název této práce má jistou souvislost s hnutím Přímé fotografie, které v rámci dějin fotografie označuje výtvarnou tendenci první poloviny 20. století, mezi jejíž formální znaky patřily ostrý obraz, kontrastní podání nebo averze k ořezávání originálních kompozic. V rámci Evropy někdy označovanou jako Nová věcnost. Její předními představiteli byly mimo jiných Ansel Adams, Karl Blossfeldt, August Sander, Edward Weston, Berenice Abbott nebo Alfred Stieglitz. V případě této práce se však zaměřuji na konec přímé fotografie ne z hlediska formálního vzhladu nebo volby námětu, ale především z hlediska způsobu záznamu fotografie, která se stala po přechodu do digitálního prostředí zcela jiným médiem závislým na interpretaci pomocí hardwaru, softwaru a jeho algoritmech.

To, čeho jsme byli a stále jsme svědky, je evoluce fotografie do její nové fáze. Digitální fotografie totiž není jen alternativním způsobem záznamu obrazu. Jedná se o zcela nové médium, které si teprve na začátku 21. století prošlo prvním stádiem svého vývoje, vyrovnáním se klasické fotografii. Mnoho odborníků, kteří byli vychováni ve světě, který znal pouze klasickou (chemicko-optickou) fotografii, si stěžuje, že s příchodem digitálního záznamu došlo k znehodnocení toho, jak vnímáme obraz, jeho vztahu k času a historii. V této práci se zaměřím naopak na to, jaké nové možnosti digitální záznam přinesl a uvedu různé příklady na toto téma z oblasti umělecké i technické fotografie.

Teď, když rozlišovací schopnosti digitální fotografie předčili starý způsob fixace a uchování obrazu, může se naplno vyvinout opravdový charakter a potenciál tohoto média. Vznik CCD čipů byl prvním předpokladem k tomuto rozvoji. Ruku v ruce s tím pokračoval vývoj výpočetní techniky a v momentě, kdy se tyto dvě blízká odvětví spojily, vznikla výpočetní fotografie a společně s ní tzv. programovatelné obrazy.

Pro klasickou fotografii je typická linearita. Každý krok v cestě za zrodem technického obrazu má přesně dané místo a nelze ho přesunout jinam (expozice > volání > ustálení > zvětšování a časem také mizení obrazu díky stárnocímu materiálu, na který je fixován). Pro digitální fotografii je typická nelineárnost a interaktivita. Podobně jako ve světě kybernetiky a internetu. Digitální a výpočetní fotografie, může existovat v nekonečném množství identických kopií, na nekonečném množství míst. Ale hlavně může být modifikována i po zachycení obrazu. Takovým způsobem, na který jsme nebyli u klasické foto-

grafie zvyklý. Díky novým, rozšířeným informacím, které jsou společně s běžnými obrazovými body zachyceny.

Stejně tak jako nezaniklo malířství, bude mít i klasická (rozuměj přímá) fotografie svoje pevné místo ve fotografickém světě. A to, co se dnes může jevit jako technicky zajímavé hříčky, se rychle vyvíjí v plnohodnotné médium bez mantinelů. Ve světě programovatelné fotografie neexistují hranice prostoru ani času. I když si tyto nové způsoby záznamu a zobrazování teprve hledají svůj vizuální a interpretační jazyk, vzniká přitom možnost rozšířit stávající obrazy o nové rozměry a dimenze.

Je zřejmé, že technologie ovlivňují svoji dobu a každá technologie má svůj správný čas. Není tedy divu, že rozmach programovatelné fotografie přichází na začátku 21. století společně s dostatečným rozvojem a nárůstem výkonu výpočetních a síťových technologií.

1 DEFINICE POJMŮ

Pro správné pochopení této diplomové práce bych chtěl stručně definovat několik základních pojmů, které mohou mít v jejím kontextu odlišný význam od běžného výkladu.

Obraz

Jak uvádí Vilém Flusser: „*Obraz jsou plochy, které mají význam. (...) Význam obrazů spočívá na povrchu.*“¹. Alespoň tak to platilo pro fotografii klasickou. Nyní v době digitálního záznamu obrazu, se však pod povrchem obrazu, který nejčastěji tvoří obrazové pixely, skrývá kód. Tento kód se potom stává obrazem až díky interpretaci pomocí algoritmů, díky kterým je kód převeden do člověku srozumitelných obrazů.

Algoritmus

Algoritmus je přesný návod či postup, kterým lze vyřešit daný typ úlohy. Pojem algoritmu se nejčastěji objevuje v oblasti programování, kde se jím označuje teoretický princip řešení problému (oproti přesnému zápisu v konkrétním programovacím jazyce). Obecně se ale algoritmus může objevit v jakémkoli jiném vědeckém odvětví. Alan Turing, jeden z vynálezců moderních počítačů, popisuje algoritmus jako sadu pokynů určených danému přístroji k vyřešení zadaného úkonu.

Programovatelný objekt

Algoritmy jsou většinou používány skrze určený software. „*Přijímají vstupní data a vytvoří výstup. Text nebo obraz, který projde tímto procesem, se stává programovatelným objektem neboli je „softwarizován“.*“²

¹ Flusser, Vilém: Za filosofii fotografie, str. 11

² z originálu: „They accept an input and produce an output. A text or an image that undergoes this kind of treatment, becomes a programmable object, or „softwareized“. Lev Manovich - Software Takes Command [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://manovich.net/index.php/projects/software-takes-command>

Amalgam

V technickém jazyce se jedná o slitinu, která vzniká přetavením původních materiálů. Tímto způsobem tak vzniká materiál zcela nový s jinými vlastnostmi. Máme na mysli tedy něco, co pozbylo svého původního charakteru a získalo charakter nový, odlišný.

2 DIGITÁLNÍ GRAMOTNOST

„Princip otupělosti platí v elektrické technologii stejně jako v každé jiné. Je-li naše centrální soustava rozšířena a nechráněna, musíme ji otupit, jinak bychom zemřeli. A tak věk obav a elektrických médií je také věkem nevědomí a apatie. Je však zároveň pozoruhodné, že je i věkem, kdy si nevědomí uvědomujeme.“³ – Marshall McLuhan

Povinná školní docházka a s ní spojené zvýšení gramotnosti dalo vzniknout nové demokratické společnosti. Tento vývoj se stal milníkem v evoluci moderní společnosti. A je na výsost důležité, aby i naše společnost byla v době digitální revoluce dostatečně digitálně gramotná. Bez základního povědomí o možnostech a nástrahách, které se skrývají v „černých krabičkách“ a za monitory, skrze které nahlížíme na svět, odsoudíme sami sebe do pozice „pouhých“ uživatelů. Těch, kdo mačkají tlačítka, ale ve skutečnosti nerozumí tomu, co se děje pod povrchem nástrojů, které ovládají. Velkým skeptikem v oblasti digitálních technologií byl například německý teoretik médií a filosof Friedrich Kittler, který ve své knize *Gramophone, Film, Typewriter* (1986) poprvé použil souhrnné označení tohoto problému pod pojmem *computeranalphabeticism*. Jeho obavy, že se lidé čím dál více přizpůsobují svým technologiím, byly ve své době významným protikladem myšlenek Marshalla McLuhana, který se naopak domnívá, že technologie jsou extenzemi našeho těla.

Podobně jako byl fotoaparát, v době svého vzniku, považován za magický přístroj, který dokáže pouhým stlačením spouště zafixovat určenou výseč v prostoru a času, přistupujeme dnes my k nejrůznějším digitálním nástrojům (ať už v podobě mobilních zařízení anebo jiných), jež vykonávají kouzelné operace a transformace s našimi daty během mrknutí oka. Ať už ve formě fotografií nebo jiných médií. Nakonec ale i klasické fotoaparáty postupně ztratily svou kouzelnou auru a pravděpodobně i naše digitální magické krabičky o ni časem přijdou. Ovšem digitální technologie, na rozdíl od technologie vzniku fotografie chemicko-fyzikální cestou, jsou poměrně komplikovanější na pochopení. Lidé, kteří se

³ MCLUHAN, Marshall. *Jak rozumět médiím: extenze člověka*. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9.

tomuto novému „kouzelnictví“ učí, stráví i mnoho let studiem a učením se správných kódů a formulí. Díky tomu však nakonec získají technologický náskok oproti ostatním běžným uživatelům a mohou se tak stát vládci a správci informací. Proto pro ně používáme označení administrátor (z lat. ad-ministrare, spravovat, obsluhovat⁴), jež v oblasti výpočetních technologií definuje uživatele s neomezenými přístupovými právy. Tito „lords of technology“ mají v dnešní době výsostné postavení, protože jejich schopnosti jsou velmi žádané. Což dokazuje i dlouhodobá situace na trhu práce, kde po takovýchto expertech stabilně stoupá poptávka a jejich platy jsou mnohonásobně vyšší od jiných tradičních profesí. V jejich dnešní pozici lze najít jistou analogii s postavením strojních inženýrů ve společnosti po 2. světové válce. Inženýr byl v té době vysoce žádaným, prestižním povoláním, které bylo navíc v některých zemích veřejně oslavováno skrze vládní propagandu.

Hnutí s názvem Critical Engineering také nachází spojitost mezi strojním inženýrstvím, které bylo dominantním odvětvím po celé 20. Století, a mezi informačními (především síťovými) technologiemi, kterými jsme obklopeni dnes. Přestože pro nás mají veliký význam v naší každodenní komunikaci, většinou velmi málo rozumíme tomu, na jakých principech a technologických základech doopravdy fungují. „*Critical Engineering se snaží odpovídat na otázky, které se vztahují k ovlivňování a ovládání v oblasti integrovaných systémů a uzavřených neprůhledných technologií.*“⁵

Rozmach strojního inženýrství ve 20. století umožnil postavit do té doby nepředstavitelné infrastruktury, většinou spjatých s transportem osob nebo zboží. Od konstrukcí mostů, přes železnici, nákladní lodě, ale také telefonní spojení a dále. Tento rozmach, v přeneseném slova smyslu, urychlil šíření informací. V této době také ještě vznikaly stroje, které na první pohled objasňovali svoji funkci. Julian Oliver, který je zakladatelem hnutí Critical Engineering uvádí jednoduchý příklad. Pokud se podíváme na gramofon, je nám celkem jasné, která jeho součást slouží k jakému účelu. Pokud otočíme klikou, bude tento pohyb převeden na pohyb desky, po které klouže jehla, jejíž vibrace jsou zesíleny ampliánem. Pokud se podíváme na iPod, nejpoužívanější zařízení pro poslech hudby na začátku 21. století, zjistíme, že nemáme tušení, co přesně se uvnitř tohoto zařízení odehrává. Naše

⁴ [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Administr%C3%A1tor>

⁵ z originálu: „Critical Engineering seeks to answer questions surrounding influence and control in a world of Integrated Systems and closed, opaque technology.“, Eyeo2012 - Julian Oliver [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://vimeo.com/52962142>

interakce probíhá pouze skrze uživatelské rozhraní dotykové obrazovky, a i když dokážeme toto zařízení ovládat lehkostí dotyku, téměř nikdo není schopný vysvětlit, jak *doopravdy* funguje.

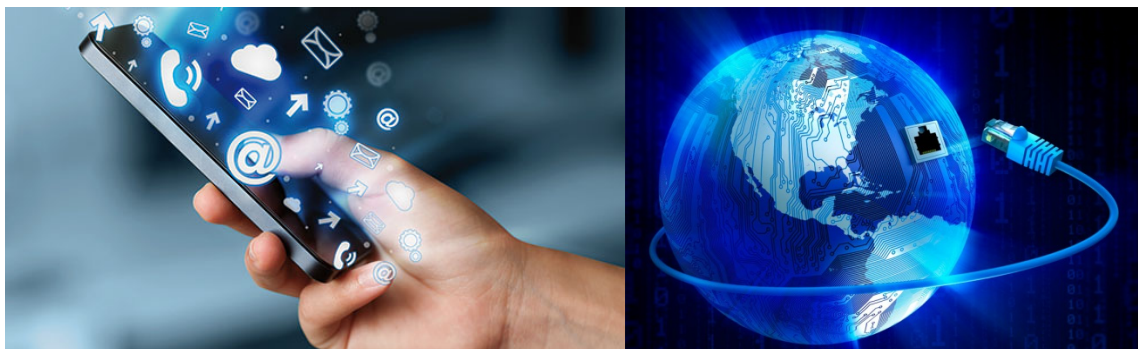


I vlevo: gramofon z přelomu 19. a 20. století, vpravo: iPod Nano 5. generace (2009)

Na tomto příkladě lze jasně vidět, jak se produkty našeho inženýrství stávají postupem času více a více uzavřenými, v tom smyslu, že k porozumění jejich fungování je potřeba mnoho komplexních znalostí z několika oborů, které všechny dohromady není téměř nikdo schopný obsáhnout. Julian Oliver vnímá to, jakým způsobem jsou podobné přístroje navrhovány, také jako politické rozhodování o tom, kdo a jakým způsobem bude tyto přístroje používat. Jak bylo prokázáno v případě Arabského jara, mnohé z našich moderních technologií (např. mobilní telefony) dokáží ve spojení s informačními sítěmi, způsobit velké změny ve společnosti. A to jakým způsobem jsou navrhovány a jaké možnosti jsou dány (nebo odepřeny) jejich uživatelům, jsou v konečném důsledku politická rozhodnutí.

Pokud se podíváme také na velké celky, kompletní komunikační infrastruktury, které jsou součástí našeho přirozeného prostředí, zjistíme, že mnohým z nich, na kterých jsme velmi závislí, prakticky nerozumíme. Nejhorším důsledkem takového nevědomí, je fakt, že pokud důsledně nevíme, jak tyto technologie fungují, pak nemáme možnost být k jejich fungování kritičtí. Můžeme je buď používat, nebo ne, ale nelze se, bez jejich pochopení, spolupodílet na jejich utváření. Prakticky každý ví, jakým způsobem funguje doručování klasických poštovních zásilek. Zeptejte se ale někoho (nebo sami sebe), zda ví, jak *přesně* funguje e-mail a dostanete, pokud vůbec, velmi nejasné odpovědi. Zároveň ale najdete jen hrstku lidí, kteří se v moderní společnosti nesetkali s e-mailem nebo ho vůbec nepoužívají. V případě komplexnějších technologií je možné získat i mnohem bizarnější odpovědi. Co

je to internet? Julian Oliver ironicky tvrdí: „*Hluboce nepochopené spojení technologiím, na kterém čím dál více závisíme.*“⁶



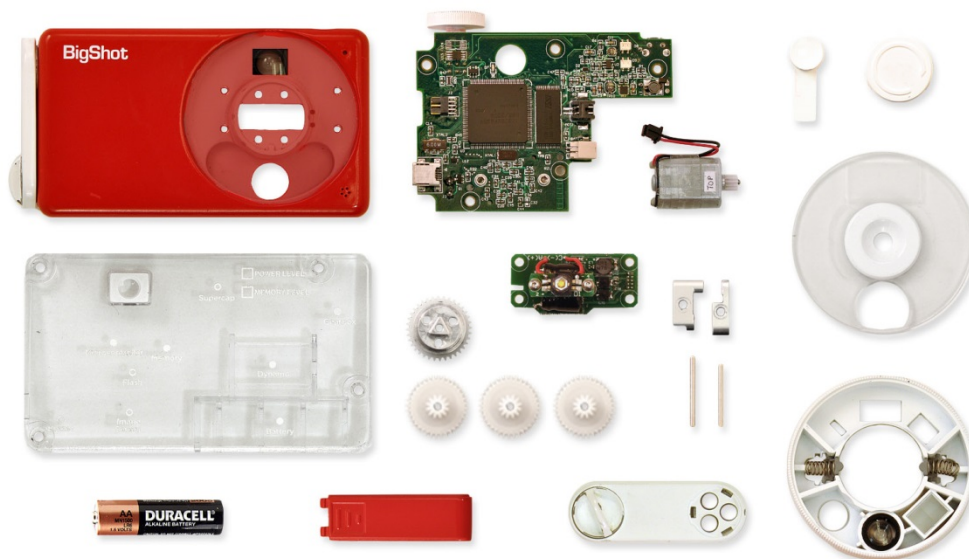
2 první dva obrázky vyhledané pomocí Google při zadání klíčového slova "internet" (duben 2016)

To, na co se snaží hnutí Critical Engineering také upozornit je trend nastolený výrobci digitálních technologií, kteří vytvářejí tzv. bezešvé aplikace a zařízení. Protože pokud nejsme schopni vidět tyto pomyslné „švy“ našich nástrojů, které nám vlastně ukazují, jakým způsobem byla daná věc sestrojena, nebude také schopni pochopit, jak funguje. Critical Engineering se snaží o opak, aby tyto švy byly zřetelné a Julian Oliver má pro tento trend vlastní termín „seamfulness“, což by se dalo volně přeložit jako odkrývání švů.

Tuto myšlenku o potřebě odkrývání technologických švů sdílí také Shree Nayar, vedoucí Computer Vision Laboratory na Columbia University, který přišel s konceptem dostupného digitálního fotoaparátu Big Shot, který je určený především dětem a je prodáván ve formě laciné stavebnice. Takže si ho musí sestavit každý sám podle jednoduchého návodu. Shree Nayar tvrdí, že je potřeba vychovávat budoucí generace takovým způsobem, aby pochopily alespoň základní principy fungování elektronických zařízení, které běžně používáme: „(příští generace) by měli rozumět věcem, na který běží software.“⁷

⁶ z originálu: „A deeply misunderstood collection of technologies upon which we increasingly depend.“, Eyeo2012 - Julian Oliver [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://vimeo.com/52962142>

⁷ z originálu: „(next generation) Should be comfortable with stuff that software sits on top of.“, A camera for experiential learning | Shree Nayar | TEDxColumbiaEngineeringSchool [online]. [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=5rQBH1TH9pA>



3 stavěbnice fotoaparátu Big Shot

Uvědomit si tyto souvislosti je naprosto klíčové, protože provázání fotografie, softwaru a síťových technologií je a bude dalším stupněm ve vývoji toho, jak pracujeme a nakládáme s obrazovými daty. Marc Andreessen na toto téma uvádí: „*Samozřejmě, že fotografie byla pohlcena softwarem již dávno. Je prakticky nemožné koupit si mobilní telefon, který by nebyl vybavený softwarově vylepšeným fotoaparátem a fotografie by nebyly automaticky nahrávány na Internet pro trvalou archivaci a sdílení. Společnosti jako Shutterfly, Snapfish a Flickr nahradily Kodak. (...) Během dalších 10 let budeme svědky bitvy mezi starými vládci a softwarovými vzbouřenci. Joseph Schumpeter, ekonom, který jako první přišel s termínem „kreativní destrukce“, by měl radost.*“⁸

Toho, že se čím dál tím větší část našich životů přesouvá do digitální sféry, si všímá mnoho vůdčích osobností napříč více obory, mimo jiné i ekonom Tomáš Sedláček, který v jednom ze svých příspěvků pro Hospodářské noviny s názvem Reklama a náš digitální habitat uvádí: „(...) naše psyché se pomaloučku polehoučku přesouvá do světa digitálního.

⁸ z originálu: „Photography, of course, was eaten by software long ago. It’s virtually impossible to buy a mobile phone that doesn’t include a software-powered camera, and photos are uploaded automatically to the Internet for permanent archiving and global sharing. Companies like Shutterfly, Snapfish and Flickr have stepped into Kodak’s place. (...) Over the next 10 years, the battle between incumbents and software-powered insurgents will be epic. Joseph Schumpeter, the economist who coined the term „creative destruction“, would be proud.“, Software Eats the World [online]. Wall Street Journal, 2011 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460>

Jen si spočítejte, kolik času denně je vaše pozornost upřena do digitálního – ať už v práci či ve vašem volnu. Pokud je to více než polovina bdělého času, jste již jednou nohou nikoli na zemi, ale v digitálu.

Od nepaměti, co se člověk naučil psát, číst, malovat na stěny jeskyně, lidský tvor trávil svůj čas ve světě abstraktním. To, co se ale děje nyní, je tektonický posun – digitální svět umožňuje tuto abstrakci, dokáže toto nebytí "tady a zde" posunout do úplně nových, nekonečných rovin a plání. Digitální svět je světem, kde neplatí žádná jiná pravidla než pravidla lidská. Fyzikální zákony, jako je třeba gravitace, jsou v abstraktním světě volitelné.

Stejně tak zde neexistuje přirozený čas ani prostor, vše je dělané člověkem a pro člověka. Člověk žije ve světě svých modelů a představ. Fakta nejsou důležitá jako jejich symbolická interpretace.

Počítačový program, aplikace, algoritmus, programovací jazyk – to vše lze také číst jako nejmodernější a nejexaktnější formu mytologie. Stavíme si zde světy a modely, které jsou abstraktní, světy a modely, které se "nestaly nikdy, ale dějí se neustále", jak kdysi mýtus definoval presokratovský antický filozof Solust.

*(...) Naše brýle šalby budou dobrovolné. Do reálného světa se sice občas chodit bude, ale asi zhruba tak, jako dnes chodíme do lesa. Jednou dvakrát ročně z estetických důvodů, ale již tam nebudeme bydlet, nebude tam náš habitat. Lidé v lesích již nežijí, byť kdysi ano. Náš habitat je dnes v umělých městech a vesnicích. I tento krok lze brát jako přestupní krůček do světa zcela umělého, totiž digitálního.*⁹

Můžeme se rozhodnout tento vývoj ignorovat, ale tím bychom se vlastním rozhodnutím degradovali do pozice uživatelů, kteří se vzdávají moci rozhodovat o tom, jak bude s jejich informacemi nakládáno. „Vzdělání by se mohlo stát ideální civilní obranou proti „spadu“ médií. Avšak západní člověk dosud nezískal žádné vzdělání či nástroje, kterými by všem novým médiím přiměřeně vzdoroval. Literární člověk se tváří v tvář filmu a fotografii chová nejen otupěle a neurčitě, nýbrž tuto neschopnost také intenzifikuje svojí obrannou arogancí a blahosklonností vůči „popkultuře“ a „masové zábavě“. Právě v tomto duchu

⁹ [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-65237870-reklama-a-nas-digitalni-habitat>

buldočí tuposti se scholastickým filozofům v šestnáctém století nepodařilo vyrovnat s problémem tištěné knihy.“¹⁰: Marshall McLuhan.

Měli bychom si dát dobrý pozor na to, aby nedošlo k tzv. lock-in momentu, jak jej nazývá Jaron Lanier ve své knize *You Are Not a Gadget*. Lock-in je moment, kdy se technologie, která byla například zpočátku určena jen k experimentálnímu využití, živelně rozšíří a je adaptována natolik, že stane velmi těžce nahraditelnou, třebaže lepší alternativní řešení bylo k dispozici již v samotném začátku jejího rozšíření. Druhým příkladem může být rozšíření technologie takovým způsobem, který její tvůrci nemohli předpovídat a teprve ve velkém měřítku se začnou projevovat nedomyšlené neduhy předchozích rozhodnutí. Takovým příkladem budiž princip, na kterém dnes funguje internet. Prvotní myšlenky o volném šíření informací a vzniku platformy nezávislé na státech a jiných regulacích byly jistě dobře míněné. Kořeny internetu jsou ovšem v akademickém prostředí, kde byla tato síť zpočátku přístupná omezenému počtu uživatelů s určitým stupněm vzdělání a jejich záměrem bylo umožnit rychlejší sdílení informací o vědeckých výzkumech. Společně s demokratizací internetu došlo k několika důležitým rozhodnutím (lock-inům), které se později ukázaly jako nepřilíš šťastné. Nejvíce zmiňovaným je anonymita účastníku v síti. Na jednu stranu umožňuje svobodné šíření informací bez ohrožení identity, zároveň ale umožňuje „internetovým trollům“, kteří zneužívají výhody skrývat se za touto bariérou anonymity. Přitom existovala teoretická alternativa, která navrhovala, aby každý uživatel v síti měl své identifikační údaje, jako je tomu například v telefonické komunikaci.

Tento lock-in má neblahé důsledky i pro umělce. Demokratizací internetu totiž vznikl zdánlivý nárok na bezplatný přístup k informacím, ať už v podobě textu, obrazu, filmu, hudby, apod. Internet se sice stal skvělou platformou pro umělce jak šířit svá díla. Ovšem i tato myšlenka se ukázala být jako zneužitelná a volné šíření čehokoliv se v konečném důsledku obrátilo zpět proti umělcům, kteří tak přicházejí o možnost obživy skrze distribuci jejich kreativního obsahu tímto kanálem.

Určitě by se dalo dlouho polemizovat o tom, jaký systém by byl pro internet vhodnější, asi tak, jako lidé neustále polemizují o tom, jaký způsob řízení státu je v danou chvíli výhodnější. Každé řešení s sebou přináší výhody i zápory, což si uvědomuje i Marshall

¹⁰ MCLUHAN, Marshall. Jak rozumět médiím: extenze člověka. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9. str. 206

McLuhan, který ve své knize cituje Davida Sarnoffa: „*I když knihtisk dal do oběhu spoustu braku, rozšířil také Bibli, myšlenky vizionářů a filozofů.*“¹¹, k čemuž McLuhan doplňuje: „*Generála Sarnoffa nikdy nenapadlo, že žádná technologie nedokáže víc, než se přidat k tomu, čím již jsme.*“¹²

¹¹ MCLUHAN, Marshall. Jak rozumět médiím: extenze člověka. 2., rev. vyd., V Mladé frontě 1. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9. str. 24

¹² tamtéž

3 VZNIK PROGRAMOVATELNÉ FOTOGRAFIE

„Hybrid, setkání dvou médií, je hodinou pravdy a zjevení, z nichž se rodí nová forma. Paralela dvou médií nás totiž udržuje na pomezí forem, na místě, kde jsme vytrženi z narcisovské narkózy. Chvilé setkání médií je chvílí svobody a uvolnění z každodenního transu a otupělosti, kterými tato média postihují naše smysly.“¹³ – Marshall McLuhan

Stephen Mayes tvrdí: *„V budoucnu nebude existovat nic jako přímá fotografie.“¹⁴* Podstata fotografie tak, jak jsme ji dříve vnímali, se totiž s příchodem digitální technologie radikálně změnila. D. N. Rodowick tento vývoj nejlépe reflektuje ve své knize *The Virtual Life of Film*: *„Digitální fotografie budou i nadále vnímány jako pravdivé otisky a zřejmě budou moci zachytit více informací, než je možné chemickou cestou.“¹⁵* a dodává: *„Můžeme sice věřit, že vlastníme tyto (digitální) obrazy, jako naše osobní vlastnictví, a můžeme ovládat šíření jejich kopií. Ale v tomto ohledu stále žijeme v generaci, která vnímá digitální fotoaparát jako fotografický aparát. Jak jsem totiž vysvětlil výše, digitální zařízení převádí obrazy na informace a tím pádem urychlují a zesilují jejich sílu jako komunikačního nástroj, procesu, který je omezen pouze dostupným výpočetním výkonem, úložným prostorem a přenosovou rychlostí.“¹⁶*

Digitální záznam obrazu dokáže věrně napodobit vzhled fotografií tak, jak jsme na něj byli zvyklí za posledních 160 let. Domnívám se ale, že digitální fotografie se tímto krokem dostala teprve na začátek svého vývoje. Fakt, že se dnes obrazovým rozlišením

¹³ MCLUHAN, Marshall. *Jak rozumět médiím: extenze člověka*. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9.

¹⁴ Stephen Mayes - *The Next Revolution in Photography Is Coming* [online]. 2015 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://time.com/4003527/future-of-photography/>

¹⁵ z originálu: *„Digital photographs are still taken to be perceptually real and indeed may capture more information at higher resolutions than is possible in chemical photography.“*, RODOWICK, David Norman. *The virtual life of film*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2007. ISBN 978-0-674-02668-1. str. 145

¹⁶ z originálu: *„We may continue to believe that we possess these images as personal property and can control their circulation in the form of copies. And, in this respect, we still live in a generation that takes the digital camera for a photographic apparatus. But, as I have explained above, digital capture devices convert images into information, and in so doing they accelerate and amplify their powers as communication, a process limited only by the availability of computing cycles, storage capacity, and bandwidth.“*, RODOWICK, David Norman. *The virtual life of film*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2007. ISBN 978-0-674-02668-1. str. 146

vyrovná a možná i předčí záznam obrazu chemickou cestou, je teprve jedním ze základních stupňů v jejím vývoji. To, co přechod k digitálnímu záznamu teprve umožní v budoucnu, bude naprosto vzdálené všem našim konvencím práce s fotografickým obrazem.

Digitální záznam obrazu totiž nadobro přerušil fyzicko-optickou vazbu mezi fotografovaným objektem a jeho technickým obrazem, která určovala to, jak jsme doposud přistupovali k fotografii. Stačí, pokud si uvědomíme základní princip toho, jak je obraz získáván v případě digitální fotografie. S příchodem digitálních senzorů byl optický záznam obrazu nahrazen výpočetními procesy a algoritmy. Navzdory tomu, že drtivá většina digitálních senzorů efektivně využívá pouze jednu třetinu dopadajících fotonů, vypadají výsledné obrazy naprosto věrně jako jejich předlohy. Avšak velká část obrazových bodů těchto fotografií je dopočítána procesorem.

Surová data, která jsme schopni z běžně dostupných digitálních fotoaparátů získat, nám umožňují mnohem sofistikovanější manipulace a úpravy, než tomu bylo doposud. Jediné co nás v mnoha ohledech drží zpátky při jejich využití, je pouze společenský konsenzus toho, jak by měla „objektivní“, jinými slovy uvěřitelná, fotografie vypadat. Pravdou ale zůstává, že výrobci kamer jsou připraveni tyto nové zdroje dat naplno využít a je jedno, zda se tradiční fotografové rozhodnou následovat nebo ne. Kevin Connor, odborník na obrazové forenzní techniky, na toto téma tvrdí: „*Definice výpočetní fotografie se stále vyvíjí, ale rád o ní přemýšlím jako o posunu od používání fotoaparátu jako obrazotvorného zařízení k zařízení pro sběr dat.*“¹⁷ To, čeho jsme nyní svědky, není konec fotografie, jak jsme ji doposud znali, jako statický dvojrozměrný obraz ohraničený rámem, ale její posun o krok dále.

Eivind Rossaak tvrdí, že také díky tomuto vývoji jsme svědky krize ve správném pojmenování. Je digitální obraz stále „obraz“, ve stejném smyslu, který reprezentují chemické způsoby záznamu? Nebo se jedná o kód, algoritmus, který je teprve po dekodování interpretován jako něco, co velice věrně napodobuje fotografii v nám známé podobě: „*Je to stále obraz? Odborníci i umělci se snaží tuto krizi – nebo nový potenciál – obrazu urychleně posoudit. Přibývá odborníků, mezi nimiž Friedrich Kittler, Lev Manovich, D. N.*

¹⁷ z originálu: „The definition of computational photography is still evolving, but I like to think of it as a shift from using a camera as a picture-making device to using it as a data-collecting device.“, Photojournalism Ethics on Shifting Technological Ground [online]. 2012 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.fourandsix.com/blog/2012/2/13/photojournalism-ethics-on-shifting-technological-ground.html>

Rodowick a Mark B. N. Hansen, kteří začali v této oblasti používat termín „algorithmus“, jež byl ještě před pár lety používán pouze mezi počítačovými odporníky a matematiky. “¹⁸

Přechodem z analogového do digitálního prostředí na přelomu 20. a 21. století fotografie teprve začala doopravdy dospívat. Nějakou dobu trvalo, než se adaptovala, ale záhy se ukázalo, že přechod do digitálního prostředí nám umožňuje mnohem zásadnější změny, než jsme si zprvu dokázali představit. Fotografie již nutně nemusí být pouze nosičem dvourozměrných obrazových dat, jako tomu bylo donedávna. Stala se nosičem mnoha dalších informací, ve více vrstvách a rozměrech, a ty, které jsme schopni vnímat na jejím povrchu, jsou sice nadále velmi důležité, ale již ne výhradní. Záznam digitálního obrazu se stal velmi pružným médiem s novými účely, které třeba teprve čekají na svoje odhalení a využití. Eivind Rossaak na toto téma dodává: *„Je to právě diskontinuita mezi vstupem a výstupem, která poskytuje prostor pro kreativitu a představivost – a možnost ovládnání. Tento prostor není určovaný světlem a stínem jako v chemickém procesu, ale počítačovými algoritmy, které vykonávají manipulace a změny. “¹⁹*

Drtivá většina uživatelů není ovšem schopná psát a používat vlastní algoritmy. V případě digitální fotografie proto běžně používáme software, který tyto pokyny již obsahuje a my je aplikujeme skrze jeho uživatelské rozhraní. Pro lepší pochopení se toto rozhraní snaží imitovat nám již známé nástroje z éry klasické fotografie. Viz nástroje v Adobe Photoshop – štětec, razítko, laso, kapátko a další. Rossaak navíc vidí podobnost mezi počítačovými hrami a softwarem pro úpravu digitálních fotografií: *„Připadá mi, že pohrávání si se softwarem pro digitální úpravy je také (počítačovou) hrou, jejímž cílem je najít ten správný algoritmus. “²⁰*

¹⁸ z originálu: „Is it still an image? Both scholars and artists seem to be urgently engaged in trying to assess this crisis – or new potential – of the image. A growing number of scholars such as Friedrich Kittler, Lev Manovich, D. N. Rodowick and Mark B. N. Hansen have also started to address these issues via the technical term „algorithm“, which was a term only used by computer specialists and mathematicians just few years ago.“, RØSSAAK, Eivind. *Between stillness and motion: film, photography, algorithms*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2011. *Film culture in transition*. ISBN 978-908-9642-134. str. 188

¹⁹ z originálu: „It is the discontinuity between the input and the output that produces a new space for creativity and imagination – and chance and control. This space is addressed, not by light and shadow as in the photochemical process, but by computer algorithms, which carry out manipulations and alterations.“, RØSSAAK, Eivind. *Between stillness and motion: film, photography, algorithms*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2011. *Film culture in transition*. ISBN 978-908-9642-134. str. 190

²⁰ z originálu: „As I see it, playing around with digital editing software also is a „game“ which is all about finding the best algorithm.“, RØSSAAK, Eivind. *Between stillness and motion: film, photography, algo-*

Každá technologie časem dospěje ve svém vývoji do takzvané „good enough“ fáze, jak ji popisuje Maciej Ceglowski ve svém článku *Web Design: The First 100 Years*. Good enough je moment, kdy např. hardware dosáhne takového výkonu, který nám naprosto dostačuje pro drtivou většinu naší práce. Je možné, že v případě digitální fotografie, se v tomto stádiu právě nacházíme, kdy běžně dostupné fotoaparáty disponují rozlišením přes 20 Mpix. Jistou analogii tohoto vývoje lze nalézt i v oblasti vývoje osobních počítačů na přelomu století, kdy se jejich výkon zdvojnásoboval každým rokem, až narazil na fyzikální hranice. Především ale došlo k momentu, kdy jsme zjistili, že výkon, který máme k dispozici, nám naprosto dostačuje. V ten okamžik se přesunula hlavní pozornost na software. V případě digitální fotografie se dnes také nacházíme v době, kdy se přesouvá pozornost směrem k software, který má na starosti zpracování obrazu. To, čeho jsme svědky, je přesun mnoha funkcí, které byly do nedávna dostupné pouze v sofistikovaném postprodukčním software (jako je např. Adobe Photoshop), přímo do samotných fotoaparátů. Ať už v tuto chvíli máme na mysli profesionální fotoaparáty nebo mobilní telefony.

Taylor Davidson se domnívá, že konstrukce budoucích fotoaparátů bude založena především na jejich softwarové výbavě, schopnostech využívat data z více sensorů najednou a to nejen těch obrazových. Mark Levoy, který působil na univerzitě ve Standfordu tvrdí: „*Až na oblast fotožurnalismu nebude existovat nic jako „přímá fotografie“, vše bude amalgamem, interpretací, vylepšením nebo variací – ať už díky fotografovu umu nebo fotoaparátu samotnému.*“²¹

Existují obavy, že se hodnota fotografického jazyka tímto vývojem značně pokříví, protože se staneme svědky většího množství těžko zjištělných obrazových podvodů. Jistě bude důležité nalézt správný způsob hodnocení a nahlížení na nové obohacené obrazy, ale pravděpodobně se tímto vývojem nevystavíme žádným novým rizikům. Podobně jako jsme se naučili za posledních více než sto let, že nelze naprosto věřit našim současným technic-

rhythms. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2011. Film culture in transition. ISBN 978-908-9642-134. str. 190

²¹ z originálu: “Except in photojournalism, there will be no such thing as a ‘straight photograph’; everything will be an amalgam, an interpretation, an enhancement or a variation – either by the photographer as auteur or by the camera itself.”, Marc Levoy on Google Glass and Photography [online]. 2014 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://unframed.lacma.org/2014/01/21/marc-levoy-on-google-glass-and-photography/>

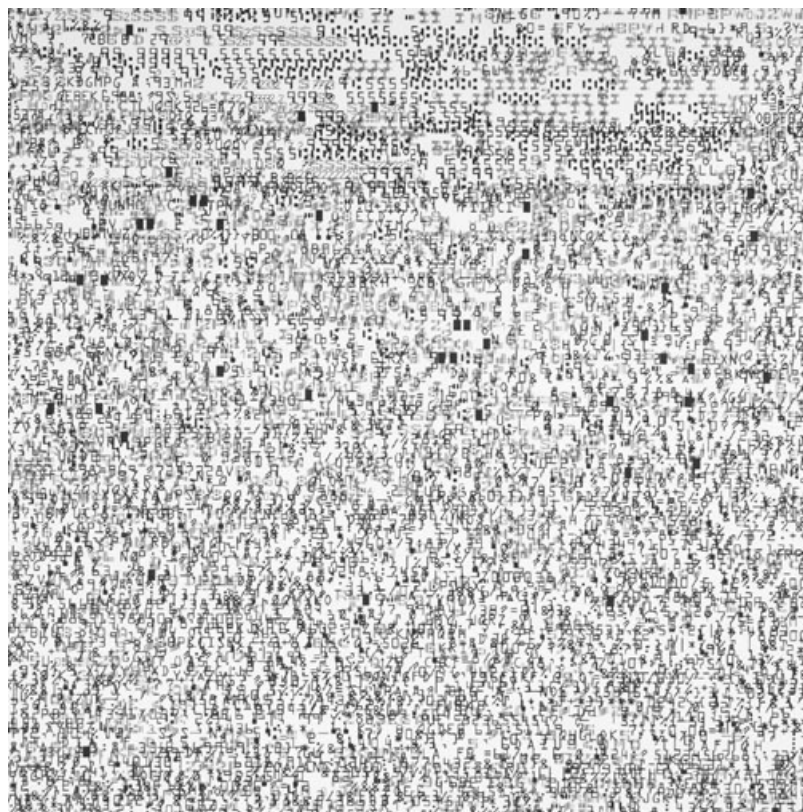
kým obrazům a jsme schopni odlišit reklamní obrazy nebo kompozitní ilustrace od dokumentárních a reportážních fotografií.

Pokud se chceme bavit o manipulaci v oblasti digitální fotografie, je nejdříve třeba definovat existenci jakéhosi originálního, panenského digitálního obrazu. Ovšem definice tohoto bodu v digitální fotografii je velmi problematická a stále se vyvíjí. V oblasti dokumentární fotografie je tato problematika velmi aktuální a výborně ji reflektuje například studie Davida Campbella pro World Press Photo s názvem *The Integrity Of The Image* (2012).

Do té doby, dokud vznikala pouze chemicko-fyzikální cestou, měla fotografie jasnou a pevnou identitu, vazbu se skutečným světem, který reflektovala. Ovšem přechodem do digitálního prostředí se stala imateriální, souborem dat vznikajících a dekodovatelných pouze pomocí určitých algoritmů. Od té doby je možné obraz jakkoliv přetavovat do nových forem, nebo obohacovat o další informace skryté pod povrchem pixelů, jež reprezentují obraz samotný. Přechodem k digitálnímu záznamu se základním stavením prvkem obrazu fakticky stalo písmo. Fotografie se tak vymanila ze své závislosti na fyzickém podkladu, emulzi a jejích stříbrných krystalech.

Tuto zásadní změnu v charakteru fotografického obrazu po přechodu do digitálního prostředí, reflektuje ve svém konceptuálním díle z roku 1995 německý umělec Andreas Müller-Pohle. *Digital Scores* (after Nicéphore Niépce) je transformací známého snímku Nicéphore Niépceho *Pohled z okna své pracovny* na alfanumerické znaky digitálního kódu, který onen původní snímek reprezentují. Výsledný kód o velikosti 7 MB je prezentovaný na osmi panelech vedle sebe. Andreas Müller-Pohle o svém díle píše: „*Předpokládá se, že pohled z pracovny zachycený Niépcem v roce 1829 vyžadoval expozici kolem 8 hodin a tím pádem nemůžeme korespondovat s lidským vnímáním. (...) Panely (s kódem) nečitelné pro lidské oko představují kompletní binární zápis nejstarší dochované fotografie. Zastoupený čas je tak přetransformován a zastoupen informací.*“²²

²² z originálu: „View from his study taken by Nicéphore Niépce in 1826, required an exposure time of presumably eight hours and could thus never correspond to the human gaze. (...) The panels, unreadable for the human eye, represent the complete binary description of the oldest surviving photograph. The time of repre-



4 *Digital Scores* (after Nicéphore Niépce), 1995; Andreas Müller-Pohle

Historik fotografie a umění Geoffrey Batchen o tomto díle tvrdí: „*Nostalgie stranou, universum dnešní fotografie se nenachází ve shlucích stříbra, ale v algoritmech závodících napříč plochou díla Digital Scores od Andrease Müller-Pohle z roku 1995. Žádné body. Žádné stříbro. Žádná emulze. Žádné skryté informace. Ve skutečnosti nic jiného než informace.*“²³

Právě Niépceova první fotografie je v Müller-Pohlově díle využita jako symbolický zástupce celých dějin chemického záznamu obrazu a touto transformací Müller-Pohle předznamenává konec její éry. Alfanumerický přepis obrazu má podobný vztah k fotografii, jako má notový záznam k hudbě. Její nová základní substance nemá žádný rozměr ve fyzickém světě a je nadále závislá pouze na proměnných interpretacích jejího digitálního

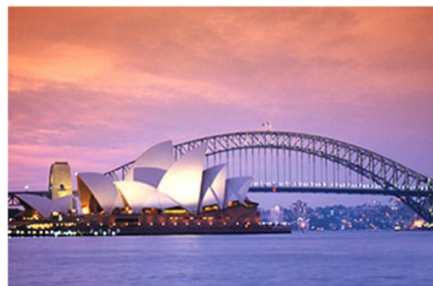
sensation is thus transformed into the representation of information.“, [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.muellerpohle.net/projects/scores.html>

²³ z originálu: „Fictional nostalgia aside, today’s photographic universe is found not in clumps of silver but in the algorithms racing across the surface of German artist Andreas Müller-Pohle’s 1995 *Digital Scores*. No dots. No silver. No emulsion. No hidden information. In fact, nothing but information.“, BATCHEN, Geoffrey. Each wild idea: writing, photography, history. Cambridge: MIT Press, c2001. ISBN 02-625-2324-8., str. 177

kódu. Jejím reprezentačním modelem se stal jazyk. D. N. Rodowick na tento posun také upozornil ve své přednášce Thinking Virtual: „(...) v digitálním prostoru neexistuje žádný film, fotografie, zvuk. Počítače rozeznávají pouze symbolický zápis a algoritmické operace, které mají nerozlišitelné výstupy. Jsme zvyklí přemýšlet o obrazech na základě modelu malby nebo fotografie, jako o omezeném rozšíření prostoru nám přítomném jako jeden celek, a chtěli bychom v tomto podobném duchu přemýšlet i o elektronických „obrazech“. (...) Avšak zápis kódu na obrazovce na sebe může jednoduše převzít formu textu, zvuku nebo nekonkrétních symbolů.“²⁴

Na první pohled vypadají analogové i digitální fotografie stejně, alespoň na papíře. Jenže pro analogovou fotografii je toto její konečná fáze. Její závislost na fyzikálním podkladu nelze překonat. Pro fotografii digitální je to pouze začátek a je možné, že budeme s odstupem času na toto období přechodu od analogového záznamu k digitálnímu, hledět podobně jako dnes nazíráme na období, kdy se fotografie inspirovala u malířství na konci 19. století. Digitální fotografie je v důsledku pouhým tokem dat, který může být dokola manipulován, transformován a kopírován. Tím pádem se fotografie stala dílčí součástí veškerého elektronického universa, kterým jsme obklopeni na každém kroku a do kterého patří mimo jiné i projekt čtení lidského genomu DNA. Ten také usiluje o převedení základních biologických informací živočišných druhů do formy digitálních dat. Zajímavým průsečíkem tohoto odvětví a způsobu nakládání s digitálními daty je výsledek výzkumu Washingtonské Univerzity z dubna 2016, který umožnil ukládat libovolná digitální data do kódu syntetických molekul DNA a zpětně je přečíst. Tento způsob ukládání dat sice není vhodný pro okamžitý přístup a práci s nimi, ale naproti tomu umožňuje uložit tisíce gigabytů dat do nepatrné kapky DNA s životností v řádech staletí. Jako první digitální data k tomuto pokusu bylo použito několik fotografií.

²⁴ z originálu: „(...) in the digital universe there is no cinema, no photography, no sounds. The cosmogony of computers only recognizes symbolic notation and algorithmic operations, and is totally agnostic as to outputs. We are used to thinking of images on the model of painting or photography, as limited extensions of space present to us as a whole, and we want to think of digital or electronic „images“ in this familiar way. (...) And again, the code writing this output to the screen can just as easily take the form of text, a sound, or an abstract symbolic notation.“, Rodowick. “Thinking Virtual”, přednáška na University of Chicago, 6. května 2010



(a) sydney . jpg, 24301 bytes



(b) cat . jpg, 11901 bytes



(c) smiley . jpg, 5665 bytes

5 obrazové soubory použité k pokusu ukládání a čtení dat z DNA na Univerzitě ve Washingtonu, 2016

S narůstajícími objemy dat, ať už mluvíme o fotografiích nebo jiných médiích, které každý den vznikají, vzrůstající nároky na to, jak tyto data nejen ukládat, ale také jak s nimi nakládat a především efektivně je třídit. Přední odborník na tomto poli je teoretik médií Lev Manovich, který se dlouhodobě zabývá vizualizací velkých dat (tzv. Big Data) s důrazem na fotografii a sociální sítě. Manovich na úvod svého výzkumu Data Science and Digital Art History píše: „*I když vědecké techniky práce s velkými daty nenahrazují klasické metody historie umění, umožňují nám nahlédnout na známé umělecké materiály z nových pohledů a také nám dávají možnost lépe studovat současnou digitální obrazovou kulturu.*“²⁵ Mimo jiné se zaměřuje také na problematiku digitalizace musejních sbírek a jejich třídění. „*Potřebujeme techniku, které nám umožní nahlížet na ohromné „mediální vesmíry“ a rychle nalézt všechny zajímavé souvislosti. (...) Musí dokázat zkomprimovat obrovské mediální prostory do menších pozorovatelných prostředí, které budou vhodné pro lidské pozorovací možnosti.*“²⁶ V roce 2013 se Manovich například zabýval výzkumem pro

²⁵ z originálu: „While data science techniques do not replace other art historical methods, they allow us to see familiar art historical material in new ways, and also to study contemporary digital visual culture.“, [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: http://manovich.net/content/04-projects/085-data-science/manovich_digital_art_history.pdf

²⁶ z originálu: „We need techniques which would allow us to observe vast “media universes” and quickly detect all interesting patterns. (...) They have to compress massive media universes into smaller observable media “landscapes” compatible with the human information processing rates.“, [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://manovich.net/index.php/projects/media-visualization-visual-techniques-for-exploring-large-media-collections>

MoMA v New Yorku s úkolem efektivně vizualizovat data související s jejich archivem fotografií čítajícím přes 20 000 kusů.

Vesmír fotografií dostupných ve veřejně přístupných internetových databázích jako je Flickr představuje pro Manoviche doslova živnou půdu. Vnímá ho jako jeden obrovský dokumentární celek, který při správné interpretaci může vypovídat o našich zvyklostech a trendech při zachycování fotografií. Tyto analýzy by ovšem nebylo možné provádět bez dostatečného výpočetního výkonu vyhledávacích nástrojů, databází a algoritmů. Za pomoci těchto nástrojů je možné porovnávat rozsáhle archivy a srovnávat je do nových kompozičních celků, díky čemuž můžeme získat zcela nový pohled na naši obrazovou historii i současnost.

4 HYPER FOTOGRAFIE

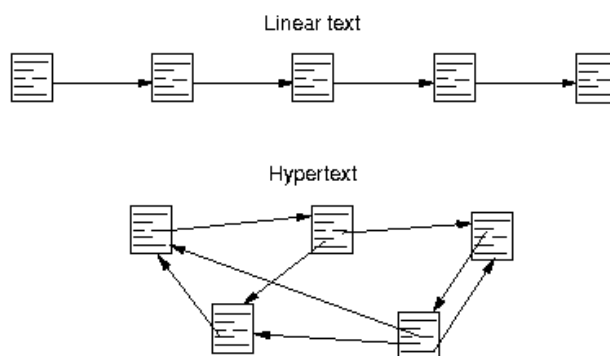
Co je to hyper fotografie? Fred Ritchin vnímá digitální fotografii jako zcela jiné médium, než jakým je klasická fotografie, které vyžaduje odlišný přístup, a které je součástí většího interaktivního celku nazývaní metamédia. „*Tento nový vzor, který se teprve utváří, můžeme nazývat „hyperfotografií.“*²⁷

Klasická fotografie je médium lineární, jejíž vznik je vždy ukončeným procesem v daném bodě a čase a jedná se o záznam plynulých barevných odstínů vnímaných povětšinou jako celistvý objekt. Zároveň můžeme říci, že klasická fotografie stárne, je závislá na čase a s jeho plynutím mění svůj vzhled. Oproti tomu digitální fotografie vzniká procesem nezávislých oddělených kroků, které mohou být spojovány, upravovány a přenášeny dle libovůle. „*Kutálení po rampě směrem dolů je souvislým pohybem, ale chůze po schodech je sekvencí oddělených kroků – takže lze spočítat počet kroků, ale nelze vyčíslit počet úrovní rampy.“*²⁸ Digitální média svojí nelineární podstatou přímo vybízejí, aby byla přetvářena a interaktivně spojována. Jsou nezávislé na čase a jejich kopie jsou identické.

Domnívám se, že Fred Ritchin vycházel, při použití termínu hyper fotografie, z definice hypertextu, která označuje způsob ukládání dat pomocí počítačů, umožňující libovolné vytváření propojených odkazů a přístup k informacím nelineárním způsobem. Není třeba postupné návaznosti, jako tomu je u klasických médií, které mají přesně definovaný lineární postup. Hypertext lze chápat také jako propojení informací po horizontální linii (všechny odkazy se nacházejí na stejné úrovni), na rozdíl od tištěných médií, pro které je typická jejich lineárnost a autorem daná přesně daná kontinuita.

²⁷ z originálu: „This new paradigm, which has yet to fully emerge, can be called „hyperphotography.“, RITCHIN, Fred. *After photography*. First paperback ed. New York: W. W. Norton, 2010. ISBN 978-039-3337-730. str. 141

²⁸ z originálu: „Rolling down the ramp is continuous motion, but walking down stairs is a sequence of discrete steps – so you can count the number of steps, but not the number of levels on the ramp.“, MITCHELL, William J. *The reconfigured eye: visual truth in the post-photographic era*. 4th print. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2001. ISBN 02-626-3160-1.



6 diagram znázorňující rozdíl mezi lineárním textem (nahore) a hypertextem (dole)

Termín „hyper-text“ poprvé použil americký průkopník na poli výpočetní techniky Theodore Helm Nelson v roce 1965. Nelson, kromě jiného, představil i pojem hyper-media, který definuje jako: „*Hyper-média jsou rozvětvené nebo aktivní reprezentace, které reagují na uživateli povely. Útvary předem vytvořených slovních spojení nebo (např.) obrazů, které mohou být libovolně zkoumány a využívány, bez nutnosti aby byly „programovány“, ale spíše navrhovány, psány, kresleny a upravovány spisovateli, umělci, designéry a redaktory. Stejně jako v případě klasické literatury a fotografie se bude stále jednat o média a protože tyto média budou v jistém smyslu „více-rozměrová“, měli bychom je nazývat hyper-média, dle stejného významu slova hyper- jako známe z matematiky.*“²⁹

Toto názvosloví se utvářelo právě v polovině 20. století, kdy docházelo k rychlému vývoji na poli výpočetních technologií, který s sebou přinášel potřebu tento vývoj reflektovat a ukotvit. V roce 1959 byla také vydána kniha Edwarda T. Halla s názvem *The Silent Language*, ve které Hall popisuje svou teorii o rozdělení kultur na polychromní a monochromní. Dle Halla je v kultuře polychromní samozřejmostí prožívání více událostí najednou, což je znak typický právě pro fungování hypertextu a počítačů obecně. Oproti tomu monochromatické kultury vnímají události posloupně a přikládají největší důraz na tu

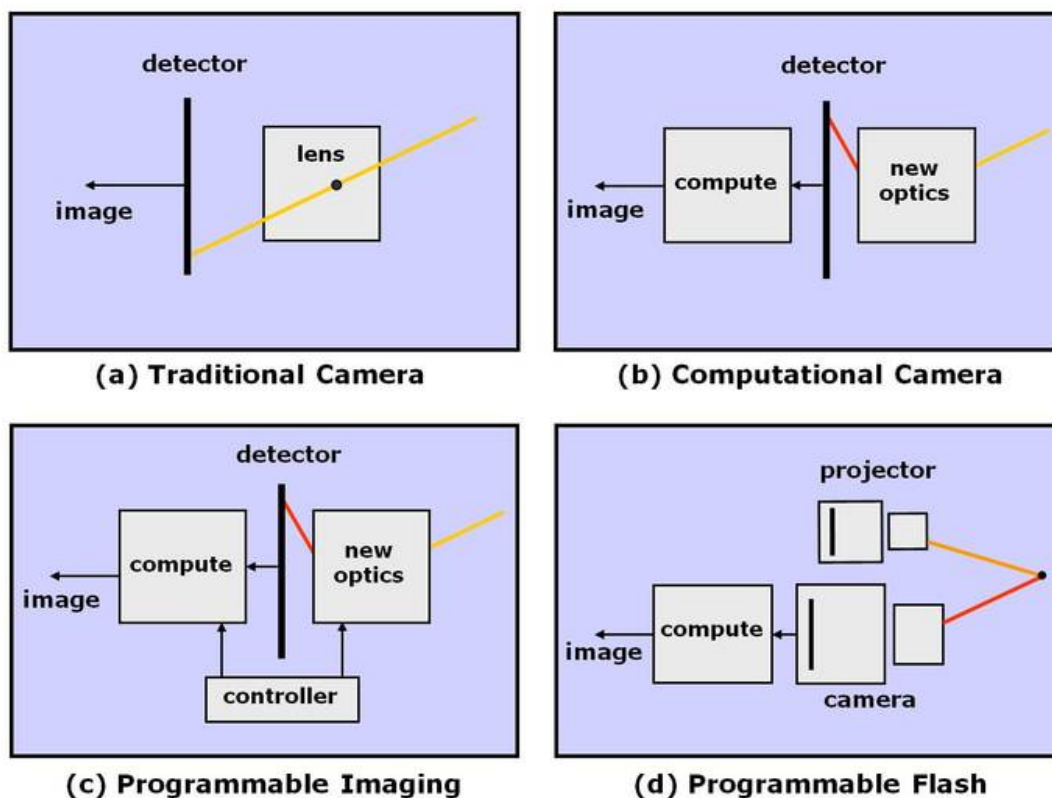
²⁹ z originálu: „Hyper-media are branching or performing presentations which respond to user actions, systems of prearranged words and pictures (for example) which may be explored freely or queried in stylized ways. They will not be “programmed,” but rather designed, written, drawn and edited, by authors, artists, designers and editors... Like ordinary prose and pictures, they will be media; and because they are in some sense “multi-dimensional,” we may call them hyper-media, following mathematical use of the term “hyper-“; WARDRIP-FRUIIN, Noah a Nick MONTFORT. *The NewMediaReader*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2003. ISBN 02-622-3227-8. str. 313

událost, která právě probíhá. Zajímavostí je, že Edward T. Hall a Marshall McLuhan byli kolegové, kteří se vzájemně ovlivňovali.

Ritchinovi i Nelsonovi definice vycházejí z vnímání nových možností pro digitální záznam obrazu, který svou podstatou umožňuje neukončené množství mutací, úprav nebo interakcí. Podstatou toho záznamu je vytvoření digitálního kódu, který může být dále přetvářen a přetavován do nových podob pomocí algoritmů. Takto zaznamenaný obraz je ve-lice pružným médiem a na základě těchto definic je digitální fotografie jasným příkladem nelineárního média.

4.1 Konstrukce výpočetních kamer (Computational cameras)

Konstrukce většiny běžných fotoaparátů se od doby vzniku první dochované fotografie příliš nezměnila. Naprostá většina využívá princip fungování camery obscury. O tomto principu existují první zmínky již z doby čínského filozofa Mo-Ti v 5. století př. n. l. Kvalita zachycených snímků se sice postupně zlepšovala díky zdokonaleným konstrukcím optických členů, clon a závěrek. Avšak teprve nahrazení celuloidového filmu digitálním čipem, umožnilo vznik nových způsobů záznamu obrazu a tím pádem nastala možnost pro vytvoření alternativních konstrukcí kamer.



7 (a) Tradiční konstrukce fotoaparátu na principu *camery obscury*. (b) Výpočetní kamera používající optické kódování, které je využito pro získání nových typů fotografií. (c) Programovatelný systém, kde optika i software pro zpracování může být ovládán a měněn dle potřeby. (d) Optické kódování pomocí programovatelného blesku.

Tradiční kamery

I když vývoj digitálního záznamu obrazu prošel za poslední desetiletí velkým vývojem, základní konstrukce digitálních fotoaparátů vychází povětšinou z principu fungování *camery obscury*. Tento tradiční model kamery zachycuje na sensor pouze ty světelné paprsky, které projdou skrze ohnisko objektivu, aby vytvořil známý lineárně perspektivní obraz. Jde o velmi jednoduchý způsob záznamu obrazu, který využívá jen omezenou část kompletního světelného pole.

Výpočetní kamery

Oproti tomu výpočetní kamery využívají optiky nových konstrukcí ve spojení s výpočetními algoritmy. Taková optika je například schopná účelně odklonit světelný paprsek na jinou část sensoru, než na kterou by dopadl při použití běžné optiky. Zároveň mů-

že takovýto optický člen změnit jeho fotometrické vlastnosti. Surový obraz z této soustavy nemusí být na první pohled srozumitelný a teprve výpočetní algoritmus dokáže převést tento obraz do konečné podoby, která může být obohacena o více obrazových informací než je možné při tradiční způsob záznamu.

Programovatelné výpočetní kamery

Výpočetní kamery mohou vytvářet obrazy, které jsou naprosto odlišné od tradičního zobrazení pomocí lineární perspektivy, avšak hardware a software takovéto kamery je většinou vytvořen přímo pro jeden daný způsob záznamu a jeho změna by vyžadovala zásadní redesign v konstrukci. Programovatelný systém oproti tomu obsahuje optický člen, který může být ovládán a měnit svoje radiometrické a geometrické vlastnosti. Společně s ním je řízen také software, který je schopný použít přizpůsobené algoritmy pro interpretaci obrazu na základě daných změn. Díky tomu můžeme simulovat nejrůznější způsoby zachycení obrazu s využitím pouze jednoho záznamového zařízení. Takové zařízení umožňuje svému uživateli měnit funkce kamery dle jeho potřeb a zvolit si tak způsob záznamu obrazu, který je nejvíce vhodný pro jeho daný účel. Předpokládá se, že pro opravdovou volnost by takovýto programovatelný systém měl být postavena na otevřeném hardware i software.

Programovatelné osvětlení

Kamera s programovatelným osvětlením využívá speciální projektor, který v tomto případě nahrazuje klasický blesk, k přisvícení fotografovaného objektu nebo scény. Tento projektor umožňuje kontrolovat nejen jeho intenzitu, ale také barvu a hlavně osvětlovací šablony a vzory, díky kterým může výpočetní kamera získat informace o scéně, které by s běžným bleskem nebylo možné dosáhnout. Tyto informace mohou být využity například pro komplexnější změny osvětlení nebo nastavení hloubky ostrosti obrazu v postprodukcii.

Výpočetní kamery přinášejí nové možnosti pro záznam a zobrazování obrazu, které by u klasických kamer nebyly možné. Nové fotografie pořízené pomocí takových kamer budou například umožňovat rozšířenou kontrolu ohniskové vzdálenosti, spektrálního rozlišení, dynamického rozsahu apod. Díky těmto novým funkcím bude možné upravovat

mnoho parametrů fotografie i po jejím zaznamenání, jako například změnit ostřicí bod, hloubku ostrosti, úhel záběru, rozlišení nebo způsob osvětlení.

Výpočetní kamery překonávají limity klasických způsobů záznamu obrazu a dotýkají se tak všech odvětví, které využívají kamer jako hlavního zdroje informací. Od běžné fotografie, přes počítačové vidění, biometriku, dálkové snímání nebo robotiku.

digitální fotografie	výpočetní fotografie	výpočetní kamery	výpočetní obrazový senzor
umožňuje omezené vylepšení aplikované na již zachycené fotografie	umožňuje zpracování již zachycených fotografií k vytvoření zcela nových obrazů	umožňují záznam opticky kódovaného obrazu následně zpracovaného výpočetním algoritmem poskytující rozšířené možnosti	senzory, které kombinují snímání za pomoci více zdrojů a výpočetního zpracování

8 znázornění rozdílů mezi digitální fotografií, výpočetní fotografií, výpočetními kamerami a výpočetními obrazovými senzory

4.2 Příklady výpočetních kamer

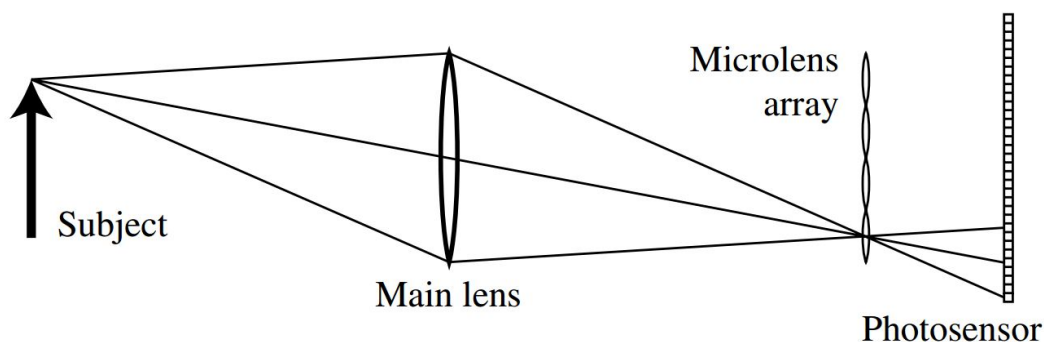
Plenoptické fotoaparáty (Light-field photography)

Jsou speciální digitální fotoaparáty, které jsou schopné snímat kompletní světelné pole (4D) pomocí uskupení mikro optických členů vložených mezi objektiv a sensor fotoaparátu. Každý z těchto mikro optických členů měří nejenom celkové množství světla v daném místě, ale také informace o směru světelných paprsků. Běžná konstrukce fotoaparátů oproti této zaznamenává snímanou scénu pouze dvojrozměrně a postrádá tak informace o prostoru.

Díky této technologii je možné dopočítat obrazy zaostřené v různých ohniscích a umožnit tak přeastřování i po jeho vyfocení fotografie. Tato technologie tím pádem nevyžaduje přesné ostření před samotnou expozicí. Zároveň poskytuje lepší výsledky při nízkém osvětlení a umožňuje zobrazení zachycených fotografií jako trojrozměrných obrazů

včetně simulace hloubky obrazu. Nevýhodou může být nižší rozlišení fotoaparátů s touto technologií, které je přímo závislé na hustotě mikro čoček a pixelů snímacího sensoru.

Nejznámější a jedinou komerčně dostupnou kamerou využívající této technologie jsou přístroje Lytro (Lytro ILLUM, 2014). V oblasti průmyslového využití plenoptických kamer je průkopníkem firma Raytrix.



9 schéma plenoptické kamery; hlavní čočka zaostřuje obraz na uskupení mikro optických členů, které rozdělují jednotlivé světelné paprsky na sensor umístěný za ním



10 Lytro ILLUM

Multičipové snímače (Imaging Camera-Array)

Je označení pro mono seskupení více snímačů, které je schopné zaznamenat kompletní světelné pole a sloučit z jeho dat fotografie o vyšším rozlišení společně s informacemi o vzdálenostech ve fotografované scéně.

Důvodem, proč se někteří výrobci vydávají cestou násobení snímačů, jsou fyzikální limity zmenšování jednotlivých pixelů na fotografických senzorech používaných zejména v mobilních zařízeních. Velikost jednotlivých pixelů (až 0.9 μm) se pomalu přibližuje limi-

tům přímo daných vlnovou délkou viditelného světla, což s sebou přináší řadu nevýhod jako například nechtěné přenosy signálu mezi samostatnými pixely. Technologii násobení senzorů využívají například některé kamery firmy Pelican Imaging (model PiCam).



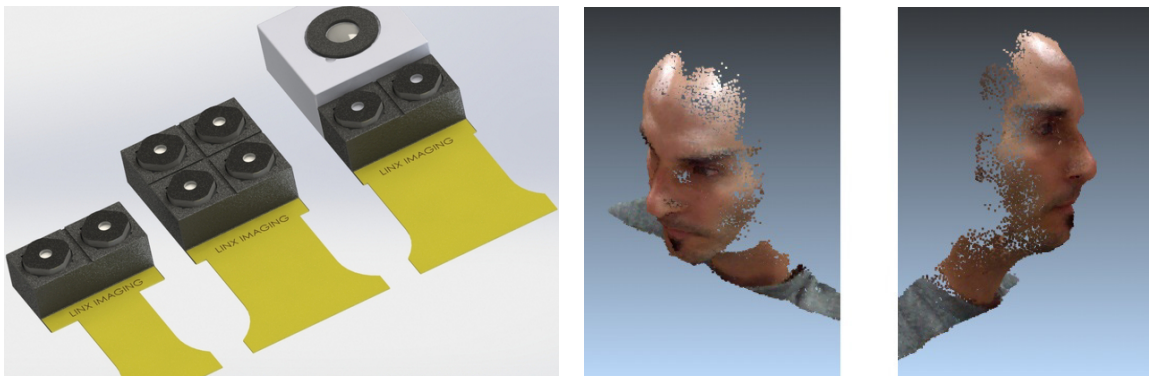
11 (a) PiCam modul, (b) surový výstup seskupený z 4x4 obrazů, každý s rozlišením 1000x750px, (c) přepočítaný výsledný obraz s korekcí paralaxy a dopočítaným rozlišením 8 Mpix, (d) získaná mapa hloubky obrazu

Kamera L16 od společnosti Light, představená v březnu 2016, také využívá seskupení více čipů v jedno těle. Její soustava je tvořena pomocí 16 čipů (individuálních kamer), které dokáží nahradit ekvivalent objektivů s ohniskovou vzdáleností mezi 35mm a 150mm a zkompletovat výsledné fotografie s rozlišením až 52 Mpix včetně informací o hloubce obrazu. Fotografie jsou snímány naráz až 10 čipy s různými ohniskovými vzdálenostmi.



vlevo: kamera Light L16, vpravo: soustava čipů kamery L16

Na podobném principu fungují i senzory vyvinuté firmou LinX, které využívají různé uskupení a množství čipů k získání velmi ostrých fotografií i za nízkého osvětlení. Navíc se jedná o senzory velmi malých rozměrů, které jsou určeny především pro mobilní telefony. Díky informacím o vzdálenosti v obrazu jsou tyto čipy schopné, za pomoci správného softwaru, rozeznávat gesta nebo sestavovat 3D modely z jednotlivých fotografií metodou photogrammetrie.



vlevo: senzory LinX; vpravo: 3D model sestavený z jedné fotografie pořízené senzorem LinX

360° photospheres

Jedním ze způsobů jak získat fotografii kompletního zorného pole s využitím seskupení více čipů umístěných na ploše koule tak, že po spojení všech fotografií vznikne kompletní obraz, jsou zařízení označovaná jako 360° photosféry (photospheres). K získání výsledného obrazu je nutné postprodukční zpracování pomocí příslušného algoritmu, který bývá přímo součástí zařízení. Tuto technologii využívá např. také firma Google ke snímání ulic pro aplikaci Street View.



12 vlevo: Sphericam, vpravo: auto se zařízením pro snímání obrazových dat Google Street View

Lidar

Lidar (Light Detection and Ranging) je označení pro pozorovací technologii, která měří vzdálenost pomocí ozařování cíle laserovým paprskem. Název Lidar vznikl je spojením slov light a radar. Jeho primární využití je v oblasti geografie pro vytváření vysoce přesných prostorových map. Lidar je také někdy jednoduše nazýván jako 3D scanning. Pro skenování je povětšinou využíváno světlo ve viditelném spektru nebo světlo blízké infračervenému spektru. Nejvíce je využíván v odvětví topografie, archeologie, ale také například jako hlavní zdroj dat pro auta bez řidiče a je možné, že v blízké době budou nějakou jednoduchou formou Lidaru vybaveny i běžné fotoaparáty nebo mobilní telefony. Tento posun by tím pádem dal vzniknout zcela novým přístrojům, které by byly schopné okamžitě zaznamenávat prostor i světlo v trojrozměrném modelu. Klasická fotografie byla vždy ohraničeným výsekem z prostoru a času. Tímto by se vymanila z dalšího fyzikálního omezení, která ji definuje od jejího vzniku a rámu fotografie by se tak stal minulostí. Fotografové by dostali možnost kompletně měnit úhel pohledu (kompozici) i po zachycení obrazu.

Architekt Liam Young ze studia Tomorrow Thoughts Today využil data získaná pomocí Lidaru k vytvoření krátkého filmu, spojeného s živou performancí, s názvem „*Hello, City!*“. Tento film je utopickou vizí města blízké budoucnosti, viděného skrze oči robotů, kteří ho ovládají a byl promítán na zahájení festivalu Transmediale 2016. Společně s tímto projektem Young také představil kolekci obleků speciálně navržených tak, aby odráželi laserové paprsky Lidaru a člověk se stal pro tento způsob zobrazování neviditelným, což koresponduje s Youngovou kritikou moderního města plného sledovacích systémů.



13 *Hello, City!* (2015), Liam Young

4.3 Příklady kombinace algoritmů a digitálních kamer standartních konstrukcí

Společně s nárůstem výpočetního výkonu mobilních zařízení, je možné čím dál více sofistikovaných obrazových operací provádět okamžitě po expozici přímo ve fotoaparátu nebo mobilním telefonu. Jejich současný výpočetní výkon je srovnatelný s pracovními stanicemi firmy Silicon Graphics, které byli v 90. letech jedněmi z nejvýkonnějších a nejsofistikovanějších zařízení pro vykreslování CG (computer graphics) efektů. Například také pro filmy Star Wars: Episode I (1999) nebo Jurský park (1993).

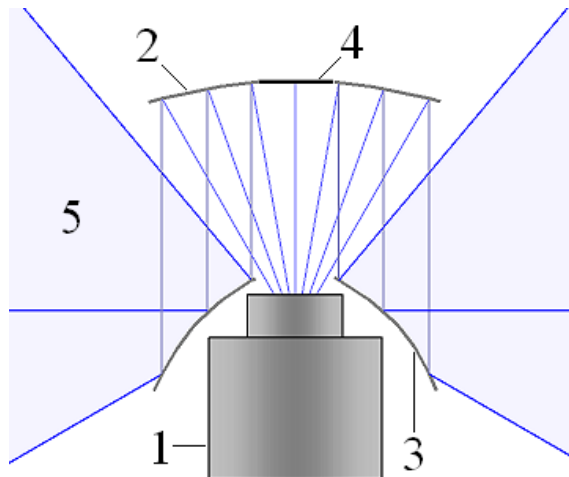
Běžné mobilní telefony dnes mají velmi výkonné obrazové senzory a navíc jsou vybaveny mnoha dalšími senzory, které se právě začali nejprve využívat v telefonech a až poté se pomalu začali přesouvat i do digitálních fotoaparátů. Například pohybové akcelerometry, kompas, GPS, apod. Příslušné aplikace tím pádem mohou využívat tyto další zdroje informací dle potřeby a zlepšovat díky nim samotný proces focení nebo obohacovat fotografie o další informace.

Následující způsoby zpracování digitálního obrazu je možné získat pomocí příslušných algoritmů i v případě záznamu pomocí kamer se standartní konstrukcí na principu camery obscury. Surová obrazová data jsou buď přímo zpracována v záznamovém zařízení nebo postprodukčně pomocí určeného software a počítače. Příklady nejrozšířenějšího využití těchto algoritmů jsem rozdělil dle toho, které fyzikální charakteristiky se týkají.

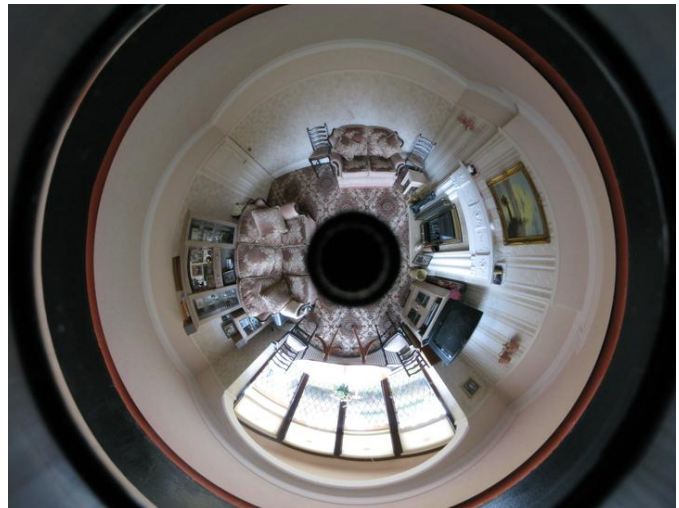
PROSTOR

Omnidirectional kamery

Neboli všesměrové kamery, jsou důležitou součástí systémů pro navigaci robotů v prostoru. Lze je využívat také pro vytváření 360° panoramat po odstranění zkreslení obrazu pomocí příslušných algoritmů. Tyto kamery dokáží snímat, v ideálním případě, paprsky procházející ohniskem ze všech směrů.



14 schéma všesměrové kamery se dvěma zrcadly; 1 - kamera, 2 - horní zrcadlo, 3 - dolní zrcadlo, 4 - slepý bod, 5- zorné pole (světle modře)

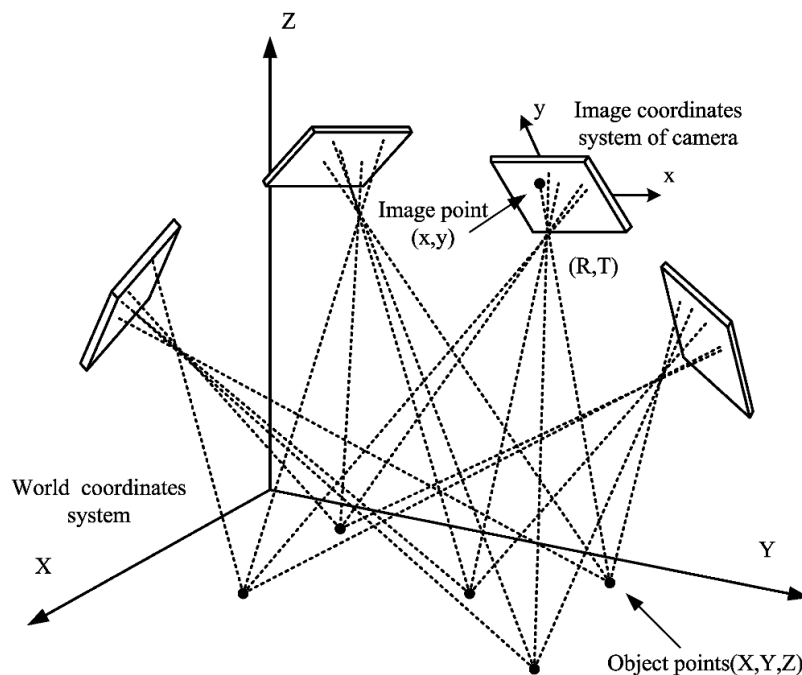


15 vlevo: GoPano nástavec, vpravo: nezpracovaný obraz získaný pomocí GoPano

Fotogrammetrie

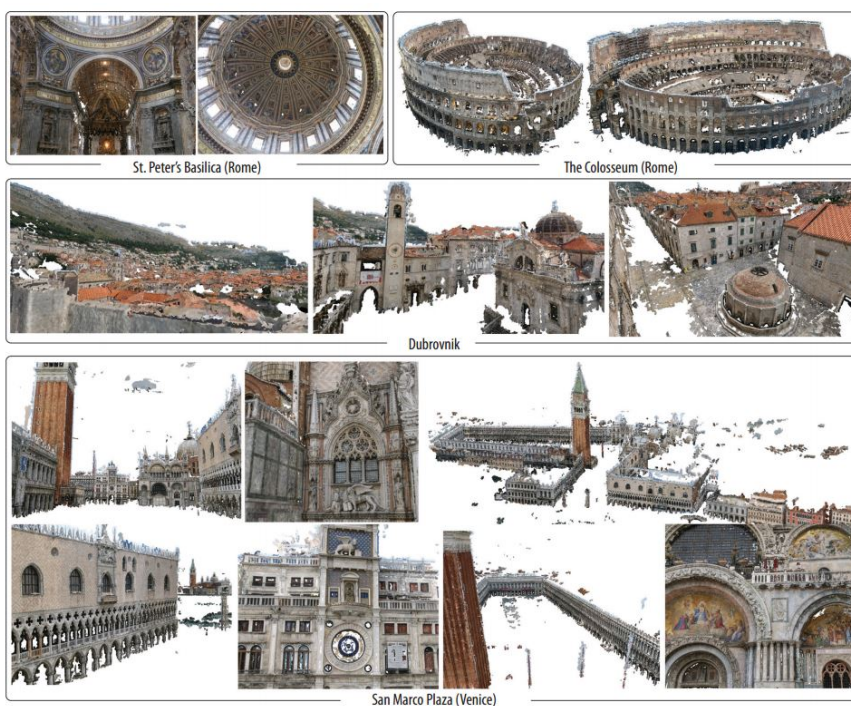
Je název pro techniku a vědní obor, který se zabývá přesným měřením vzdáleností mezi danými body na fotografiích. Za průkopníky fotogrammetrie jsou považováni Aime Laussedat a Albrecht Meydenbauer. Laussedat vydal v roce 1851 svou teoretickou práci nazvanou právě Métrophotographie. Zajímavostí je, že měl v roce 1858 údajně pomáhat Gaspard-Félixovi Nadarovi při jeho prvních pokusech fotografování z balónu.

Kombinace této metody ve spojení s dostatečným výpočetním výkonem počítačů umožňuje vytvářet komplexní počítačové 3D modely. Často bývá využívána ve spojení s metodou triangulace a Lidarem pro přesnější měření vzdálenosti.



16 princip určování polohy jednotlivých bodů v 3D prostoru pomocí fotogrammetrie

Jednou z nejznámější aplikací této metody je způsob získávání obrazových dat pomocí družic pro software Google Earth a v roce 2009 využili vědci z University ve Washingtonu tuto metodu v kombinaci s volně dostupnými fotografiemi z internetové galerie Flickr, k vytvoření rozsáhlých 3D modelů nejnavštěvovanějších měst. K vytvoření těchto modelů bylo využito desítek tisíc fotografií nahraných na internet běžnými uživateli, turisty.



17 3D rekonstrukce měst vytvořené výpočetním zpracováním běžných fotografií

Kombinaci těchto technologií využil také americký umělec a experimentátor James George, pro svoji sérii fotografií *Depth Editor Debug* (2011). K zachycení těchto fotografií použil běžný DSLR fotoaparát ve spojení se senzorem Microsoft Kinect. Spojení obou výstupů mu umožnilo vytvořit jednoduché 3D scény, ve kterých je možné nastavovat libovolný úhel pohledu i po zachycení fotografií. James George tvrdí, že tímto způsobem reaguje na kroky newyorského metra, které po bombových útocích na metro v Londýně v roce 2005, podepsalo rozsáhlou zakázku s firmou Lockheed Martin na vytvoření high-tech bezpečnostního systému, který měl být řízený počítačovým viděním a určitou formou umělé inteligence. Tento systém nebyl nikdy zprovozněn a v newyorském metru zůstalo mnoho nainstalovaných kamer bez využití. Takto veřejně oznámený, ale nikdy nezprovozněný hardware nebo software se v odvětví počítačových technologií obecně nazývá jako vaporware. Výsledný obrazový soubor Jamese George reaguje na tuto skutečnost a předkládá jeho interpretaci toho, jak by mohl svět metra vypadat nahlížený skrze neuskutečněný zabezpečovací kamerový systém.



18 Depth Editor Debug (2011), James George



19 sestava pro zachycení prostorových obrazů RGB+D, James George

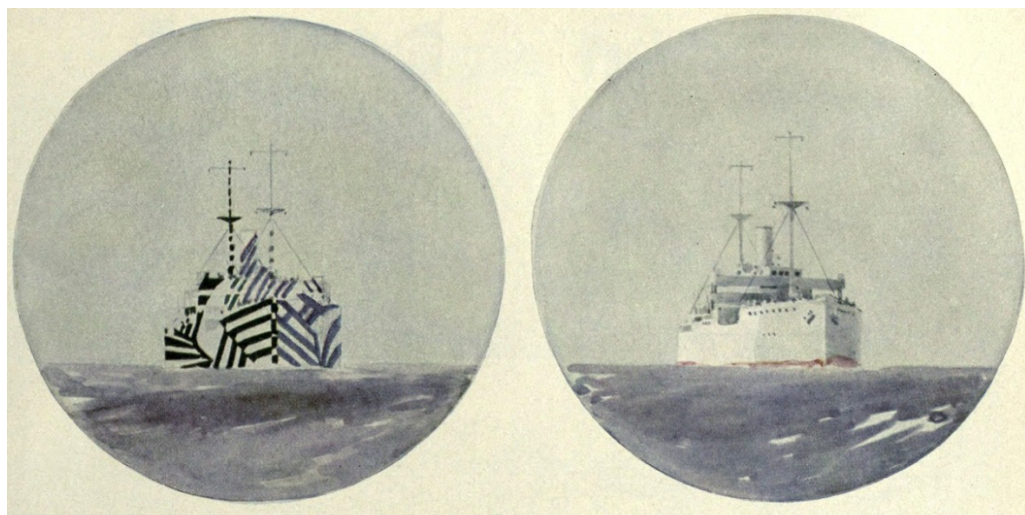
Detekce tváře

Algoritmy pro detekci tváře v obraze jsou jednou z nejrozšířenější aplikací počítačového vidění. Tyto algoritmy mají za úkol část po části analyzovat fotografii nebo živý video obraz a najít v něm předpokládané obličejové rysy. Každá tvář má podobné rozlišitelné znaky, které jsou označeny tzv. uzlovými body. Tyto uzlové body měří např. vzdálenost mezi očima, šířku nosu, délku brady a další. Výsledky jsou poté porovnány a vyhodnoceny příslušným algoritmem, který rozhodne, zda dané poměry odpovídají předpokládaným hodnotám lidského obličeje nebo ne. Jedná se tedy o pravděpodobnostní kalkulaci, která není bezchybná a kterou lze obejít, pokud víme, jaké rysy obličeje jsou poměřovány.

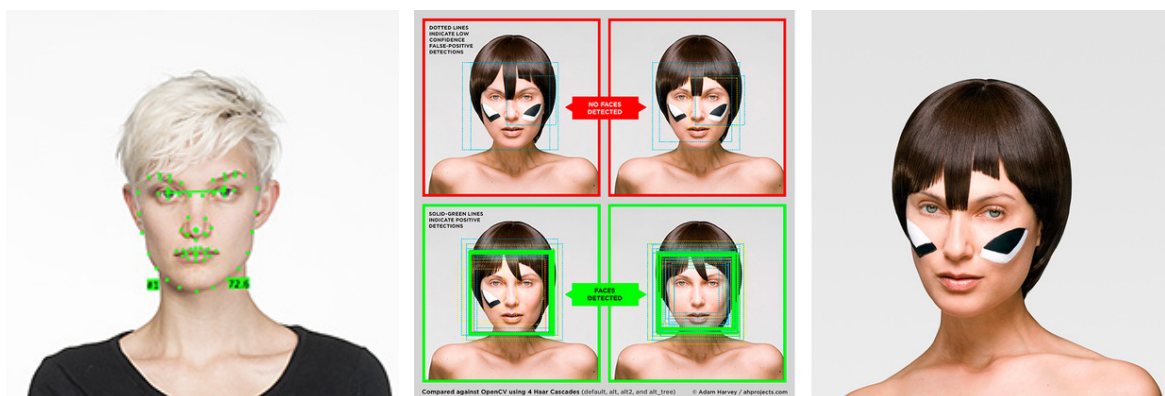
Algoritmy pro detekci tváře jsou téměř standartní výbavou běžných kompaktních digitálních fotoaparátů a telefonů. Samozřejmě ji využívají i bezpečnostní složky a s dostatečným výpočetním výkonem lze rozpoznávat obličeje ze záznamu bezpečnostních kamer v reálném čase a porovnávat je s příslušnou databází. Tyto sofistikované algoritmy

dokáží rozpoznávat tváře i z různých úhlů pohledu, při špatném osvětlení nebo s velkou pravděpodobností určit věk dané osoby. Například firma Facebook tvrdí, že její algoritmus DeepFace dokáže rozpoznat tváře ve fotografiích s pravděpodobností 97,35%.³⁰

Jedním z umělců, kteří se zaměřují na problematiku sledování, ochrany soukromý a počítačového vidění je Adam Harvey. Jeho projekt CV Dazzle (2010) se zaměřuje na způsoby kamufláže, kterými je možné zmást algoritmy pro detekci tváře a stát se tak pro sledovací systémy s tou funkcí „neviditelným“. Tyto návrhy vycházejí z kamufláží používaných již od první světové války, jež měli svým tvarem zmást protivníka při odhadování rozměru a směru plavby lodí. Harveyovi návrhy podobným způsobem využívají make-up a tvar účesů tak, aby dokázal narušit typické znaky lidské tváře.



20 způsob kamufláže lodí používaný během obou světových válek



21 vlevo: uzlové body pro rozpoznání tváře, vpravo: příklad kamufláže z projektu CV Dazzle (2010), Adam Harvey

³⁰ <https://research.facebook.com/publications/deepface-closing-the-gap-to-human-level-performance-in-face-verification/>

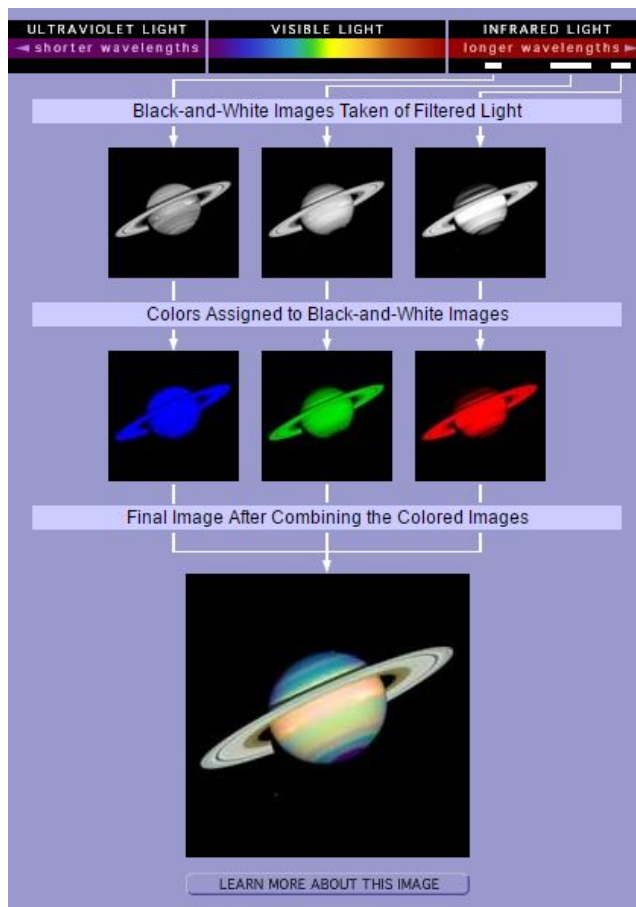
SPEKTRUM

Nepravé barvy ve vesmírné fotografii

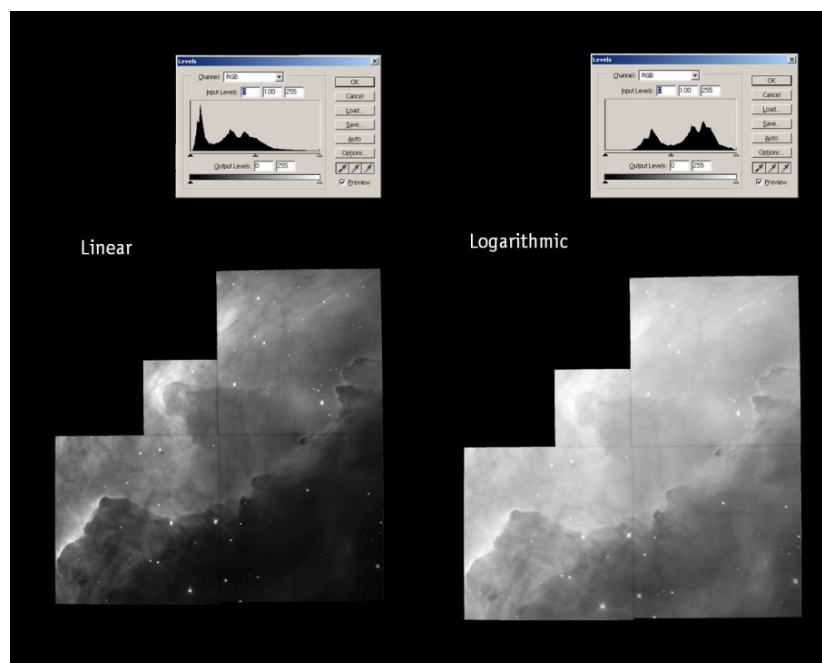
„*Vědecké obrazy nejsou dekorací ale vědomostí*,“³¹: tvrdí historička fotografie Vicki Goldberg. Přesto se ve vědeckých publikacích setkáme většinou s fotografiemi, které byly různými způsoby upraveny. Typickým příkladem je využívání digitálního softwaru při zpracování obrazů z největšího a nejznámějšího vědeckého fotoaparátu, kterým je Hubbleův teleskop. Tento teleskop je vybaven digitálními CCD čipy, které zaznamenávají obraz pouze ve formě černobílých pixelů a teprve při zpracování těchto fotografií na Zemi dochází ke složení více černobílých vrstev s dodanými barevnými filtry, jejichž výstupem jsou barevné fotografie s využitím nepravých barev. Tyto nepravé barvy mají za úkol zobrazit fotografie vzdáleného vesmíru, které byly zaznamenány ve vlnových délkách neviditelných pro lidské oko a jsou pravým příkladem toho, co Walter Benjamin nazval jako „optické nevědomí“.

V případě zpracování surových dat z Hubbleova teleskopu neexistuje nic jako pravý obraz. Dle potřeby a preferencí jsou pro převod digitálního kódu používané interpretace dle různých algoritmů. Ve většině případů vědci používají posloupné chromatické skládání černobílých fotografií různých vlnových délek, ale přiznávají, že někdy dávají přednost vlastnímu estetickému vkusu.

³¹ z originálu: „Scientific pictures are not decoration but knowledge,“, [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.nytimes.com/2001/10/21/arts/art-architecture-even-scientific-images-have-trouble-telling-the-truth.html?pagewanted=all>



22 diagram posloupného chromatického skládání obrazu různých vlnových délek



23 rozdíl mezi lineárním a logaritmickým převodem obrazových dat z Hubbleova teleskopu

ČAS A PROSTOR

Panorama a digitální spojování obrazu

První panoramatické fotografie sice začali vznikat ihned po objevu Daguerrotypie (pomocí skládání jednotlivých fotografických plátů vedle sebe), ale teprve příchod pružného filmu ve svitku na konci 19. století umožnil konstrukce speciálních kamer s pohyblivými objektivy nebo navíjením filmu. Digitální fotografie a její zpracování dále usnadnilo komplikované spojování mnoha fotografií, ať už ve formě horizontálních pásů nebo fotografií s velmi vysokým rozlišením (gigapixelová panorama). Také Andreas Gursky využil tento princip spojování u některých svých velkoformátových fotografií.

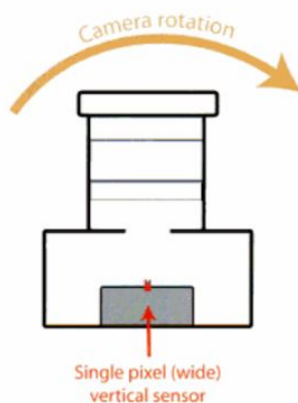
Do této kategorie způsobu snímání zapadá i například soubor Petra Willerta ČD Bonus (2008 – 2010), který pomocí levného mobilního telefonu s 0,3 Mpix fotoaparátem dokumentoval náhodné situace uvnitř vlakové soupravy při jeho cestách. Willert kombinuje tyto panoramatické snímky s běžnými, které zachycují povětšinou krajinu za okenním rámem vlakového vagónu. Panoramata byla spojena automaticky v telefonu ze tří jednotlivých snímků, mezi jejichž expozicemi mohla být i několik vteřin dlouhá prodleva způsobená pomalou reakcí málo výkonného mobilního telefonu. Jeho fotografie tak nejsou pouhým záznamem rozšířeného zorného pole, ale také záznamem krátkého časového úseku.





24 panoramata ze série ČD Bonus (2008 - 2010), Petr Willert

Jedním z dalších principů používaných k vytváření fotografických panorama je technologie liniového snímání (slit scan). Tento princip využívá k záznamu vertikální řádek záznamového média o šířce 1 pixelu a výsledná fotografie vzniká buď díky pohybu, nebo otáčení kamery. Z tohoto principu je jasné, že výsledná scéna na fotografii tak, jak ji vidíme, nikdy nemohla existovat. Ve skutečnosti je v každém takovémto panoramatickém snímku zaznamenaný i krátký časový údaj, potřebný k dokončení pohybu při snímání.



25 princip slit scan snímání

Implementace této technologie do fotoaparátů mobilních telefonů dala vzniknout fenoménu tzv. Panorama Fails, které jsou typickým příkladem rozšíření výpočetních algoritmů ve fotografii do běžného života. Obrazové artefakty (chyby algoritmu, který generuje výslednou fotografii) se staly zdrojem pobavení laické veřejnosti.



26 panorama fails

Technologii digitálního slit scan snímání využil pro svůj soubor velkoformátových fotografií i maďarský fotograf Adam Magyar. Jeho cílem bylo vytvoření rozsáhlých scén, které může divák nazírat jako časově ohraničené celky. Tak, jak by je nebylo nikdy možné spatřit a tím se de facto postaví mimo zákony plynutí času. K tomuto účelu Magyar sestrojil vlastní systém pro digitální snímání s využitím algoritmu, který se stará o následné zpracování dat do podoby výsledných fotografií. Formát těchto fotografií je daný trváním záznamu delšího časového úseku, tak jak plynul v daném místě před jeho statickou kamerou. Tento příklad dokazuje, jak spojení dvou odvětví, technologie a umění, může přinést zcela nové pohledy ve fotografii. Sám Magyar o své práci tvrdí: „*Je zde pocit vstupování do jiné dimenze, obývání prostoru mezi nehybností a pohybem ve zkresleném světě, kde neplatí fyzikální zákony.*“³²

³² z originálu: „There is a sense of stepping into a different dimension, of inhabiting a space between stillness and movement, a time-warp world where the rules of physics don't apply.“, [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <https://medium.com/matter/einsteins-camera-88aa8a185898#bydvihc48>



27 výřez z fotografie #316 *Urban Flow* - Adam Magyar (2007), Hong Kong, expozice: 1 min. 32 sek., 26 × 240 cm



28 *ScanCam*, Adam Magyar

Kombinaci technologie liniového snímání s dlouhou expozicí k získání fotografií klasického formátu využil také například Robin Závodný ve svém souboru *Rezonance* (2010). Ke snímání výsledných fotografií ovšem použil plošný skener Epson V900 s rozměrnou spojnu čočkou předsazenou před celou skenovanou plochu formátu A4. Obrazové artefakty pohybujících se osob nebo předmětů ve fotografiích jsou způsobeny dlouhou expoziční dobou jednotlivých řádků, kdy expozice celého snímku trvala v řádech minut.



29 ze série Rezonance (2010), Robin Závodný

5 HACKED PHOTOGRAPHY

„Žádná společnost nikdy nevěděla o své činnosti tolik, aby si dokázala vytvořit imunitu proti svým novým extenzím a technologiím. Dnes již začínáme pociťovat, že nám takovou imunitu může poskytnout umění. (...) Umělec si uvědomuje kulturní a technologické problémy celá desetiletí předtím, než dojde ke transformujícímu dopadu.“³³ – Marshall McLuhan

Pokud je digitální fotografie tvořená určitou formou strojového kódu, potom je samozřejmě možné fotografii samotnou, potažmo její kód, různými způsoby hackovat. Využít ji k jinému účelu, než k jakému byla původně určena. Pro hacking v umění je typické využívání dostupných technologií pro odlišné účely, než ke kterým byly původně určeny. Označení hacker v tomto smyslu popisuje takovou osobnost, která se nespokojí s hotovými řešeními a je schopná vidět nový účel pro nástroje a věci, ke kterým nebyly původně vytvořeny. Hacker hledá nové cesty s využitím zdravé dávky skepticismu a je schopný vidět věci v širším kontextu.

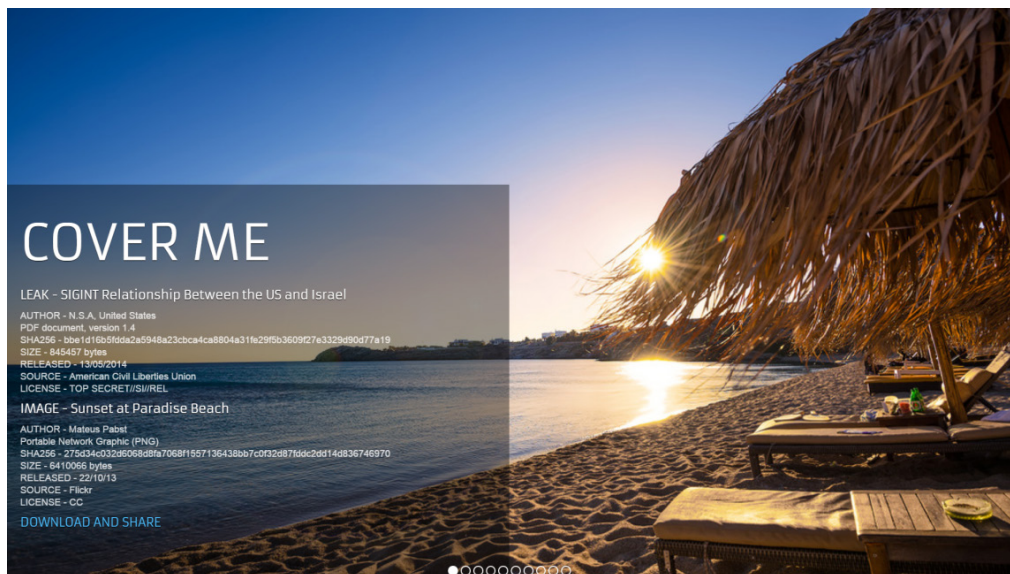
Hackeři-umělci se svojí tvorbou většinou snaží upozornit na problémy, které běžným uživatelům digitálních technologií zůstávají skryté a jsou výsadou těch, kteří mají technologický a vědomostní náskok. Mělo by být výsostným právem umělců, aby kromě jiného, mohli a dokázali poukazovat na podobné nedostatky, které s sebou přináší zavádění nových digitálních technologií do běžného života. Tato potřeba začíná být pomalu ukotvena i v akademickém prostředí např. díky Willem de Kooning Academie v Rotterdamu, která v současné době (2016) nabízí studijním program s názvem Autonomous Practices (volně přeloženo jako Nezávislé postupy), jehož součástí jsou předměty zaměřené na kritická studia, intervence ve veřejném prostoru, digitální řemeslo a v neposlední řadě přímo hacking. Nadále se sice jedná o okrajovou část umělecké sféry, přesto můžeme najít několik tvůrců, kteří hledají nové využití pro digitální fotografii a jejichž díla jsou pravidelně prezentována v etablovaných galeriích.

³³ MCLUHAN, Marshall. Jak rozumět médiím: extenze člověka. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9. str. 78

Jedním z příkladů jak lze digitální fotografii, potažmo její zdrojový kód, využít ke zcela novému účelu představuje projekt novozélandského umělce Juliana Olivera *The Orchid Project* (2015) a *Cover Me* (2015). Oliver v tomto případě využil volně dostupné fotografie uložené v internetové galerii Flickr, a uložil do jejich obrazového kódu další, na běžný pohled neviditelné informace, jež je možné, po zpracování volně dostupným softwarem, dekodovat. Fotografie, které Oliver použil v případě *The Orchid Project*, v sobě skrývají open-source firmware k nejpoužívanějším internetovým routerům. V druhém projektu *Cover Me* je možné z fotografií dekodovat přísně tajné dokumenty americké bezpečnostní služby NSA, které byly zveřejněny Edwardem Snowdenem v roce 2013. Takto uložené informace není možné dohledat běžnými metodami vyhledávání na internetu a jsou tím pádem lépe chráněny před odhalením nebo vymazáním. Médium digitální fotografie se v tomto případě stalo nosičem zcela nových informací, než jaké můžeme vidět na jejím „povrchu“.



30 fotografie ze série The Orchid Project (2015), v originále obsahující open-source firmware pro router TP-LINK MR3020-V1, Julian Olivier



31 fotografie z projektu Cover Me (2015), v originále obsahující dokumenty NSA zveřejněné Edwardem Snowdenem v roce 2013, Julian Oliver

Evan Roth je dalším známým umělcem, který experimentuje s tokem digitálních dat ve formě obrazů a fotografií. Jeho dílo s názvem The Internet Cache Self Portrait (2014) je sérií necenzurovaných obrazových dat uložených v paměti jeho internetového prohlížeče v daném období. Výsledkem jsou velkoformátové výtisky automaticky komponované pomocí algoritmu, které jsou formou paměti navštívených webových stránek, jež původně nebyla určena k dlouhodobému zachování.



32 Self Portrait: November 4, 2013; 150cm x 1560cm (2014), Evan Roth

Tuto sérii otisků vlastní internetové historie dovedl Evan Roth až do formy prostorové instalace v díle nazvaném *Forgetting Spring* (March to June 2013), které je zhmotněním ztracené digitální historie, ve formě 42 m dlouhého výtisku s obrazy a fotografiemi uloženými jeho internetovým prohlížečem stlačeného pomocí průmyslového lisu do objemného kvádru.



33 *Forgetting Spring* (March to June 2013); 75cm x 56cm x 76cm (2014), Evan Roth

ZÁVĚR

Díky vývoji výpočetních technologií se i v oblasti fotografie vydáváme směrem, který nachází podobnost spíše ve vývoji malby na začátku 20. století. S momentem, kdy se kubisté rozhodli poprvé vytvářet obrazy dle nových znalostí o vnímání prostoru a nikoliv dle referencí tak, jak je mohli vnímat pouze svými smysly. Technické obrazy, které budou vznikat díky novým technologiím, budou mnohem sofistikovanější, responzivní a rozhodně více propojené s realitou než tomu je u statického dvourozměrného výřezu v prostoru a čase tvořeným surovými obrazovými body. Je možné, že poté budeme na klasickou černobílou fotografii, která byla považována za pravdivý otisk reality po více než století, nahlížet jako na nekompletní zdroj informací o tom, co se dělo ve světě kolem nás. Spisovatel sci-fi literatury Bruce Sterling v roce 2010 v rámci svého projevu na festivalu Vimeo Awards v New Yorku vyslovil svou představu o tom, jakým způsobem by mohli fungovat kamery budoucnosti: „*Prostě absorbuje každý foton, který na ní dopadne z jakéhokoliv úhlu. A až poté se rozhodnu a řeknu tomuto nástroji, aby vypočítal, jak by mohl obraz vypadat ze zadaného úhlu a v daném momentu. Bezdrátově vyšlu tento výpočetní problém k vyřešení v cloudu.*“³⁴.

Téměř naprostá univerzálnost nových digitálních kamer umožnila být fotografem prakticky každému. Kam se tím pádem posunula pozice výtvarného fotografa? Schopnost digitálních médií napodobit klasické techniky zaručuje, že přímá fotografie, tak jak jsme na ni byli zvyklí, přežije, i když se její prostředí pro práci zrychlilo a posunulo od temné komory k Photoshopu a tiskárnám. Je ale těžké říci, jakým způsobem se změnili samotní fotografové, když se změnila samotná podstata jejich média. Pro velikány fotografie minulého století nebyla práce s fotografií pouze uměleckou praxí, ale stylem života. Být fotografem znamenalo cestovat, být v pohybu a hledat své náměty. Dokumentovat prchavé okamžiky každodenního života, z nichž se některé stali ikonami své doby. Navzdory poetickému ztvárnění můžeme souhlasit s popisem „přímého“ fotografa v Kracauerově knize

³⁴ z originálu: "It simply absorbs every photon that touches it from any angle. And then in order to take a picture I simply tell the system to calculate what that picture would have looked like from that angle at that moment. I just send it as a computational problem out in to the cloud wirelessly.", [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://jamesgeorge.org/DepthEditorDebug>

Teorie filmu (1960), kde ho nejvíce vystihují slovní spojení jako empatický svědek, pozorovatel nebo dobrodruh.

Pokud bych měl najít vhodné označení pro někoho, kdo dnes pracuje s digitální a programovatelnou fotografií, napadají mě spíš slova jako mediální designer nebo inženýr. Toto pojmenování lépe vystihuje charakter práce úzce spjaté s digitálními technologiemi, které propojili fotografii, skrze počítače, s dalšími médii a toto propojení dalo fakticky vzniknout novému oboru v zahraničí běžně nazývaného jako „lens based“ média. Fotografové tak dostali možnost pracovat s novými nástroji a kombinovat fotografii dle vlastních potřeb s dalšími médii.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AMELUNXEN, Hubertus von, Florian RÖTZER a Stefan IGLHAUT (eds.). *After photography: memory and representation in the digital age*. Amsterdam: G B Arts, c1996, 308 s. ISBN 90-570-1101-8.

BATCHEN, Geoffrey. *Each wild idea: writing, photography, history*. Cambridge: MIT Press, c2001, xi, 236 s. ISBN 02-625-2324-8.

FLUSSER, Vilém. *Do universa technických obrazů*. Praha: OSVU, 2001. Eseje. ISBN 80-238-7569-8.

HALL, Edward T. *The silent language: gnozeologický a komunikační aspekt výtvarného umění ve výtvarné výchově*. Greenwich: Fawcett Publications, c1959. Fawcett premier books.

LANIER, Jaron. *You are not a gadget: a manifesto*. New York: Alfred A. Knopf, 2010. ISBN 978-0-307-38997-8.

LOVEJOY, Margot. *Digital currents: art in the electronic age*. 3rd expanded ed. New York:

MANOVICH, Lev, RÖTZER, Florian a Stefan IGLHAUT (eds.). *The language of new media: gnozeologický a komunikační aspekt výtvarného umění ve výtvarné výchově*. Praha: MIT Press, 2000. Leonardo. ISBN 02-621-3374-1.

MCLUHAN, Marshall. *Jak rozumět médiím: extenze člověka*. Překlad Miloš Calda. Praha: Mladá fronta, 2011. Strategie. ISBN 978-80-204-2409-9.

MITCHELL, William J. *The reconfigured eye: visual truth in the post-photographic era*. 4th print. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2001, 273 s. ISBN 02-626-3160-1.

RITCHIN, Fred. *After photography*. First paperback ed. New York: W. W. Norton, 2010. ISBN 978-039-3337-730.

RITCHIN, Fred. *After photography: a manifesto*. First paperback ed. New York: W. W. Norton, 2010. ISBN 978-039-3337-730.

RODOWICK, David Norman. *The virtual life of film*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2007, x, 193 s. ISBN 978-0-674-02668-1.

RØSSAAK, Eivind. *Between stillness and motion: film, photography, algorithms*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2011, 239 pages. Film culture in transition. ISBN 978-908-9642-134.

Routledge, 2004, 342 s. ISBN 04-153-0781-3.

VANČÁT, Jaroslav, RÖTZER, Florian a Stefan IGLHAUT (eds.). *Tvorba vizuálního zobrazení: gnozeologický a komunikační aspekt výtvarného umění ve výtvarné výchově*. Praha: Karolinum, 2000. Eseje. ISBN 80-718-4975-8.

WARDRIP-FRUIIN, Noah a Nick MONTFORT. *The NewMediaReader*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2003, xv, 823 p. ISBN 02-622-3227-8.

WOLF, Sylvia. *The digital eye: photographic art in the electronic age*. Seattle: Henry Art Gallery, University of Washington, c2010. Eseje. ISBN 37-913-4318-1.

SEZNAM POUŽITÝCH ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ

George Baker - After „Photography’s Expanded Field“ [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.nancydavenport.com/v2/pdfs/Photography_Expanded.pdf

Taylor Davidson - Software is Eating the Camera [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://taylordavidson.com/2014/camera>

Marc Andreessen - Why Software Is Eating The World [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460>

Greg Borenstein, MIT Media Lab - More Pixels Law: How The Camera is Becoming the World’s Most Important Sensor (videopřednáška) [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <https://vimeo.com/111167301>

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lytro>

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:

http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/academic/class/15869-f11/www/lectures/18_lfcamera.pdf

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:

<https://graphics.stanford.edu/papers/lfcamera/lfcamera-150dpi.pdf>

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://chiakailiang.org/papers/liang_tog15.pdf

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:

http://testcis.cis.rit.edu/~cnspci/references/dip/light_field_photography/ng2006.pdf

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:

<http://www.pelicanimaging.com/technology/paper.html>

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:

http://www.pelicanimaging.com/technology/PiCam_sa13.pdf

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.wired.com/2015/10/light-116-camera/>

[online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/261875793/LinX-Imaging-Presentation>

[online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: http://manovich.net/content/04-projects/085-data-science/manovich_digital_art_history.pdf

[online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://manovich.net/index.php/projects/media-visualization-visual-techniques-for-exploring-large-media-collections>

[online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.nytimes.com/2001/10/21/arts/art-architecture-even-scientific-images-have-trouble-telling-the-truth.html?pagewanted=all>

[online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://ivc.lib.rochester.edu/pretty-pictures-the-use-of-false-color-in-images-of-deep-space/>

Shree K. Nayar - Computational Cameras [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www1.cs.columbia.edu/CAVE/publications/pdfs/Nayar_TR11.pdf