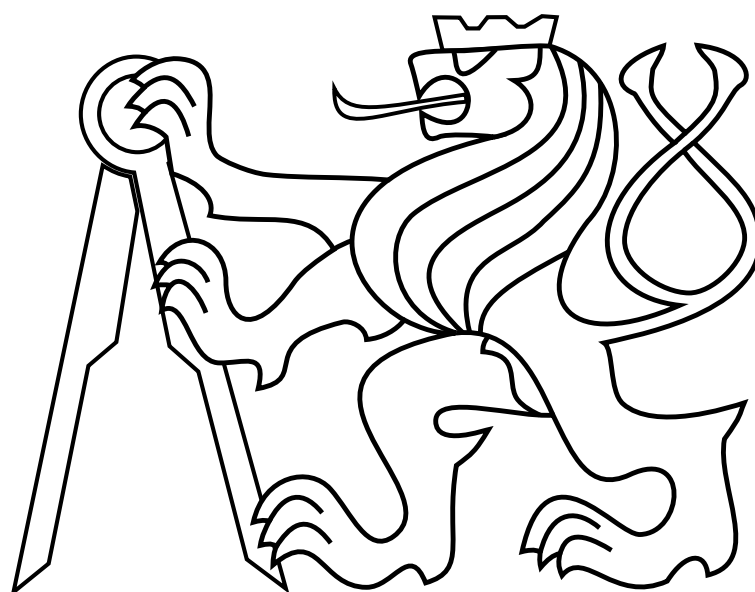


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra radioelektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Viktoriia Lysenko

Metody klíčování a virtuální studio

Vedoucí práce: **Ing. Jan Bednář**

PRAHA 2018

Poděkování

Ráda bych poděkovala především Ing. Janovi Bednářovi za vedení mé práce, pozitivní přístup při řešení všech problémů, na které jsme narazili, přínosné konzultace a připomínky. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Podpis bakalanta.....

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Lysenko** Jméno: **Viktoriia** Osobní číslo: **434785**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra radioelektroniky**
Studijní program: **Komunikace, multimédia a elektronika**
Studijní obor: **Multimediální technika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Metody klíčování a virtuální studio

Název bakalářské práce anglicky:

Video Matting and Virtual Studio

Pokyny pro vypracování:

Seznamte se s metodami a principem realizace virtuálního studia. Podejte přehled v současné době používaných technik a způsobů tvorby virtuálního studia. Dále se zaměřte na problematiku klíčování a tzv. živé zpracování obrazu. Vybrané postupy po dohodě s vedoucím v audiovizuálním studiu katedry realizujte a ověřte jejich funkčnost s ohledem na parametry snímání. Navrhněte a vytvořte min. 2 úlohy pro předmět Základy studiové techniky, které budou zaměřené na klíčování ve studiu, živé zpracování obrazu a virtuální studio včetně postprodukčního zpracování. K úlohám vytvořte podporné návody a vzorové řešení.

Seznam doporučené literatury:

[1] J. Foster: The Green Screen Handbook: Real-World Production Techniques, Sybex, 2010, ISBN-13: 978-0470521076
[2] Video Matting Benchmark [online]. Moscow, 2014 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: www.videomattng.com

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Bednář, katedra radioelektroniky FEL

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Jan Bednář
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou klíčování a virtuálního studia. Teoretická část se věnuje krátké historii některých filmových triků, které předcházely dnes používané metodě green screen. Dále jsou zmíněny metody digitálního klíčování, jejich principy a použití - jasové (Luma key), rozdílové (Difference Key) a barevné (Chroma key). Největší pozornost je v této práci věnována problematice barevného klíčování. Tato práce obsahuje informace o alfa kanálu, typech klíčovacích pozadí, jejich materiálech a barvách. Také vysvětluje princip nasvícení green screenu a metody jeho trackingu. Dale následuje popis základního uspořádání virtuálního studia a informace o některých systémech používaných v dnešní době. Součástí této práce bylo také vytvoření tří návodů k laboratorním úlohám. Tyto návody jsou součástí předkládané práce.

Abstract

This thesis deals with keying and virtual studio. The theoretical part is dedicated to a short history of movie tricks that preceded today's green screen method. Furthermore, methods of digital keying, their principles and usage - Luma key, Difference key and Chroma key are mentioned. The greatest emphasis was placed on Chroma key method. This thesis contains information about the alpha channel, types of keying backgrounds, their materials, and colors. It also explains rules for lighting the green screen and methods for tracking. Furthermore, the description of virtual studio arrangement and information of several systems used today are described. This thesis also presents three laboratory tasks instructions that are included in the thesis.

Obsah

1	Úvod	7
2	Historie klíčování	8
2.1	Stop trick	8
2.2	Masky a vícenásobná expozice	8
2.3	Matte painting	9
2.4	Přední a zadní projekce	10
2.5	Putující masky	10
3	Digitální klíčování	11
3.1	Jasové klíčování (Luma key)	11
3.2	Rozdílové klíčování (Difference key)	12
4	Barevné klíčování (Chroma key)	13
4.1	Alfa kanál	13
4.2	Klíčovací pozadí	13
4.2.1	Barva	13
4.2.2	Spill	14
4.2.3	Materiál	15
4.2.4	Backdrop	16
4.2.5	Cyclorama	17
4.3	Nasvícení klíčovacího pozadí	17
4.3.1	Kontrola rovnoměrnosti	19
4.4	Trackování klíčovacího pozadí	19
4.4.1	Point tracking	20
4.4.2	Matchmoving	20
4.4.3	Trackovací značky	21
4.5	Alternativní použití	21
5	Virtuální studio	22
5.1	Sledování kamer	23
5.1.1	Elektromechanické systémy	24
5.1.2	Infračervené systémy	24
5.1.3	Optické systémy	25
5.2	3D rendering	26
5.3	Příklady některých systémů	26
6	Praktická část	28
6.1	Klíčování v Da Vinci Resolve	29
6.2	Match Moving v Da Vinci Resolve	30
6.3	Realtime klíčování v ATEM Television Studio	31
7	Závěr	33
8	Příloha	33

Seznam obrázků

1	Použití stop tricku ve filmu „A Trip to the Moon“ (1902) [8].	8
2	Film „Un homme de têtes“ [7].	9
3	Ukázka realizace Matte paintingu [1].	9
4	Přední projekce [22].	10
5	Princip putující masky [22].	11
6	Příklad použití jasového klíčování [2].	12
7	Ukázka principu rozdílového klíčování: na obrázku vlevo je obraz popředí, na obrázku vpravo je popředí s požadovaným pozadím, uprostřed spočítaná maska [4].	12
8	Bayerova maska a způsob filtrace dopadajícího světla na čip [21].	14
9	Příklad použití „klíčovacích kostýmů“ [3].	15
10	Ukázka rozsahu barevných odstínů [21].	16
11	Ukázka principu klíčování pomocí Reflectmedia systému [11].	16
12	Ukázka klasické realizace Backdropu [6].	17
13	Ukázka odděleného nasvícení Backdropu [5].	18
14	Ukázka nasvícení Cycloramy [13].	18
15	Ukázka výsledku jednoho ze způsobů kontroly rovnoměrnosti nasvícení [19].	19
16	Ukázka Matchmovingu v praxi [12].	20
17	Příklady trackovacích značek [21].	21
18	Ukázka aplikace [16].	22
19	Ukázka principu segmentace [16].	22
20	Obecné schéma virtuálního studia (BG - background, FG - foreground) [17].	23
21	Vzory s infračerveným zářením pro sledování pohybu kamery [10].	25
22	Ukázka principu infračerveného systému [9].	25
23	Trasovací mřížka pro detekci parametrů kamery [17].	26
24	Konfigurace systému Viz Virtual Studio [17].	27
25	Uspořádání systému TVS-2000A [14].	28
26	Ukázka rozmístění světel.	29
27	Vpravo je výsledek metody HSL, vlevo je výsledek metody 3D	30
28	Příklad rozmístění trackovacích bodů.	31
29	Monitoring výstupů z kamer a náhled výsledného obrazu.	31
30	Ukázka rozmístění světel a kamer.	32

1 Úvod

Rozvoj filmové tvorby nikdy nestagnoval. Pouze díky tvrdé práci filmařů můžeme dnes v kinech pozorovat nekonečnou rozmanitost vizuálních efektů. Málodky se dá odlišit, jestli např. určitá lokace záběru je reálná nebo byla vytvořena techniky v postprodukci. Moderní výpočetní technika je tak rozvinutá, že umožňuje zrealizovat jakoukoliv lidskou fantazii a navíc ušetřit tvůrcům mnoho času i peněz.

Dříve, když scénář filmu předpokládal venkovní záběry (např. hory, moře, jiná země), musely se vyrábět složité a nákladné kulisy, které však nevypadaly dostatečně realisticky. Případně bylo potřeba cestovat, hledat vhodné lokace a převážet celý štáb s velkým množstvím vybavení. Jako důsledek finanční a časové náročnosti, si mohly dovolit natočit celovečerní film jen velká filmová studia. Proto už na konci 19. na začátku 20. století začaly vznikat metody a technologie, které poskytovaly možnost „přenést“ scénu do požadovaných podmínek bez nutnosti opuštění studia. Krátké historii klíčování a filmových triků je věnovaná celá kapitola 2. Tuto kapitolu považuji za důležitou pro lepší pochopení procesu vzniku současných technologií klíčování.

K největšímu přelomu ve filmové tvorbě došlo s příchodem digitálních technologií, které otevřely filmařům nekonečný prostor pro práci. V té době vzniká i pojem klíčování. Druhým digitálního klíčování je věnovaná kapitola 3. Popisuje hlavně principy a použití jasového (Luma key) a rozdílového (Difference key) klíčování. Nejvíce používanou metodou ve filmové a TV produkci však je metoda barevného klíčování. Její princip spočívá ve sloučení dvou obrazů tak, aby se z prvního vzala pouze scéna popředí a přenesla se na druhý, který slouží jako pozadí. Objekty v popředí jsou natočeny před jednobarevným pozadím (nejčastěji zeleným), které se následně zprůhledňuje pomocí postprodukčního softwaru. Tento software je pak nahradí novým. V literatuře je tato metoda často uvedena jako „chroma key compositing“, „chroma keying“ nebo také „green screen“ či „blue screen“. Dva poslední názvy vycházejí z barvy použitého klíčovacího pozadí. Problematice barevného klíčování je věnována kapitola 4. Obsahuje informace o typech, barvách a materiálech klíčovacích pozadí, také o jeho správném nasvícení a trackování.

Přestože technika klasického barevného klíčování poskytuje velmi kvalitní a realistické výsledky, má jeden zásadní problém - není schopna se vypořádat s pohybem kamery. Jakmile dojde k pohybu kamery, mizí iluze virtuálního prostředí. Ve snaze tento problém vyřešit vznikla virtuální studia. Virtuální studio je systém, který umožňuje sledování pozice kamery/kamer ve studiu a na základě těchto informací se následně vytváří virtuální prostředí, do kterého je „přenesena“ scéna popředí. Nejdůležitější je to, že proces běží v reálném čase a nevyžaduje žádnou postprodukci. Problematice virtuálních studií a metod pro jejich realizaci je věnována kapitola 5.

Na základě prostudovaných postupů a metod realizace klíčování jsem, jako součást práce, vytvořila tři laboratorní úlohy pro předmět Základy studiové techniky vyučovaný na fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze. Cílem úloh je provedení celého procesu, jak přípravného, tak postprodukčního, v audiovizuálním studiu katedry radioelektroniky. Popis jednotlivých úloh a ukázky vzorových řešení jsou uvedeny v kapitole 6. Plné verze návodů k laboratorním úlohám a vzorová řešení jsou k dispozici v příloze této práce.

2 Historie klíčování

V dnešní době počítačů a technologií člověk pomalu zapomíná na dobu němých a černobílých filmů, které nejspíš dechberoucími vizuálními efekty. Všechno, co dnes vidíme v kinech, bereme za samozřejmost a čím dál tím víc je těžké nás něčím překvapit. Za vším ale stojí tvrdá práce filmařů a dlouhá historická cesta.

2.1 Stop trick

Jedním z prvních, kdo začal vymýšlet a objevovat různé filmové triky, byl Georges Méliès - francouzský filmový režisér a významný průkopník kinematografie. Většina zdrojů připisuje objev stop tricku jedné náhodě, která potkala Mélièse v Paříži při natáčení v roce 1896. „Zasekla se mu kamera, kterou natáčel pouliční ruch v Paříži. Tu, stále pevně uchycenou na stativu, opravil a pokračoval v natáčení. Při promítání jej samozřejmě překvapilo, když se z ničeho nic omnibus (předchůdce autobusu, tažený koňmi) v pohybu přeměnil na pohřební vůz.“ [23]

Stop trick je speciální filmovou technikou, pomocí které filmaři mohli dosáhnout efektu zmizení nebo transformace jakéhokoliv objektu. V určitý moment se vypínala kamera a během této pauzy se prováděly příslušné změny scény. Důležité je, aby ostatní objekty a herci zůstávali během pauzy přesně na stejných místech pro dosažení realističtějšího přechodu. Po provedení změn natáčení pokračovalo.



Obrázek 1: Použití stop tricku ve filmu „A Trip to the Moon“ (1902) [8].

2.2 Masky a vícenásobná expozice

Vícenásobná expozice byla prakticky první technikou, která umožňovala dosazení pozadí nebo vytvoření speciálních efektů. Její princip spočívá ve vícenásobném přetočení jednoho záběru doplněného o nové objekty. Realizace této techniky však vyžadovala použití masky „matte“ - jakési překážky, která znemožní průchod světelných paprsků na filmovou surovinu, a tím „skryje“ část obrazu. Masky jsou dvou typů - vnější a vnitřní. Vnější maska se umísťuje před objektiv, čímž omezuje světlo dopadající na film. Vnitřní masky se vkládají

mezi objektiv a filmovou surovinu. Po natočení záběru s použitím masky se film převine na začátek a doplní se novým obrazem.

Metody maskování a vícenásobné expozice použil ve filmu „Un homme de têtes“ již zmíněný Georges Méliès, kde si několikrát sundá hlavu a položí ji na stůl. Každá z hlav na stole je ohraničena čtvercovou maskou. [23]



Obrázek 2: Film „Un homme de têtes“ [7].

2.3 Matte painting

Další důležitou postavou v dějinách filmových triků byl Norman Dawn a jeho metoda matte paintingu, kterou jako první použil ve filmu „The Missions of California“ (1904). Dříve se tato metoda používala pouze ve fotografii. Prvotní princip realizace matte paintingu spočíval v maskování určité oblasti scény pomocí tabulky skla umístěné před objektivem kamery. Na skle byl nakreslen obrázek požadovaného pozadí nebo doplňující objekty, které by se nedaly zrealizovat. Díky matte paintingu se nemuselo stavět a vytvářet velké množství složitých kulis, ani hledat dokonalou lokaci pro natáčení scény.

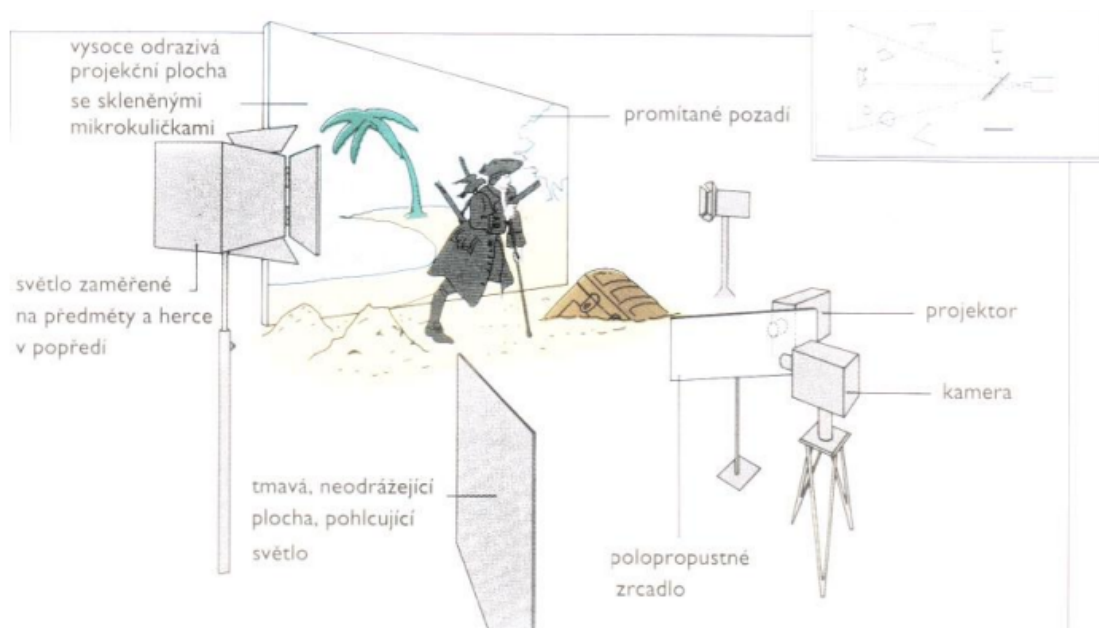


Obrázek 3: Ukázka realizace Matte paintingu [1].

Technika však měla i svoje nevýhody. Zaprvé, celý proces natačení byl ovlivněn počasím. Pro dosažení maximálně realistických výsledků musel nakreslený obrázek zapadat do okolního prostředí, tedy když venku bylo zataženo, musel obrázek být tmavší a hůř nasvícený a naopak. Zadruhé, kreslená maska se nesmí krýt s objekty v popředí. Další nevýhodou byla časová náročnost procesu kresby. [26]

2.4 Přední a zadní projekce

Metoda přední a zadní projekce, která předcházela dnes používané a známé metodě green screen, byla také založena na myšlence dosadit herce do požadovaného nereálného prostředí. Pro realizaci zadní projekce byla za herce umístěna polopropustná projekční plocha, na kterou se zezadu promítalo požadované pozadí. Problém ale nastává při nasvícení obou prostředí tak, aby výsledný záběr vypadal realisticky.



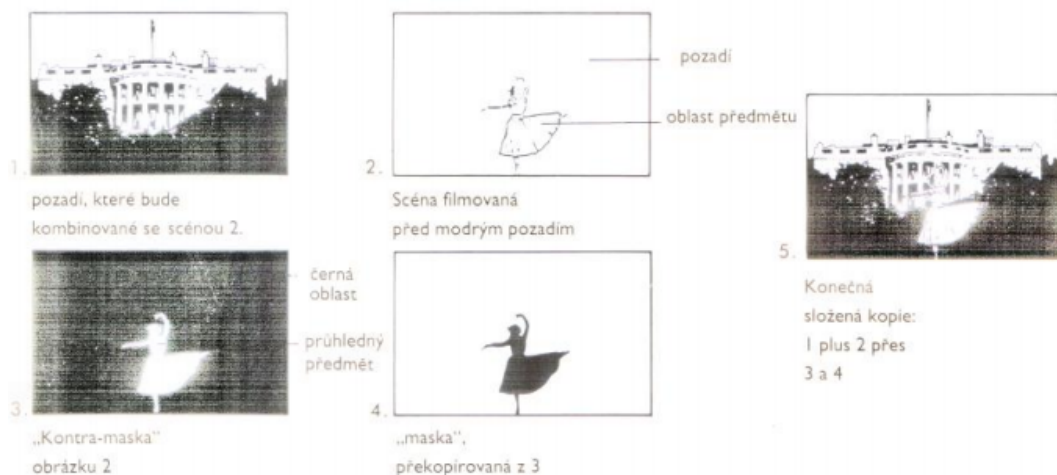
Obrázek 4: Přední projekce [22].

Realizace přední projekce je o dost náročnější. Projektor, který promítá požadované pozadí, je umístěn před projekční plochu kolmo k optické ose kamery. V místě křížení osy a projektoru se nachází polopropustné zrcadlo odrážející paprsky projektoru na plochu. Paprsky se odrážejí od plochy pokryté drobnými skleněnými kuličkami, které zajistí, že se paprsek vrátí vždy do stejného místa, ze kterého přišel, a skrz polopropustné zrcadlo projde do kamery. Ve výsledku dostaneme kompletní scénu s herci a požadovaným pozadím. O to, aby se promítané pozadí neprojevovalo na herecké akci v popředí, se postará samotné nasvícení scény, které přesvítí nepotřebnou projekci. [20][22]

2.5 Putující masky

Na metodě putujících masek je založena současná metoda klíčování, které budou věnovány další kapitoly. Úkolem putující masky je oddělení herce od nechtěného studiového pozadí

a přidání požadovaného pozadí. Pokročilejší technikou pro realizaci putující masky byla optická kopírka, která umožňovala zkombinovat několik pásů filmu. Herec byl nasnímán na černém pozadí. Pak se připravovalo několik pásů filmu v závislosti na složitosti požadovaného záběru: maska, kontramaska a požadované pozadí. Jako maska sloužila černá silueta herce s průhledným pozadím. Kontramaska byla průhledná silueta herce na černém pozadí. Zkombinované vrstvy se několikrát zkopírují a nechají se vyvolat. Na předem neosvětlenou černou plochu se přidá obraz pozadí. Plocha s hercem, chráněná maskou, zůstane neovlivněná. [22]



Obrázek 5: Princip putující masky [22].

3 Digitální klíčování

Počítače a digitální technologie navždy změnily chod historie filmové tvorby a poskytly tvůrcům nekonečné množství nástrojů pro téměř beztrátové upravování výsledného obrazu. Týká se to i klíčování. Digitální klíčování je nejen časově mnohem méně náročné, ale i více realistické. Dnes je pro diváka skoro nemožné odlišit, jestli určitá scéna ve filmu byla natočena v reálném prostředí nebo ve studiu pomocí klíčování. „Na druhou stranu s sebou digitální technologie přináší fenomén „nikdy nehotových efektů“, kdy můžeme obraz upravovat prakticky do nekonečna a často se dnes setkáváme s překombinovanými VFX (visual effects - digitální vizuální efekty), které výsledku spíše škodí, než by pomáhaly filmovému vyprávění.“ [21]

3.1 Jasové klíčování (Luma key)

Jasové klíčování má podobný princip jako barevné klíčování (chroma key), nicméně rozdíl je v tom, že používá pro transparentci jas, zatímco chroma keying používá barevný rozsah. Obraz nebo video požadovaného pozadí se zobrazí přes průhledné části horní vrstvy popředí, přičemž čím větší bude rozdíl jasu těchto dvou vrstev, tím lepší bude výsledek. Jasové klíčování se nejčastěji používá při práci se snímky/videi ve stupních šedi. Jsou ale i jiná použití.



Obrázek 6: Příklad použití jasového klíčování [2].

3.2 Rozdílové klíčování (Difference key)

Rozdílové klíčování je méně používanou metodou kvůli své náročnosti oproti ostatním klíčovacím metodám. Principem je generování masky pomocí absolutní hodnoty rozdílu dvou pixelů. Jeden pixel je z obrázku s požadovaným pozadím a druhý z obrázku, který obsahuje jak pozadí, tak požadované popředí.

Flash keying je jedna z metod rozdílového klíčování. Scéna je zaznamenána dvakrát - jednou s bleskem, aby se osvítilo popředí, a podruhé bez blesku. Dále je z obou obrázků vypočtena maska a výsledkem je rovnoměrně osvětlené foto/video. [24]

Tato metoda je poměrně náročná, protože pro docílení kvalitního výsledku je důležité, aby hodnoty pozadí byly na obou snímcích/záběrech stejné, což je velmi náročné zrealizovat. Změna světla, perspektivy kamery, parazitní šum, počasí, nejmenší pohyby kamery atd. - cokoliv může způsobit následné chyby ve výpočtech.



Obrázek 7: Ukázka principu rozdílového klíčování: na obrázku vlevo je obraz popředí, na obrázku vpravo je popředí s požadovaným pozadím, uprostřed spočítaná maska [4].

4 Barevné klíčování (Chroma key)

Dnes nejnámější a nepoužívanější metoda, jejíž principem je sloučení dvou snímků/záběrů pomocí putující masky. Scéna popředí je zpravidla natočena před jednobarevným klíčovacím pozadím, které je následně pomocí postprodukčního softwaru zprůhledněno. Dále se vytvoří Alfa kanál (viz kapitola 4.1) se siluetou objektů popředí a barevné pozadí se nahradí požadovaným. Pro dosažení kvalitního výsledku a ušetření času při následném zpracování natočeného materiálu je ale potřeba dodržovat některá pravidla, kterým budou věnovány další kapitoly.

4.1 Alfa kanál

Alfa kanál je složkou pixelu, která udává jeho průhlednost. Používá se barevný model RGBA, kde kromě barevných složek R (červená), G (zelená) a B (modrá) je složka A nesoucí informaci o průhlednosti. Alfa kanál může nabývat hodnot 0 až 1. Nulová hodnota odpovídá stoprocentní průhlednosti obrazu, hodnota 1 naopak maximální neprůhlednosti.

Hodnotu F výsledného obrazu lze snadno vypočítat podle vzorce:

$$F = \alpha \cdot A + (1 - \alpha) \cdot B$$

kde F je výsledný obraz, A je obraz popředí, α je hodnota alfa kanálu obrazu A , B je obraz pozadí. V případě že $\alpha = 1$, pixel obrazu A má 100 % intenzitu a pixel B bude mít 0 % intenzitu. Pro $\alpha = 0,5$ bude mít pixel A 50 % intenzitu a pixel B také 50 % intenzitu. [18]

4.2 Klíčovací pozadí

Existují dva základní typy klíčovacího pozadí. Prvním typem je Backdrop - jednoduché pozadí tvořené pouze jednou stěnou. Druhým typem je Cyclorama - virtuální klíčovací studio se zaoblenými kraji (pro měkké světelné přechody) tvořené minimálně dvěma stěnami a podlahou. V dalším textu budou uvedeny některé typy barev a materiálů pro klíčovací pozadí a jejich použití.

4.2.1 Barva

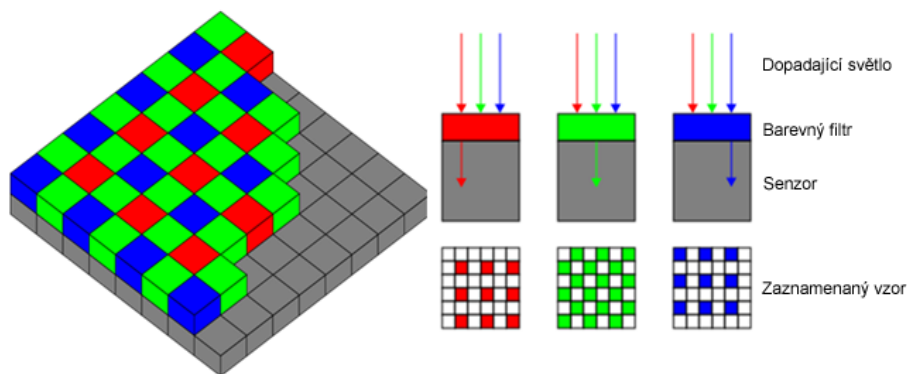
Když jde o klíčování, tak nejčastěji se člověk potká s pojmem „green screen“, ale co si pod tím pojmem máme představit a jsou i nějaké jiné screeny? Je pravda, že zelená je nejčastěji používanou klíčovací barvou, ale má své nevýhody.

Dříve se v době filmu používala více modrá barva, protože je nejméně zastoupena v barvě lidské pokožky. „Problém však spočíval ve faktu, že modrá barevná složka se na filmu nachází až vespuďu emulze, a tím pádem obsahuje největší koncentraci filmového zrna.

A filmové zrno, to je velký nepřítel klíčovacího procesu, neboť znehodnocuje zachycenou informaci a výsledná maska často „žije“ (zrní na okrajích).“ [19] Proto se modrá barva nahradila zelenou.

Zelená neustoupila ani s příchodem digitální doby. Většina kamerových čipů je navržena tak, že má na svém povrchu mozaikový filtr - Bayerovu masku nebo Bayerovu mřížku (viz obr. 8). Masku se skládá z filtrů, které propouštějí světla základních barev RGB prostoru (Red – červená, Green – zelená, Blue – modrá). Políčko 2×2 buněk se skládá z jedné červené, jedné modré a dvou zelených buněk. Na každý červený a modrý bod tedy připadají dva zelené. Proto je čip, stejně jako lidské oko, více citlivý na zelenou barvu a ukládá do zeleného kanálu více informací a detailů než do zbylých dvou.

Neznamená to však, že zelená je ideální klíčovací barva. Jednou z jejích nevýhod je efekt Spill - barevný okraj na objektech v popředí způsobený parazitním světlem odraženým od pozadí, který se dá odstranit jen softwarově (viz 4.2.2).



Obrázek 8: Bayerova maska a způsob filtrace dopadajícího světla na čip [21].

Těžko říct, jestli existuje nějaké univerzální řešení, proto se rozhoduje spíše podle situace (určitého snímku/záběru), jaká barva klíčovacího pozadí se hodí víc. Ovlivňujícím faktorem může být jak barva vlasů nebo oblečení herců, tak požadovaný výsledek. Například modrá barva se občas používá při komponování pozadí modré oblohy nebo měsíčního svitu, kdy zmíněný Spill nedělá velké problémy a je naopak žádoucí. [21] Jsou i případy použití jiných barev klíčovacího pozadí. Ve filmu Ridleyho Scotta Alien (1979) byl použit Red Screen při natáčení scén s vesmírnými loděmi, v jejichž obarvení převažovala modrá barva.

4.2.2 Spill

Jak již bylo řečeno, zelená barva má tendenci zanechávat stopu na všech objektech/hercích v popředí v podobě zeleného okraje - Spillu, tutíž scéna popředí má být více vzdálená od pozadí nejen kvůli stínům, které může na toto pozadí vrhat (viz 4.2.4), ale i kvůli tomuto nežádoucímu efektu. „Například ve chvíli, kdy se na plátně pohybují blond herci a zelené plátno se odráží na jejich vlasech - klíč tak velice často "vyžere" díry do jejich hlav.“ [19] V případě virtuálního studia, kdy zelená obklopuje herce minimálně ze dvou stran (viz 4.2.5), je těžké se tomuto efektu vyhnout, ale je potřeba ho alespoň maximálně omezit. Spill se dá odstranit postprodukčně, ale cenou je bohužel ztráta části barevné informace. „Tóny

jednotlivých barev se lehce promění (žlutá přejde do oranžové, azurová do modré atd.) a klíč často ztratí jemné detaily.“ [19] Některé softwary mají funkci Despill, která umožňuje odstranit nežádoucí barevný okraj.

4.2.3 Materiál

Existuje velké množství různých materiálů a technologií pro realizaci klíčovacího pozadí. Výběr vhodné varianty může být ovlivněn cenou, flexibilitou, účelem použití, velikostí studia atd. Nejdůležitějšími požadavky pro jakýkoliv z materiálů je jednolitost, co nejvyšší jasový a stínový rozptyl použité barvy pozadí, matnost a rovnost (bez vln a zmačkaných oblastí).

Nejpoužívanějšími materiály je látka a papír. Papírová pozadí se používají převážně v menších fotografických studiích nebo pro natáčení statických záběrů. Dají se zakoupit v jakékoliv barvě a jsou finančně velice přijatelná. Nevýhodou je ale náročnost manipulace - papír se rychle špiní a zmačkává, což nepochybně ovlivňuje kvalitu klíčování.

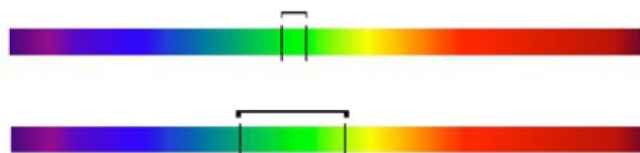
Oblast použití klíčovací látky je mnohem širší. Látka může posloužit nejen jako pozadí, také se pomocí ní dají zamaskovat nežádoucí objekty scény nebo se pak může místo herce oblečeného do speciálního kostýmu softwarově vytvořit jakási fantastická postava.



Obrázek 9: Příklad použití „klíčovacích kostýmů“ [3].

Výhodami látkového pozadí jsou samozřejmě flexibilita, snadnost údržby a možnost měnit tvar a velikost látky v závislosti na podmínkách. Látka musí být matná, podobná plyši, ale zároveň elastická. Důležité je zajistit rovný povrch použitého pozadí, ať už je to látka nebo plátno. Vlny a zmačkané oblasti na pozadí vytvářejí stíny a narušují rovnoměrnost barvy.

Další možností realizace klíčovacího pozadí jsou nátěry. Používají se nejčastěji ve velkých filmových nebo televizních studiích. Jsou většinou stálé - mění se jenom scéna v popředí. U nátěru je požadována maximální odrazivost a minimum odlesků, které mohou být způsobené konzistencí. „Nátěry pro film mají spektrální odrazivost vyhovující filmové surovině a digitální řada je upravena pro snímací senzory. Tyto barvy jsou míchány z jediného pigmentu, aby zaručovaly velmi úzký rozsah odstínů, ale je také nutné počítat s delším procesem schnutí.“ [21]



Obrázek 10: Ukázka rozsahu barevných odstínů [21].

Alternativní variantou je Reflecmedia systém - šedá retrofektivní fólie Chromatte, která se nasvítí pomocí světelného LED kruhu LiteRingna, umístěného na objektivu kamery. Pozadí je tvořené velkým množstvím skleněných kuliček, které odrážejí světlo a posílají ho zpět do objektivu. Výsledkem je velmi rychlá realizace klíčovacího pozadí jakékoliv barvy. Používá se převážně v televizi pro natáčení pořadů s možností realtime klíčování. Výhodou použití tohoto systému je téměř ideální rovnoměrnost nasvícení bez zmíněného Spillu. Naopak nevýhodou je finanční stránka, proto se Reflecmedia systém nepoužívá při natáčení filmů.



Obrázek 11: Ukázka principu klíčování pomocí Reflecmedia systému [11].

4.2.4 Backdrop

Jak už bylo zmíněno, Backdrop je jednoduché pozadí tvořené jenom jednou stěnou, která je úplně oddělena od scény v popředí. Kamera zabírá jenom horní část scény, protože Backdrop zpravidla nezasahuje do podlahy. Problémy, se kterými se můžeme setkat při realizaci tohoto typu pozadí, jsou: velikost, vzdálenost herce od pozadí a nasvícení. Nasvícení klíčovacího pozadí budou věnovány další kapitoly a v tomto textu se budu věnovat prvním dvěma problémům.

Velikost plátna se vybírá podle konkrétní situace a rozsahu natáčené scény. Důležité je, aby herci a objekty během záběru nevystupovali mimo pozadí, což by způsobilo komplikace při zpracování. Pro odstranění nežádoucích oblastí je pak potřeba použít metodu maskování, která ale nemá tak dobré výsledky. Roli hraje také vzdálenost objektů/herců od pozadí - čím větší vzdálenost, tím větší musí být pozadí. Na druhou stranu nemůžeme umístit herce moc blízko, protože pak je velká pravděpodobnost vzniku parazitních stínů i při použití měkkých světél (viz kapitola 4.3). Ideálním řešením je metoda „pokus-omyl“ - vyzkoušet

více variant, natočit testovací videa a vybrat nejvhodnější.



Obrázek 12: Ukázka klasické realizace Backdropu [6].

4.2.5 Cyclorama

Jistě se dá pro vytvoření kvalitního videa vystačit i s jednoduchým Back dropem, ale jakmile chceme scénu přenést do jakéhosi virtuálního prostředí, musíme se obrátit k Cycloramě (v dalším textu jako „Cyc“). Většina pravidel týkajících se Backdropu se hodí i k Cyc. Kameramani mají k dispozici prostředí tvořené minimálně dvěma stěnami a podlahou se zaoblenými kraji a měkkým osvětlením (viz kapitola 4.3). Výška a šířka stěn je ovlivněna určitou scénou - čím vyšší například budou stěny Cycu, tím nižší úhly záběru jsou možné. Jestli scéna předpokládá, že herci se budou pohybovat, pak stěny a podlaha musejí být širší. Co se týče umístění herců a objektů, platí stejná pravidla jako u Backdropu.

4.3 Nasvícení klíčovacího pozadí

Správné nasvícení pozadí je nejdůležitějším aspektem pro dosažení kvalitního výsledku klíčování. Je to celkem složitý proces, který vyžaduje velké zkušenosti. „Teoreticky je možné klíčovací pozadí nasvítit jakýmkoliv světlem, ale z pohledu získání nejkvalitnějšího klíče je nutné řídit se několika pravidly.“ [21]

Kvalitně nasvícena scéna by neměla mít žádné stíny na plátně způsobené polohou herce nebo nerovnostmi povrchu. Barva pozadí musí být maximálně rovnoměrná. Přesvícené nebo naopak tmavé oblasti zvyšují barevný rozsah plátna a těžko se odstraňují. Některé moderní postprodukční softwary jsou uzpůsobené k řešení tohoto problému a umožňují rozšířit barevný rozsah, se kterým se bude pracovat. Jedná se ale o časově náročnější proces. Dalším řešením je oddělené nasvícení scény. To znamená, že světla mířící na herce a objekty v popředí nesmí ovlivňovat expozici a naopak. Pro nasvícení herců se zpravidla používají měkká světla. Ostrá a tvrdá světla se mohou použít jako kontra nebo doplňková. Lampy osvětlující green sreen by měly být umístěny za hercem po obou stranách pozadí,

v úhlu 45 stupňů. Postavené další dvě lampy (např. Kino Fla, Softbox atd.) slouží pro nasvícení herce (viz obr. 13).



Obrázek 13: Ukázka odděleného nasvícení Backdropu [5].

Charakter světla je velmi důležitým faktorem v bitvě o dobrou kvalitu klíče. Podle [21] „Trubicové výbojky a zářivky poskytují dobré výsledky a vylučují nežádoucí stíny, nezařívají se – což je velká výhoda ve studiu - a v neposlední řadě emitují světlo víceméně rovnoměrně. Při používání jiných expozičních časů, než je evropský standard (1/25 s, 50 Hz), může zdroj světla blikat, což je i případ trubicových a výbojkových světel.“

Jak už bylo řečeno v podkapitole 4.2.2, materiál má také značný vliv na kvalitu osvětlení. Musí dobře odrážet světlo a nesmí se lesknout. Čím větší je odrazivost materiálu, tím méně světla je potřeba pro jeho nasvícení.



Obrázek 14: Ukázka nasvícení Cycloramy [13].

Nasvícení Cycu má poněkud jiná specifika. V mnoha studiích je možnost použití stropních světel pro nasvícení samotného green screenu. „Pokud přesuneme světla těsně nad pozadí, dostaneme přeexponované místo v horní části obrazu, protože intenzita světla klesá s druhou mocninou vzdálenosti. Proto se používají speciálně konstruovaná světla (Cyc Light), která dokážou plynule rozložit intenzitu na pozadí.“ [21] V případě Cycu je potřeba nasvítit jenom tu část scény, která je za hercem, jiná světla mohou být v tuto chvíli zhasnuta. Pro zvýraznění objektů popředí je také potřeba dvou klíčových světel po obou stranách. „Zároveň je třeba umístit je v dostatečné vzdálenosti od green screenu, aby co nejméně

narušovala jeho nasvícení.“ [19] Problém, který vzniká při osvětlení Cycu, je podlaha. Je potřeba buď využít bílý strop studia, od kterého by se odráželo světlo, nebo pomocí měkkých světel zkorrigovat rovnoměrnost světelné scény.

4.3.1 Kontrola rovnoměrnosti

Pokud chceme zjistit, zda je scéna opravdu nasvícena rovnoměrně, je možné použít některou z mnoho metod. Jednou z nich je funkce Zebra Pattern, kterou najdeme v menu téměř každé kamery či fotoaparátu. Tato funkce zhodnotí expozici scény a přeexponovaná místa označí takzvanou zebrou - černo-bílou čárkovanou oblastí. Je to nejrychlejší metoda, protože dává možnost v reálném čase měnit nastavení nebo polohu světel a hned vidět výsledek.

Jiné metody ale vyžadují udělat snímek nasvícené scény a následně ho zkontrolovat v počítači. Například „vzít fotku vašeho plátna (např. pomocí digitální zrcadlovky), vložit ji do Photoshopu, desaturovat ji a zvýšit výslednému obrázku kontrast. Nerovnoměrné svícení tak vystoupí na povrch. V záložce Info pak už jen stačí sledovat, jak se mění RGB hodnoty. Pokud se jednotlivá místa pozadí liší o víc než 8 (čtvrtina clonového čísla), pak je třeba na svícení ještě zapracovat.“ [19]



Obrázek 15: Ukázka výsledku jednoho ze způsobů kontroly rovnoměrnosti nasvícení [19].

Dalším způsobem kontroly rovnoměrného nasvícení je podívat se na RGB Parade, který je k dispozici téměř v každém postprodukčním softwaru (Final Cut, Adobe Premiere atd.). Tento graf zobrazuje barevný podíl jednotlivých složek snímku. „Podle toho, v jakém rozsahu se pohybují zelené hodnoty, poznáte, jak rovnoměrně je plátno nasvíceno.“ [19]

4.4 Trackování klíčovacího pozadí

Při natáčení/focení statických záběrů pomocí green screenu řešíme jen problémy popsané v předchozích textech - barva pozadí, materiál, osvětlení, polohy objektů atd. Jakmile ale začneme s kamerou hýbat, přidává se otázka: jak přenést trajektorii pohybu kamery na naše pozadí? Odpovědi na tuto a další otázky týkající se trackování klíčovacího pozadí bude věnován další text.

4.4.1 Point tracking

Metoda Point trackingu se používá spíše v práci s Backdropem. S použitím tohoto typu klíčovacího pozadí se natáčejí nejčastěji záběry s jednodušším pohybem kamery - švenk. To znamená, že „kamera se pohybuje po horizontální nebo vertikální ose – otáčení kamery zleva doprava a obráceně, zdola nahoru a obráceně“ [15]. Zdroj [19] uvádí: „V první řadě je však nutné upřesnit, že se musí jednat o tzv. Nodal Pan, tedy švenk s centrem v ohnisku. Teprve pak je zaručeno, že se nemění paralaxa a s ní ani perspektiva - a tím pádem zůstane prostým okem neodhalitelné, že dosazované pozadí je 2D.“

Pro trackování švenku stačí použít jediný trackovací bod (viz 4.4.3), který bude viditelný během celého záběru. Tento bod se bude softwarově sledovat a trajektorie jeho pohybu se přenesou na vybrané pozadí. Jako výsledek vypadá naše pozadí realisticky a hýbe se zároveň s objekty v popředí.

4.4.2 Matchmoving

Pokud chceme s kamerou hýbat, rotovat, nebo například zoomovat, je potřeba přidat navíc ještě jeden, ideálně dva body. Všechny body musí být viditelné během celého záběru. Z vlastních zkušeností můžu říct, že pro kvalitní tracking stačí 2 až 3 body a je možné je pak jednoduše a rychle zamaskovat, než strávit čas maskováním velkého počtu bodů. Stejně jako v předchozím případě se značky trackují, kopíruje se pohybová dráha a přenáší se na pozadí. Zde už mluvíme o jiné metodě Matchmoving - 3D trackování, pomocí kterého můžeme dosadit herce do virtuálního prostředí.



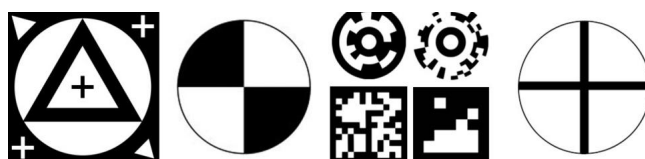
Obrázek 16: Ukázka Matchmovingu v praxi [12].

Pokus o realizaci tohoto prostředí je o něco náročnější než trackování rotace atd., protože „na rozdíl od 3D trackingu v záběrech z reálu, kde je téměř vždy co trackovat, na green screenu nic není a je povinností filmaře na něj to něco dodat.“ [19] Proto se pomocí trackovacích značek umístěných v určité vzdálenosti od sebe vytváří podoba jakési 3D mřížky. Tato mřížka slouží k referenci velikosti prostředí a poskytuje možnost postprodukčnímu týmu mít představu o vzdálenosti objektů od sebe, jak velké musí být atd. Pro kvalitní tracking je také důležité sledovat, aby záběr obsahoval více bodů s různou hloubkou vzdálenosti (podlaha, zadní a boční stěna, strop). „Pokud děláte detailnější záběr, lze do scény

porůznu postavit předměty (např. stojany, tyče, stativy atd.) - samozřejmě tak, aby nikdy nezakrývaly snímané herce a objekty - které obstarají potřebné trackovací body a v postprodukcí je posléze prostě odmaskují.“ [19]

4.4.3 Trackovací značky

Z předchozího textu je patrné, že pro realizaci trackingu se nelze obejít bez trackovacích bodů/značek. Většina zdrojů uvádí, že trackovacím bodem může posloužit cokoliv, co je dobře rozeznatelné po délku celého záběru a má jednoduchý povrch a barvu (stativy, stojany a jiné části atelieru). Tyto pomocné objekty se používají ve dvojici s trackovacími nálepkami. „Nejčastěji používané jsou kombinace tvarů, které mají nezaměnitelné ostré hrany oproti pozadí a jsou dobře rozeznatelné i při prudších pohybech kamery.“ [21]



Obrázek 17: Příklady trackovacích značek [21].

Další možností je použití barevných značek, které se dají následně jednoduše vyklíčovat. Jsou to speciální lepicí pásky Gaffer Tapes a Chromakey Tapes, které mají stejné vlastnosti jako klíčovací pozadí. Je možné používat odlišnou barvu, než je barva pozadí. Některé zdroje ale uvádějí, že nejlepší je používat takovou barvu značek, která by se od barvy plátna lišila o půl clonového čísla. [19]

Pro shrnutí: nejdůležitějšími požadavky na trackovací body je maximální matnost materiálu, tvar s ostrými rohy (čtverce, trojúhelníky atd.), musí být viditelné během celého záběru a mají mít vhodnou barvu, která nekomplikuje následnou postprodukcí.

4.5 Alternativní použití

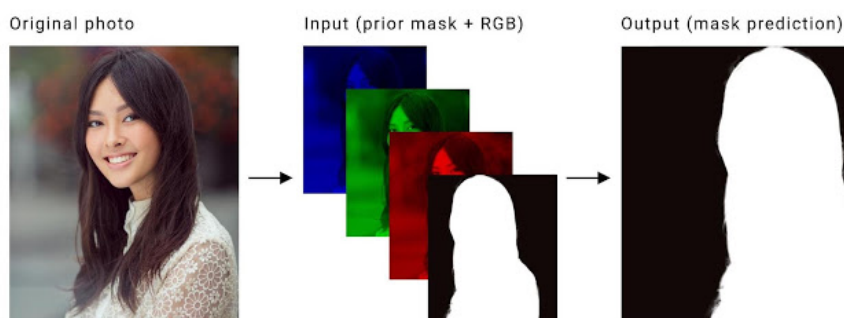
V dnešní době se technologie neustále rozvíjejí, existující techniky se zdokonalují nebo se nahrazují lepšími. Tento koloběh je doslova nekonečný. Jedním z takových příkladů je technologie Mobile Real-time Video Segmentation, představená společností Google v březnu roku 2018. Principem je realizace techniky Chroma key v reálném čase, je ale zjednodušena a umístěna do mobilního telefonu. Technologie byla vytvořena pro aplikaci Youtube a integrována do funkce Stories - krátká několikasekundová videa, která uživatelé mohou přidávat na svoje profily pro komunikaci s odběrateli. Aplikace umožňuje uživatelům jednoduché nahrazování a upravování pozadí jejich videí bez jakýchkoliv nákladů nebo použití speciálního vybavení.

Hlavními požadavky vývojářů na technologii bylo použití časové redundance (zpracovávají se a kódují jen rozdíly mezi dvěma po sobě jdoucími snímky) a jako výsledek i časová konzistentnost (po sobě jdoucí výsledky by měly být podobné) tak, aby mobilní verze byla 10-30krát rychlejší než jakékoliv existující systémy pro segmentaci snímků (30 snímků za sekundu).



Obrázek 18: Ukázka aplikace [16].

Aby aplikace poskytovala kvalitní výsledky, k jejímu vytvoření bylo použito strojové učení a konvoluční neuronové sítě pro řešení sémantické segmentace. Neuronové sítě se trénovaly na desítkách tisících snímcích, kde měly za úkol rozeznat přesné umístění jednotlivých prvků popředí (vlasy, oči, rty, obočí atd.)



Obrázek 19: Ukázka principu segmentace [16].

Princip segmentace spočívá ve vytvoření binární masky, která bude na každém snímku oddělovat popředí od pozadí pro jednotlivé kanály RGB. Klíčovým prvkem je rekonstrukce a následné dosazení binární masky předchozího snímku k RGB výstupu v podobě čtvrtého kanálu, pro realizaci časové konzistentnosti (viz obr. 19). Více informací naleznete v [16].

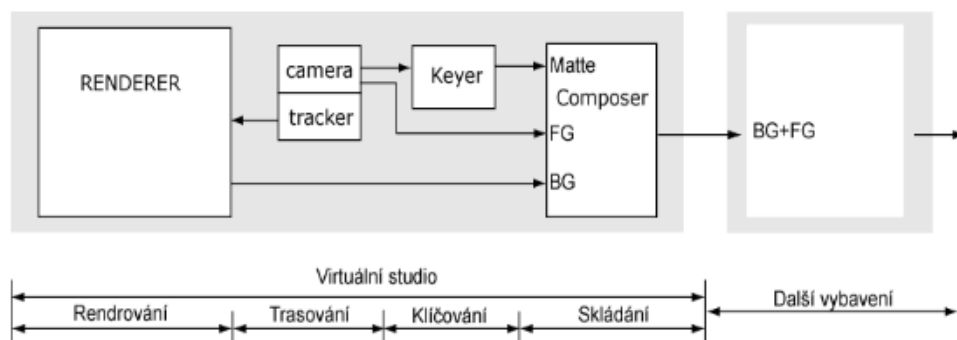
5 Virtuální studio

Výsledek práce s virtuálním studiem můžeme často pozorovat v televizi, když sledujeme zprávy, pořady či předpověď počasí. Málokdo se zamyslel nad tím, jak se tyto pořady natáčejí, kolik studií s různými dekoracemi musí televize mít atd. Odpověď je poměrně jednoduchá - skoro všechno se v dnešní době může natáčet v jednom studiu se softwarově vyrobenými virtuálními kulisami. Virtuálním studiem můžeme nazvat libovolné množství technologických nástrojů, které jsou schopné v reálném čase a prostředí kombinovat reálné

objekty/osoby s objekty vytvořenými počítačem a zároveň fyzicky simulovat televizní atelier. Základem virtuálního studia je proces barevného klíčování (Chroma key), není to ale vše.

Klíčovým rozdílem mezi klíčováním a virtuálním studiem je, že skutečná kamera se může volně pohybovat v prostoru, zatímco obraz virtuální kamery je vykreslen v reálném čase ze stejného pohledu. Virtuální scéna se musí vždy přizpůsobit kameře (zoom, rotace atd.). Jako výsledek získávají diváci pocit, že scéna byla natočena v reálném prostředí.

Shrnutím je, že virtuální studio v sobě kombinuje klíčování, sledování kamer, vytvoření a vykreslení virtuálních kulis.



Obrázek 20: Obecné schéma virtuálního studia (BG - background, FG - foreground) [17].

Existuje mnoho technických řešení pro realizaci virtuálního studia, ale většina z nich zahrnuje následující komponenty (viz obr. 20):

- Trasování (tracker), které využívá buď optické nebo mechanické měření k vytvoření živého datového toku popisujícího přesnou polohu kamery.
- Software pro rendrování, který používá trackovací data kamery a v reálném čase generuje virtuální obraz televizního studia.
- Mixér, který kombinuje data z kamery a rendrovacího softwaru pro vytvoření výsledného obrazu.
- Klíčování - nejpoužívanější způsob, jak odstranit nežádoucí studiové pozadí a nahradit ho výstupem z rendrovacího softwaru.

Problematicke klíčování byly věnovány předchozí kapitoly. V dalším textu budou detailněji rozebrány ostatní komponenty uvedeného schématu.

5.1 Sledování kamer

Sledování pozice kamery je nedílnou součástí procesu realizace virtuálního studia. Úkolem trackovacího systému je určení pozice, rotace, ohniskové vzdálenosti kamery atd. pro vytvoření co nejrealističtějšího prostředí. „Systémy pro sledování kamery se dělí do tří základních

skupin podle principu, na kterém jsou založeny. Jsou to elektromechanické systémy, optické systémy a systémy pracující na principu trasování (infračerveného) bodu v prostoru.“ [17]

5.1.1 Elektromechanické systémy

Tyto systémy lze rozdělit na dva typy - první se ovládají na dálku pomocí řídicího pultu, druhé pomocí senzorů umístěných na speciálním stativu nebo kameře. Pokud jsou senzory umístěné ve stativu, znamená to, že kamera k němu musí být připevněná po celou dobu natáčení. Zdroj [17] uvádí, že tyto stativy se dají rozdělit na:

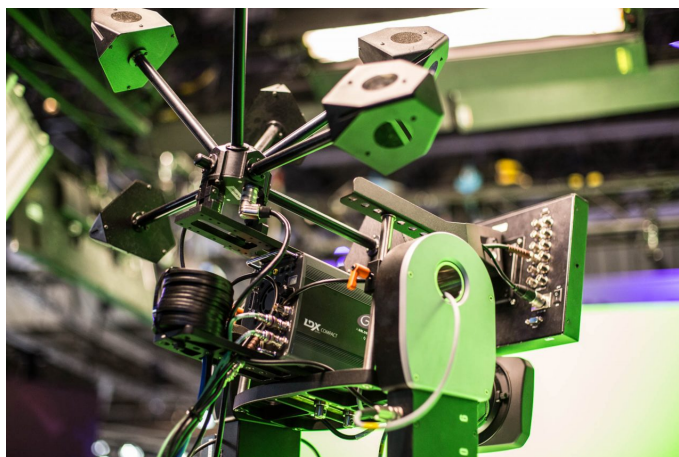
- Stativy s výkyvnou hlavou (dva stupně volnosti pro náklon hlavy stativu ve dvou osách).
- Statické podstavce s výkyvnou hlavou a měnitelnou výškou hlavy (tři stupně volnosti: dva pro náklon hlavy a jeden pro měnitelnou výšku podstavce v ose).
- Pohyblivé podstavce s výkyvnou hlavou, měnitelnou výškou a možností pohybovat celým podstavcem buď v jedné či dvou osách (až pět stupňů volnosti: dva pro náklon hlavy a tři pro pohyb podstavce v osách X, Y, Z).
- Kamerové jeřáby (většinou se statickou základnou) umožňující natočení kamery kolem čtyř os.

Hlavními výhodami elektromechanických systémů jsou flexibilita a vysoká přesnost. Mohou se přenášet a nejsou vázané na použití uvnitř jednoho konkrétního studia. Nevýhodou však je o něco omezenější pohyb kamery způsobený jejím připevněním ke stativu. To v TV produkci na rozdíl od filmové nedělá velký problém. Mezi nevýhody také patří finanční stránka komplexních systémů s více kamerami a stativy. Obsluha elektromechanických systémů je náročná, jelikož se senzory musejí kalibrovat před každým použitím.

5.1.2 Infračervené systémy

Princip těchto systémů spočívá ve sledování trajektorie bodů s infračerveným zářením, které jsou umístěné na těle kamery a tvoří spolu určité vzory. Následné trasování se provádí pomocí systémů statických kamer (ideálně 12 a více) s vysokým rozlišením, umístěných na stropě a stěnách po obvodu virtuálního studia.

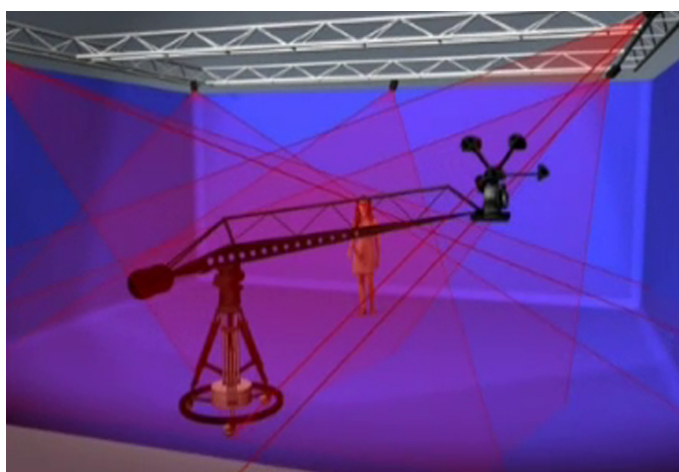
Nejdříve se celý systém kalibruje pomocí jediného společného souřadnicového systému, který bude identifikovatelný ve vytvořeném virtuálním prostředí. Na rozdíl od elektromechanických systémů není nutné kalibraci provádět před každým použitím, pokud se poloha kamer nezměnila. Dalším krokem je detekce infračervených bodů kamerami. „Tento proces značně zjednodušuje použití infračervených trasovacích objektů, které nám dovolují, za předpokladu, že se ve scéně nenachází další zdroj infračerveného záření, použít jednoduché metody pro zpracování obrazu, jako je prahování, s velmi dobrými výsledky.“ [17] Dále následuje určení polohy sledovaných bodů v námi nastaveném souřadnicovém systému, což nám pomůže zjistit přesnou polohu kamery v prostoru a její případnou rotaci. Systém však



Obrázek 21: Vzory s infračerveným zářením pro sledování pohybu kamery [10].

není schopen určit aktuální ohniskovou vzdálenost či clonu kamery. Tyto informace lze získat buď přímo z kamery nebo pomocí speciálního senzoru.

Výhody systému jsou o něco nižší než u elektromechanických systémů, zůstává ale stále vysoká přesnost určení polohy a flexibilita. Pohyb kamery není omezen žádným stativem či platformou, nedá se však použít mimo studio. Finanční stránka základního setu vybavení je jednou z nevýhod daného systému. Na druhou stranu jakékoliv doplňky (další kamery nebo infračervené vzory) nejsou nákladné.



Obrázek 22: Ukázka principu infračerveného systému [9].

5.1.3 Optické systémy

Princip optických systémů se výrazně liší od předchozích dvou, jelikož nepoužívá žádné dodatečné zařízení pro sledování pozice kamery. Celý proces probíhá uvnitř kamery pomocí techniky rozpoznávání vzorů (viz [25]), tzn. že kamera se snaží detekovat objekty s předem přesně definovanou polohou a pomocí výpočtů rozdílů mezi známou a nově detekovanou pozicí určí umístění kamery v prostoru. Tato metoda také umožňuje získat informace o rotaci kamery a její ohniskové vzdálenosti. Samotný optický systém však ustupuje elek-

tromechanickým a infračerveným systémům kvůli nedostatečné přesnosti a nízké stabilitě, způsobující nesoulad mezi virtuálním prostředím a reálnou scénou.

Kvalitnější výsledek poskytuje spojení dvou systémů - zjednodušené verze infračerveného a optického systému pro určení pozice kamery v prostoru a speciální trasovací mřížky (viz obr. 22) pro detekci rotace a ohniskové vzdálenosti.



Obrázek 23: Trasovací mřížka pro detekci parametrů kamery [17].

5.2 3D rendering

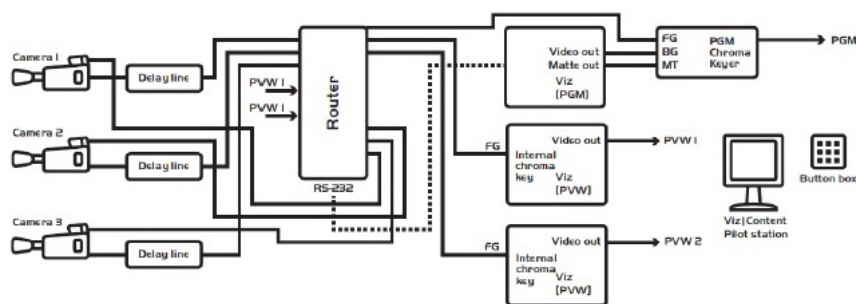
Rendering je jedna z oblastí počítačové grafiky, s jejíž pomocí se vytváří virtuální 3D model scény, a je nedílnou součástí procesu realizace virtuálního studia (viz obr. 20). Rendrovací software umožňuje vykreslit virtuální podobu pozadí a zajišťuje její synchronizaci se systémem pro sledování pozice kamery. Výsledkem správné synchronizace je totožnost parametrů virtuální (ohnisková vzdálenost, clona, natočení) a reálné kamery. S ohledem na výpočetní náročnost a realističnost pozadí se následně volí odpovídající software a hardware, který ho v reálném čase zvládne zpracovat. Podle [17] „čas pro vykreslení jednoho snímku může být buď 40 ms nebo 20 ms v závislosti na tom, zda jej vykreslujeme pro každý snímek nebo půlsnímek z reálné kamery (předpokládáme-li výstup z kamery ve formátu PAL)“. Čím větší je rozlišení TV formátu, tím větší jsou požadavky na výpočetní výkon.

5.3 Příklady některých systémů

V dnešní době existuje velký výběr systémů zahrnujících jak hardware, tak software pro realizaci virtuálního studia. Každý si zvládne vybrat podle svých požadavků a financí, což dobře znázorňuje, že virtuální studia se stávají čím dál tím víc dostupnější i pro malá nízkorozpočtová studia. Cena profesionálního vybavení však může činit miliony korun. Vzhledem k tak velké variaci existujících systémů je těžké popsat a porovnat jejich vlastnosti. Problematika základních vlastností realizace virtuálních studií je popsána v předchozích textech kapitoly 5. V dalším textu bude uvedeno pár příkladů systémů používaných v dnešní době a popis jejich vlastností, které jsou dohledatelné na oficiálních stránkách výrobce.

Viz Virtual Studio

Viz Virtual Studio je produktem Norské společnosti Vizrt - jedné z vedoucích firem v oblasti digitálních medií. Mezi uživatele tohoto systému patří celosvětové špičky jako SNN, BBC atd. Výrobce uvádí, že systém splňuje všechny nároky na profesionální systém pro vysoce kvalitní realizaci jak virtuálního studia, tak i rozšířené reality. Podporuje všechny zmíněné metody sledování kamery pro ještě větší přesnost a flexibilitu. Také poskytuje možnost ovládaní interaktivních prvků virtuálního prostředí pomocí speciálního rozhraní na tabletu. Kromě toho výrobce slibuje, že Viz Virtual Studio umožňuje jednomu operátorovi zvládnout všechny složité produkce, které by jinak vyžadovaly celý tým operátorů. V nabídce společnosti je představeno několik softwarů pro rozšíření komplexního systému - Tracking Hub, Studio Manager a Viz Engine. První kombinuje trackovací data z různých systémů. Může použít například ohniskovou vzdálenost z jednoho systému a polohu kamery z druhého pro maximální přesnost. Studio Manager je vizuální reprezentací studia. Maskuje části studia, které se nesmějí vyskytnout ve výsledném obrazu. Viz Engine spojuje virtuální prostředí a reálnou scénu, čímž vytváří výslednou podobu videa.



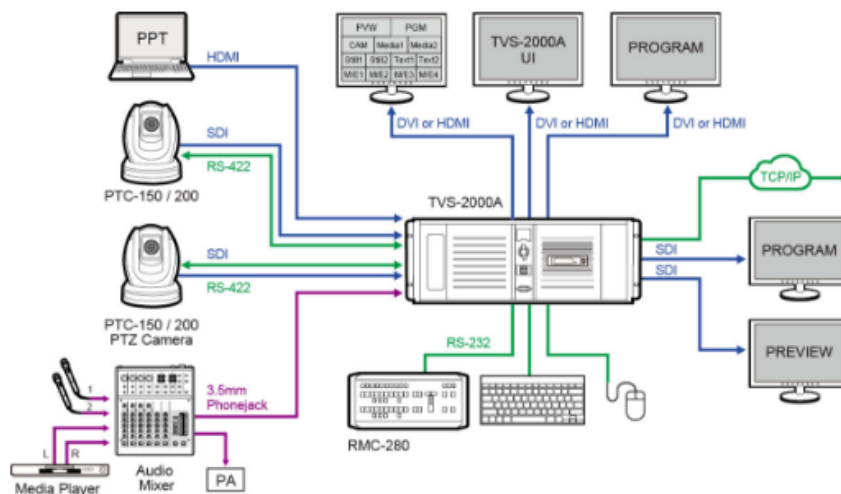
Obrázek 24: Konfigurace systému Viz Virtual Studio [17].

Datavideo TVS-2000A

První světový systém pro realizaci virtuálního studia, který používá pro trasování PTZ kameru vybavenou mechanismem umožňujícím otáčení a naklání kamery o 360 stupňů. Ovládaní celého systému je integrováno do jednoho panelu RMC - 280. TVS-2000A garantuje velmi kvalitní, realistický výsledek a dělá technologii virtuálního studia dostupnější pro všechny. Vzhledem k tomu, že systém si vystačí pouze s údaji o poloze kamery vycházejícími z jejího pohybu, nepotřebujete k tomu žádné další platformy ani jeřáby. Toto řešení dělá systém maximálně flexibilním a dává možnost jeho použití téměř kdekoliv. Výrobce také nabízí velký výběr hotových virtuálních prostředí, která se dají snadno stáhnout na oficiální stránce. Tato prostředí je možné různě upravovat, přidávat nebo odstraňovat objekty, měnit barvy, design atd.

Avid Maestro Virtual Set

Avid Maestro Virtual Set také patří mezi systémy hodné pozornosti. Tento systém obsahuje všechny nástroje pro vytvoření a ovládaní virtuálního studia. Používá převážně infračervený systém sledování kamer Xync 2.0, který poskytuje velmi přesné výsledky a maximální volnost pohybu kamery. Xync 2.0 přijímá informace ze všech kamer (XYZ poloha, zoom, rotace, ohnisková vzdálenost atd.), pomocí řady sofistikovaných algoritmů analyzuje data



Obrázek 25: Uspořádání systému TVS-2000A [14].

a posílá je zpátky do systému v reálném čase, což zajišťuje velmi plynulý pohyb a přesnost. Maestro Virtual Set také umožňuje práci i s jinými sledovacími systémy. Výrobce nabízí velké množství softwaru pro ještě širší grafické možnosti (např. Unreal Engine a Avid RenderEngine). Maestro obsahuje sadu nástrojů, které usnadňují vkládání grafiky a její okamžitou aktualizaci v reálném čase. Systém má vysokou flexibilitu, velký výkon a minimální zpoždění.

6 Praktická část

Úkolem praktické části dané práce je vytvoření několika návodů k laboratorním úlohám, které se budou následně používat v rámci předmětu Základy studiové techniky na katedře radioelektroniky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze. Úlohy by měly být vytvořeny s ohledem na prostudovanou teorii týkající se problematiky klíčování a virtuálního studia a zaměřeny na realizaci některých postupů.

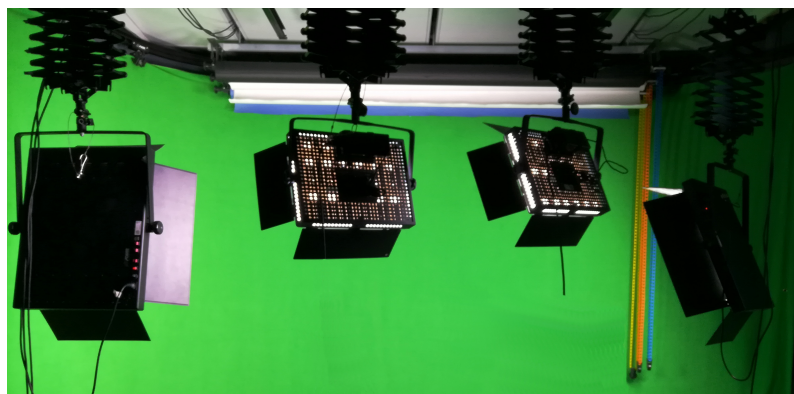
Na základě toho, jaký hardware a software je k dispozici v audiovizuálním studiu katedry, jsem vytvořila tři laboratorní úlohy. Hlavním záměrem bylo vytvořit takové úlohy, které by poskytovaly studentům nejen přehled o existujících metodách, ale také možnost samostatné realizace alespoň těch základních. Během zpracování laboratorní úlohy by měli studenti projít celým přípravným a postprodukčním procesem - od rozmístění kamery a světel až po zpracování natočeného videa v příslušném softwaru. Všechny tři úlohy jsou založeny na problematice klíčování, proto je převážná část teorie v návodech téměř stejná.

Pro kontrolu korektnosti laboratorních úloh jsem vytvořila vzorová řešení, která jsou k dispozici v příloze této práce. V dalším textu uvedu cíl, proces vytvoření a vzorové řešení každé úlohy.

6.1 Klíčování v Da Vinci Resolve

Zadáním první úlohy je klíčování statického videa (bez pohybu kamery) natočeného před jednoduchým Back dropem (viz 4.2.4). Teoretická část úlohy obsahuje základní informace nutné pro pochopení látky a následnou bezproblémovou realizaci praktické části. Také obsahuje některá doporučení a pravidla důležitá pro dosažení kvalitního výsledku při přípravě studia a natáčení. Úkolem praktické části je vyzkoušet si klíčování studiového pozadí. Program Da Vinci Resolve, pro který byl postup vytvořen, nabízí několik možností klíčování. Proto úloha poskytuje možnost vyzkoušet dvě základní metody a porovnat jejich výsledky. Tato úloha by měla být realizována jako první, protože je základem pro ostatní dvě.

Příprava studia pro následné natáčení je velmi důležitou součástí procesu. Úloha předpokládá práci s jednoduchým klíčovacím pozadím Back drop. V audiovizuálním studiu katedry je k dispozici zelené látkové a modré papírové pozadí. Pro vzorovou realizaci úlohy jsem vybrala látkové pozadí, protože je jeho použití jednodušší. Dá se dobře vyrovnat a natáhnout, aby se na pozadí nevyskytovaly vlny. Dalším důležitým aspektem je osvětlení. Při nasvícení scény jsem vycházela z principu uvedeného v kapitole 4.3. Použila jsem čtyři trvalá světla firmy FOMEI - dvě pro osvětlení pozadí, dvě pro osvětlení herce (viz obr.26). Natáčelo se na kameru Panasonic AG-AC160 A.



Obrázek 26: Ukázka rozmístění světel.

Jako postprodukční program jsem po dohodě s vedoucím práce vybrala Da Vinci Resolve. Jak už bylo řečeno, program nabízí několik metod pro práci s green screen - 3D a HSL. Úloha obsahuje oba postupy, aby student mohl na konci porovnat výsledky. Podle mé zkušenosti si dovoluji říci, že 3D metoda má snazší ovládání a poskytuje kvalitnější výsledek. Další její výhodou je funkce Despill, která odstraňuje zelený okraj kolem herce způsobený světlem odraženým od pozadí (viz 4.2.2).

Metoda HSL je založena na principu upravování šířky barevného rozsahu zelené barvy zastoupené v pozadí. Proto je obtížné zvolit takové hodnoty, aby výsledek vypadal realisticky a nikde by neprokoukla zelená. Na obr. 28 je vidět, že nejvíce problémovou oblastí jsou vlasy, obzvláště ve chvíli, kdy se člověk hýbe. V případě 3D metody tento problém řeší zmíněná funkce Despill.



Obrázek 27: Vpravo je výsledek metody HSL, vlevo je výsledek metody 3D

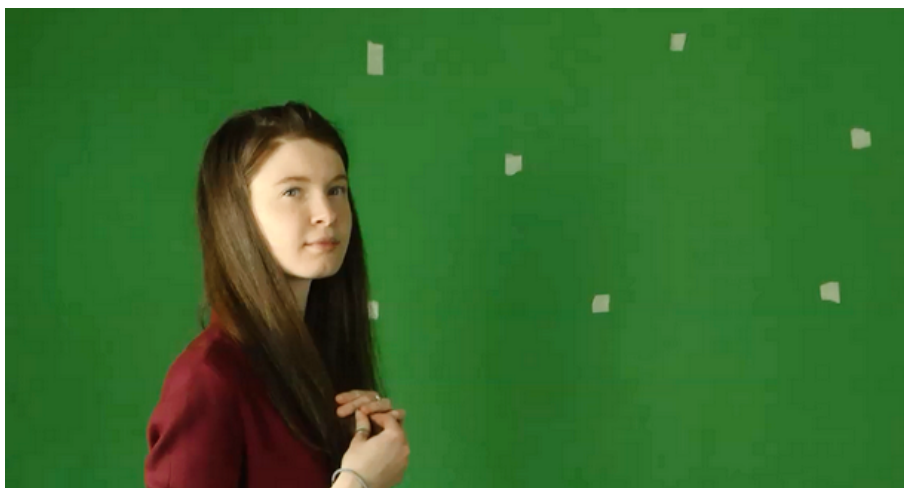
6.2 Match Moving v Da Vinci Resolve

Druhá úloha osvětluje problematiku jedné z metod klíčování Match moving (viz 4.4.2). Převážná část teorie návodu je převzata z první úlohy, protože je její pokračováním a navazuje na ni. Tyto dvě úlohy jsou záměrně rozdělené kvůli jejich časové náročnosti, způsobené přípravou studia, případnou změnou osvětlení a postprodukčním procesem. Cílem úlohy je vyzkoušení jiné metody klíčování, která se častěji používá v běžné praxi (TV produkce, filmová tvorba).

Zadáním úlohy je klíčování dynamického videa, které předpokládá libovolný pohyb kamery. Klíčovací pozadím, stejně jako v předchozí úloze, posloužil látkový Back drop (viz 4.2.4). Zásadní rozdíl metody Match moving oproti klasickému klíčování je potřeba spojit pohyb kamery s novým pozadím tak, aby výsledné video vypadalo realisticky. Pro tyto účely se používají trackovací značky/body (viz 4.4.3). Pro vzorovou realizaci úlohy jsem použila jako trackovací body několik proužků bílé papírové lepicí pásky, která byla dobře viditelná na zeleném pozadí. Z vlastní zkušenosti si dovoluji říci, že trackovacích bodů jsem rozmístila více, než bylo potřeba. Pro kvalitní tracking ale stačí pouze dva body, které budou viditelné během celého záběru.

Nasvícení scény bylo provedeno stejným způsobem jako v předchozí úloze (viz obr. 26). Natáčelo se na kameru Panasonic AG-AC160 A.

Praktická část úlohy se také částečně opakuje, protože prvním krokem je opět odstranění studiového pozadí. Důležitým aspektem úspěšné realizace této úlohy je, že frame rate obou souborů (videa a nového pozadí) musí být stejný. Jinak dochází k chybám při přenosu parametrů pohybu kamery na pozadí (jedná se pravděpodobně o specifickou vlastnost použitého softwaru).

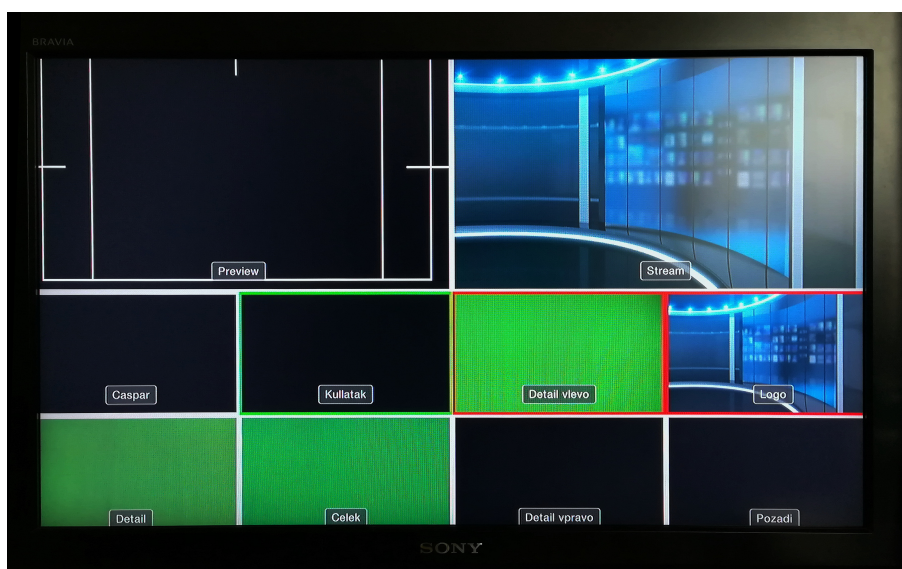


Obrázek 28: Příklad rozmístění trackovacích bodů.

6.3 Realtime klíčování v ATEM Television Studio

V rámci práce nad třetí úlohou jsem se zaměřila na realizaci podoby virtuálního studia předpokládajícího klíčování v reálném čase (viz. 5). Vzhledem k tomu, že metody realizace skutečného virtuálního studia jsou z mnoha důvodů náročné a s ohledem na dostupnou techniku, po dohodě s vedoucím práce jsme rozhodli o realizaci jednodušší varianty virtuálního studia.

Pro realizaci našeho „virtuálního studia“ jsme použili střížnu ATEM Television Studio od Blackmagic Design, která se skládá ze switcheru a aplikaci pro ovládání. Na vstup switcheru jsem připojila výstupy ze tří kamer umístěných ve studiu prostřednictvím SDI kabelů. Výstup ze switcheru byl připojen k velké televizní obrazovce pro monitoring všech zdrojů signálů a náhled výsledného obrazu.



Obrázek 29: Monitoring výstupů z kamer a náhled výsledného obrazu.

Rozvržení studia se téměř opakovalo z předchozích úloh. Pozadím posloužil zelený látkový Backdrop, tentokrát roztažený na dvě steny. Důležité je, aby látka byla dobře napnutá. Pro nasvícení scény jsem použila čtyři trvalá světla od firmy FOMEI - dvě pro osvětlení pozadí, dvě pro osvětlení herce. Natáčelo se pomocí tři kamer - dvě kamery značky Panasonic AG-AC160 A a jedna Panasonic AG-AC90 E. Kamery musí být rozmístěny tak, aby prostřední byla orientovaná rovně (předpokládaný střed scény) a dvě další křížem (viz.Obr.31). Clona a vyvážení bíle všech kamer je potřeba nastavit tak, aby barva pozadí všech tři výstupů vypadala co nejpodobněji.

Jako nové pozadí pro navržené „virtuální studio“ jsem použila tři obrázky, které odpovídají třem úhlům pohledů na studio (pravá strana, střed a levá strana). Pomocí ATEM Television studio jsem nastavila parametry klíčování a přiřadila nové pozadí pro každou kameru zvlášť. Střížna umožňuje ukládat sety určitých parametrů pro jednodušší ovládní v režimu realtime. Přepínáním mezi kamerami s různými pozadími během pohybu herce je možné docílit iluze velkého virtuálního prostoru.



Obrázek 30: Ukázka rozmístění světel a kamer.

Teoretická část návodu obsahuje základní informace o principu klíčování, typech klíčovacíh pozadí a jejich nasvícení. Také zahrnuje popis použitého softwaru. Praktická část je zaměřená na postupné pokyny pro úspěšnou realizaci úlohy.

7 Závěr

V této práci jsem se zabývala principy barevného klíčování obrazu. Teoretická část dává přehled o nejdůležitějších aspektech dosazení kvalitního výsledku, jako je tvar klíčovacího pozadí, jeho barva a materiál, principy nasvícení a trackování. Také krátce popisují problematiku realizace virtuálního studia a uvádím několik příkladů systémů používaných v současnosti.

Na základě znalostí, které jsem získala během zpracování této práce, jsem vytvořila tři návody k laboratorním úlohám pro předmět Základy studiové techniky. Každá z úloh obsahuje úvodní teoretickou část, která osvětluje základní informace nutné pro pochopení látky a bezproblémovou realizaci zadání. Praktická část je zaměřena na samostatné provedení přípravného a post produkčního procesu klíčování. Pro každou z úloh jsem vytvořila vzorové řešení, které obsahuje dvě videa - původní natočené a zpracované.

Hlavním přínosem dané práce je, že poskytuje široký teoretický přehled o problematice klíčování a virtuálních studiích. V případě virtuálních studií existuje velmi málo zdrojů, které by se tímto tématem zabývaly. Vytvořené návody poskytnou studentům možnost rozšířit svoje znalosti a umění v zacházení se studiovou technikou. Také jsou jakýmsi tutoriálem pro klíčování v programu Da Vinci Resolve.

Proces zpracování této práce a návodů k laboratorním úlohám byl pro mě velmi přínosný. Rozšířila jsem svoje znalosti v oblasti filmové tvorby, metod používaných v současnosti ve filmové a TV produkci, klíčování a virtuálního studia. Také jsem měla možnost samostatně zrealizovat některé z existujících metod v audiovizuálním studiu.

8 Příloha

V příloze této práce uvádím ukázky vytvořených návodů k laboratorním úlohám. Z toho důvodu, že všechny úlohy jsou založené na problematice klíčování, teoretická část návodů je téměř stejná. Proto do přílohy přidávám pouze jednu její ukázkou, která se opakuje. Dále následují praktické postupy realizace laboratorních úloh obsahující přípravu studia a postprodukční proces.

Příloha A: Ukázka teoretické části laboratorní úlohy

Klíčování v Da Vinci Resolve

Návod ke cvičení z předmětu AD2B37ZST

2018

1 Úkol měření

1. Příprava klíčovacího pozadí - zajištění povrchové rovnosti a nasvícení.
2. Natočení statického videa.
3. Vyzkoušení klíčování a následného dosazování žádoucího pozadí na místo studiového v programu Da Vinci Resolve .
4. Porovnání výsledků dvou klíčovacími metod HSL a 3D.

2 Teoretická část

Celý princip klíčování je založen na odstranění studiového pozadí ze záběru a "přemístění"scény do požadovaných podmínek. Aby proces klíčování byl snadnější a výsledek vypadal co nejlépe, je potřeba dodržovat některá pravidla.

2.1 Klíčovací pozadí

Existují dva základní typy klíčovacího pozadí. Prvním typem je Backdrop - jednoduché pozadí tvořené pouze jednou stěnou. Druhým typem je Cyclorama - virtuální klíčovací studio se zaoblenými kraji (pro měkké světelné přechody) tvořené minimálně dvěma stěnami a podlahou. [2]

2.2 Back drop

Back dropem je jednoduché klíčovací plátno tvořené jenom jednou barevnou stěnou, před kterou probíhá děj natáčené scény. Tři základní problémy při realizaci back dropu jsou:

- jak velké plátno použít
- jak ho nasvítit
- jak vůči němu rozmístit herec

Rozměr plátna záleží na konkrétním záběru. Důležité je, aby herec během celé hrané scény nevystupoval mimo pozadí. Čím dál bude back drop od herec, tím větší plátno musí být, aby vyplnilo celý záběr, a tím složitější bude jeho rovnoměrné nasvícení. Na druhou stranu, čím bliž bude herec k pozadí, tím ostřejší stíny bude vrhat, což způsobí komplikace při následném zpracování videa. K řešení vede jenom metoda "pokus omyl", tzn. že se rozhoduje většinou podle situace s přihlédnutím k rozměrům studia a plátna.

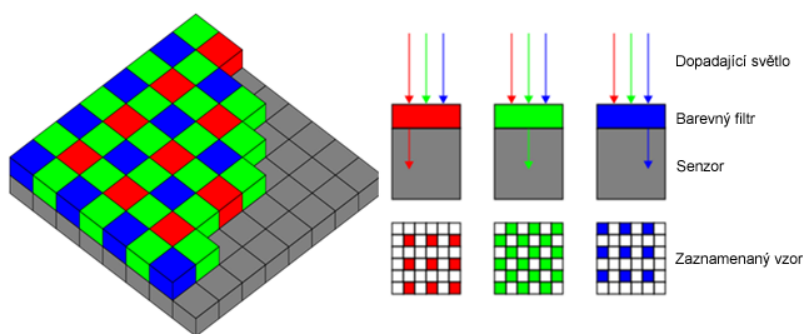


Obrázek 1: Příklad realizace Back dropu

2.2.1 Barva klíčovacího pozadí

Dříve byla barvou klíčovacího pozadí většinou modrá, protože má nejmenší zastoupení v lidské pokožce. Měla ale i svoje nevýhody. Podle [1] "Modrá barevná složka se na filmu nachází až vespuďu emulze, a tím pádem obsahuje největší koncentraci filmového zrna". Proto se postupně přecházelo na zelenou.

Zelená neustoupila ani s příchodem digitální doby. Většina kamerových čipů je navržena tak, že má na svém povrchu mozaikový filtr - Bayerovu masku nebo Bayerovu mřížku. Masku se skládá z filtrů, které propouštějí světla základních barev RGB prostoru (red – červená, green – zelená, blue – modrá). Políčko 2×2 buněk se skládá z jedné červené, jedné modré a dvou zelených buněk. Na každý červený a modrý bod tedy připadají dva zelené. Proto je čip, stejně jako lidské oko, více citlivý na zelenou barvu a ukládá do green kanálu více informací a detailů než do zbylých dvou. [2]



Obrázek 2: Bayerova maska a způsob filtrace světla dopadajícího na čip

Neznamená to však, že zelená je ideální klíčovací barvou. Jednou z její nevýhod je efekt Spill - barevný okraj na objektech v popředí způsobený parazitním světlem odraženým od pozadí, který se dá odstranit jen pomocí softwaru.

Ve výsledku je celkem obtížné říci, která barva je univerzální. Barva klíčovacího pozadí záleží často na určitém záběru, občas na barvě vlasů herců nebo na jejich oblečení. "Jedním velmi zajímavým případem je film Alien (1979) od Ridleyho Scotta - tam se při natáčení vesmírných korábů rozhodli použít "Red Screen", neboť ve zbarvení modelů převažovaly modré složky." [1]

2.3 Nasvícení pozadí

Kapitole o nasvícení green screenu je potřeba věnovat větší pozornost, jelikož je to důležitý aspekt ovlivňující kvalitu výsledného videa. Je pravda, že v dnešní době dokáže postprodukční software hodně, ale správné nasvícení scény může ušetřit nemálo sil a času u následného zpracování natočeného materiálu. Pro nasvícení green screenu se používají převážně měkká světla, která nevytvářejí nežádoucí stíny a poskytují téměř rovnoměrné osvětlení. Ostrá, tvrdá světla se mohou použít jako kontra nebo doplňková.

Důležité je dodržet princip odděleného nasvícení. To znamená, že prvním krokem se má nasvítit pozadí hrané scény a druhým herci a objekty v popředí. Tyto dva světelné moduly se nesmí navzájem ovlivňovat. Zhasneme-li jakoukoliv z částí tohoto světelného řetězce, nemělo by to mít vliv na celkovou expozici. Zároveň je potřeba zajistit povrchovou rovnost použitého pozadí, buď je to látka nebo plátno. Vlny a zmačkané oblasti na pozadí také vytvářejí stíny a narušují rovnoměrnost nasvícení.

Pomocí funkce Zebra Pattern, kterou najdeme dnes už skoro v každé kameře, lze rychlým způsobem zkontrolovat zda je green screen nasvícen správně. Tato funkce zkontroluje expozici scény a přexponovaná místa označí černobílou čárkovanou oblastí.

Příloha B: Klíčování v Da Vinci Resolve

3 Praktická část

1. Připravte studio pro následné filmování - zkontrolujte povrchovou rovnost a napnutí klíčovacího pozadí, nasvíťte ho s přihlédnutím k principu popsanému v kapitole 2.3 a zkontrolujte rovnoměrnost nasvícení.
2. Natočte krátké statické video.
3. Do programu Da Vinci Resolve (File - Import Media) importujte video a libovolný obrázek, který poslouží novým pozadím. *Pozor!* Software se zeptá, jestli je potřeba změnit frame rate importovaných souborů. Povolte mu to.
4. Přepněte do záložky Edit v dolní části okna programu. Přetáhněte video do time line Video 2 a vybraný obrázek do Video 1. Posouváním kraje videa ho můžete oříznout, a tím vybrat vhodnou část videa, kterou budete následně zpracovávat. Stejným způsobem roztáhněte/zkrajte obrázek, aby byl stejně dlouhý jako video.

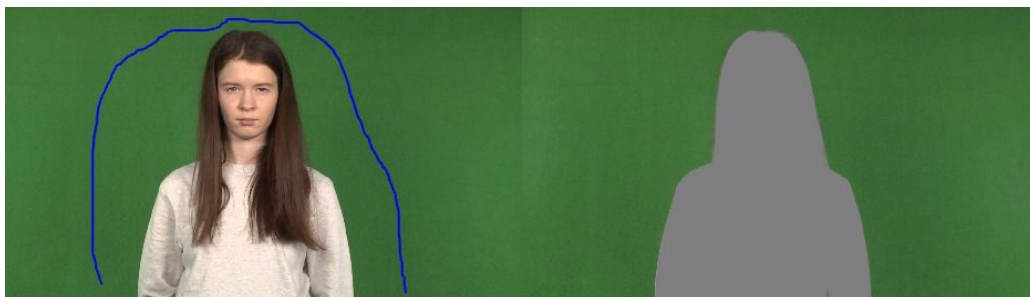
3.1 3D klíčování

1. Přepněte do záložky Color v dolní části okna programu. Vyberte v paletě Qualifier, dále typ - 3D a Selection Range (viz obr. 3). 3D Qualifier je jednodušší pro práci s green screene a má např. funkci despill, která snadno odstraní zelený okraj kolem herce (viz 2.2.1).



Obrázek 3: část 3.1, bod 1

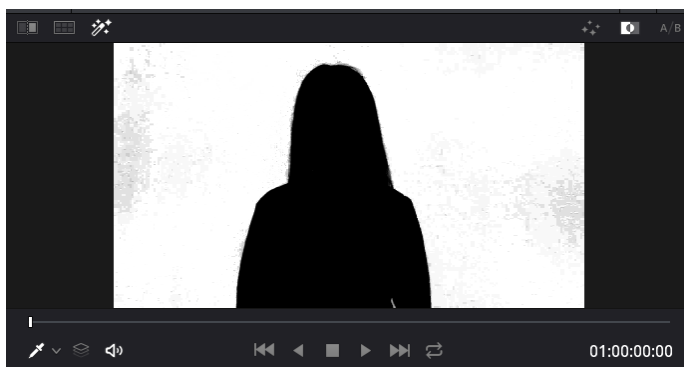
2. Dalším krokem je nakreslení oblouku kolem herce, který reprezentuje barevný rozsah pro následné vyklíčování. Kombinací kláves Shift+H zprůhledníte herce tak, aby zůstalo jenom pozadí, se kterým ještě budete pracovat (viz obr. 4).
3. Občas nestačí nakreslit pouze jednu čáru/oblouk, aby se zachytil celý barevný rozsah zelené na pozadí, obzvláště když pozadí není dobře nasvícené. Když stisknete Shift+alt+H, uvidíte černobílou variantu snímku. Vyklíčované oblasti budou bílé a zbytek černý (viz obr. 5). Jsou-li na záběru šedé oblasti, znamená to, že program je nepřidal ani k jedné ze dvou variant a je potřeba to ještě opravit. Pokud jsou šedé oblasti velké, je potřeba v těchto místech nakreslit doplňkové čáry, které však v tomto režimu nebudou vidět stejně jako na předchozím obrázku. Jinou možností je doladění pomoci Matte Finesse (viz obr. 3). Změnou hodnot Clean White a White Clip



Obrázek 4: část 3.1, bod 2

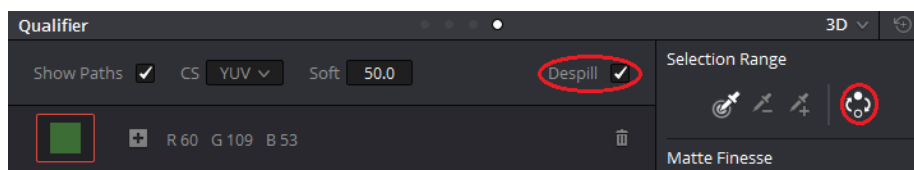
vyrovnáte vyklíčovanou bílou oblast.

Tip! Projděte video do konce a zkontrolujte, jestli se ještě někde neobjevily šedé oblasti, a případně je opravte.



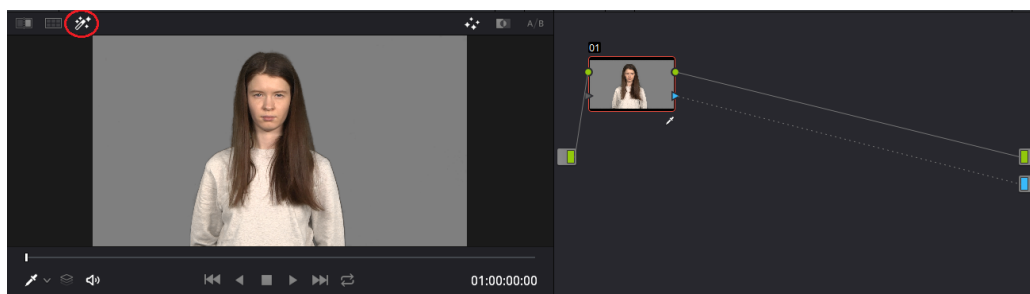
Obrázek 5: část 3.1, bod 3

4. Kombinací kláves Shift+Alt+H se vrátíte zpět k původní barevné variantě záběru. Po opětovném stisknutí kláves Shift+H se zobrazí vybraná klíčovací oblast. Pomocí tlačítek, která jsou označena na obrázku 6, zprůhledníte vyklíčované pozadí a odstraníte zelený okraj kolem postavy v popředí.



Obrázek 6: část 3.1, bod 4

5. Vpravo od videa klikněte pravým tlačítkem myši a vyberte Add alfa output. Spojte ho s okénkem videa (viz obr. 7). Tím řeknete programu, aby na zprůhledněnou oblast přidal vybraný obrázek/video, který jste předem připravili v timeline Video 1. Pokud se pozadí neobjevilo, použijte tlačítko označené na obrázku.

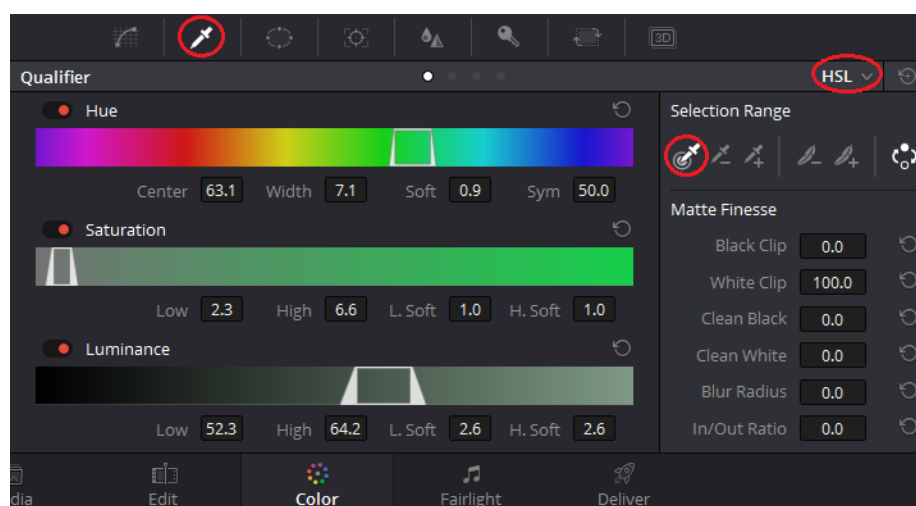


Obrázek 7: část 3.1, bod 5

6. Hotové video můžete exportovat ve vybraném formátu pomocí záložky Deliver v dolní části okna programu (Add to Render Queue - Start Render).

3.2 HSL klíčování

1. Zopakujte kroky 3 a 4 (viz část 3.1).
2. Přepněte do záložky Color v dolní části okna programu. Vyberte v paletě Qualifier, dále typ - HSL a Selection Range (viz obrázek níže).



Obrázek 8: část 3.2, bod 2

3. Vyberte barvu, kterou chcete klíčovat. Tentokrát není potřeba kreslit čáry, stačí označit pouze jeden bod.
4. Přepněte na černobílou variantu kombinací kláves Shift+Alt+H. Šedé oblasti budou výraznější než předtím. Upravit je můžete změnou hodnot Width a Soft pod barevnou škálou. Tyto hodnoty reprezentují šířku barevného rozsahu zelené na snímku. Stejně jako předtím je možné upravovat pomocí Matte Finesse.
Tip! Projděte video do konce a zkontrolujte, jestli se ještě někde neobjevily šedé oblasti, a případně je opravte.

5. Zopakujte bod 4 (viz část 3.1). Na rozdíl od 3D klíčování nemá HSL funkci despill, která by úplně odstranila zelený okraj kolem herce. Toto parazitní světlo můžete jenom lehce korigovat pomocí zvětšení/zmenšení šířky barevného rozsahu, jak bylo popsáno v předchozím bodě.
6. Vytvořte alfa output a spojte ho s okénkem videa (viz část 3.1 bod 5).
7. Hotové video můžete uložit ve vybraném formátu pomocí záložky Deliver v dolní části okna programu (Add to Render Queue - Start Render).

Reference

- [1] Martin Klekner. Tajemství trikových pláten. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.pixel.cz/recenze/tajemstvi-trikovych-platen-1-dil-t52.html>.
- [2] Viktoriia Lysenko. Bakalařská práce. metody klíčování a virtuální studio. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2018.

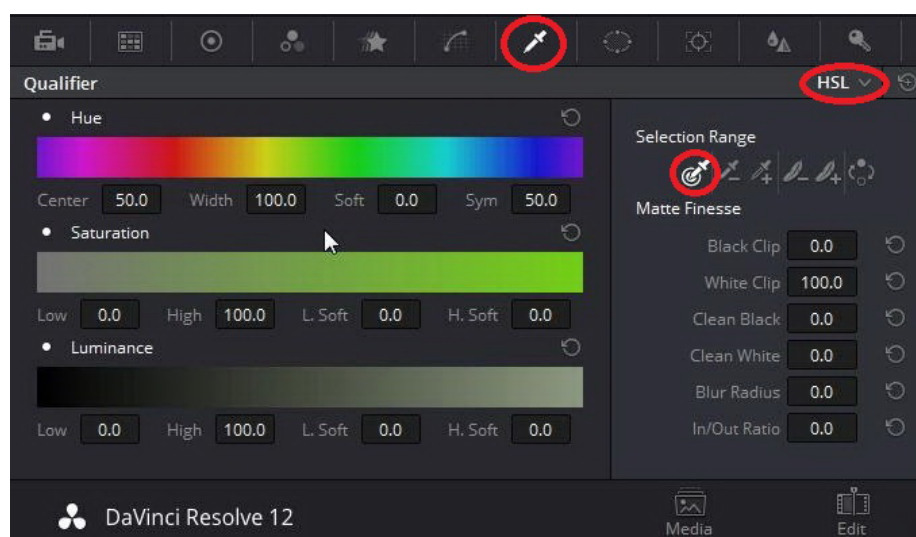
Příloha C: Match Moving v Da Vinci Resolve

3 Praktická část

1. Připravte studio pro následné filmování - zkontrolujte povrchovou rovnost a napnutí klíčovacího pozadí, nasviťte ho s přihlédnutím k principu popsanému v kapitole 2.3 a zkontrolujte rovnoměrnost nasvícení.
2. Natočte krátké dynamické video s použitím dvou trackovacích bodů.
3. Do programu Da Vinci Resolve importujte pomocí (File - Import Media) video a libovolný obrázek, který poslouží jako nové pozadí. *Pozor!* Software se zeptá, jestli je potřeba změnit frame rate importovaných souborů. Povolte mu to.
4. Přepněte do záložky Edit v dolní části okna programu. Přetáhněte video do time line Video 2 a vybraný obrázek do Video 1. Posouváním kraje videa ho můžete oříznout, a tím vybrat vhodnou část videa, kterou budete následně zpracovávat. Stejným způsobem roztáhněte/zkraťte obrázek, aby byl stejně dlouhý jako video.

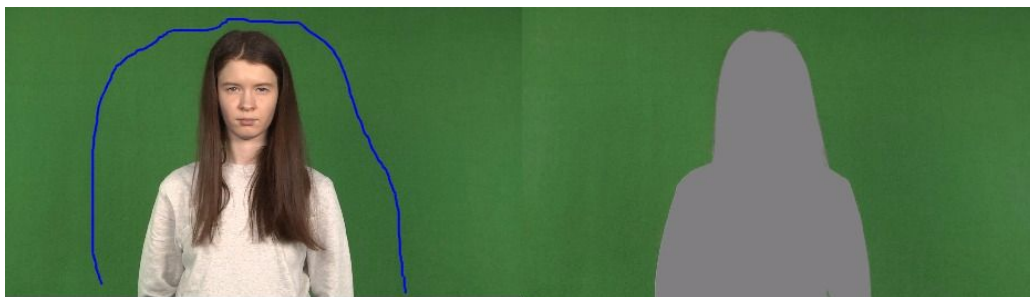
3.1 Klíčování

1. Přepněte do záložky Color v dolní části okna programu. Vyberte v paletě Qualifier, dále typ - 3D a Selection Range (viz obr. 5).



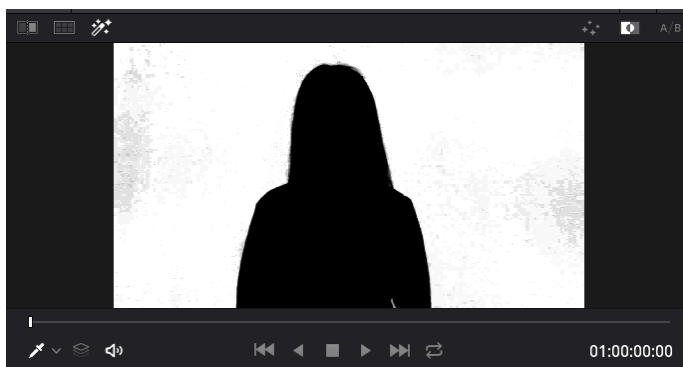
Obrázek 5: část 3.1, bod 1

2. Nakreslete kolem herce oblouk reprezentující barevný rozsah zelené pro následné vyklíčování. Kombinací kláves Shift+H zprůhledníte herce tak, aby zůstalo jenom pozadí, se kterým ještě budete pracovat (viz obr. 6).
3. Občas nestačí nakreslit pouze jednu čáru/oblouk, aby se zachytil celý barevný rozsah zelené na pozadí, obzvláště když pozadí není dobře nasvícené. Když stisknete-li Shift+alt+H, uvidíte černobílou variantu snímku. Vyklíčované oblasti budou bílé a zbytek černý (viz obr. 7). Jsou-li na záběru šedé oblasti, znamená to, že program je nepřřadil ani k jedné z dvou variant, a je potřeba je ještě opravit. Pokud jsou šedé oblasti velké, je potřeba v těchto místech nakreslit doplňkové čáry, které však v tomto, režimu nebudou vidět stejně jako na předchozím obrázku. Jinou možností je doladění pomocí Matte Finesse (viz obr. 5). Změnou hodnot Clean White a White Clip vyrovnáte vyklíčovanou bílou oblast.



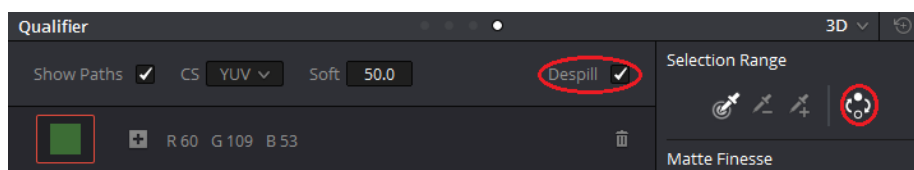
Obrázek 6: část 3.1, bod 2

Tip! Projděte video do konce a zkontrolujte, jestli se ještě někde neobjevily šedé oblasti, a případně je opravte.



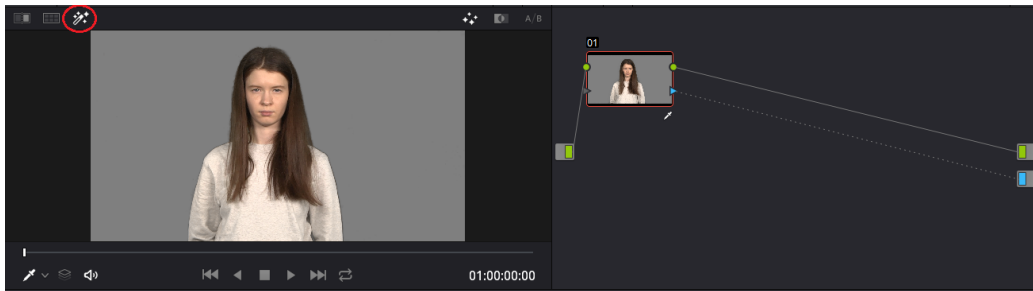
Obrázek 7: část 3.1, bod 3

4. Kombinací kláves Shift+alt+H se vrátíte zpět k původní barevné variantě záběru. Po opětovném stisknutí kláves Shift+H se zobrazí vybraná klíčovací oblast. Pomocí tlačítek, která jsou označena na obrázku 8, zprůhledníte vyklíčované pozadí a odstraníte zelený okraj kolem postavy v popředí.



Obrázek 8: část 3.1, bod 4

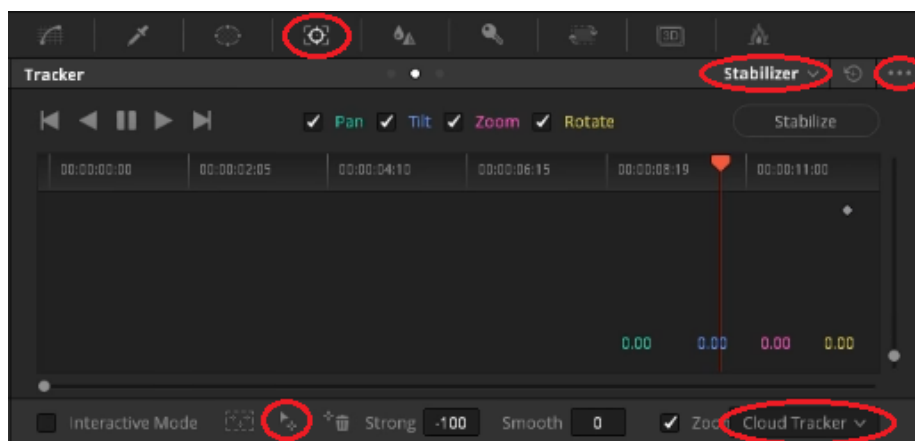
5. Vpravo od videa klikněte pravým tlačítkem myši a vyberte Add alfa output. Spojte ho s okénkem videa, jak je znázorněno na obrázku 9. Tím řeknete programu, aby na zprůhledněnou oblast přidal vybraný obrázek/video, který jste předem připravili v timeline Video 1. Pokud se pozadí neobjevilo, použijte tlačítko označené na obrázku.



Obrázek 9: část 3.1, bod 5

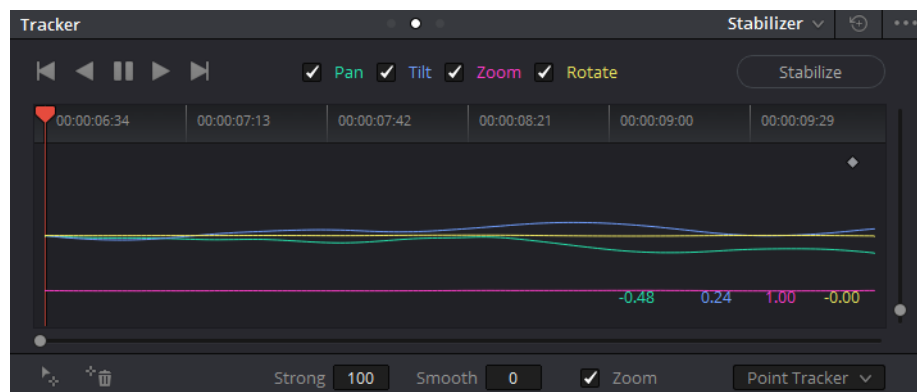
3.2 Match Moving

1. Druhým krokem je vytvořit digitální obraz pohybu kamery a spojit ho s novým pozadím. Přepněte do záložky Color. Vyberte v paletě Tracker, dále typ trackeru - Stabilizer. V menu označeném třemi tečkami vyberte Classic Stabilizer. V dolním pravém rohu okna trackeru změňte Cloud Tracker na Point Tracker. Šipkou označte trackovací body na záběru tak, aby byl křížek uprostřed trackovací značky (viz obr. 10). Důležité je, aby byl trackovací bod viditelný během celého záběru a nepřekrýval s hercem!



Obrázek 10: část 3.2, bod 1

2. Aby jste mohli správně trackovat pohyblivou dráhu vybraných bodů, posuňte červený ukazatel v trackovacím okně na začátek videa a pusťte tracker tlačítkem Track Forwards. Až ukazatel doběhne do konce záběru, uvidíte v trackovacím okně diagram pohybu vybraných bodů (viz obr. 11).
3. Dalším úkolem je zkopírovat tuto pohyblivou dráhu a přenést ji na obrázek. V menu označeném třemi tečkami klikněte Copy track data. Pak v záložce Color nad paletou nástrojů přepněte na okno s obrázkem. Stejně jako v bodě 1, část 3.2, vyberte v paletě Tracker, dále typ trackeru - Stabilizer. V menu označeném třemi tečkami vyberte Classic Stabilizer a poté Paste track data. V trackovacím okně byste měli uvidět stejný diagram, který jste předtím zkopírovali. **Pozor!** Nastavte hodnotu Strong na -100. Tracking dokončíte tím, že kliknete tlačítko Stabilize.
4. V poslední řadě je potřeba odstranit z pozadí trackovací body. Postup je stejný jako u klíčování. Tentokrát ale nemusíte kreslit čáry, stačí označit jeden či dva body v místě trackovací značky.



Obrázek 11: část 3.2, bod 2

5. Hotové video můžete exportovat ve vybraném formátu pomocí záložky Deliver v dolní části okna programu (Add to Render Queue - Start Render).

Reference

- [1] Martin Klekner. Tajemství trikových pláten. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.pixel.cz/recenze/tajemstvi-trikovych-platen-1-dil-t52.html>.
- [2] Viktoriia Lysenko. Bakalařská práce: Metody klíčování a virtuální studio. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2018.
- [3] Martin Mejzlík. Bakalářská práce: Technologie práce s klíčovacím pozadím. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.

Příloha D: Reálné klíčování v ATEM Television Studio

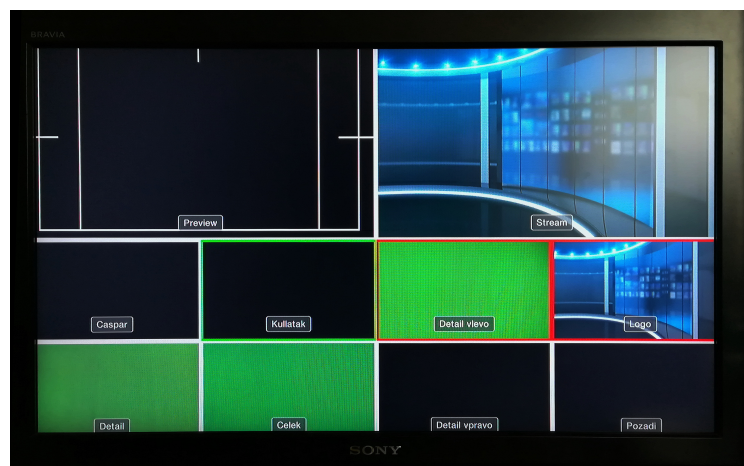
3 Praktická část

1. Připravte studio pro následné filmování - zkontrolujte povrchovou rovnost a napnutí klíčovacího pozadí, nasviťte ho s přihlédnutím k principu popsaném v kapitole 2.4 a zkontrolujte rovnoměrnost nasvícení.
2. Rozmístěte 3 kamery tak, aby jedna byla nasměrovaná rovně a dvě další křížem.



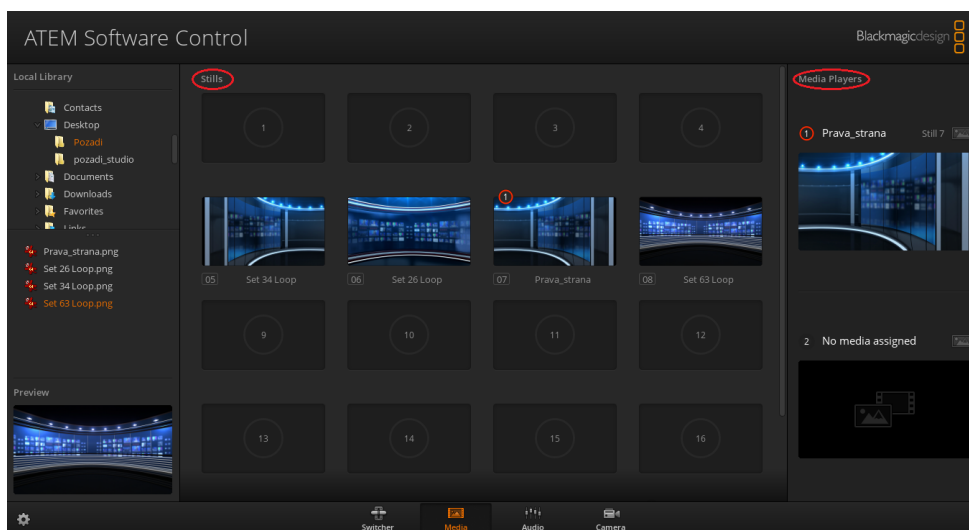
Obrázek 3: Příklad rozmístění světel a kamer

3. Kamery připojte ke vstupům ATEM Television Studio switcheru pomocí SDI kabelů. Výstupy připojte k velké obrazovce a k počítači. Jestli je vše připojeno správně, měli byste vidět na obrazovce výstupy ze všech tří kamer.



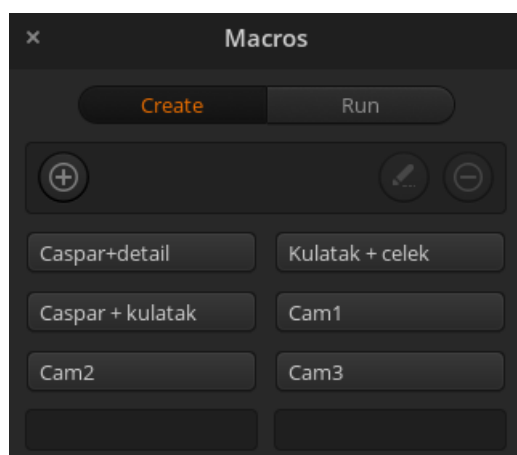
Obrázek 4: Ukázka výstupů z kamer na obrazovce

4. Pokuste se nastavit clonu nebo white balance kamer tak, aby barva pozadí na výstupu vypadala co nejpodobněji.
5. Stáhněte tři obrázky, které by odpovídaly třem úhlům pohledu na studio, a importujte je do programu ATEM Television Studio (např. <http://www.datavideovirtualset.com/>). Do Media Playeru pak přetáhněte obrázek, se kterým chcete momentálně pracovat. Okénko s vybraným obrázkem bude označeno červeným kolečkem.



Obrázek 5: Ukázka výstupů z kamer na obrazovce

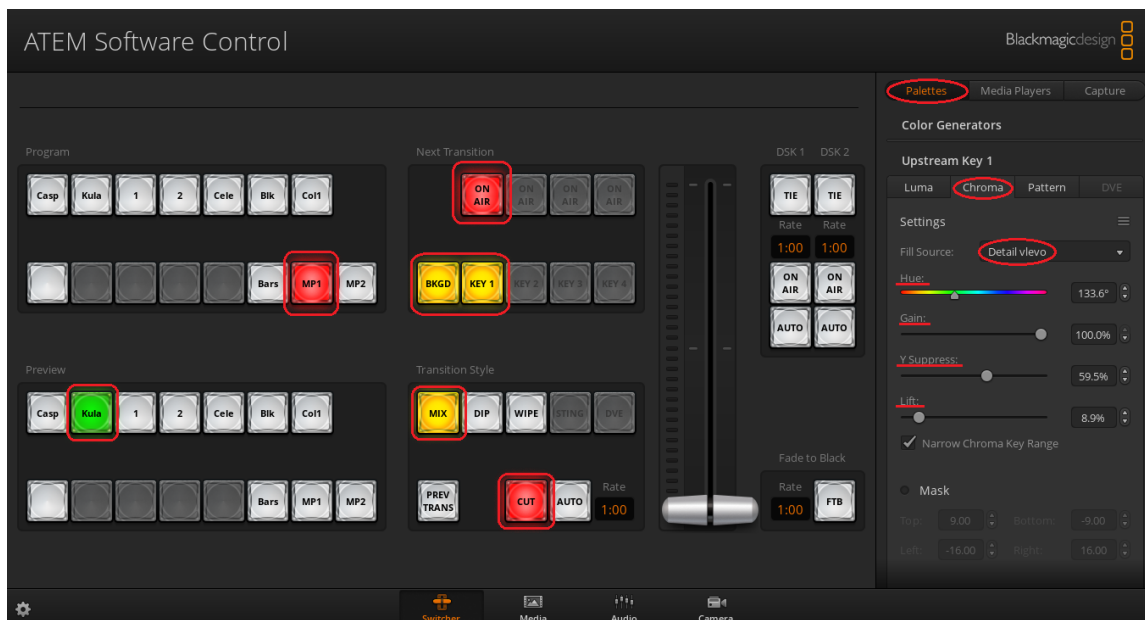
6. Pro jednodušší ovládní velkého množství nastavení je možné předpřipravit určité sety nastavení pro každou kameru zvlášť. V horním menu okna programu vyberte záložku Macros, která vyvolá druhé okno pro vytvoření (Create) a přepínání mezi jednotlivými sety (Run). Když kliknete na tlačítko s plusem, program nahraje všechny provedené změny nastavení a uloží je pod libovolným názvem (např. Cam1, Cam2, Cam3).



Obrázek 6: Okno Macros

7. Při vytváření nového setu je potřeba nejprve vybrat vhodné pozadí pro určitou kameru v

záložce Media (viz bod 5). Dále přepněte do záložky Switcher a klikněte na všechna tlačítka, jak je ukázáno na obrázku níže. V menu vpravo najdete záložku Chroma, ve které se pracuje s klíčovacím pozadím (Palettes - Color Generators - Upstream Key - Chroma)



Obrázek 7: Návod k bodu 8

8. V záložce Chroma vyberte kameru, se kterou pracujete a pro kterou jste v bodě 7 vybrali vhodné pozadí (Fill Source). Dále pomocí změn hodnot Hue, Gain, Y Suppress a Lift upravte výsledný obraz tak, aby vypadal co přirozeněji.
9. Zopakujte body 7 a 8 pro ostatní dvě kamery.
10. Záložka Capture, kterou najdete v menu vpravo vedle Palettes, umožňuje nahrát video. Další možností je stream z realizovaného "virtuálního studia" programem OBS Studio.

Reference

- [1] Blackmagic design atem television studio hd. (Citace: 23. duben 2018.). Dostupné z: <http://syntex.cz/p/atem-television-studio-hd/c/strizne-rezie>.
- [2] Martin Klekner. Tajemství trikových pláten. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.pixel.cz/recenze/tajemstvi-trikovych-platen-1-dil-t52.html>.
- [3] Viktoriia Lysenko. Bakalařská práce: Metody klíčování a virtuální studio. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2018.

Reference

- [1] Matte shot - a tribute to golden era special fx. (Citace: 10. duben 2018.). Dostupné z: <http://nzpetesmatteshot.blogspot.cz/2011/06/artist-at-work-matte-painting-in.html>.
- [2] Sky replacement tutorial. (Citace: 10. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6sWTq9zzc3Q>.
- [3] 36 unbelievable movie scenes before-and-after special effects. (Citace: 15. duben 2018.). Dostupné z: <http://justsomething.co/36-unbelievable-movie-scenes-special-effects-9-jaw-dropped/>.
- [4] Difference matte effect tutorial. (Citace: 15. duben 2018.). Dostupné z: <http://www.motion-graphics-exchange.com/after-effects/Difference-Matte-Effect-Tutorial/474f283e66ac2>.
- [5] Diy chroma key lighting. (Citace: 17. duben 2018.). Dostupné z: <http://www.hotelsrate.org/diy-chroma-key-lighting/>.
- [6] Triková plátna – greenscreen a typy back-dropů. (Citace: 17. duben 2018.). Dostupné z: <http://vizualniefekty.cz/trikova-platna-1-greenscreen/>.
- [7] E ora i poli musicali. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <http://www.docenticonservatorio.org/e-ora-i-poli-musicali/>.
- [8] Stop motion animación. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <http://www.animacionstopmotion.com/2016/05/origen-del-cine-stop-trick-melies.html>.
- [9] Camera tracking orad. (Citace: 2. květen 2018.). Dostupné z: <http://tekcast.com.vn/tin-tuc/cac-giai-phap-cho-camera-tracking-cua-orad/129-597-2033.aspx>.
- [10] Where ideas become reality — avid maestro virtual set. (Citace: 2. květen 2018.). Dostupné z: <http://www.avidblogs.com/where-ideas-become-reality-avid-maestro-virtual-set/>.
- [11] Datavideo clk-100 chroma key kit. (Citace: 23. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.newera.com.cy/shop/chroma-key/datavideo-clk-100-chroma-key-kit/>.
- [12] Triková plátna – práce a cycloramou 2. (Citace: 23. duben 2018.). Dostupné z: <http://vizualniefekty.cz/trikova-platna-4-prace-s-cycloramou-2/>.
- [13] Triková plátna – práce s cycloramou. (Citace: 23. duben 2018.). Dostupné z: <http://vizualniefekty.cz/trikova-platna-3-prace-s-cycloramou/>.
- [14] Tvs-2000a tracking virtual studio system. (Citace: 5. květen 2018.). Dostupné z: <https://www.datavideo.com/product/TVS-2000A>.

- [15] Kondakov Sergej. Andrikanis Ekaterina. Jak se točí film. Votobia 2004.
- [16] Valentin Bazarevsky and Google Research Andrei Tkachenka, Software Engineers. Mobile real-time video segmentation. Google Research Blog, 2018. (Citace: 23. duben 2018.). Dostupné z: <https://research.googleblog.com/2018/03/mobile-real-time-video-segmentation.html>.
- [17] Václav Bystřický. Diplomová práce: Virtuální studio. Západočeská univerzita v Plzni, 2010.
- [18] Martin Hlinovský. Bakalářská práce: Metody klíčování obrazu. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2015.
- [19] Martin Klekner. Tajemství trikových pláten. (Citace: 2. duben 2018.). Dostupné z: <https://www.pixel.cz/recenze/tajemstvi-trikovych-platen-1-dil-t52.html>.
- [20] Antonín LEVINSKÝ, Otto.-STRÁNSKÝ. Film a filmová technika. 1974.
- [21] Martin Mejzlík. Bakalářská práce: Technologie práce s klíčovacím pozadím. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [22] Dan Millar. Tajemství filmových triků. 1990.
- [23] Milan Ondruch. Diplomová práce. klíčování: historie a techniky. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [24] Christopher Schultz. Digital keying methods: An independent study. Bremen, 2006. Dostupné z: http://www.tzi.de/tzikeyer/keying_report.pdf.
- [25] M. Teisler, M. a Bernas. A determination accuracy of camera position in a virtual set. Conference Proceedings of Radioelektronika 2004. 2004, 1., stránky 159-161.
- [26] Tomáš Vachuda. Úvod do matte paintingu. 2014.