

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

ČASOSBĚRNÉ VIDEO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

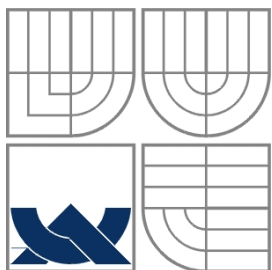
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

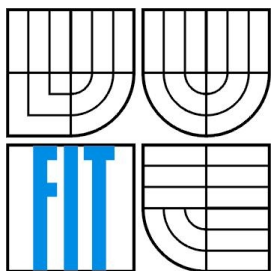
AUTHOR

MARTIN MACHÁČEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

ČASOSBĚRNÉ VIDEO

LONGTIME VIDEO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN MACHÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARKÉTA DUBSKÁ

Abstrakt

Tato práce pojednává o postupech používaných při tvorbě časosběrného videa ze sady fotografií a nástrojích, které ji usnadňují. Navrhuje a hodnotí různé přístupy použitelné při vyřazování odlišných snímků ze sekvence, aplikaci digitálních obrazových filtrů a další využitelné funkce. Praktickou částí práce je aplikace, která tyto metody a funkce implementuje.

Abstract

This thesis describes methods used for making time-lapse video from a set of photographs and tools, which make it easier. It suggests and evaluates different approaches useful for elimination of frames, which differ from the rest of the set, application of digital image filters and other useful features. Practical part of this work is a computer program implementing these methods and features

Klíčová slova

časosběrné video, počítačové vidění, OpenCV, SURF, histogram, detekce hran, Qt, grafické uživatelské rozhraní, snímková frekvence, konvoluce

Keywords

timelapse video, computer vision, OpenCV, SURF, histogram, edge detection, Qt, graphical user interface, framerate, convolution

Citace

Martin Macháček: Časosběrné video, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011

Časosběrné video

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Markéty Dubské. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Martin Macháček
17.5.2011

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Markétě Dubské za vedení, odbornou pomoc při tvorbě praktické a teoretické části této práce a poskytnutí testovacích dat.

© Martin Macháček, 2011

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	2
2 Teorie.....	3
2.1 Co je časosběrné video.....	3
2.2 Používané aplikace.....	4
3 Použité technologie.....	6
3.1 Základní barevné filtry.....	6
3.2 Konvoluční filtry.....	6
3.3 Automatické vyvážení bílé.....	7
3.4 Roztažení kontrastu.....	8
3.5 Interpolace snímků.....	9
3.6 Filtrování podle EXIF data.....	9
3.7 Detekce hran.....	10
3.8 Barevný histogram.....	10
3.9 Metoda SURF.....	11
4 Popis aplikace.....	13
4.1 Hlavní okno a hlavní menu.....	13
4.2 Přehrávač.....	15
4.3 Filmový pás.....	16
4.4 Informační oblast a nastavení přehrávače.....	16
4.5 Další dialogová a informační okna.....	16
4.6 Správa fotografií.....	18
4.7 Export videa.....	19
5 Dosažené výsledky.....	20
5.1 Filtry.....	20
5.2 Interpolace snímků.....	22
5.3 Vyřazování odlišných snímků.....	23
6 Závěr.....	26
6.1 Možná rozšíření.....	26
Literatura.....	27
Seznam příloh.....	28

1 Úvod

Všechny přírodní děje i lidské činnosti probíhají různou rychlostí. Některé lze jen sotva postřehnout, některé můžeme pohodlně pozorovat, a jiné zase mohou být tak pomalé, že se může zdát, že neprobíhají vůbec. Je to dáno naším vnímáním času, které je přizpůsobeno prostředí, ve kterém žijeme. Avšak díky technikám kinematografie jsme schopni vytvořit iluzi zrychlení nebo zpomalení času a tyto děje pozorovat tak, jak jsme zvyklí. Použití počítačové techniky tuto práci velmi usnadňuje a otevírá další možnosti.

Tato práce se zabývá tvorbou časosběrného videa, které nám umožňuje pozorovat pomalé, až zdánlivě statické činnosti, díky iluzi zrychlení času. Opakem časosběrného videa je vysokorychlostní video, oproti kterému má časosběrné několik výhod v oblasti technické realizace. Pracuje totiž s menším objemem informací za jednotku času, což v počítačové technice znamená menší nároky na datový tok. To umožňuje pořizovat snímky ve větším rozlišení. Pro pořízení snímků stačí běžné digitální fotoaparáty, dostupné téměř pro každého, na rozdíl od výrazně nákladnějších vysokorychlostních kamer. Mimo jiné také dovoluje použít delší čas expozice, a není proto tolik náročné na osvětlení scény nebo citlivost snímáče.

Úvodní kapitola mé práce popisuje teorii časosběrného videa a nástroje používané k jeho tvorbě. Další kapitola se věnuje použitým algoritmům a metodám. Kapitola 4 popisuje samotnou aplikaci a její uživatelské rozhraní. V kapitole 5 jsou popsány a zhodnoceny výsledky práce. Závěrečná kapitola práci shrnuje a představuje možná rozšíření.

2 Teorie

Záznam obrazu pohybu je od počátku kinematografie řešen pomocí záznamu statických snímků a jejich promítáním takovou rychlostí, že lidský mozek vnímá plynulý pohyb. Tato iluze vzniká při rychlosti přibližně 10 snímků za sekundu (tzv. *framerate*), ale až do přibližně 16fps¹ působí obraz trhaně nebo je patrné „blikání“. V dnešní době je za standard považován framerate 24 – 30fps [1].

Vztah mezi framerate při pořizování záznamu f_z a při jeho promítání f_p určuje, zda se pohyb bude jevit jako zrychlený, normální nebo zpomalený:

$$k = \frac{f_p}{f_z}$$

$k < 1$	zpomalení
$k = 1$	normální rychlost
$k > 1$	zrychlení

Tabulka 2.1: Vliv framerate na rychlost videa

2.1 Co je časosběrné video

Časosběrné video vzniká použitím dlouhých intervalů mezi snímáním a jejich promítáním při standardní snímkové frekvenci, takže platí $k > 1$ a video se jeví zrychlené. Například při snímání rychlostí 1 snímek za minutu a promítání při 30fps se dosáhne zrychlení 1800x.

Intervaly mezi snímky se volí podle charakteru scény. Mohou být konstantní nebo se mohou v čase postupně měnit, čímž lze dosáhnout dalších zajímavých efektů. Z důvodu časové náročnosti a dodržení přesné délky intervalů jsou snímky pořizovány často automaticky pomocí počítače nebo automatické dálkové spouště fotoaparátu. Snímací zařízení bývá zafixováno v neměnné poloze např. na stativu, aby výsledný obraz nebyl roztřesený. V některých případech se používají otočné nebo posuvné základny s nastavitelnou rychlostí pro zajištění plynulého pohybu kamery. Samozřejmě lze využít i další možnosti, jako je změna ohniskové vzdálenosti, ale všechny tyto činnosti je nutné provádět patřičně zpomalené a synchronizované se snímáním.

Podle délky expozice snímků lze časosběrné video rozdělit do dvou kategorií:

- Standardní expozice – používá se stejné nastavení jako v klasickém videu, přibližně 1/50s nebo kratší.
- Dlouhá expozice – závěrka může být otevřená i několik sekund podle délky intervalu, na snímcích se projevuje určité rozmazání vlivem pohybu. Výsledné video je hladší v porovnání s použitím standardní expozice, nalézá uplatnění především za snížených světelných podmínek. Při použití na denním světle je nutné expozici kompenzovat např. nižší citlivostí snímače.

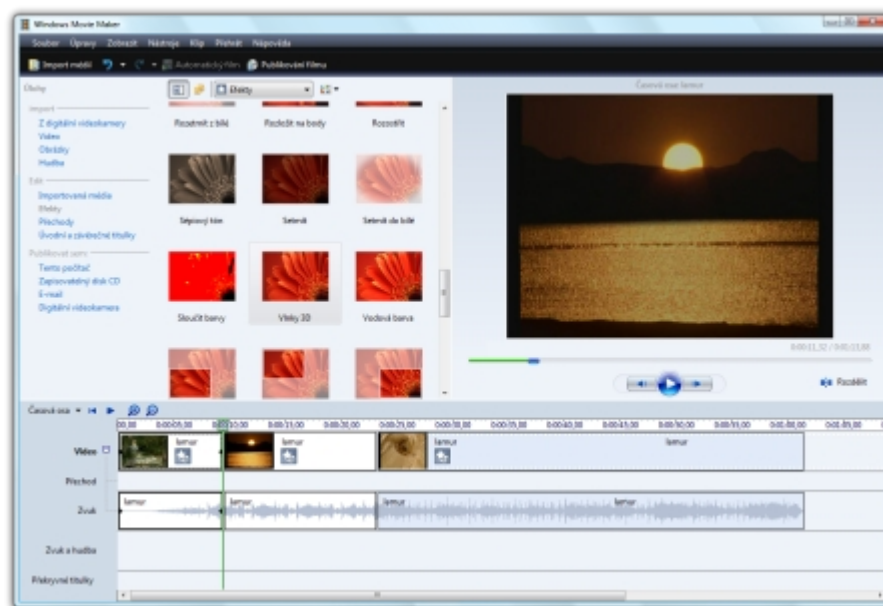
1 frames per second – snímky za sekundu

Časosběrné video je příbuzné s technikou animace zvanou *Stop motion* [2], při které ovšem nejsou použity konstantní intervaly, ale snímek se zachytí až po úpravě scény.

2.2 Používané aplikace

Tvorbu časosběrného videa umožňuje řada aplikací. Většinou jde o nástroje pro střih videa a nejedná se tedy o jejich primární funkci, ale spíše o využití možnosti vkládat statické obrázky do editovaného videa. Délka zobrazení obrázku se nastaví na dostatečně krátký časový úsek, aby se dosáhlo požadované snímkové frekvence.

Typickým zástupcem této skupiny je *Microsoft Windows Movie Maker*². Jeho uživatelské rozhraní ukazuje obrázek 2.1. Jeho obliba je dána především tím, že je součástí operačního systému Microsoft Windows (verze ME, XP a Vista), takže velká část uživatelů jej má k dispozici bez nutnosti cokoli instalovat a představuje tedy jeden z nejsnazších způsobů vytváření časosběrného videa pro amatéry. Podstatnou nevýhodou je ale fakt, že nejkratší doba, po kterou lze obrázek zobrazit, je 0,125s, což omezuje nejvyšší framerate na 8fps. Program ale disponuje řadou dalších funkcí, jako je vkládání zvukové stopy, titulků, různých přechodů a samotný střih videa.



Obrázek 2.1: Windows Movie Maker

Aplikace určené primárně k tvorbě časosběrného videa nabízí specializované nástroje, které uživatele provedou celým procesem od pořízení snímků až po jejich export do video souboru. Dokáží spolupracovat s webkamerami a snímat scénu v nastavených intervalech. Je také možné nastavovat framerate ve větším, případně libovolném rozsahu. Do této skupiny patří například dvojice aplikací *ImageSalsa* a *MovieSalsa*³. *ImageSalsa* slouží k získání fotografií z webkamery, umožňuje detekci

2 windows.microsoft.com/cs-CZ/windows-vista/Getting-started-with-Windows-Movie-Maker

3 www.imagesalsa.com

pohybu nebo například automatické úpravy získaných snímků. *MovieSalsa* slouží k sestavení a exportu výsledného videa.

Existují však i všestranné nástroje, které nabízejí dostatek funkcí pro tvorbu časosběrného videa a zároveň možnosti střihu, vkládání zvuku a použití nejrůznějších efektů. Takovým nástrojem je například open-source aplikace pro platformu Windows *VirtualDub*⁴. Aplikace má široké možnosti nastavení a jednoduchou obsluhu.

4 www.virtualdub.org

3 Použité technologie

Při tvorbě časosběrného videa nalézá uplatnění mnoho technologií a algoritmů z nejrůznějších oblastí informatiky, matematiky a dalších oborů. Tato kapitola se snaží přiblížit ty, které byly použity při návrhu a implementaci aplikace, která je výsledkem této práce.

3.1 Základní barevné filtry

Jedním ze základních filtrů je převod do stupňů šedi, který vytváří efekt „černobílého“ filmu. Barvy fotografie mají po jeho aplikování nulovou sytost, v barevném modelu RGB [3], který je v této práci používán, to znamená, že všechny tři složky mají stejnou hodnotu. Protože lidské oko není stejně citlivé na různé vlnové délky světla, je vhodné tuto vlastnost aproximovat sečtením barevných složek pixelu v určitém poměru, například podle následujícího vzorce [3].

$$I = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

Pomocí dalšího základního filtru lze invertovat barvy snímku. Hodnota každé barevné složky se odečte od maximální možné hodnoty, případně je možné použít bitovou inverzi. Tento filtr nalézá uplatnění při převodu snímků z naskenovaného negativního filmu v případě použití analogového fotoaparátu.

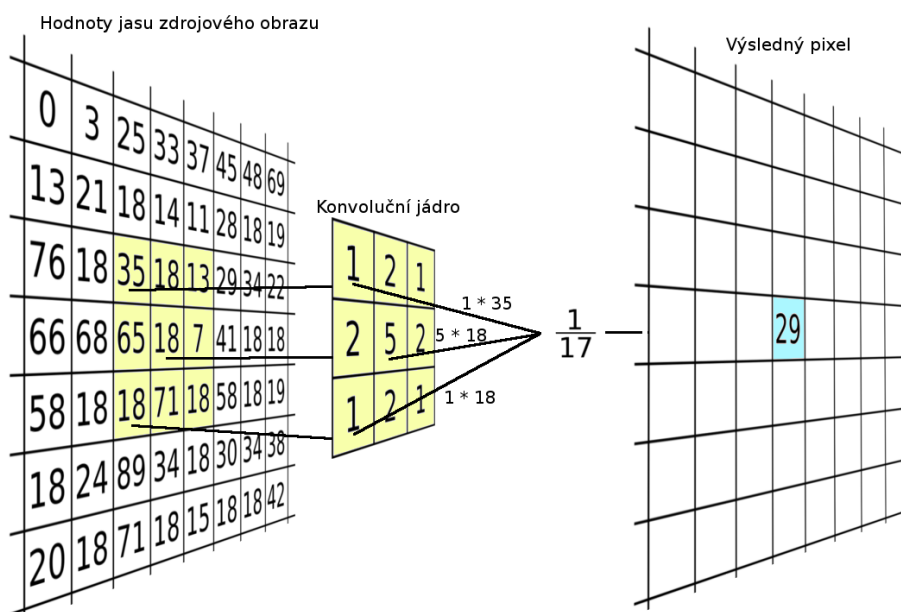
3.2 Konvoluční filtry

Ostřicí a rozostřující (vyhlazující) filtry využívají diskrétní 2D konvoluci [4], což je maticová operace, při které se aplikuje konvoluční jádro na každý pixel zpracovávaného snímku, a výsledkem je pixel s novou hodnotou. Konvoluční jádro je matice menší velikosti, než zpracovávaný snímek, například 3x3 nebo 5x5, ale může být libovolná. Jádro se konvoluje se zdrojovým snímkem a výsledkem je suma součinů prvků matice jádra a hodnot pod nimi ležících pixelů. Pokud je výsledek mimo rozsah povolených hodnot, obvykle se zaokrouhluje na minimální nebo maximální hodnotu. Operace se aplikuje pro každou barevnou složku postupně na všechny pixely zpracovávaného obrazu. Princip konvoluce ukazuje obrázek 3.1. Rovnice popisující dvourozměrnou diskrétní konvoluci má následující tvar, kde x je vstupní matice, y výstupní, h je konvoluční jádro a m a n jsou souřadnice prvku matice:

$$y(m, n) = x(m, n) * h(m, n) = \sum_{j_1=0}^m \sum_{j_2=0}^n x(j_1, j_2) h(n-j_1, m-j_2)$$

Při zpracovávání pixelů na okraji obrazu nastává problém, protože na jedné straně zpracovávaného pixelu chybí jeho okolí. Pro řešení tohoto problému se používají různé přístupy. Pomyslné okolí je možné nahradit pixely s určitou hodnotou, většinou minimem, maximem nebo střední hodnotou, nebo se použijí hodnoty z krajní řady nebo sloupce pixelů. V každém případě dojde

k určitému zkreslení okrajů obrazu oproti pixelům, které mají okolí úplné. Možným řešením je také ořezání okrajů, které ale nemusí být vždy žádoucí.



Obrázek 3.1: Princip 2D diskrétní konvoluce

Podle charakteru jádra je konvoluci možné použít k různým účelům. Kromě ostření a vyhlazování nalézá uplatnění například i při detekci hran, kterou se zabývá kapitola 3.7. Jednotlivé filtry se liší pouze jiným použitým jádrem. V této aplikaci bylo pro zостření obrazu použito jádro k_1 , pro rozostření k_2 :

$$k_1 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad k_2 = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

3.3 Automatické vyvážení bílé

V závislosti na osvětlení scény a expozici snímku mohou mít bílé objekty v obraze různou barvu. Lidské oči a mozek mají schopnost se osvětlení přizpůsobit, takže objekt vnímáme jako bílý, přestože objektivně má odstín některé barvy. Tato barevná změna se projevuje na všech předmětech, na bílém povrchu je ale nejpatrnější. Špatné nastavení se nejčastěji projevuje žlutým nádechem při osvětlení žárovkou nebo namodralým pod světlem zářivek a může výrazně snižovat kvalitu fotografie.

Moderní digitální fotoaparáty využívají různé způsoby, díky kterým jsou schopny tento jev do určité míry eliminovat, ať už automaticky pomocí některého z algoritmů či jejich kombinací nebo výběrem z několika předvoleb. Některé fotoaparáty dokonce umožňují kalibraci vyfotografováním bílého předmětu, například listu papíru, nebo kalibračního obrazu [5].

Pokud se zvolí nevhodné nastavení při pořízení snímku, je možné fotografii dodatečně upravit pomocí některého z existujících algoritmů.



Obrázek 3.2: Různá nastavení vyvážení bílé

Jedním z nich je algoritmus *Gray world* [6]. Ten je založen na předpokladu, že v dostatečně pestré scéně jsou ve stejné míře zastoupeny odstíny všech barev, a vypočtením průměrné barvy ze všech pixelů bychom měli získat šedou.

Algoritmus nejprve spočítá průměrnou hodnotu ze všech pixelů pro každou barevnou složku modelu RGB. Poté se určí posun každé složky od střední hodnoty a provede se korekce tak, aby výsledek odpovídal uvedenému předpokladu.

Dalším často používaným algoritmem pro automatické vyvážení bílé je algoritmus *Perfect reflection method* [7]. Ten předpokládá, že nejjasnější bod nebo oblast obrazu je odrazem zdroje světla, které ozařuje fotografovanou scénu. Jeho odstín je tak možné určit a provést odpovídající korekci.

V této aplikaci je použit algoritmus *Gray world*, protože algoritmus *Perfect reflection method* je náchylnější k chybě kvůli možnosti existence světlého bodu v obraze, který však není zdrojem světla scény [7].

3.4 Roztažení kontrastu

Pomocí tohoto filtru lze výrazně zlepšit kvalitu snímků, kterým chybí kontrast, což se projevuje nevýraznými barvami a snímky jsou jakoby zastřené. V barevném modelu RGB to znamená, že u každé složky je využit jen malý rozsah hodnot. Filtr proto přepočítává hodnotu každé barevné složky každého pixelu tak, aby v celém snímku využívaly celý rozsah hodnot. Nejprve se nalezne nejnižší a nejvyšší vyskytující se hodnota pro každou složku a poté se hodnoty složek všech pixelů přepočítají pomocí vzorce

$$I_{\text{out}} = (I_{\text{in}} - c) \frac{b - a}{d - c} + a$$

kde $\langle a, b \rangle$ je výstupní a $\langle c, d \rangle$ vstupní rozsah hodnot. Tato operace se nazývá *normalizace*.

Algoritmus je ale náchylný k chybě, kterou může způsobit náhodný velmi světlý či tmavý pixel v jinak nekонтрастním obraze. Zjištěné maximum nebo minimum potom neodpovídá celému snímku a aplikace filtru přinese jen malý nebo žádný efekt.

3.5 Interpolace snímků

Použití delších intervalů při pořizování snímků má za následek buď kratší výsledné video, nebo je pro jeho prodloužení nutné nastavit nižší framerate, což ale způsobuje trhání obrazu, které působí velmi rušivě. Tento nežádoucí jev je možné do určité míry omezit dopočítáním mezisnímků lineární interpolací [8] hodnot jasu jednotlivých pixelů a vložením takto vytvořených snímků mezi původní snímky sekvence. Výsledné video je tak možné prodloužit bez výrazné ztráty kvality při použití stejného množství vstupních dat.

Mezisnímky interpolují sousedící dvojice původních snímků. Prostřední snímek na obrázku 3.3 je výsledkem interpolace krajních snímků.



Obrázek 3.3: Interpolace snímků

3.6 Filtrování podle EXIF data

EXIF je formát metadat, která obsahují doplňkové informace vkládané záznamovým zařízením (digitálním fotoaparátem) do souboru fotografie v okamžiku její digitalizace a uložení [9]. Obsahují informace o výrobci fotoaparátu, údaje o expozici a citlivosti snímáče v okamžiku zachycení snímku, čas, datum a mnoho dalších více či méně užitečných dat. Fotoaparáty vybavené GPS přijímačem a elektronickým kompasem dokonce zaznamenávají polohu fotoaparátu a směr, kam mířil objektiv.

Pro potřeby časosběrného videa je možné využít čas a datum vzniku fotografie a vybrat tak snímky pořízené například jen v určitou denní dobu. Také je možné zpětně přesně určit intervaly mezi snímky a skutečnou délku snímání.

Formát EXIF metadat je poměrně složitý, a proto je výhodné využít některou z existujících knihoven jako je *Exiv2*⁵ nebo *libexif*⁶, která je využita v této aplikaci. Umožňuje snadný přístup k jednotlivým položkám pro jejich čtení a editaci.

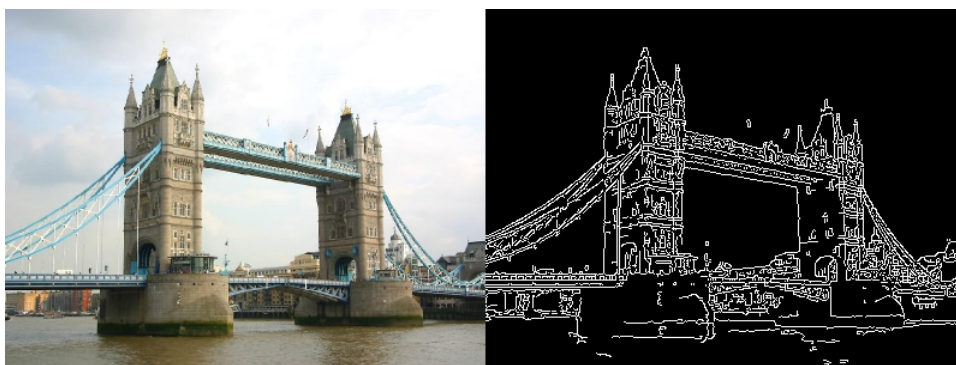
5 www.exiv2.org

6 libexif.sourceforge.net

3.7 Detekce hran

Detekce hran v obraze slouží k odhalení výrazných linií a hranic objektů. Je jednou z důležitých technik používaných v oblasti počítačového vidění, protože dokáže oddělit význačné prvky obrazu od méně důležitých.

V tomto případě je použit Cannyho hranový detektor [10] implementovaný knihovnou OpenCV. Ten nejprve sníží šum v obraze převedeném do stupňů šedi Gaussovým vyhlazovacím filtrem pomocí konvoluce, aby se předešlo detekci falešných hran způsobených šumem. Poté se v obraze vyhledají pomocí Sobelova operátoru, což je v podstatě konvoluční filtr, gradienty intenzity ve čtyřech směrech, a to ve vodorovném, svislém a obou diagonálních. Lokální maxima gradientů se vyhledají jako body, jejichž okolí ve směru kolmém ke směru gradientu má hodnotu gradientu nižší. Následuje prahování s hysterezí, kdy jako body hrany jsou označeny jen body s vyšší hodnotou gradientu, než je vyšší práh. Jejich sousedící body mohou být označeny za hranu, i když jsou nižší než vyšší práh, ale musí přesahovat práh nižší. Cannyho hranový detektor dosahuje velmi dobrých výsledků, protože je dostatečně citlivý a zároveň odolný vůči detekci falešných hran a jejich poloha je určena velmi přesně.

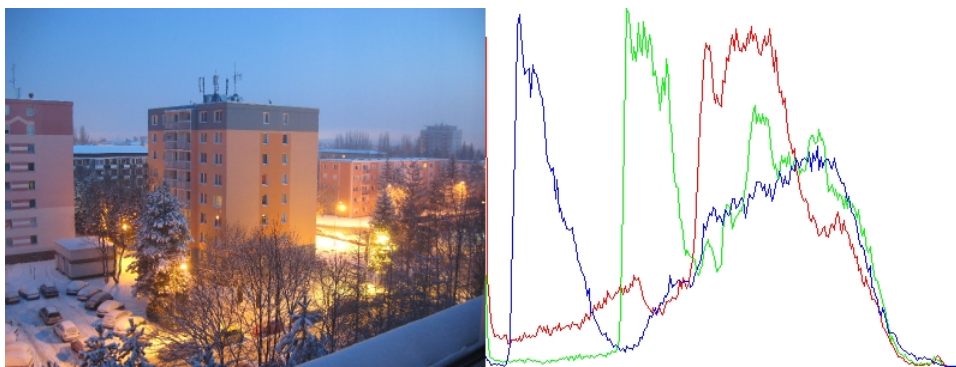


Obrázek 3.4: Detekce hran

V této aplikaci je detekce hran použita jako jedna z metod popisu snímku pro účely detekce a označení odlišných fotografií. Ze snímku se vytvoří obraz detekovaných hran znázorněný na obrázku 3.4 a poté se spočítá poměr počtu pixelů hran a celkového počtu pixelů obrazu. Tento poměr poté slouží k porovnávání snímků.

3.8 Barevný histogram

Histogram popisuje četnost výskytu různých hodnot zkoumané veličiny. Při zpracování obrazu v barevném modelu RGB nejčastěji vyjadřuje počty pixelů s určitou intenzitou pro všechny tři barevné složky. Je možné jej graficky zobrazit, jak ukazuje obrázek 3.5.



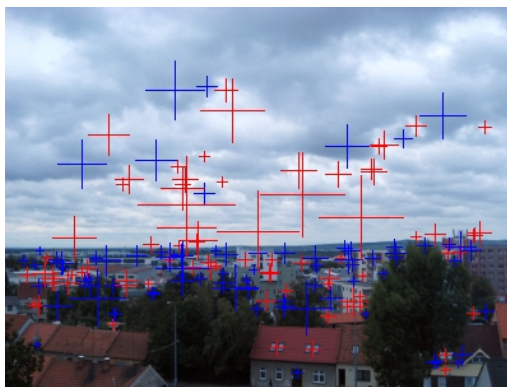
Obrázek 3.5: Histogram

Aplikace využívá histogram jako jednu ze tří metod k popisu snímků pro nalezení výrazně se odlišujících fotografií. Každé fotografii je přiřazeno charakteristické číslo vypočtené jako součet počtu pixelů s nejčtenější hodnotou pro každou barevnou složku modelu RGB.

3.9 Metoda SURF

Poslední metodou použitou k detekci odlišných snímků je vyhledávání klíčových bodů v obraze. K tomuto účelu je využíván algoritmus *SURF* (*Speeded up robust features*) [11], který nalézá široké uplatnění v oblasti počítačového vidění, např. při rozeznávání objektů v obraze nebo 3D rekonstrukci. Existuje mnoho jeho implementací, a to i v knihovně OpenCV použité v této práci.

Obraz popisuje pomocí deskriptorů, které jsou invariantní vůči rotaci a vzdálenosti kamery od popisovaného objektu. Vychází z algoritmu *SIFT* (*Scale invariant feature transform*) [12], oproti kterému je ale robustnější, přesnější a několikanásobně rychlejší díky celočíselné aproximaci gaussovských konvolučních jader a použití integrálního obrazu. Integrální obraz je digitální reprezentace obrazu, kde každý pixel představuje součet hodnot pixelů, které od něj leží doleva a nahoru. Na rozdíl od některých jiných metod také nesnižuje v iteracích velikost vstupního obrazu, ale zvětšuje samotné filtry. Díky těmto technikám je možné výrazně snížit výpočetní náročnost algoritmu.

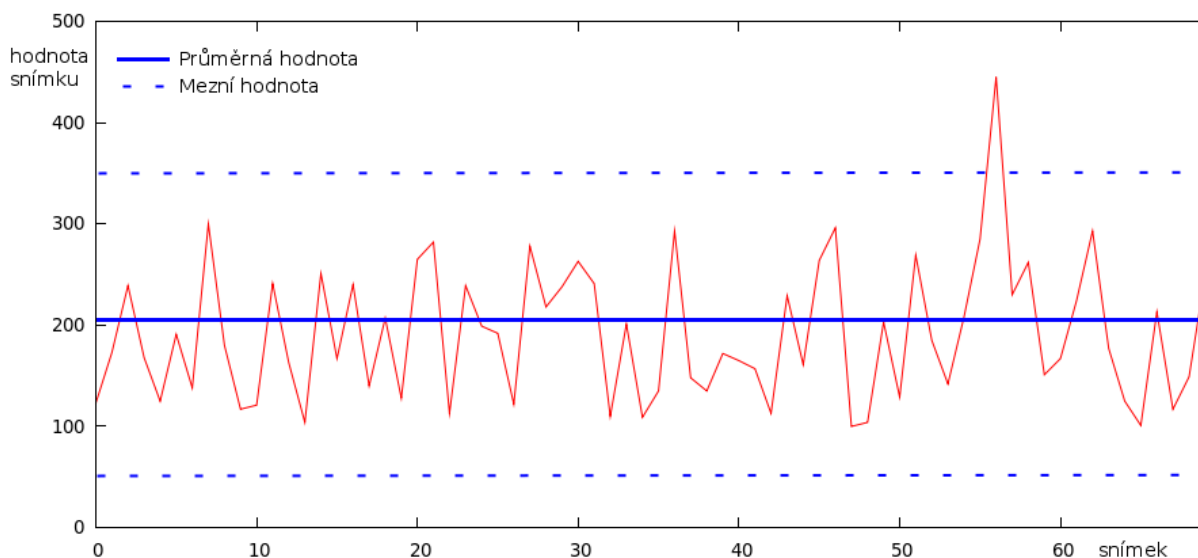


Obrázek 3.6: Klíčové body detekované algoritmem SURF

Algoritmus nejprve detekuje klíčové body, jako jsou rohy, T-spoje a bloby (místa která jsou světlejší nebo tmavší než jejich okolí) v obraze převedeném do stupňů šedi. Tyto body poté popisuje pomocí deskriptorů, které je možné porovnávat a párovat. Z informací o shodách lze určit vztah mezi porovnávanými obrazy.

Pro účely této aplikace jsou využity pouze samotné detekované klíčové body, které se párují s nejbližšími sousedy na porovnávaném snímku. Při párování se rozlišuje, zda bod označuje světlejší oblast na tmavším pozadí nebo naopak. Tento rozdíl je na obrázku 3.6 znázorněn červenou a modrou barvou. Součet jejich vzdáleností se následně vydělí aritmetickým průměrem počtu klíčových bodů obou snímků.

Vyřazování snímků probíhá podle stejného algoritmu u všech tří zmíněných metod, rozdíl je jen ve způsobu získání dat popisujících snímky. Nejprve se vypočítá průměrná hodnota z celé množiny snímků a poté se určuje Euklidovská vzdálenost jednotlivých hodnot od tohoto průměru. Snímky, u nichž vzdálenost přesáhne určitou mez, jsou označeny jako rozdílné od zbytku sekvence. Mez představuje vzdálenost od průměrné hodnoty a nastavuje se jako procento vzdálenosti průměrné a nejvyšší nebo nejmenší nalezené hodnoty. Princip je znázorněn v grafu 3.1.



Graf 3.1: Vyřazování odlišných snímků

4 Popis aplikace

Praktickým výsledkem této práce je aplikace s grafickým uživatelským rozhraním, která implementuje základní funkce pro tvorbu časosběrného videa, jako je načítání fotografií, jejich správa, zobrazení, přehrávání a export videa. Dále umožňuje upravovat fotografie pomocí digitálních obrazových filtrů a automatický výběr odlišných fotografií pomocí technik počítačového vidění.

Aplikace je vyvíjena v programovacím jazyce C++ v prostředí operačního systému Linux. Při vývoji aplikací s grafickým uživatelským rozhraním je velmi výhodné využít některou z existujících sad nástrojů (tzv toolkitů). Poskytují nepřeberné množství ovládacích prvků uživatelského rozhraní a užitečných funkcí s přehledným aplikačním rozhraním. Programátor se tak může více soustředit na vlastní aplikaci a toolkity jsou navíc často multiplatformní. Mezi nejznámější patří například GTK+, wxWidgets nebo Qt [13], které je využito i v mé práci.

Uživatelské rozhraní této aplikace využívá prostředky toolkitu Qt verze 4.6, který obsahuje širokou škálu grafických ovládacích prvků a poskytuje prostředky pro jejich propojení a vzájemnou komunikaci. Ta probíhá pomocí systému slotů a signálů. Když prvek uživatelského rozhraní, nebo jakýkoli jiný objekt, například časovač, zaznamená událost, vyšle signál, který lze propojit se slotem odpovídajícího typu jiného objektu. Ten poté může vykonat požadovanou akci.

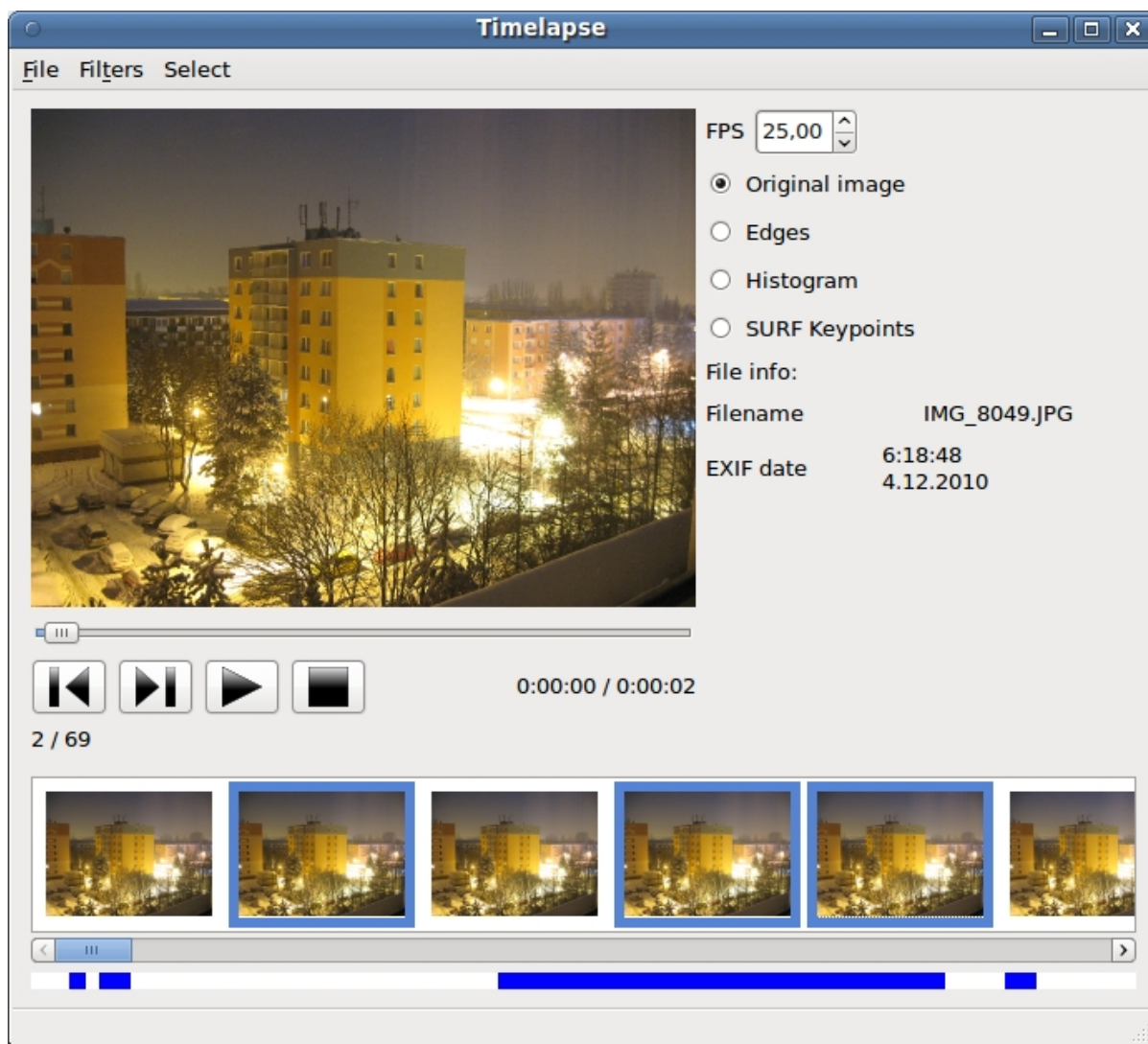
Rozhraní je navrženo tak, aby bylo jednoduché, přehledné a práce s ním byla rychlá a intuitivní. Většina funkcí je přístupná pomocí klávesových zkratk, což dále usnadňuje práci.

Při tvorbě aplikace jsem využil integrované vývojové prostředí *Qt Creator*, které velmi usnadňuje práci díky jednoduché správě projektu a editoru zdrojových kódů se zvýrazňováním syntaxe a množstvím dalších užitečných funkcí. Důležitou součástí vývojového prostředí je také editor pro snadnou tvorbu grafického uživatelského rozhraní.

Pro účely zpracování obrazu a algoritmy počítačového vidění byla zvolena knihovna OpenCV [14], která nabízí nástroje a struktury pro práci s obrazovými daty a jejich transformace v reálném čase. Jednou z klíčových vlastností pro tuto práci je také možnost vytváření a ukládání videa ze zpracovávaných dat.

4.1 Hlavní okno a hlavní menu

Po spuštění aplikace se zobrazí hlavní okno, znázorněné na obrázku 4.1, které je rozcestníkem pro všechny nabízené funkce. Při horním okraji se nachází hlavní menu, popsané dále v této kapitole. Plocha okna je rozdělena na tři pomyslné oblasti. V levé horní části se nachází přehrávač s ovládacími prvky, o kterém pojednává kapitola 4.2. Plocha po jeho pravé straně, podrobně popsaná v kapitole 4.4, slouží k zobrazování informací o aktuálním snímku a nabízí další možnosti nastavení. Spodní část okna je vyhrazena pro filmový pás, popsáný v kapitole 4.3, který zobrazuje načtené fotografie a slouží k jejich procházení a označování.



Obrázek 4.1: Hlavní okno aplikace

Velikost okna je možné měnit a díky použití tzv. *layoutů*, které umožňují relativní pozicování obsahu, zůstávají prvky na svých pozicích, nebo mění svou velikost tak, aby bylo rozhraní stále použitelné.

Většinu funkcí lze najít v hlavním menu, které na nejvyšší úrovni obsahuje 3 položky. Jsou to „File“, „Filters“ a „Select“. Položka „File“ obsahuje následující funkce:

- „Open images“ - načtení fotografií (Ctrl+O)
- „Load project“ - načtení fotografií ze seznamu souborů (Ctrl+L)
- „Save project“ - uložení seznamu otevřených fotografií do souboru (Ctrl+S)
- „Export video“ - vytvoření videosouboru z fotografií (Ctrl+E)
- „Exit“ - ukončení aplikace (Ctrl+Q)

Pod položkou „Filters“ se nachází nabídka několika filtrů, které je možné aplikovat na označené načtené fotografie. Jedná se o filtry pro úpravu barev, konvoluční filtry a možnost zvýšit framerate prokládáním dopočítanými snímky. Konkrétně jsou to tyto položky:

- „Grayscale“ - převede fotografie do stupňů šedi
- „Invert colors“ - invertuje barvy
- „Sharpen“ - zvýší ostrost pomocí konvolučního filtru (viz kapitola 3.2)
- „Blur“ - rozostří fotografie pomocí konvolučního filtru (viz kapitola 3.2)
- „Auto White balance“ - automatická korekce vyvážení bílé (viz kapitola 3.3)
- „Stretch contrast“ - roztažení kontrastu (viz kapitola 3.4)
- „Interpolate“ - vloží mezi fotografie automaticky dopočítané snímky (viz kapitola 3.5)

Poslední položka „Select“ nabízí funkce pro výběr fotografií podle data jejich pořízení, získaného z EXIF metadat (kapitola 3.6), a funkce pro automatický výběr fotografií, které se výrazně liší od ostatních. Obsahuje tyto položky:

- „Invert selection“ - invertuje výběr
- „Select bad pictures“ - vybere odlišné snímky pomocí jedné ze tří metod popsaných v kapitolách 3.7 až 3.9
- „EXIF date“ - vybere snímky podle data nebo času pořízení (viz kapitola 3.6)

4.2 Přehrávač

Rozhraní dominuje „plátno“ přehrávače, na kterém se zobrazuje aktuální snímek nebo lze přehrát načtené fotografie i s aplikovanými filtry. Přehrávací plocha je implementována pomocí objektu typu `QLabel` a její velikost je nastavena na 400x300pixelů. Přehrávač se ovládá čtyřmi tlačítky se standardními symboly, která umožňují krokování o snímek vzad a vpřed, spuštění/pozastavení přehrávání a zastavení se skokem na začátek. Krokování lze ovládat klávesami M (vpřed) a N (vzad). Framerate přehrávání lze nastavit pomocí spinboxu v informační oblasti vpravo od plátna přehrávače. Hodnotu je možné zvolit v rozsahu 0,01 až 99,99fps s krokem 0,01. Z nastaveného framerate f se pomocí následujícího vzorce počítá interval I pro časovač `QTimer`

$$I = \frac{1000}{f}$$

Posuvník pod plátnem zobrazuje aktuální pozici přehrávání a zároveň ji dovoluje ručně posouvat. Po pravé straně ovládacích tlačítek jen zobrazen aktuální a celkový čas přehrávání ve formátu H:MM:SS, vypočítaný na základě nastaveného framerate a počtu načtených fotografií. Pod tlačítky se zobrazuje pořadové číslo aktuálního snímku a jejich celkový počet.

4.3 Filmový pás

Důležitou součástí rozhraní je „filmový pás“, zobrazující načtené fotografie. Ty jsou reprezentovány zmenšenými náhledy o velikosti 100x75pixelů zobrazenými v řadě za sebou. Tento prvek je implementován jako objekt třídy `QTableWidget`, který slouží k zobrazení tabulek, v tomto případě má jen jeden řádek. `QTableWidget` neumožňuje přímé zobrazení obrázků v buňkách tabulky, ale buňce lze nastavit jiný objekt odvozený od třídy `QWidget`. K tomuto účelu slouží třída `PixmapWidget`. Jednotlivé buňky lze označovat výběrem. Označené buňky jsou zvýrazněné světle modrým orámováním.

Z důvodu omezené velikosti hlavního okna, a protože aplikace je určena k práci s velkým množstvím fotografií, nemusí být viditelné všechny náhledy najednou. Aby měl uživatel v každém okamžiku přehled o tom, které snímky nebo jejich skupiny jsou označené, zobrazuje se pod filmovým pásem bílý pruh znázorňující aktuální výběr. Pruh reprezentuje celou množinu načtených snímků a výběr je označen modře na odpovídající pozici, proporcionálně k buňkám tabulky filmového pásu.

4.4 Informační oblast a nastavení přehrávače

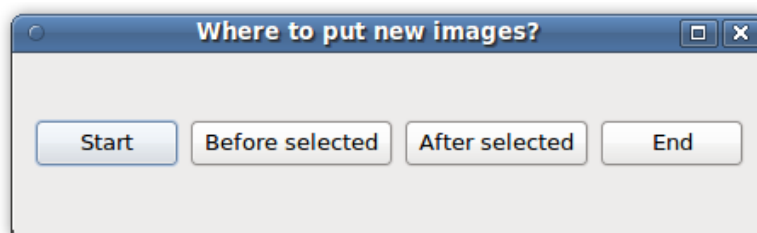
Pravá horní část hlavního okna obsahuje informace o právě zobrazeném snímku a ovládací prvky umožňující další nastavení přehrávání. Nejvýše je umístěn zmíněný spinbox pro nastavení framerate přehrávače a výsledného videa, který je možné použít i při spuštěném přehrávání. Standardně je nastavena hodnota 25fps. Informace o zobrazeném snímku zahrnují jeho název a datum a čas pořízení, pokud jsou tyto údaje dostupné. Dále jsou zde umístěny přepínače pro výběr režimu zobrazení snímku. Na výběr jsou čtyři možnosti

- originální snímek
- hrany detekované algoritmem popsáným v kapitole 3.7
- histogram snímku
- originální snímek s vyznačenými klíčovými body metody SURF popsané v kapitole 3.9

4.5 Další dialogová a informační okna

Pro výběr fotografií k otevření nebo jejich seznamu slouží standardní okno pro otevření souboru typu `QFileDialog`. Stejného typu je i okno pro výběr umístění a názvu souboru pro uložení seznamu načtených fotografií nebo výsledného souboru videa. Styl vzhledu okna závisí na použitém operačním systému. Při načítání fotografií je možné vybrat více souborů, v ostatních případech pouze jeden. Okno má pro každý svůj účel nastavený jiný filtr přípony souboru pro rychlejší orientaci mezi soubory na disku. Při načítání snímků se v okně zobrazují soubory s příponou `png`, `jpg`, `jpeg` a `gif` a při exportu videa `avi`. Při otevírání a ukládání seznamu se zobrazují všechny soubory.

Pokud jsou již v aplikaci načtené snímky a uživatel chce nahrát další, zobrazí se dialogové okno, prezentované na obrázku 4.2, s výběrem pozice, kam se mají nové snímky vložit. Na výběr jsou 4 možnosti, a to na začátek, na konec, před anebo za aktuální snímek. Za aktuální snímek je vždy považován ten, který je zobrazený v přehrávači.

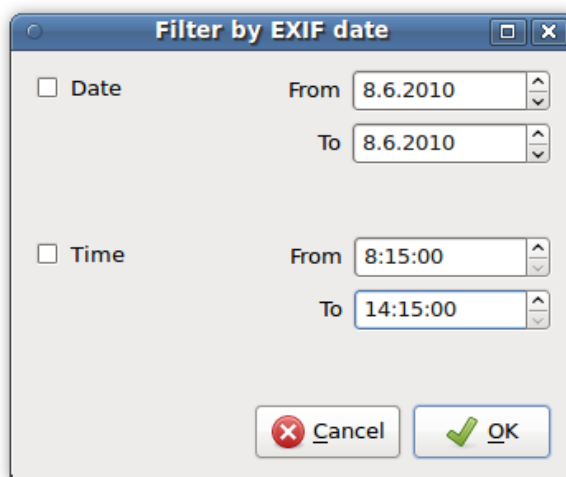


Obrázek 4.2: Dialog pro výběr pozice nových snímků

Během načítání fotografií se zobrazuje okno informující o jeho postupu pomocí ukazatele průběhu, pod kterým se zobrazuje název právě načítaného souboru. Obsahuje také tlačítko „Cancel“, kterým je možné načítání zastavit. Podobné okno s obdobnou funkcí se zobrazuje i při exportu videa.

Při použití funkce „Interpolate“ se zobrazí dialogové okno, prostřednictvím kterého uživatel určí počet kroků metody, a tedy i počet snímků vložených mezi každé dva sousedící snímky aktuálního výběru. Operaci lze stornovat tlačítkem „Cancel“.

Při volbě možnosti filtrování podle data pořízení fotografie se zobrazí dialog pro výběr počátečního a koncového data a času znázorněný na obrázku 4.3. Data a časy se automaticky předvyplní podle nejstarších a nejnovějších nalezených fotografií. Filtrovat lze buď jen podle data, času, nebo obou kritérií zatržením příslušné možnosti.



Obrázek 4.3: Dialogové okno pro filtrování podle EXIF data

Další dva dialogy slouží k nastavení prahové hodnoty při extrakci odlišných snímků a pro výběr rozlišení exportovaného videa.

Všechna dialogová a informační okna jsou modální, takže dokud je některé z nich zobrazeno, hlavní okno není přístupné. Toto logické omezení má za úkol zabránit konfliktu jednotlivých funkcí, například pokud by se uživatel pokusil smazat některé snímky během exportu videa.

4.6 Správa fotografií

Poté co uživatel vybere seznam fotografií k otevření, vytvoří aplikace nové vlákno, které se postará o jejich načtení. Nové vlákno je nutné vytvořit proto, aby bylo možné aktualizovat okno informující o průběhu načítání, které patří hlavnímu vláknu aplikace. Snímky se při načítání zmenšují na velikost 400x300pixelů a ukládají spolu s dalšími informacemi do seznamu, který je instancí třídy `QList`. Zmenšení je nutné kvůli úspoře operační paměti a zrychlení práce se snímky. Všechny filtry a algoritmy v aplikaci pracující s obrazem používají tyto zmenšené snímky, při exportu jsou ale použity a upravovány původní snímky v plném rozlišení. Pokud mají zdrojové fotografie více než dvojnásobné rozlišení než jejich interní reprezentace, zmenší se nejprve na velikost 800x600pixelů rychlejší metodou, která ale nepoužívá vyhlazování. Pro zmenšení na konečnou velikost je použita pomalejší metoda, která ale využívá kvalitnější bilineární filtrování [15]. Pokud rozlišení zdrojových snímků nepřesahuje dvojnásobek výsledných, použije se rovnou pomalejší metoda. Tento přístup slouží ke zvýšení rychlosti zpracování a zároveň dosažení co nejlepší kvality snímků.

Při načítání fotografií ze seznamu se nejprve načte textový soubor, ve kterém jsou vypsány názvy souborů s absolutní cestou, každý na samostatném řádku. Poté již načítání probíhá stejným způsobem, jak bylo popsáno výše.

Každý snímek načtený v aplikaci je reprezentován strukturou typu `img`. Ta kromě samotného snímku, tvořeného objektem typu `QImage`, obsahuje množství dalších informací používaných dalšími funkcemi aplikace. Jsou to:

- název souboru (`QString`)
- dva názvy zdrojových souborů, pokud je snímek výsledkem funkce „Interpolate“ (`QString`)
- koeficienty váhy zdrojových souborů funkce „Interpolate“ (`double`)
- informace, zda je snímek originál nebo je výsledkem uvedené funkce (`bool`)
- informace, zda snímek obsahuje EXIF informaci o datu pořízení (`bool`)
- EXIF datum pořízení (`QDateTime`)
- informace o aplikovaných filtrech (`ImageFilter`)
- seznam klíčových bodů metody SURF (`CvSeq`)

Označené fotografie je možné odstranit stisknutím klávesy `Delete` nebo zvolením možnosti „Delete selected“ z kontextového menu po kliknutí pravým tlačítkem myši na výběr. Z objektu filmového pásu `QTableWidget` se získá seznam indexů označených snímků, podle kterého dojde k jejich odstranění. Aby nebylo nutné indexy přepočítávat po každém odebraném snímku, probíhá odstraňování od konce seznamu, od nejvyššího indexu k nule.

Kontextové menu filmového pásu, případně hlavní menu pod položkou „Select“ nabízí možnost invertovat výběr. Tato volba je přístupná i pomocí klávesové zkratky `Ctrl + I`.

4.7 Export videa

Pro export videa využívá aplikace možnosti knihovny OpenCV a její třídu `CvVideoWriter`. Ta zajišťuje kompresi pomocí kodeku MPEG-4 a zápis do kontejneru AVI. Při exportu jsou použity původní nezmenšené snímky, na které se aplikují všechny vybrané filtry. Vzhledem k tomu je možné, že výsledek některých filtrů se bude lišit od výsledku zobrazeného v přehrávači aplikace. Rozlišení výsledného videa je možné nastavit v dialogu před samotným exportem. Na výběr jsou následující formáty:

- 640x480
- 800x600
- 960x720
- 1280x960

Framerate exportovaného videa je nastaven na hodnotu framerate přehrávače zaokrouhlenou na nejbližší celé číslo.

5 Dosažené výsledky

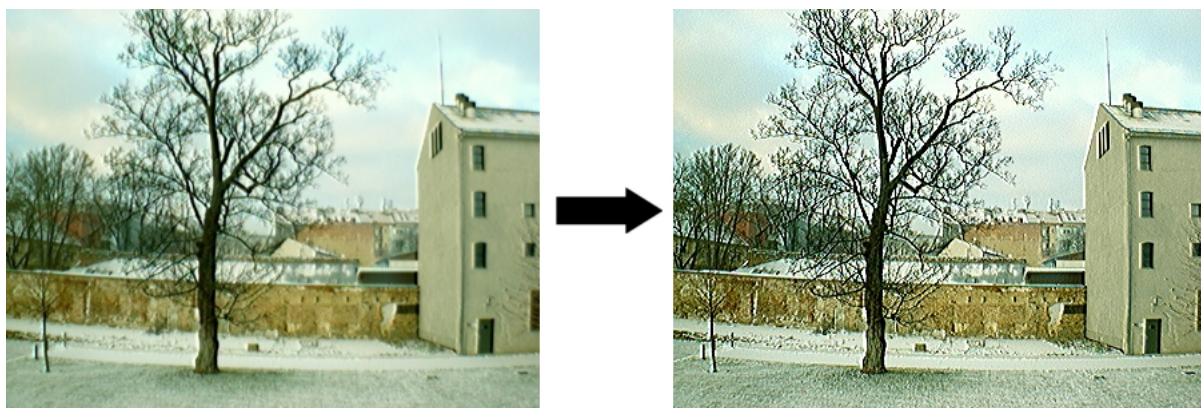
Při pořizování testovacích snímků byl použit kompaktní digitální fotoaparát Canon Power Shot A570IS s alternativním softwarem *CHDK*⁷, který umožňuje využít možnosti přístroje v mnohem větší míře, než to dovoluje software výrobce. Přitom má tu výhodu, že se spouští za běhu z paměťové karty a není nutné přepisovat originální software, což by mohlo vést ke ztrátě záruky.

Mezi jeho důležité funkce patří schopnost spouštět jednoduché scripty. Díky této možnosti a paměťové kartě s dostatečnou kapacitou 4GB bylo možné fotografovat automaticky v nastavených intervalech po dlouhou dobu, která byla bohužel omezena výdrží akumulátorů na přibližně 6 hodin. V případě použití externího napájecího zdroje by byla doba snímání omezena pouze kapacitou paměťové karty, intervaly mezi snímky a jejich rozlišením. Fotoaparát byl z důvodu stabilizace umístěn na stativu.

5.1 Filtry

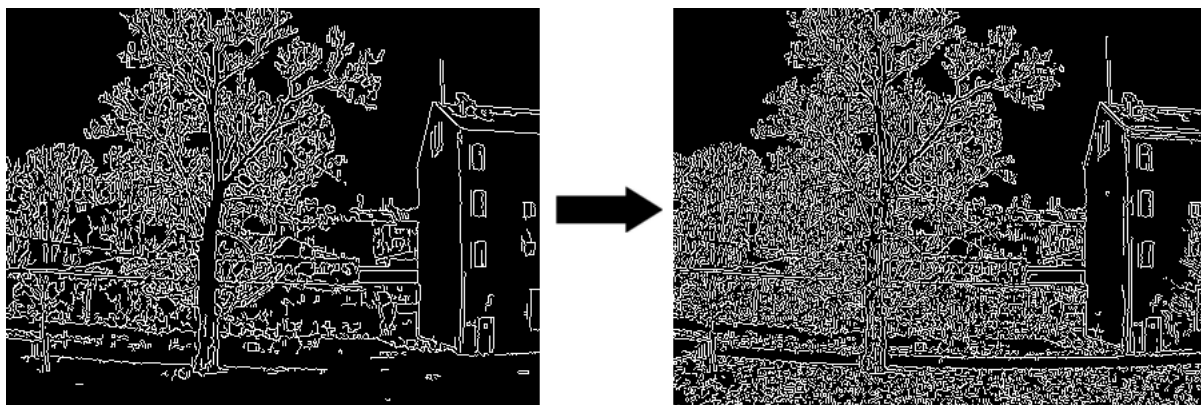
Použité základní obrazové filtry pro převod do stupňů šedi a invertování barev jsou široce používané a jejich výsledky odpovídají očekávání a běžně dostupným ukázkám, které je možné nalézt na internetu. Proto jim zde není věnována taková pozornost jako ostatním filtrům.

V případě konvolučních filtrů použitých pro zostření a rozostření obrazu je výsledek závislý především na vhodně zvoleném konvolučním jádru, které ovlivňuje charakter a míru změny zpracovávaného obrazu. Použitá jádra byla vybrána tak, aby měla slabší účinek, který je možné zesílit jejich opakovanou aplikací. Ukázka použití ostricího filtru je na obrázku 5.1. Při použití těchto filtrů je důležité mít na paměti, že mohou ovlivnit algoritmy použité pro vyřazování odlišných snímků, a to především metodu používající detekci hran, která je na ostrost snímku velmi citlivá. Jak ukazuje obrázek 5.2.



Obrázek 5.1: Ukázka použití ostricího filtru

⁷ chdk.wikia.com



Obrázek 5.2: Detekované hrany před a po zostření snímku

Filtr pro roztažení kontrastu dosahuje velmi dobrých výsledků při aplikaci na snímky foceně za špatných světelných podmínek, například pod mrakem, jak je vidět na obrázku 5.3. Upravený snímek je jasnější a má živější barvy.



Obrázek 5.3: Roztažení kontrastu



Obrázek 5.4: Černý a bílý čtverec způsobí neúčinnost filtru

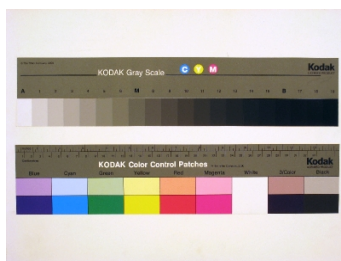
Algoritmus filtru vyhledává ve snímku pixely s minimem a maximem jasu a podle nich přepočítává hodnoty jasu všech pixelů. Pokud je minimum a maximum shodné s minimální a maximální možnou hodnotou jasu pixelu, nebude mít filtr na snímek žádný vliv. Tento nedostatek demonstruje obrázek 5.4 pomocí černého a bílého čtverce. V praxi může tento problém způsobovat například silný šum. Možným řešením by bylo vyhledání krajních hodnot v obrazu vyhlazeném například výše zmíněným filtrem.

Použitý algoritmus pro automatické vyvážení bílé je proti popsanému jevu odolný, protože pracuje s průměrnou hodnotou, která náhodnými světlými nebo tmavými pixely není téměř vůbec ovlivněna. Na rozdíl od předchozího filtru je také možné automatické vyvážení bílé použít opakovaně a postupně tak dosáhnout požadovaného výsledku, jak je znázorněno na obrázku 5.5.



Obrázek 5.5: Automatické vyvážení bílé postupně aplikované na obrázek vlevo

Kombinací a opakovanou aplikací filtrů pro roztažení kontrastu a automatické vyvážení bílé je možné dosáhnout ještě lepších výsledků, jak ukazuje obrázek 5.6.



Obrázek 5.6: Kombinace filtrů

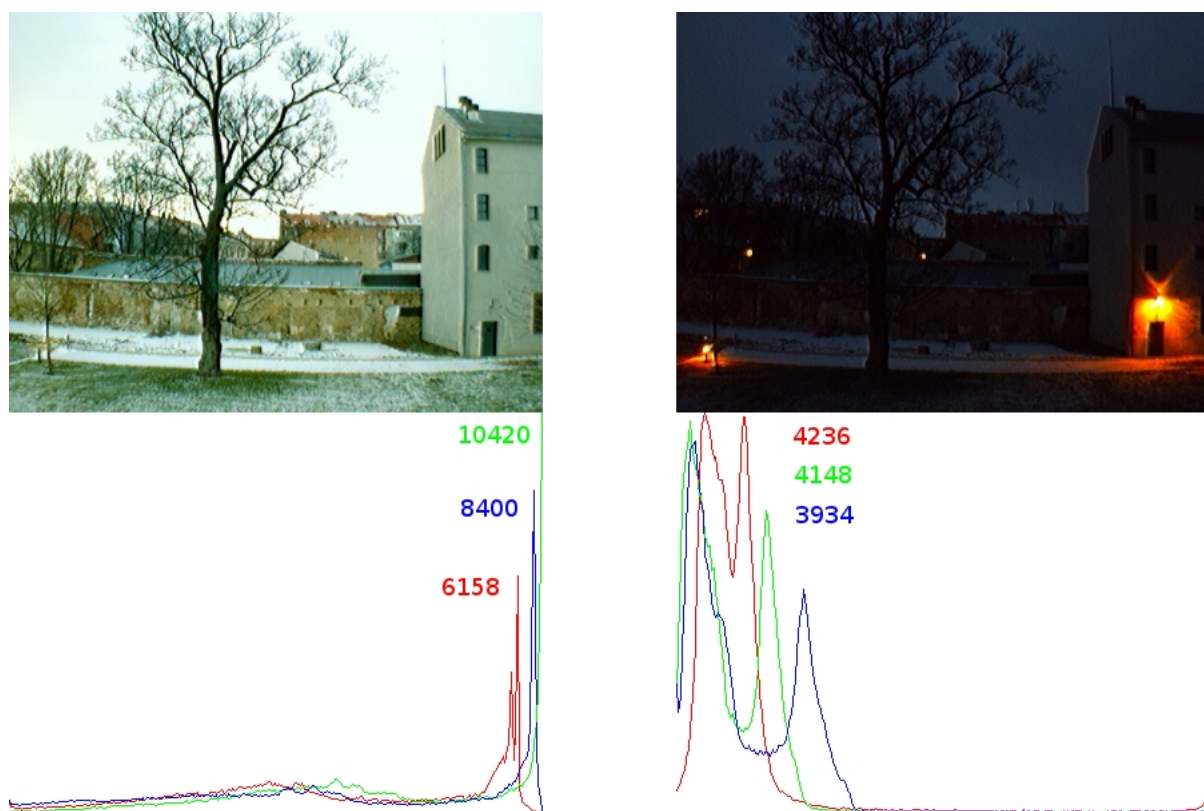
5.2 Interpolace snímků

Vyhazení videa s nízkým framerate lineární interpolací snímků přináší velmi dobré výsledky, především pokud se jednotlivé snímky liší svou světlostí. V případě posunu objektů ve scéně dochází ke vzniku „duchů“ a vhodnější by bylo použití sofistikovanějších metod jako například *morfining* [16], ale i tak je výsledné video zřetelně hladší. Původní snímky je možné prokládat libovolným počtem snímků vygenerovaných, ale nejlepších výsledků jsem dosáhl při interpolaci 1-2 snímky, což znamená přibližně dvoj- až trojnásobnou délku výsledné sekvence při použití stejného počtu vstupních dat.

5.3 Vyřazování odlišných snímků

Metody použité při vyřazování odlišných snímků jsou založeny na posouzení různých vlastností snímků, a proto každá dosahuje lehce odlišných výsledků. Cílem bylo popsat jednotlivé snímky pomocí charakteristického čísla, které odráží různé kvality obrazových dat. První dvě metody, používající histogram a detekované hrany, porovnávají snímky s průměrnou hodnotou celé množiny, proto jsou vhodné pro selekci celých skupin odlišných snímků. Naproti tomu metoda používající klíčové body algoritmu SURF vychází z porovnání sousedních snímků, a proto se více hodí k selekci samostatných snímků.

První metoda, která používá data získaná z histogramu, počítá součet počtu pixelů s nejčastější hodnotou všech tří barevných složek, čímž odráží distribuci hodnot jasu pixelů v obrazu. Obrázek 5.7 ukazuje, že snímek vlevo má hodnoty více soustředěné v jedné oblasti, takže počet hodnot s největší četností je vyšší, než je tomu u snímku vpravo. Součet počtu nejčastějších hodnot levého snímku je 24 978, u pravého součet činí 12 318.



Obrázek 5.7: Snímky s různou distribucí hodnot jasu pixelů

Druhá metoda využívá detekované hrany, konkrétně poměr počtu pixelů hran a celkového počtu pixelů snímku. Množství detekovaných hran na snímku závisí na mnoha faktorech, jako jsou ostrost, počet a tvarová rozmanitost objektů na snímku nebo charakter textur. Obrázek 5.8 ukazuje detekované hrany snímků z obrázku 5.7. Snímek vlevo má 4,74% pixelů hran, snímek vpravo 0,79%.

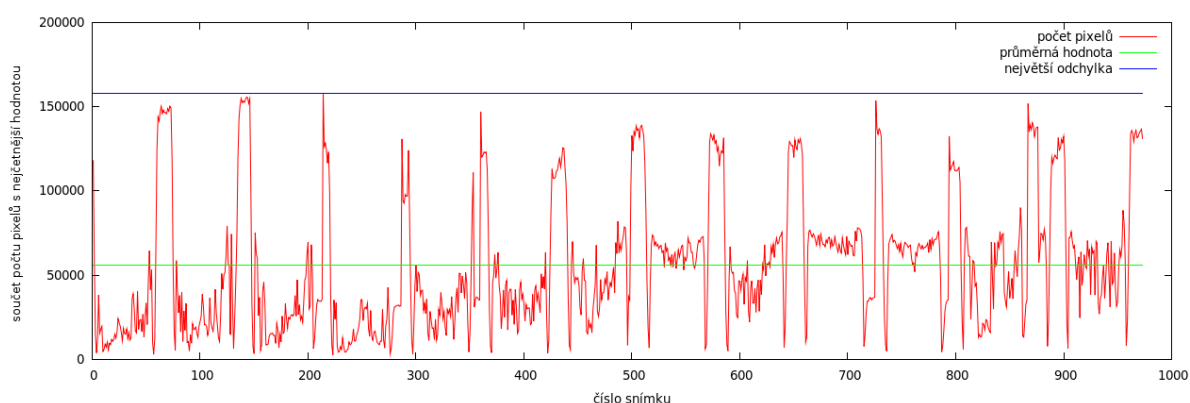


Obrázek 5.8: Porovnání počtu detekovaných hran

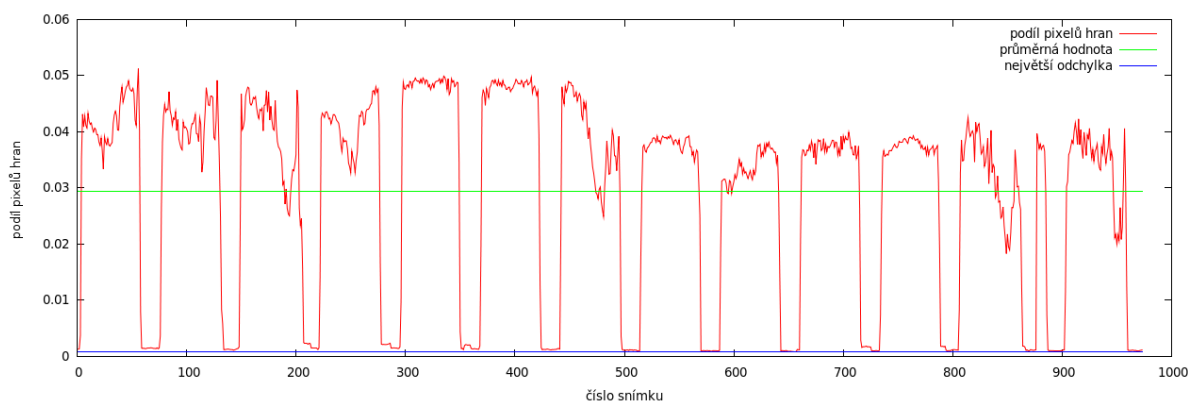
Obě metody byly otestovány na množině 973 snímků, jejich výsledky je možné porovnat v grafech 5.1 a 5.2. Fotografie byly pořízeny převážně za denního světla, ale s periodou přibližně 70 snímků se vyskytují snímky pořízené před rozedněním a po soumraku. Cílem bylo tyto snímky detekovat za účelem jejich odstranění. V obou grafech jsou patrné pravidelné výkyvy hodnot s odpovídající periodou. Metoda využívající detekci hran v tomto případě vykazuje větší odstup hodnot získaných z nežádoucích snímků a díky tomu dosahuje větší efektivity a nulové chyby, jak ukazuje tabulka 5.1. Z celkového počtu 973 snímků bylo k odstranění manuálně označeno 278.

Metoda	práh	správně označené	špatně označené
histogram	47%	173 (62%)	16 (8,5%)
detekce hran	80%	239 (86%)	0 (0%)

Tabulka 5.1: Srovnání výsledků použitých metod

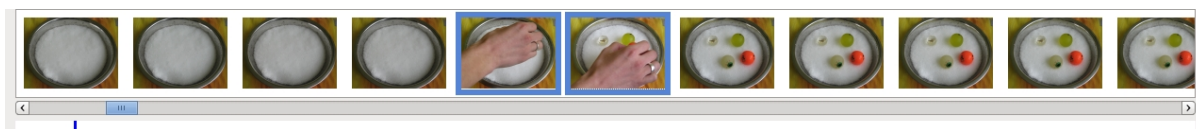


Graf 5.1: Hodnoty získané zpracováním histogramu

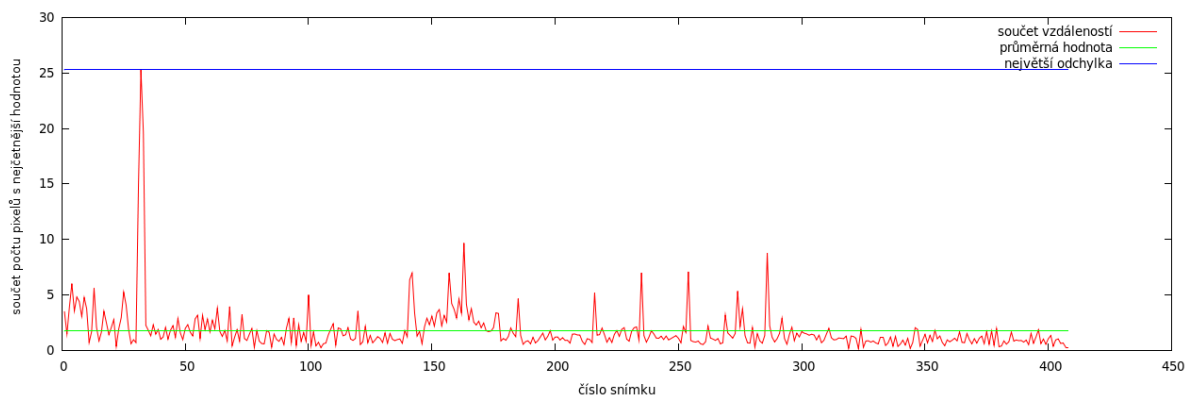


Graf 5.2: Hodnoty získané detekcí hran

Metoda používající algoritmus SURF je více orientovaná na vyřazování samostatných snímků a proto byla testována zvlášť. Jako testovací data byly použity snímky mísy s tajícím sněhem. Během fotografování byly na sníh položeny barevné míčky a při jejich aranžování byla na dvou snímcích (32. a 33.) zachycena ruka fotografa. V celkovém počtu 408 snímků byly oba spolehlivě detekovány, jak je ukázáno na obrázku 5.9. Práh byl v tomto případě nastaven na hodnotu 65%. V grafu 5.3 jsou zobrazeny vypočítané hodnoty.



Obrázek 5.9: Detekce odlišných snímků pomocí klíčových bodů algoritmu SURF



Graf 5.3: Detekce odlišných snímků podle vzdáleností klíčových bodů

Každá ze tří uvedených metod, pokud je správně zvolena s ohledem na vstupní data, dosahuje v praxi použitelných výsledků a jejich využitím je možné výrazně usnadnit a urychlit uživateli práci, ať už při odstraňování nepovedených snímků nebo vyhledávání zajímavých oblastí v sekvenci.

6 Závěr

Cílem práce bylo vytvořit uživatelsky přívětivou aplikaci s grafickým uživatelským rozhraním poskytující nástroje pro správu snímků, jejich úpravu pomocí digitálních obrazových filtrů a usnadnění práce uživateli s použitím technik počítačového vidění. Výsledná aplikace tyto požadavky úspěšně splňuje a zároveň představuje prostředí pro vývoj dalších nástrojů a vylepšení. Může nalézt uplatnění nejen při tvorbě časosběrného videa, ale i animací, nebo jako nástroj pro rychlé přehrávání sady snímků.

6.1 Možná rozšíření

V případném pokračování práce se nabízí několik oblastí, které by svým rozšířením či vylepšením přispěly k vyšší užitnosti aplikace. Implementované filtry mají pevně nastavené hodnoty, například jádra konvolučních filtrů. Možnost nastavit hodnoty matice jádra by umožnilo použít téměř neomezenou škálu filtrů. Export videa v současné podobě neumožňuje nastavení datového toku a použitého kodeku, jak bývá u aplikací podobného zaměření běžné. Řešení v podobě použití specializované knihovny by umožnilo plně využít kvalitu a vysoké rozlišení snímků pořízených digitálním fotoaparátem. Jistě je také možné dosáhnout lepších výsledků při odhalování odlišných snímků. Jedním z možných řešení je použití klouzavého okna pro výpočet průměrné hodnoty, čímž by se dosáhlo lepší citlivosti vůči lokálním extrémům a naopak menšího ovlivnění proměnami scény v průběhu celé sekvence. Také využití všech dat získatelných pomocí metody SURF by tuto funkci aplikace posunulo na vyšší úroveň.

Literatura

- [1] POYNTON, Charles. Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2003.
- [2] TAYLOR, Richard. The Encyclopedia of Animation Techniques. Quarto, 1996.
- [3] ŽÁRA, Jiří; BENEŠ, Bedřich; FELKEL, Petr. Moderní počítačová grafika. Computer Press, 2005
- [4] Hlaváč, Václav; Sedláček Miloš: Zpracování signálů a obrazů. Vydavatelství ČVUT, 2005.
- [5] CHIU, L.-C. & FUH, C.-S. Calibration-Based Auto White Balance Method for Digital Still Camera. J. Inf. Sci. Eng., 2010, vol. 26, s. 713-723.
- [6] BIANCO, Simone, et al. Combining strategies for white balance. In Proc. Digital Photography III, volume IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging, 2007.
- [7] SHUMATE, Aaron C.; LI, Hui. Color Balancing in Digital Cameras. 2000, [cit. 2011-05-16]. Dostupné z WWW: <<http://scien.stanford.edu/pages/labsite/2000/psych221/projects/00/trek/>>
- [8] MEIJERING, E. A Chronology of Interpolation: From Ancient Astronomy to Modern Signal and Image Processing. Proceedings of the IEEE, 2002, s. 319-342.
- [9] Standard of the Camera & Imaging Products Association, CIPA DC-008-Translation-2010, Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.3. Dostupný z WWW: <http://www.cipa.jp/english/hyoujunka/kikaku/pdf/DC-008-2010_E.pdf>
- [10] CANNY, J. A computational approach to edge detection. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., IEEE Computer Society, 1986, vol. 8, s. 679-698.
- [11] BAY, Herbert, et al. Speeded-Up Robust Features (SURF). Computer Vision and Image Understanding [online]. 2008, vol. 110, issue 3, [cit. 2011-05-16]. Dostupný z WWW: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1077314207001555>>. ISSN 1077-3142.
- [12] LOWE, David G. Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. Proceedings of the International Conference on Computer Vision-Volume 2 - Volume 2, IEEE Computer Society, 1999, s. 1150-.
- [13] A cross-platform application and UI framework [online]. 2011-05-16 [cit. 2011-05-16]. Qt. Dostupné z WWW: <<http://qt.nokia.com/>>.
- [14] OpenCV Wiki [online]. 2011-05-16 [cit. 2011-05-16]. Welcome. Dostupné z WWW: <<http://opencv.willowgarage.com/wiki/>>.
- [15] Cambrige in Colour [online]. 2011-05-16 [cit. 2011-05-16]. Digital Image Interpolation. Dostupné z WWW: <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-interpolation.htm>>
- [16] WOLBERG, G. Recent Advances in Image Morphing. Proceedings of the 1996 Conference on Computer Graphics International, IEEE Computer Society, 1996, s. 64-.

Seznam příloh

Přiložené DVD obsahuje:

- Zdrojové soubory
- Testovací data
- Ukázková data
- Text práce v elektronické podobě
- Prezentační plakát