



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

LOKALIZACE HERNÍCH NÁSTROJŮ

GAME INSTRUMENTS LOCALIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAKUB ČERNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ILONA KALOVÁ, Ph.D.

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Jakub Černý

ID: 78117

Ročník: 2

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Lokalizace herních nástrojů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem studenta je detekovat v sekvenci snímků kamery libovolný objekt, který bude použit pro ovládání některých her. Předpokladem je, že objekt může být různých tvarů a barev a na snímcích je držen v ruce. Cílem je určit polohu objektu (směr pohybu), jeho natočení a přiblížení a výsledky zpracování obrazu použít pro emulaci standardního periferního zařízení (joystick, myš).

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Hlaváč, V., Šonka, M.: Počítačové vidění. Praha: Grada, 1992.

Haußecker H., Geißler P.: Handbook of Computer Vision and Applications. San Diego: Academic press, 1999.

dále dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 24.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Vysoké učení technické Brno
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav automatizace a měřicí techniky

Lokalizace herních nástrojů

Diplomová práce

Studijní obor: Kybernetika, automatizace a měření
Student: Bc. Jakub Černý
Vedoucí práce: Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá problematikou detekce objektů, které mohou být různých tvarů a barev. Cílem diplomové práce je určení polohy, směru pohybu, úhlu natočení a přiblížení hledaného objektu. Dosažené výsledky jsou použity pro emulaci vstupních periférií počítače.

Klíčová slova:

počítačové vidění, zpracování obrazu, detekce objektů, emulace

Brno University of technology
Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Control, Measurement and Instrumentation

Games instruments localization

Master's Thesis

Specialization of study: Cybernetics, Control and Measurement
Student: Bc. Jakub Černý
Supervisor: Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

Abstract:

This thesis deal with problem of object detection. Object may be of different shapes and colors. The aim of this thesis is to determine the location, direction of movement, angle and proximity.

Keywords:

computer vision, image processing, object detection, emulation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE DÍLA

ČERNÝ, J. *Lokalizace herních nástrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ilona Kalová, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Lokalizace herních nástrojů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **24. května 2010**

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Itoně Kalové, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce.

OBSAH

OBSAH.....	7
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
1. ÚVOD	12
2. HERNÍ ZAŘÍZENÍ	13
2.1 Joystick	14
2.2 Gamepad	14
2.3 Volant.....	14
2.4 Myš	15
2.5 Další prostředky	15
3. BAREVNÉ MODELÝ	16
3.1 RGB model	16
3.2 YcbCr model.....	17
3.3 HSV model.....	17
3.4 Porovnání modelů	19
4. PŘEDZPRACOVÁNÍ A SEGMENTACE.....	21
4.1 Obraz.....	21
4.2 Předzpracování.....	21
4.2.1 Filtrace	21
4.2.2 Hranové detektory	25
4.3 Modifikovaná distanční transformace.....	27
4.4 Segmentace	28
4.4.1 Segmentace prahováním.....	29
4.5 Segmentace na základě detekce pohybu	31
4.5.1 Rozdílové metody	31
4.5.2 Optický tok	33
5. PRINCIP PROGRAMU	35
5.1 Princip programu	35
5.2 Blok inicializace.....	36
5.2.1 Příprava hardwarové části.....	37

5.2.2 Příprava pomocných proměnných	37
5.3 Detekce hvězdicí	38
5.3.1 Generování hvězdice	39
5.3.2 Detekce okrajových bodů	40
5.3.3 Kontrola okrajových bodů	41
5.3.4 Proložení bodů elipsou	43
5.4 Detekce globálním prahováním	45
5.5 Aktualizace dat.....	48
5.5.1 Aktualizace charakteristické barvy a intervalu jasů	48
5.5.2 Predikce umístění středu hvězdice.....	48
5.5.3 Aktualizace modelu pozadí.....	49
5.6 Uživatelské prostředí	49
5.7 Výstupy programu	51
5.7.1 Emulátor myši.....	51
5.7.2 Emulátor trojosého joysticku.....	52
5.7.3 Emulátor volantu	53
5.7.4 Detekce kliknutí.....	54
6. VÝSLEDKY PROGRAMU	56
6.1 Vlivy působící na kvalitu detekce	56
6.1.1 Vliv barvy pozadí na detekci objektu	56
6.1.2 Vliv osvětlení na detekci objektu	56
6.1.3 Vliv středu hvězdice na detekci objektu	57
6.1.4 Vliv volby počtu paprsků hvězdice	59
6.1.5 Další vlivy.....	59
6.2 Kvalita a rychlost výstupu programu	59
6.2.1 Přesnost měření úhlů.....	59
6.2.2 Rychlost výpočtu	61
7. ZÁVĚR	62
8. LITERATURA	63
9. SEZNAM ZKRATEK.....	64
10. PŘÍLOHY	65

10.1 DVD	65
10.2 Správně detekované objekty	65
10.3 Chybně detekované objekty	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2-1: Příklady herních zařízení (zleva: joystick, gamepad, volant) [9].....</i>	13
<i>Obrázek 3-1: RGB model [11]</i>	16
<i>Obrázek 3-2: Příklad míchání RGB modelu [5]</i>	16
<i>Obrázek 3-3: YCbCr model [11]</i>	17
<i>Obrázek 3-4: Válcové vyjádření HSV modelu [5]</i>	18
<i>Obrázek 3-5: Jehlanová interpretace HSV modelu [5]</i>	18
<i>Obrázek 3-6: Původní scéna se třemi objekty.....</i>	19
<i>Obrázek 3-7: Jednotlivé složky RGB modelu (zleva: R složka, G složka a B složka) ..</i>	19
<i>Obrázek 3-8: Jednotlivé složky YCbCr modelu (zleva: Y složka, Cb a Cr složky). ...</i>	20
<i>Obrázek 3-9: Jednotlivé složky HSV modelu (zleva: H složka, S a V složky).....</i>	20
<i>Obrázek 4-1: Gaussova konvoluční maska 5x5 pro $\sigma=1$</i>	22
<i>Obrázek 4-2: Původní nefiltrovaný obraz.....</i>	23
<i>Obrázek 4-3: Vyfiltrovaný obraz průměrováním o velikosti masky 5x5</i>	23
<i>Obrázek 4-4: Vyfiltrovaný obraz maskou s gaussovým rozložením.....</i>	23
<i>Obrázek 4-5: Modifikované okolí při filtraci mediánem [1]</i>	24
<i>Obrázek 4-6: Vstupní obraz pro distanční transformaci</i>	28
<i>Obrázek 4-7: Výstupní obraz distanční transformace pro červený objekt.....</i>	28
<i>Obrázek 4-8: Druhy globálního prahování [4]</i>	29
<i>Obrázek 4-9: Princip poloprahování na intervalu jasů.....</i>	31
<i>Obrázek 4-10: Princip detekce pohybu rozdílovými snímky.....</i>	33
<i>Obrázek 4-11: Výpočet optického toku [5]</i>	34
<i>Obrázek 5-1: Algoritmus programu.....</i>	36
<i>Obrázek 5-2: Schéma inicializace.....</i>	37
<i>Obrázek 5-3: Princip detekce hvězdicí</i>	38
<i>Obrázek 5-4: Vygenerovaná hvězdice.....</i>	39
<i>Obrázek 5-5: Princip detekce okrajových bodů předmětu.....</i>	41
<i>Obrázek 5-6: Graf vzdálenosti koncových bodů od středu</i>	42
<i>Obrázek 5-7: Graf derivace vzdáleností koncových bodů od středu</i>	42
<i>Obrázek 5-8: Upravený graf bez chybně detekovaného okraje</i>	42

<i>Obrázek 5-9: Vstupní obrázek.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 5-10: Vygenerovaná hvězdice.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 5-11: Nalezené okrajové body objektu</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 5-12: Výstupní obraz s vypočtenou charakteristickou elipsouí.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 5-13: Princip detekce globálním prahováním</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 5-14: Vstupní snímek</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5-15: Model pozadí.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5-16: Snímek po distanční transformaci.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5-17: Rozdílový snímek od modelu pozadí</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5-18: Vymaskovaný transformovaný vstupní obrázek.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 5-19: Obrázek s detekovaným objektem</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 5-20: Princip predikce umístění středu hvězdice</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 5-21: Komunikace programu s uživatelem.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 5-22 Ukázka výstupu myši č.1.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5-23: Ukázka výstupu myši č.2</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5-24: Princip výpočtu velikosti posunu v ose Z.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5-25: Emulace joysticku č.1.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5-26: Emulace joysticku č.2</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5-27: Emulace joysticku č.3.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5-28: Časová diagram detekce kliknutí</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 5-29: Posloupnost pro detekci kliknutí.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 6-1: Nevhodná scéna bez osvětlení.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 6-2: Přesvětlená scéna s výraznými odlesky</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 6-3: Vhodně nasvícená scéna</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 6-4: Vliv středu hvězdice na výslednou detekci</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 6-5: Závislost detekce objektu na počtu paprsků hvězdice.....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 6-6: Vhodný tvar objektu pro měření úhlu</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 6-7: Nevhodný tvar pro měření úhlů</i>	<i>60</i>

1. ÚVOD

Počítačové vidění jako, vědní disciplína, zasahuje do mnoha aspektů lidského života. Aplikace počítačového vidění dokáží zastat práci, kterou člověk buď není schopen vykonávat nebo kde nasazení lidské síly drahé a neefektivní. Na druhé straně aplikace můžou kooperovat s člověkem a společně tvořit efektivní nástroj na řešení různorodých problémů.

Cílem práce je vytvoření aplikace, která umožní člověku lehce a efektivně nahradit některé vstupní periferie počítače. Využití aplikace je vhodné v případech, kdy uživatel nechce a nebo nemůže použít standardní vstupní zařízení. Aplikace nevyžaduje žádné speciální nároky na počítač, který má využívat tuto aplikaci. Program vyžaduje pouze přítomnost webkamery nebo jiného nástroje pro získávání obrazu.

Uživatel pohybáním předmětu, který drží před kamerou, emuluje chování fyzického zařízení připojeného k počítači.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. První část se zabývá teoretickými přehledem metod a principů zpracování obrazu, které jsou použity při praktické realizaci aplikace. V druhém díle se práce zabývá praktickým řešením aplikace. Je zde popsán způsob řešení zadané práce a je řešeno působení vnějších a vnitřních vlivů na kvalitu detekce.

2. HERNÍ ZAŘÍZENÍ

Herní zařízení je nástroj, který umožňuje interakci člověka (hráče) s počítačem nebo jiným elektronickým zařízením. Herní zařízení slouží k ovládání postav, objektů nebo jinému zasahování do hry. Herní zařízení se dělí podle:

- Typu využití (druh her)
- Způsobu ovládání (digitální - analogové)
- Způsobu připojení (drátové- bezdrátové)

Jako herní zařízení mohou být použity vstupních zařízení počítače, které nemusí být primárně určeny pro hraní her. Například komponenty jako myš nebo klávesnice, které jsou využívány pro každodenní práci.



Obrázek 2-1: Příklady herních zařízení (zleva: joystick, gamepad, volant) [9]

2.1 JOYSTICK

Joystick patří mezi nejdůležitější herní zařízení. Jeho ákladním dílem je svislá tyčka, jejíž vychýlení vyvolává odpovídající výstupní signál. Dále je joystick doplněn přidavnými akčními tlačítky.

Joysticky lze rozdělit dle druhu výstupu na:

- Digitální: směr výstupu je omezen podle použitého snímače pouze na čtyři respektive osm výstupních směrů.
- Analogové : směr výstupu je určen spojitou veličinou, odpovídající velikosti a směru výchylky páky.

Novější joysticky mají prostředky umožňující pohyb nejen v osách **X** a **Y**, ale i v ose **Z**. Pohyb v ose **Z** je realizován pomocí speciálního pedálu.

2.2 GAMEPAD

Gamepad byl primárně určen pro ovládání herních konzolí. Rozdílem oproti joysticku je gamepad držen v ruce a nikoliv položen na pevné podložce.

Gamepad obsahuje jednu nebo dvě zmenšené verze joysticku, které umožňují pouze pohyb osách **X** a **Y**. Výhodou je možnost ovládání směru dvěma joysticky.

2.3 VOLANT

Volant, jako herní zařízení, je preferovaný způsob ovládání závodních simulátorů. Samotný volant umožňuje pouze rotaci v jedné ose, a proto je volant často kombinován s pedály, které rozšiřují jeho využití.

2.4 MYŠ

Jako herní zařízení lze použít i běžně užívaný nástroj, kterým je myš. Myší lze pohybovat pouze v dvojrozměrném prostoru. Tato nevýhoda je potlačena, když je společně s myší použité i jiné vstupní zařízení. Hlavní výhodou použití myši jako herního nástroje je její přesnost, intuitivnost ovládání a fakt, že myš a klávesnice patří k běžnému vybavením každého počítače.

2.5 DALŠÍ PROSTŘEDKY

Krom výše uvedených herních zařízení se na trhu vyskytují speciální nástroje pro tvorbu her. Příkladem může být:

- Spaceball – 3D joystick.
- Pistole.
- Trackball.

3. BAREVNÉ MODELÝ

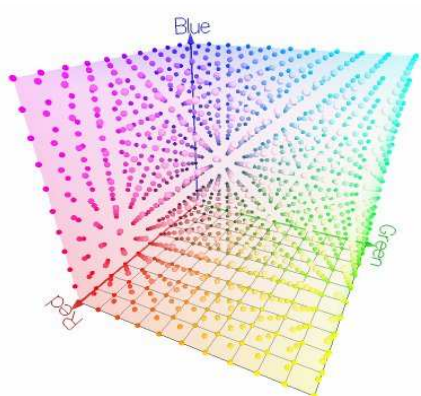
V přírodě je barva dána kombinací světla o různých frekvencích a barevné modely se snaží o její napodobení. Při volbě barevného modelu je nutné zvolit kompromis mezi přesností podání barvy a složitostí daného modelu.

Základní rozdělení modelů:

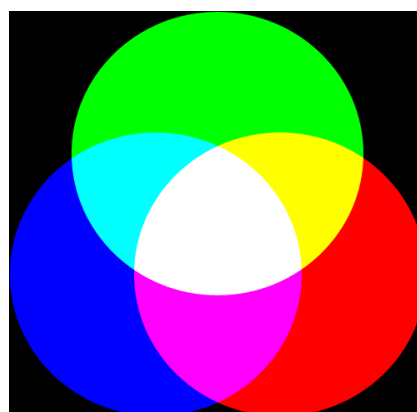
- Aditivní míchání barev - model pracuje se zdroji světla
- Subtraktivní míchání barev- model pracuje s odrazem světla

3.1 RGB MODEL

Barevný RGB model patří do skupiny aditivního způsobu míchání barev. Jsou v něm zastoupeny tři barevné složky R,G a B. Výsledná barva modelu je určena množstvím barvy v jednotlivých kanálech. V osmi bitovém barevném systému je interval hodnot pro jednotlivý kanál definován hodnotami 0-255. V šestnácti bitovém systému vyjádření barev je interval rozšířen na hodnoty 0- 65535. [7]



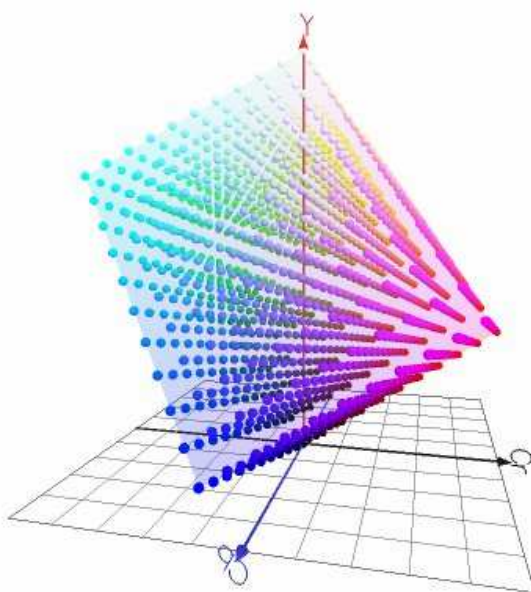
Obrázek 3-1: RGB model [11]



Obrázek 3-2: Příklad míchání RGB modelu [5]

3.2 YCBCR MODEL

YCbCr model vychází z modelu RGB a je jenom jiným způsobem jeho kódování. Obsahuje také tři složky Y, Cb a Cr, kde ve složce Y je obsažena informace o jasů obrázku a složky Cb a Cr představují modrou respektive červenou složku.



Obrázek 3-3: YCbCr model [11]

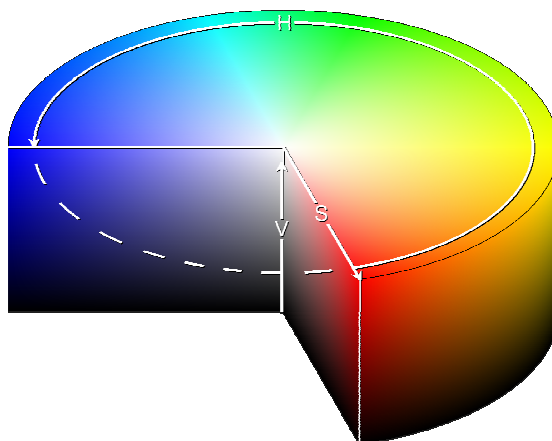
Převod obrázku z RGB modelu do YCbCr je popsán třemi rovnicemi (1).

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \\ Cb &= 128 - 0.1687 * R - 0.3313 * G + 0.5000 * B \\ Cr &= 128 + 0.5000 * R - 0.4187 * G + 0.0813 * B \end{aligned} \quad (1)$$

3.3 HSV MODEL

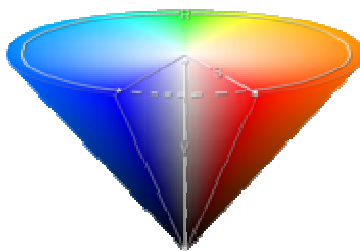
HSV model vytvořený tak aby co nejvíce odpovídal lidskému vnímání barev. Model je tvořen třemi složkami:

- **Hue**, neboli převládající barevný tón. Interpretuje barvu odraženou nebo procházející objektem. Složka může být vyjádřena jako poloha na barevném kole (0° až 360°). Na obrázku 3-4 hodnota Hue odpovídá úhlu natočení.
- **Saturation**, neboli sytost barvy. Složka představuje množství šedi k poměru odstínu barvy. Je vyjádřena percentuálním podílem (0 až 100%) Na obrázku 3-4 odpovídá vzdálenosti od středu kruhu.
- **Value**, neboli hodnota jasu. Složka představuje relativní světlost neboli tmavost barvy. Na obrázku veličina 3-4 odpovídá hloubce kruhu.



Obrázek 3-4: Válcové vyjádření HSV modelu [5]

Pro vyobrazení modelu HSV je vhodná tzv. kuželová interpretace, která je zobrazena na obrázku 3-5.

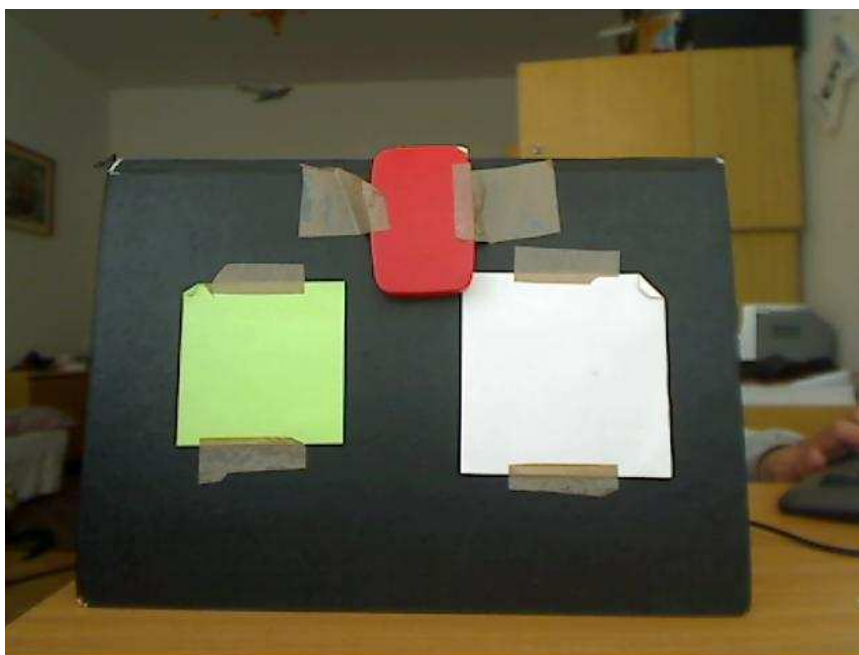


Obrázek 3-5: Jehlanová interpretace HSV modelu [5]

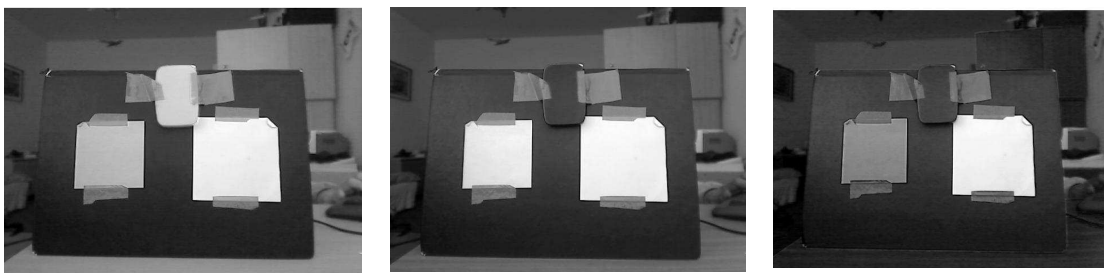
3.4 POROVNÁNÍ MODELŮ

V projektu je nutné detekovat objekt za základě jeho barvy. Barva objektu se může měnit v závislosti na osvětlení scény, vzdálenosti detekovaného objektu od snímáče, natočení objektu a jiných parametrech. Cílem této kapitoly je vhodně zvolit barevný model tak, aby výše uvedené vlivy měly co nejmenší dopad na kvalitu detekce.

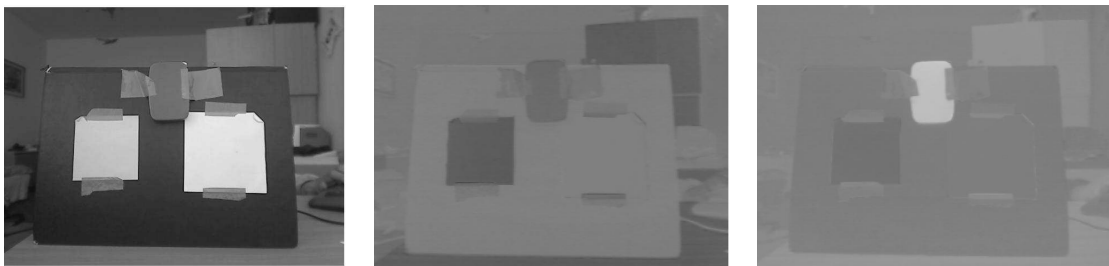
Na obrázku 3-6 je vyobrazen původní obraz se třemi objekty k detekci.



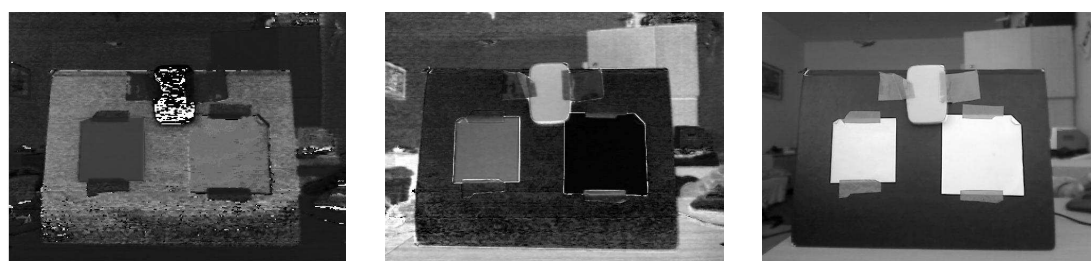
Obrázek 3-6: Původní scéna se třemi objekty



Obrázek 3-7: Jednotlivé složky RGB modelu (zleva: R složka, G složka a B složka)



Obrázek 3-8: Jednotlivé složky YCbCr modelu (zleva: Y složka, Cb a Cr složky).



Obrázek 3-9: Jednotlivé složky HSV modelu (zleva: H složka, S a V složky)

Většina drobných změn barvy objektu v YCbCr modelu se projevuje jako změna ve složce Y a ostatní složky zůstávají nezměněny.

Naopak u RGB modelu se veškeré změny projeví ve všech barevných složkách, čím se ztěžuje detekce objektu.

U modelu HSV jsou patrné výrazné nehomogenní oblasti a proto je detekce objektů velmi ztížena.

Z porovnání těchto modelů vyplývá, že nejvhodnějším barevným modelem pro danou aplikaci se jeví model YCbCr.

4. PŘEDZPRACOVÁNÍ A SEGMENTACE

4.1 OBRAZ

Obraz je reprezentován jako spojitě rozložení jasu (intenzity) v rovině. Rozložení je definováno obrazovou funkcí:

- Statický obraz $f(x,y)$
- Dynamický obraz $f(x,y,t)$

Kde f je reálná spojitá funkce s reálnými argumenty (x,y jsou souřadnice bodů v rovině a t hodnota času).

Pro zpracování je obraz vždy diskretizován v čase a lze jej tak považovat za nespojitou funkci $f(x,y)$.

4.2 PŘEDZPRACOVÁNÍ

Předzpracování obrazu slouží k vylepšení obrazu z hlediska dalšího zpracování. Cílem tohoto bloku je potlačit šum vzniklý při získávání a přenosu obrazu, odstranit zkreslení dané vlastnostmi snímače, nebo zvýraznit či potlačit jednotlivé rysy v obraze.

V bloku předzpracování nemůže vznikat nová informace, jednotlivé informace mohou být buď potlačeny (šum), nebo zesíleny (hrany).

4.2.1 Filtrace

Účelem tohoto bloku je potlačit náhodný šum, který je obraze představován vysokými frekvencemi. Současně ale mohou být odstraněny i užitečné informace jako jsou hrany a tenké čáry.

Filtrace průměrováním

Nejjednodušší způsob vyhlazování šumu v obraze. Hodnota nového bodu je dána jako aritmetický průměr bodů v jeho okolí. Tento filtr umožňuje potlačení šumu menší, než je velikost okolí. Nevýhodou filtru je rozmazávání hran.

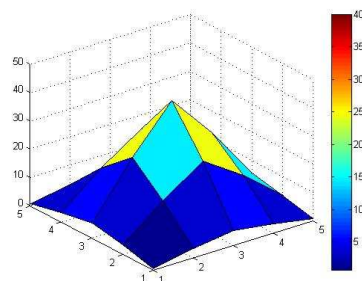
Filtr je realizován konvoluční maskou s různou velikostí:

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtrace konvoluční maskou s Gaussovým rozložením

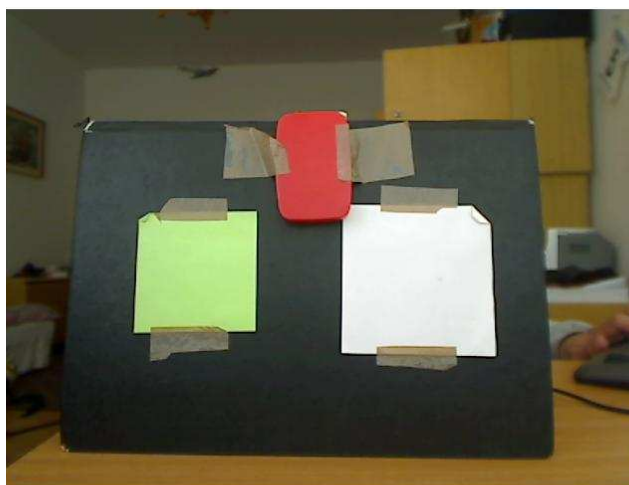
Pro lepší aproximaci šumu s gaussovským rozložením je oproti průměrovací masce zvětšována váha středového bodu masky. Masky s gaussovským rozložením je generována rovnicí (2), kde G představuje konvoluční masku, x, y jsou souřadnice masky a σ označuje směrodatnou odchylku.

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$



$$G = \frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

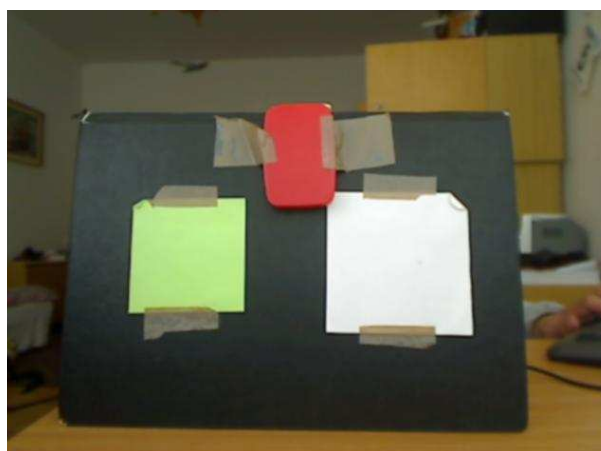
Obrázek 4-1: Gaussova konvoluční maska 5x5 pro $\sigma=1$



Obrázek 4-2: Původní nefiltrovaný obraz



Obrázek 4-3: Vyfiltrovaný obraz průměrováním o velikosti masky 5x5

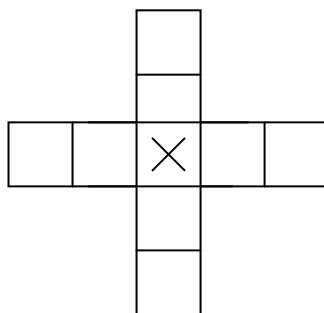


Obrázek 4-4: Vyfiltrovaný obraz maskou s gaussovým rozložením

Filtrace metodou mediánu

Filtrace mediánem vychází z principu filtrace průměrováním. Výsledná hodnota bodu v obraze je však dána mediánem (prostřední člen seřazených prvků) jeho okolí.

Výhodou oproti filtraci průměrováním je, že filtr redukuje stupeň rozmazání hran a dobře potlačuje impulsní šum. Nevýhodou této metody filtrace je porušování tenkých čar nebo ostrých rohů v obraze. Tento problém se dá řešit změnou okolí viz. obrázek 4-5.



Obrázek 4-5: Modifikované okolí při filtraci mediánem [1]

Filtrace průměrováním obrazů

Za předpokladu statické scény je možné použít metodu průměrování celých obrazů. V této metodě se vychází z předpokladu, že se šum vyskytuje s rovnoměrným rozložením. Za předpokladu statické scény za obdobných podmínek snímání se jednotlivé snímky liší pouze v hodnotách šumu. Při dostatečném počtu těchto snímků je možné tyto snímky zprůměrovat a dostat tím výsledný obraz s potlačeným šumem.

Vztah pro průměrování je dán rovnicí (5):

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N g_k(x, y) \quad (3)$$

Kde $\mathbf{f}(\mathbf{x},\mathbf{y})$ je výsledný obrazový element, $\mathbf{g}(\mathbf{x},\mathbf{y})$ je vstupní obrazový element a \mathbf{N} je počet průměrovaných obrazů.

4.2.2 Hranové detektory

Hrana v obraze je vektorová veličina a je určena velikostí a směrem. Tyto veličiny vycházejí z gradientu ∇ obrazové funkce v obrazovém elementu. Hrana indikuje bod obrazu, ve kterých dochází ke změnám obrazové funkce.

Hranové operátory se dělí do dvou skupin:

- Metody založené na první derivaci
- Metody založené na druhé derivaci

Metody založené na první derivaci

Tyto metody aproximují derivace obrazové funkce pomocí diferencí realizovaných diskretní konvolucí. Směr gradientu ∇ se odhaduje hledáním masky \mathbf{h} , která odpovídá největší velikosti gradientu.

Roberts operátor:

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Prewitt operátor:

Prewitt operátory 3x3 a 5x5

$$h_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h_y = \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h_x = (h_y)^T$$

Sobel operátor:

$$h_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Metody založené na druhé derivaci

Tato skupina metod spočívá v hledání hran obrazu v takových místech, kde druhá derivace obrazové funkce prochází nulou.

Canny metoda

Základním principem této metody je hledání průchodu druhé derivace obrazové funkce nulou.

Požadavky při detekci hran:

- Detekční kritérium (neopomíjení významných hran)
- Lokalizační kritérium (minimální rozdíl mezi skutečnými a detekovanými hrany)
- Jednoznačnost hran (žádná hrana nesmí být detekována dvakrát)

Potup při aplikaci cannyho hranového detektoru:

- Eliminace šumu (použití filtrů)
- Výpočet gradientu ∇
- Nalezení lokálních extrémů
- Eliminace nevýznamných hran

4.3 MODIFIKOVANÁ DISTANČNÍ TRANSFORMACE

Oproti klasické distanční transformaci není počítána vzdálenost mezi jednotlivými body v obraze, ale vzdálenost barvy bodu od referenční barvy v barevném prostoru.

Vzdálenost je počítána euklidovským vztahem:

$$f(x, y) = \sqrt{(M_1 - g(x, y, 1))^2 + (M_2 - g(x, y, 2))^2 + (M_3 - g(x, y, 3))^2} \quad (4)$$

Vzd představuje počítanou vzdálenost, **M** je vektorem referenční barvy a **g(x,y,n)** je vstupní obraz.

Pro odlišení barev s prohozenými kanály je nutné doplnit rovnici o pomocné podmínky.

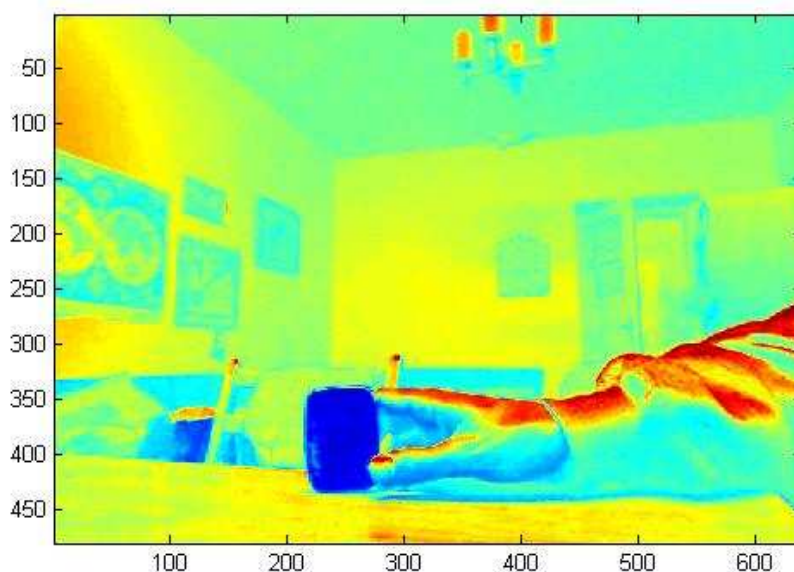
$$\begin{aligned} (M_1 - g(x, y, 1)) > e_1 \dots vzd(x, y) &= 255 \\ (M_2 - g(x, y, 2)) > e_2 \dots vzd(x, y) &= 255 \\ (M_3 - g(x, y, 3)) > e_3 \dots vzd(x, y) &= 255 \end{aligned} \quad (5)$$

Výstupem transformace je šedotónový obraz určující podobnost barvy bodu od referenční barvy. Při použití YCbCr barevného modelu jsou změny barvy způsobené nežádoucími vlivy (odlesky, změna osvětlení) soustředěny v Y složce. Pro potlačení tohoto jevu je rozdíl Y složek ve vztahu (4) vynásoben konstantou **k_y** pohybující se na intervalu (0-1).

$$f(x, y) = \sqrt{(k_y (M_1 - g(x, y, 1)))^2 + (M_2 - g(x, y, 2))^2 + (M_3 - g(x, y, 3))^2} \quad (6)$$



Obrázek 4-6: Vstupní obraz pro distanční transformaci



Obrázek 4-7: Výstupní obraz distanční transformace pro červený objekt

4.4 SEGMENTACE

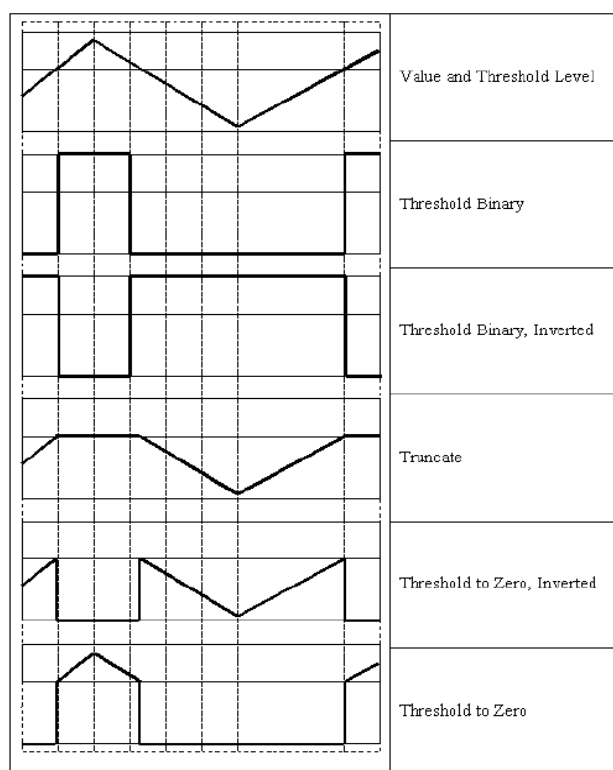
Stěžejní část zpracování obrazu je segmentace obrazu. Segmentací obrazu se rozumí analýza obrazu, která vede k nalezení a rozdělení objektů ve zpracovávaném

obraze na části, které mají spojitost se skutečnými objekty. Výsledkem této operace je rozdělení obrazu na jednotlivé nepřekrývající se části, které buď jednoznačně korespondují s objekty ve vstupním obraze, pak se jedná o **kompletní segmentaci**, nebo vytvořené části nemusí přímo odpovídat objektům ve vstupním obraze a pak se jedná o **částečnou segmentaci**.

Při částečné segmentaci je výsledkem rozdělení obrazu do samostatných částí, které jsou homogenní vzhledem k určitým zvoleným vlastnostem, jako jsou jas, barva apod. Po zpracování složitého obrazu je výsledkem seznam oblastí, které jsou homogenní v jistých zvolených rysech. Tyto oblasti se mohou překrývat.

4.4.1 Segmentace prahováním

Tato metoda vychází ze skutečnosti, že mnoho objektů a oblastí obrazu je charakterizováno konstantní vlastnostmi povrchu (odrazivost, absorpční vlastnosti). Platí-li tento předpoklad, pak je možné použít určitou jasovou konstantu T jako prahu k oddělení objektů od pozadí.



$$f(x, y) = \begin{cases} \max \dots g(x, y) > T \\ 0 \dots \text{jinak} \end{cases}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 \dots g(x, y) > T \\ \max \dots \text{jinak} \end{cases}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} T \dots g(x, y) > T \\ g(x, y) \dots \text{jinak} \end{cases}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} g(x, y) \dots g(x, y) > T \\ 0 \dots \text{jinak} \end{cases}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 \dots g(x, y) > T \\ g(x, y) \dots \text{jinak} \end{cases} \quad (7)$$

Obrázek 4-8: Druhy globálního prahování [4]

Prahování s lokálním prahem

Je-li globální práh funkcí celého obrazu:

$$T_{global} = T(f)$$

pak lokální práh je funkcí podobrazů vzniklých rozdělení původního obrazu

$$T_{local} = T(f, f_c)$$

kde, f_c je podobraz pro něž je práh určován.

Prahování s množinou jasů

Funkce je založena na metodě prahování s globálně platným prahem. Místo jediné konstanty T je určena množina jasů D . Jasy náležící množině D jsou považovány za objekty a ostatní je považováno za pozadí

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 \dots g(x, y) \in D \\ 0 \dots jinak \end{cases} \quad (8)$$

Tato metoda lze využít pro hledání hranic objektů.

Prahování s více prahy

Metoda je založena na stanovení redukovaného množství podmnožin jasových úrovní D_1 až D_n .

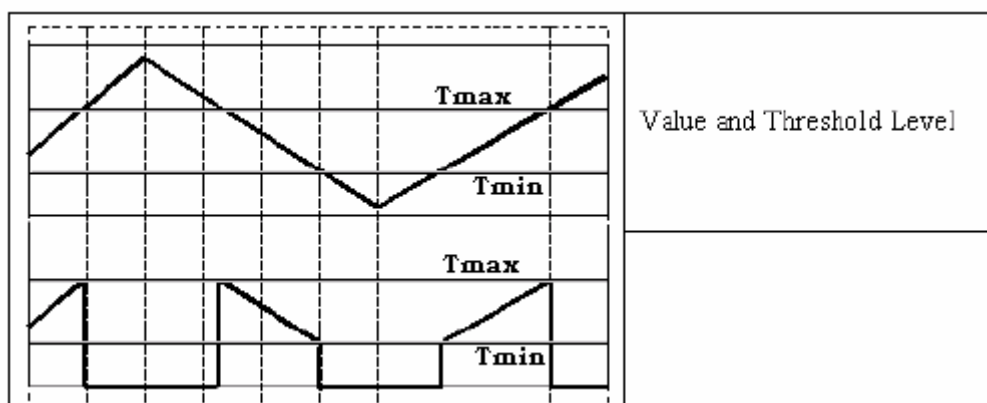
$$f(x, y) = \begin{cases} 1 \dots g(x, y) \in D_1 \\ 2 \dots g(x, y) \in D_2 \\ 3 \dots g(x, y) \in D_3 \\ \dots \\ n \dots g(x, y) \in D_n \\ 0 \dots jinak \end{cases} \quad (9)$$

Výsledkem této transformace již není binární obraz, ale obraz s redukovaným počtem jasů $<0-n>$.

Poloprahování

Při vizuálním hodnocení výsledků člověkem lze využít takovou definovanou podmnožinu D pro kterou platí:

$$f(x, y) = \begin{cases} g(x, y) \dots g(x, y) \in D \\ 0 \dots jinak \end{cases} \quad (10)$$



Obrázek 4-9: Princip poloprahování na intervalu jasů

Takto lze získat obraz, kde bylo odstraněné pozadí při zachování informací o jasů v objektech. Výsledkem je obraz s úplnou jasovou informací.

4.5 SEGMENTACE NA ZÁKLADĚ DETEKCE POHYBU

4.5.1 Rozdílové metody

Pro jednoduché případy detekce pohybu je možné využít informaci obsaženou v rozdílech mezi dvěma po sobě jdoucími obrazy. Je-li rozdíl nulový nebo

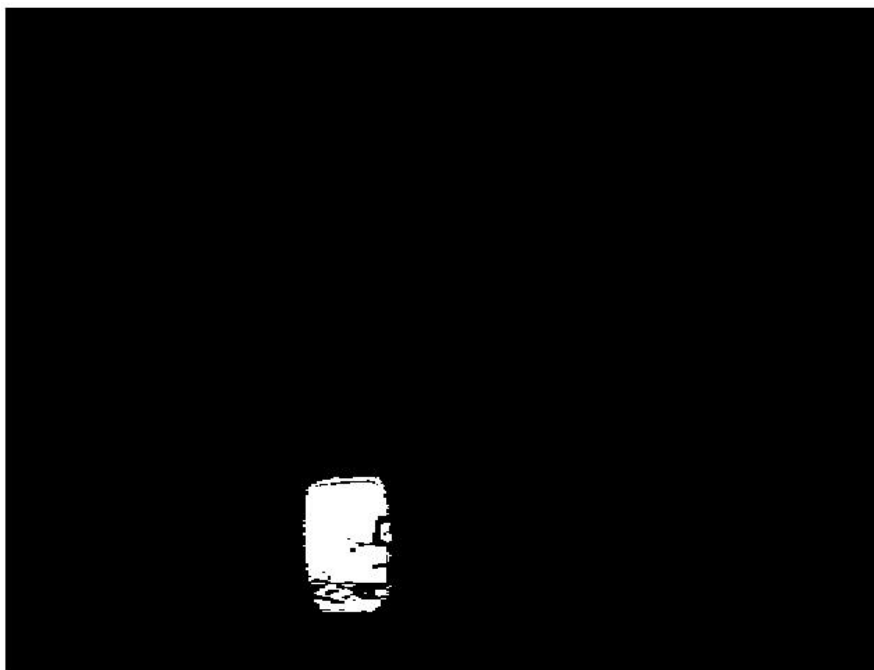
menší než zvolená mez, není v bodě detekován pohyb. Naopak je-li rozdíl větší než mez je pohyb detekován. Toto lze matematicky formulovat rovnicí 13.

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 \dots |g_1(x, y) - g_2(x, y)| \geq e \\ 0 \dots \text{jinak} \end{cases} \quad (11)$$

Kde $g(x, y)$ je výstupní binární obraz s detekovanými body v pohybu, f_1, f_2 jsou dva po sobě jdoucí vstupní obrazy a e je konstanta označující práh detekce objektu.

Zvláštním případem rozdílové metody je, když původní obraz f_1 je dán modelem pozadí. Výsledný binární obraz pak určuje pohyb od základní scény a nikoliv od předchozího snímku.





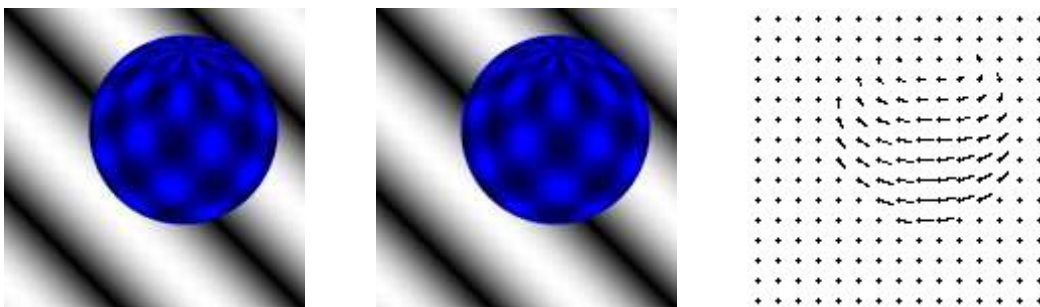
Obrázek 4-10: Princip detekce pohybu rozdílovými snímky (Vlevo nahoře: Snímek s objektem,
 vpravo nahoře je model pozadí a spodní obraz představuje binární obraz s detekovaným
 předmětem)

4.5.2 Optický tok

Optický tok je metoda, která zachycuje všechny změny obrazu za časový interval dt . Ke každému bodu obrazu je určen vektor odpovídající směru a rychlosti pohybu.

Metodu optického toku lze použít v různých druzích pohybu:

- Statický snímač - pohybující se scéna
- Pohybující se snímač – statická scéna
- Pohybující se snímač - pohybující se scéna



Obrázek 4-11: Výpočet optického toku [5]

Metoda optického toku je relativně výpočetně náročná. Proto je vhodné ji kombinovat s jinými metodami (rozdílové metody, detekce významných bodů v obraze).

5. PRINCIP PROGRAMU

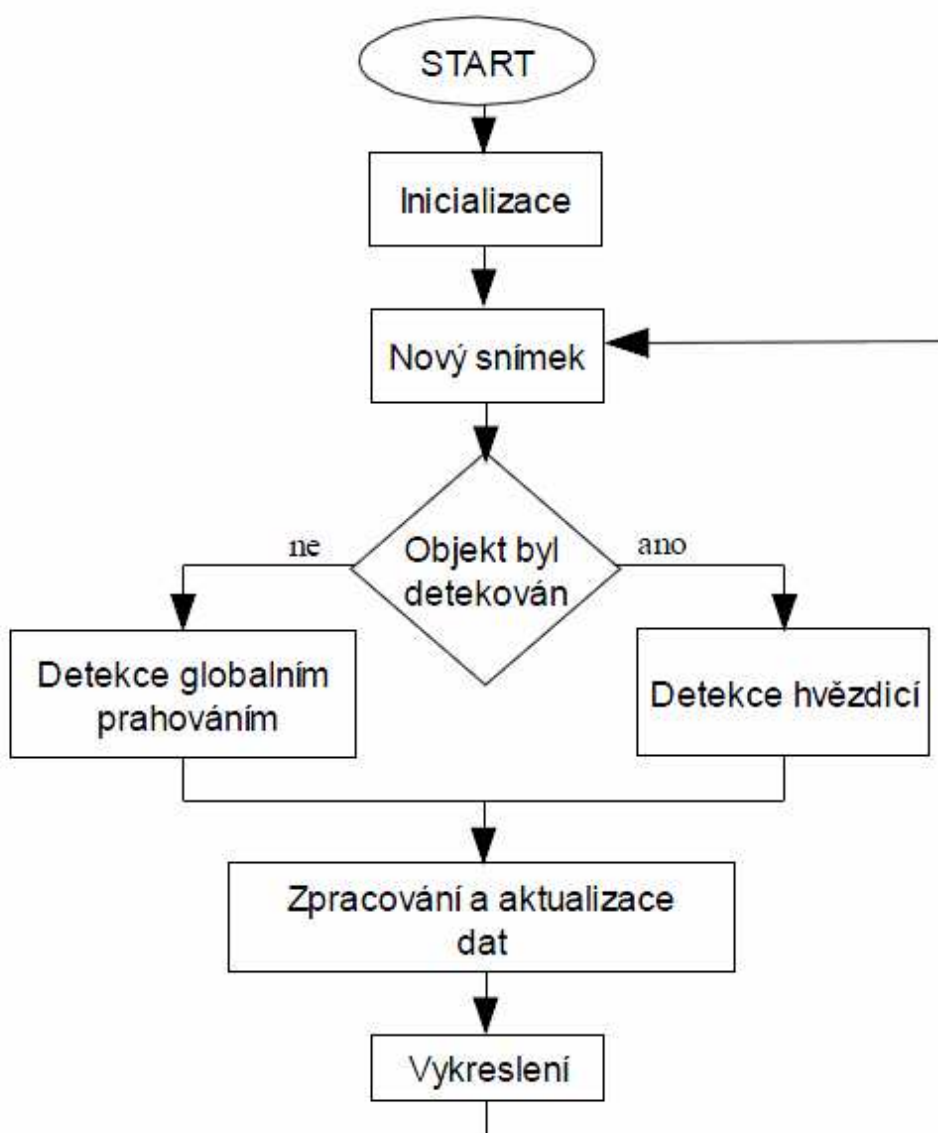
Program byl nejprve realizován pro prostředí MATLAB, které je vhodnější pro samotný vývoj a odlaďování programu. Realizace pouze v tomto prostředí nese s sebou mnohé nevýhody kvůli kterým bylo nutné přepsat program do jiného jazyka. V programu je předpokládáno, že doba T , která uběhne mezi dvěma snímky, je velmi krátká a zanedbatelná. Toto zanedbání však nelze uplatnit při realizaci v prostředí MATLAB. Další nevýhodou prostředí byla absence vhodného prostředku pro aplikaci výstupních dat programu.

Proto bylo přikročeno k realizaci v jazyce C/C++, kde obě tyto nevýhody jsou potlačeny.

5.1 PRINCIP PROGRAMU

Nejprve je řešen problém inicializace hardwaru, nastavení pomocných proměnných, získání modelu pozadí a podobně. Následuje získání snímku a detekce hledaného objektu. Detekce může proběhnout dvěma různými způsoby v závislosti na tom, zda byl v minulém snímku objekt detekován či nikoli.

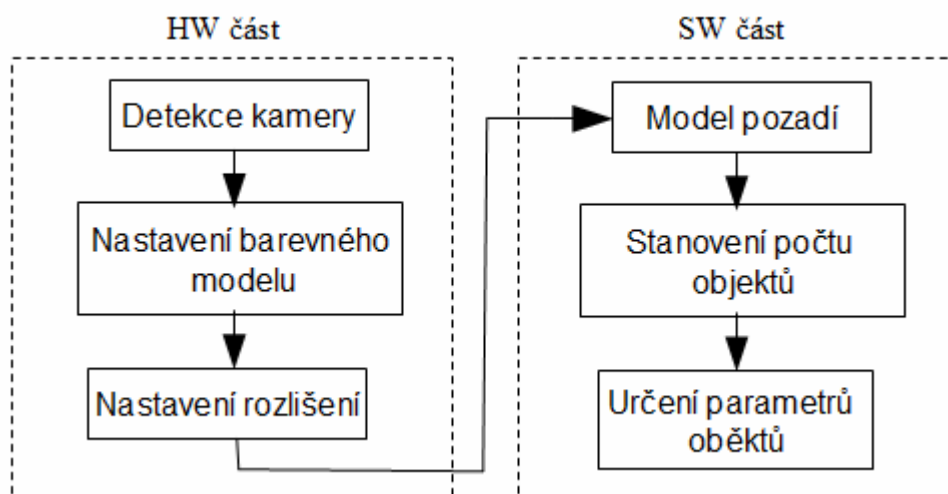
Z okrajových bodů předmětu je metodou nejmenších čtverců nalezena nejlepší elipsa popisující detekovaný předmět. Z elipsy jsou následně vypočítány parametry, které slouží jako výstup programu. Schéma je zobrazeno na obrázku **5-1**.



Obrázek 5-1: Algoritmus programu

5.2 BLOK INICIALIZACE

Tento blok se stará o detekci a nastavení HW potřebného pro získání obrazu a o přípravu pomocných dat pro správný běh samotného programu. Celý blok je vyobrazen na 5-2.



Obrázek 5-2: Schéma inicializace

5.2.1 Příprava hardwarové části

Jako HW slouží především webkamera, ale může být použita jakákoliv dostatečně rychlá kamera propojená s PC. Je vhodné, aby zařízení podporovalo výstup v barevném modelu YCbCr. Případně je nutné převést výstup na tento formát. To však vede k prodloužení doby zpracování a zmenšení počtu FPS.

Při volbě rozlišení snímacího zařízení je nutno zohlednit několik rozdílných faktorů. Na jedné straně je nutné pořídit snímek v dostatečně kvalitním rozlišení a na druhou stranu velké rozlišení zvyšuje nároky na výpočetní výkon stroje. Jako deufalutní nastavení rozlišení je zvoleno 640x480 px.

5.2.2 Příprava pomocných proměnných

Přípravou pomocných proměnných se rozumí vytvoření modelu pozadí, nastavení počtu detekovaných objektů a jejich vlastností.

Model pozadí je definován jako průměr deseti snímků na nichž uživatel nevystavuje dále hledaný objekt. Objekt je definován vektorem středních hodnot barev \mathbf{M} , který obsahuje hodnoty barev v jednotlivých kanálech, a intervalem barev \mathbf{H} , ze kterých se objekt skládá.

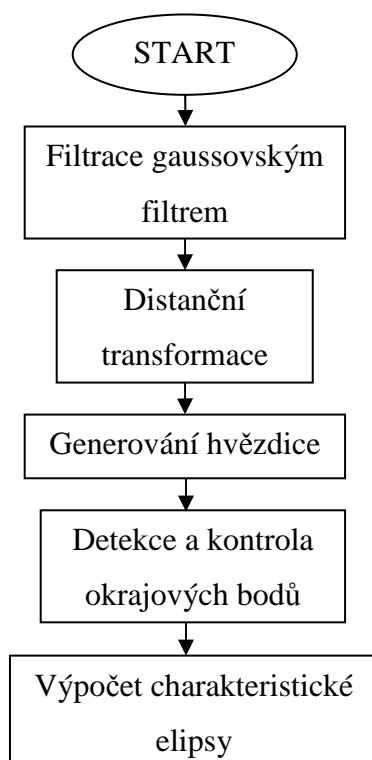
$$M = [Y, Cb, Cr]$$

$$H = \begin{bmatrix} Y \min, Cb \min, Cr \min \\ Y \max, Cb \max, Cr \max \end{bmatrix}$$

Vektor barev M je určen jako průměrná hodnota barev v submatici 5x5 ve středové poloze objektu. Interval barev je pro začátek programu odhadnut experimentálně.

5.3 DETEKCE HVĚZDICÍ

Metoda detekuje hledaný objekt za předpokladu, že je známo jeho umístění. Princip metody je založen na vygenerování hvězdice se středem, který je umístěn uvnitř hledaného objektu. Každý paprsek je procházen od středu hvězdice po její konec, zda na něm neleží bod, který by odpovídal hranici objektu. Výsledné body jsou vyhodnoceny a transformovány do elipsy popisující hledaný objekt.

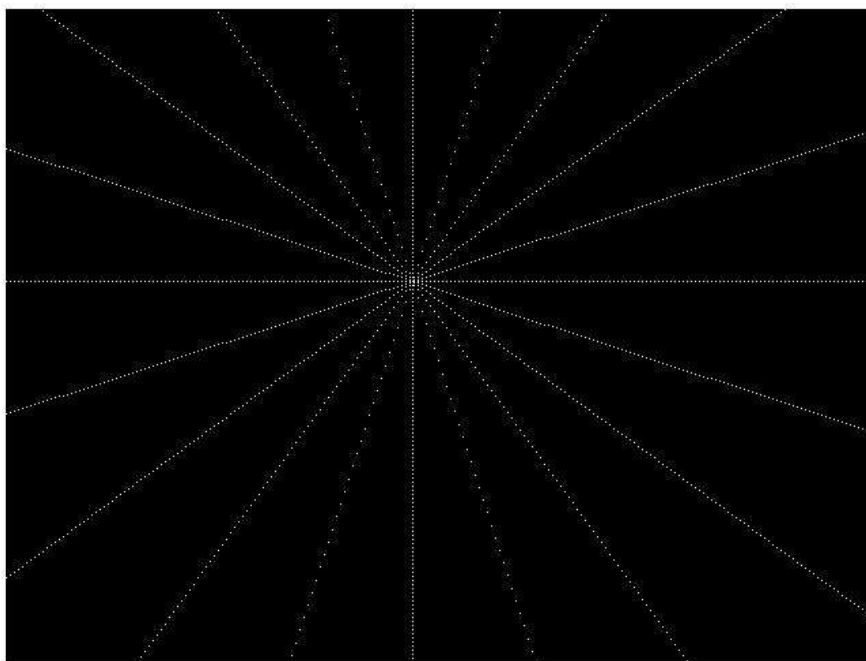


Obrázek 5-3: Princip detekce hvězdící

5.3.1 Generování hvězdice

Cílem tohoto bloku je generování hvězdice se středem ležící vevnitř detekovaného objektu. Střed hvězdice je odhadnut z posledního známého umístění a vektoru pohybu objektu.

Počet paprsků je experimentálně určen na dvacet v jedné polovině hvězdice. Zvolená hodnota byla určena s ohledem na rostoucí výpočetní náročnost se zvětšujícím se počtem paprsků a dostatečnou rozlišovací schopností této metody.



Obrázek 5-4: Vygenerovaná hvězdice

Samotná hvězdice je uspořádaným polem souřadnic představující její jednotlivé body. Pro definované úhly, které představují jednotlivé paprsky jsou s iteračním krokem generovány souřadnice bodů ležící na přímce o daném úhlu. U vypočítaných souřadnic jsou kontrolovány hodnoty, zda bod patří do obrazu či nikoliv. Pro úhly blížíící se 90° , respektive 270° , je upravován iterační krok pro kompenzaci vzdálenosti jednotlivých bodů hvězdice.

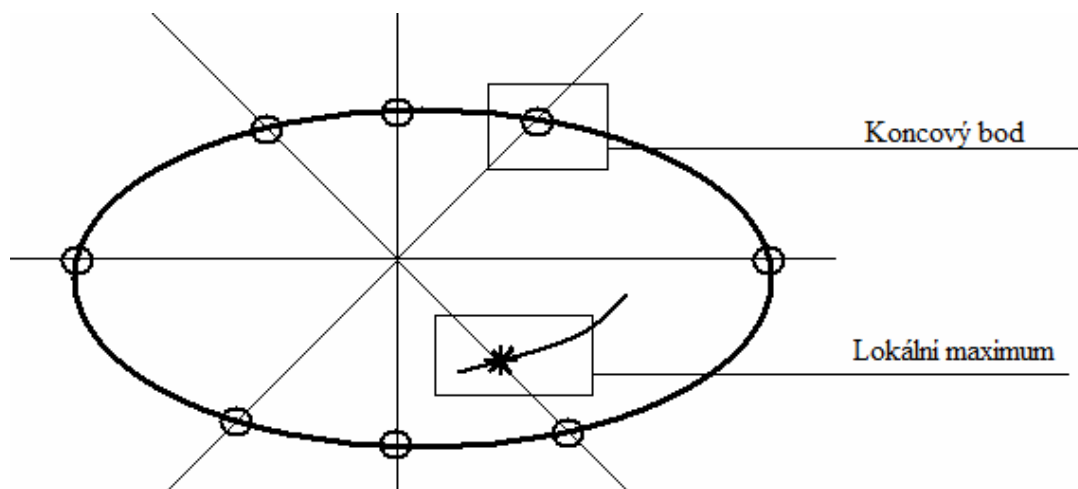
5.3.2 Detekce okrajových bodů

Postupováním od středu hvězdice k okrajům jsou hledány takové body, které by mohly být označeny jako hraniční. Jako body hraniční jsou považovány body, u kterých je splněna alespoň jedna podmínka:

- Bod leží mimo interval H definující rozsah barev detekovaného objektu.
- Vzdálenost barvy bodu je větší než maximální přípustná vzdálenost VZD_{max} .
- Změna vzdálenosti barvy aktuálního bodu od vzdálenosti bodu minulého je větší než maximální mez D_{max} .

Matice H je popsána v předešlých kapitolách. Konstanta VZD_{max} je určena tak, aby byl detekován okraj objektu i v případě neexistence významné hrany v okraji objektu. D_{max} je hodnota určující hodnotu derivace při, které je detekován okrajový bod.

Při detekci okrajového bodu je zkoumáno jeho okolí, zda tento bod není pouze lokálním extrémem. Je-li zjištěno, že bod je pouze lokální hraničním bodem algoritmus pokračuje dál. V druhém případě je bod uznán a program pokračuje zkoumáním dalšího paprsku.

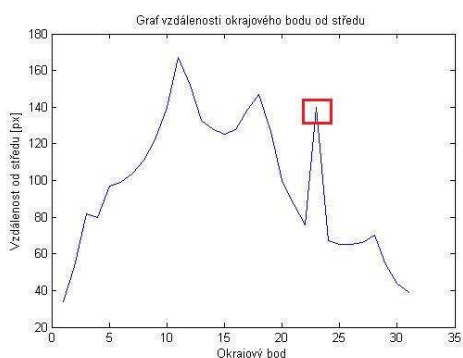


Obrázek 5-5: Princip detekce okrajových bodů předmětu

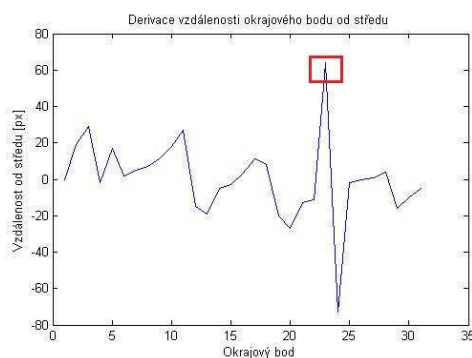
5.3.3 Kontrola okrajových bodů

Okrajové body jsou prokládány elipsou pomocí metody nejmenších čtverců, která je náchylná na chybně detekované body. Tento blok se snaží tyto chybně detekované body detekovat a odstraňovat je.

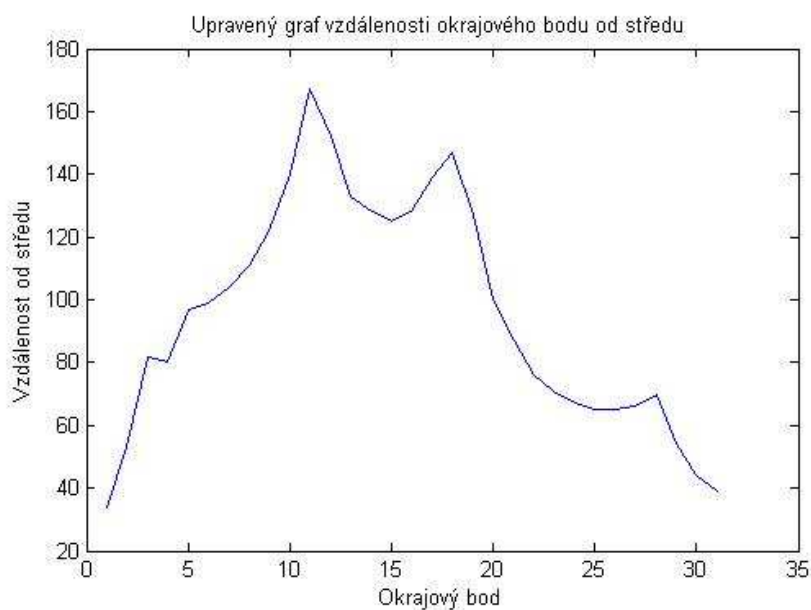
Princip metody vychází z předpokladu, že posloupnost vzdáleností správně detekovaných bodů od středu hvězdice je bez výrazných lokálních extrémů.



Obrázek 5-6: Graf vzdálenosti
koncových bodů od středu (s chybně
detekovaným bodem)



Obrázek 5-7: Graf derivace vzdáleností
koncových bodů od středu



Obrázek 5-8: Upravený graf bez chybně detekovaného okraje

Program slouží k nalezení případného extrému a jeho odstranění. Extrém je hledám derivací posloupnosti vzdáleností okrajových bodů od středu hvězdice. Je-li nalezeno v derivaci posloupnosti takové místo, že velikost derivace jednoho prvku a prvku následujícího v absolutní hodnotě přesahuje mez ϵ a derivace mezi nimi prochází nulou, pak bod je označen jako chybně detekovaný okrajový bod.

5.3.4 Proložení bodů elipsou

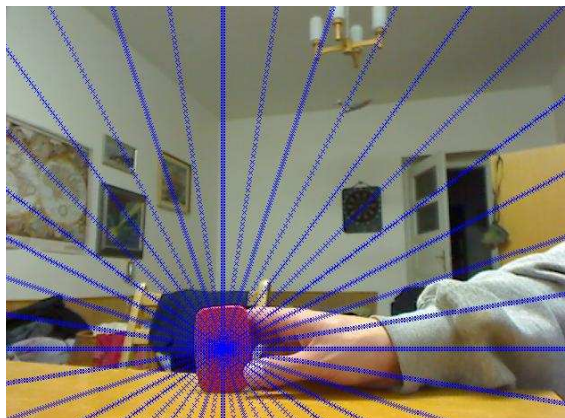
Hledaný předmět je nutné nějakým způsobem popsat. Jedním ze způsobů popsání objektu je transformace jeho okrajových bodů na útvar, jenž lze snadno geometricky popsat.

V programu je realizováno prokládání koncových bodů elipsou na základě metody nejmenších čtverců. Výhodou tohoto řešení je, že výsledná elipsa obsahuje informace:

- Souřadnice ohniska
- Úhel natočení elipsy
- Velikost elipsy



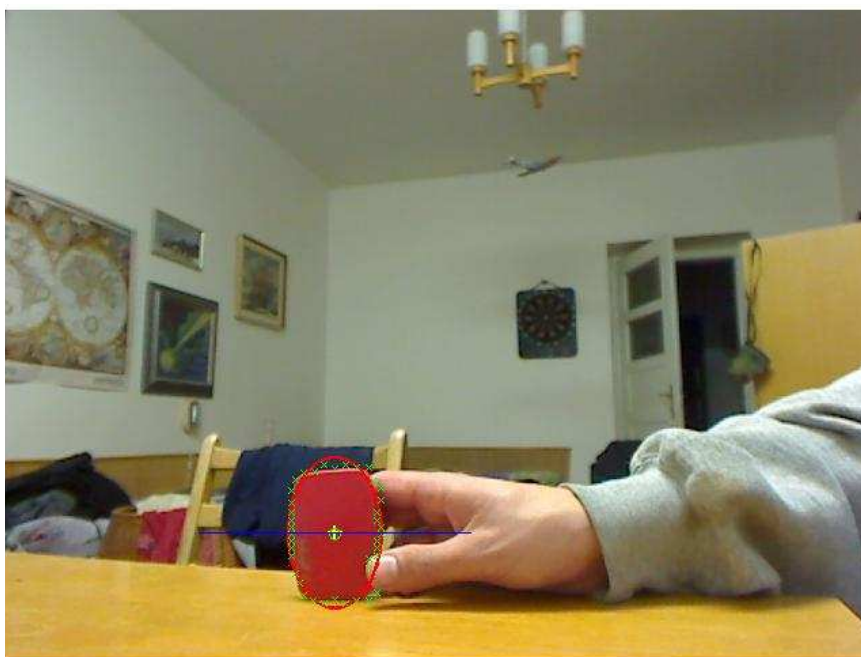
Obrázek 5-9: Vstupní obrázek



Obrázek 5-10: Vygenerovaná hvězdice



Obrázek 5-11: Nalezené okrajové body objektu



*Obrázek 5-12: Výstupní obraz s vypočtenou charakteristickou elipsou a vyznačeným
úhlem natočení*

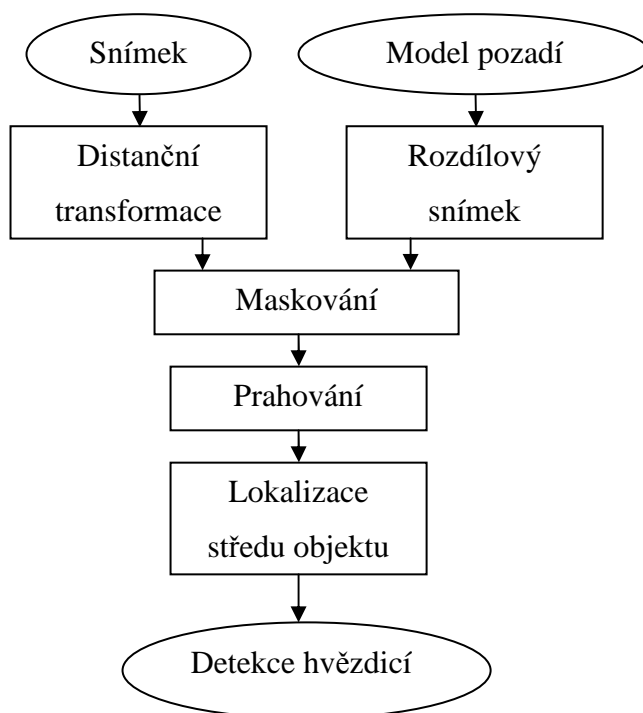
5.4 DETEKCE GLOBÁLNÍM PRAHOVÁNÍM

Tato metoda slouží k hledání objektu v případě, že v minulém kroku nebyl detekován.

Nový snímek je transformován pomocí modifikované distanční transformace. Pomocí detekce pohybu rozdílovými snímky jsou zjištěna místa, u kterých došlo k pohybu vůči pozadí. Místa s detekovaným pohybem jsou naprahována konstantou ϵ .

Konstanta ϵ je volena tak, aby ve výsledném obraze byl co nejvíce odstraněn šum i za cenu odstranění částí objektu. Z výsledného binárního obrazu je vypočítána střední hodnota souřadnic všech nenulových pixelů. Takto nalezený bod slouží jako střed nové hvězdice pro detekci hvězdic.

Není-li nalezen dostatečný počet nenulových bodů, je tento krok aplikován na další snímek.



Obrázek 5-13: Princip detekce globálním prahováním



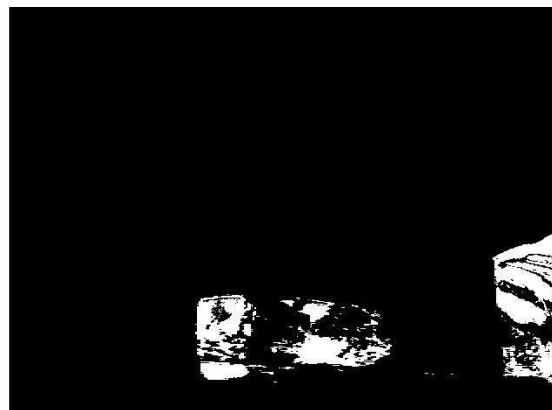
Obrázek 5-14: Vstupní snímek



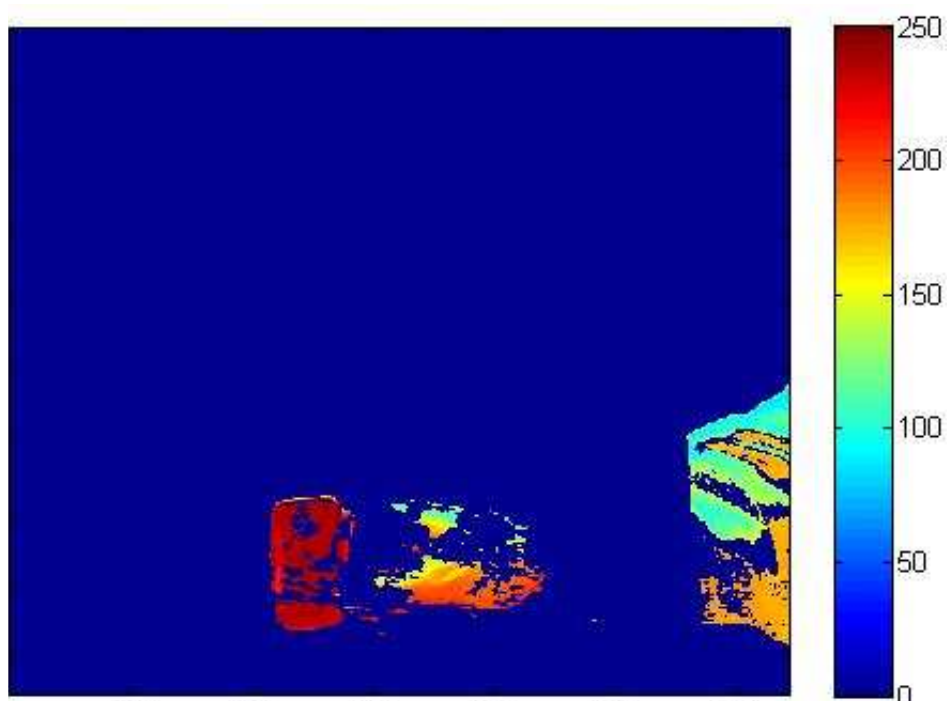
Obrázek 5-15: Model pozadí



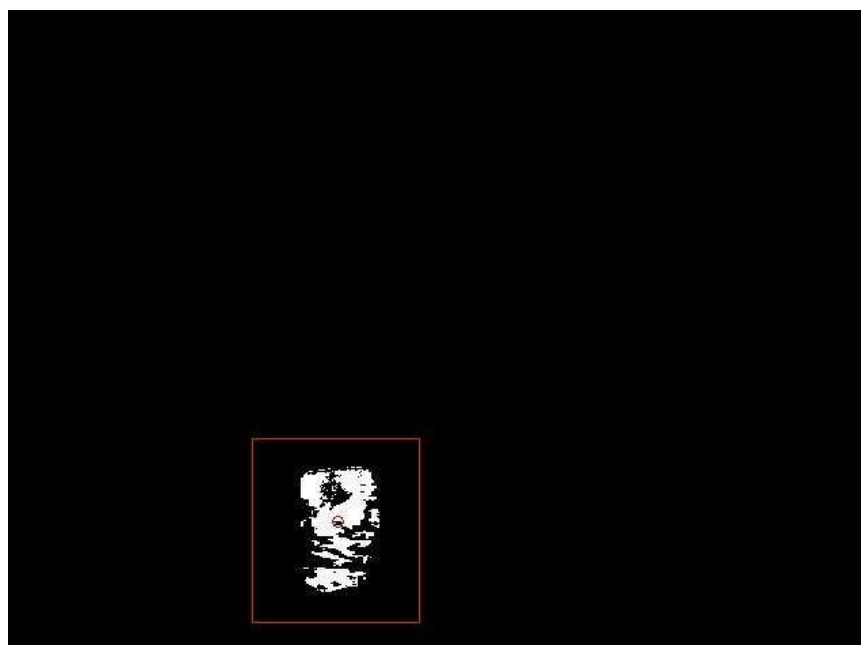
Obrázek 5-16: Snímek po distanční transformaci



Obrázek 5-17: Rozdílový snímek od modelu pozadí



Obrázek 5-18: Vymaskovaný transformovaný vstupní obrázek



Obrázek 5-19: Obrázek s detekovaným objektem

5.5 AKTUALIZACE DAT

Za běhu programu se mění parametry scény a je nutné aktualizovat data, která se výrazně mění:

- Charakteristická barva předmětu
- Interval barev předmětu
- Umístění předmětu
- Model pozadí

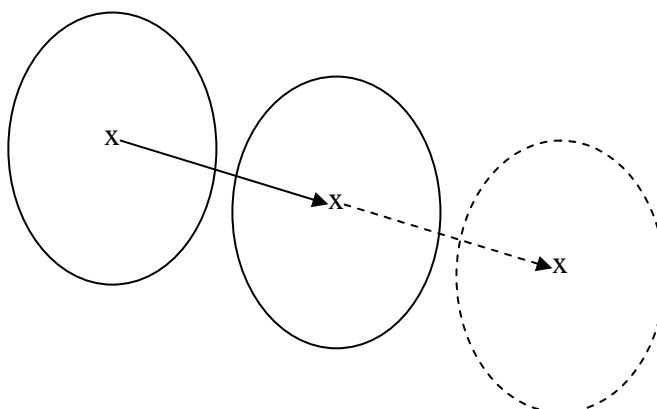
5.5.1 Aktualizace charakteristické barvy a intervalu jasů

Při aplikaci detekce hvězdíček je uchována informace o barvě bodů ležících uvnitř předmětu. Střední hodnota bodů je pak uložena jako charakteristická barva. Maximální a minimální hodnota barev uvnitř objektu je přetransformována na interval jasů.

Při detekci globálním prahováním je charakteristická barva určena střední hodnotou všech bodů ležících uvnitř objektu. Podobně jako u metody detekce hvězdíček je maximální a minimální hodnota barev uvnitř objektu transformována na interval jasů.

5.5.2 Predikce umístění středu hvězdice

Za předpokladu velmi krátké doby mezi jednotlivými snímky lze zanedbat rychlost posuvu detekovaného objektu a umístit hvězdičku ve středu charakteristické elipsy nalezené v minulém snímku. V případě, že je pohyb detekovaného objektu příliš rychlý, nebo frekvence snímku nedostatečná, je nutné predikovat další umístění středu hvězdice.



Obrázek 5-20: Princip predikce umístění středu hvězdice

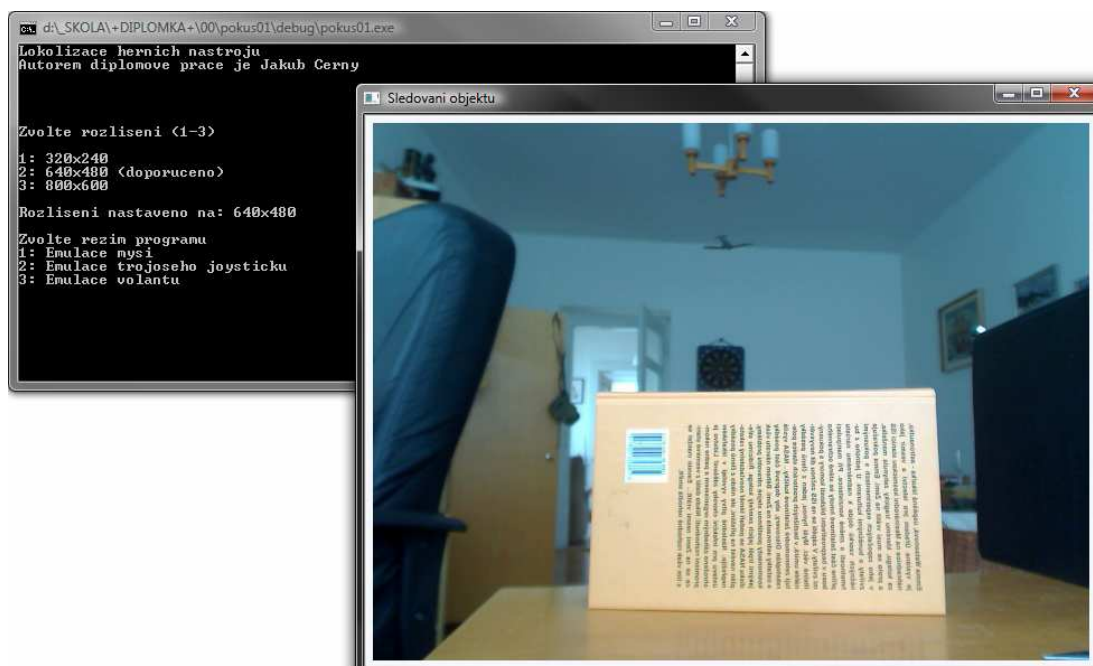
Z informace o umístění dvou předešlých středů elips je vypočítán vektor \mathbf{V} , který zahrnuje informaci o rychlosti a směru pohybu objektu. Posunutím vektoru \mathbf{V} do aktuálního středu hvězdice je vypočítán nový bod \mathbf{B} , který označuje nový střed hvězdice.

5.5.3 Aktualizace modelu pozadí

V programu je předpokládána relativně krátká doba používání stejného modelu pozadí. Proto model není aktualizován a v případě, že je nevyhovující musí být utvořen model nový.

5.6 UŽIVATELSKÉ PROSTŘEDÍ

Komunikace programu s uživatelem je řešena skrze příkazy v konzoli. Uživatel následuje jednoduché povely, které se zobrazují v příkazové řádce.



Obrázek 5-21: Komunikace programu s uživatelem

Nabídka rozlišení byla volena tak, aby většina i starších webových kamer tyto rozlišení podporovala. Při větších rozlišeních stoupá potřebná doba výpočtu a proto v aplikaci nebylo aplikováno rozlišení vyšší jak 800x600 px.

V dalším kroku volí uživatel mód, v kterém bude program pracovat:

- 1- emulace myši
- 2- emulace trojosého joysticku
- 3- emulace volantu

Po zvolení módu, ve kterém bude program pracovat, je volen počet objektů k detekci. V případě módu č.2 a č.3 je volen automaticky jeden sledovaný objekt.

Po volbě všech parametrů programu se uživatel musí ujistit zda detekovaný předmět není před kamerou. Následuje totiž tvorba pozadí, kde by měla přítomnost objektu fatální vliv na další detekci.

Po vytvoření modelu je uživatel vyzván k přiložení předmětu na označené místo v obrazovce. Přiložení předmětu uživatel potvrdí klávesou „a“. Po potvrzení začíná běžet stěžejní část programu. V průběhu chodu aplikace má uživatel tyto možnosti:

- Klávesou „c“ uživatel kalibruje výstup programu.
- Klávesou „r“ uživatel restartuje všechna nastavení programu a program začíná novou detekci.
- Klávesou „q“ uživatel ukončuje aplikaci.

5.7 VÝSTUPY PROGRAMU

Program slouží jako emulátor vstupního zařízení. Proto výstup programu slouží jako vstup pro ovládání externích programů.

Výstupy programu jsou rozděleny podle způsobu využití.

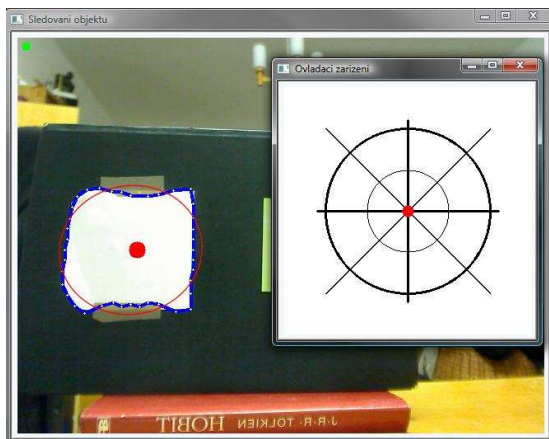
- Emulátor myši
- Emulátor trojosého joysticku
- Emulátor volantu

Jako další výstup programu slouží binární signál, který slouží jako náhrada kliknutí, zmáčknutí tlačítka apod.

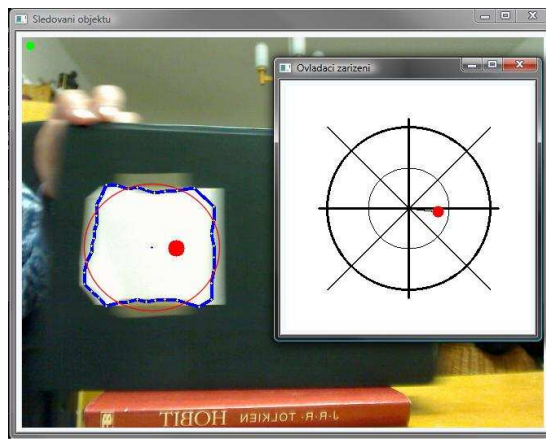
5.7.1 Emulátor myši

Program v tomto režimu detekuje objekt a vypočítává polohu jeho středu. Ze známého umístění objektu v předcházejícím snímku a vypočítané polohy v aktuálním snímku je vypočítán pohyb kurzoru (červené kolečko na snímku

s detekovaným objektem). Pohyb je popsán vektorem \mathbf{V} , který začíná ve středu terčíku a končí v malém červeném bodě. V klidové poloze je vektor \mathbf{V} nulový.



Obrázek 5-22 Ukázka výstupu myši č.1

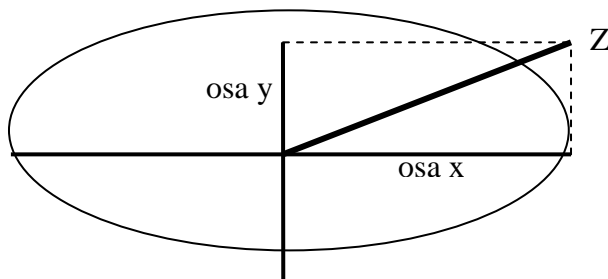


Obrázek 5-23: Ukázka výstupu myši č.2

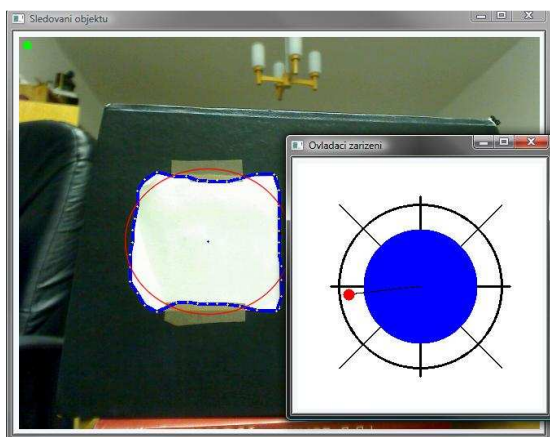
5.7.2 Emulátor trojosého joysticku

Program v režimu emulace trojosého joysticku vypočítává polohu detekovaného objektu v obraze pro posun v osách \mathbf{X} a \mathbf{Y} . Jako údaj v ose \mathbf{Z} slouží přepona mezi hlavními osami elipsy (obr 5-24).

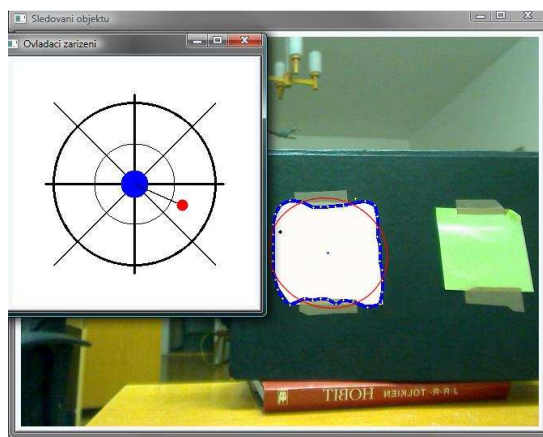
Posuvy \mathbf{X} a \mathbf{Y} jsou popsány vektorem \mathbf{V} , který je definován jako vzdálenost hledaného objektu od středu obrazovky.



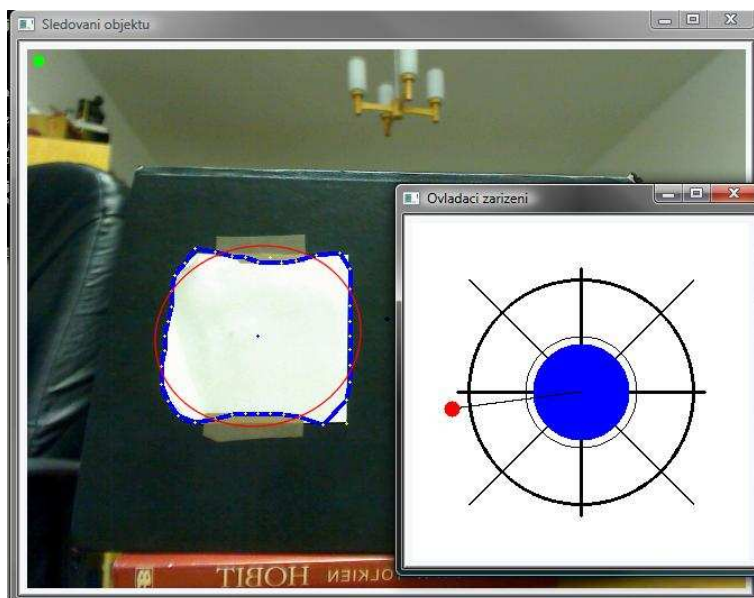
Obrázek 5-24: Princip výpočtu velikosti posunu v ose \mathbf{Z}



Obrázek 5-25: Emulace joysticku č.1



Obrázek 5-26: Emulace joysticku č.2

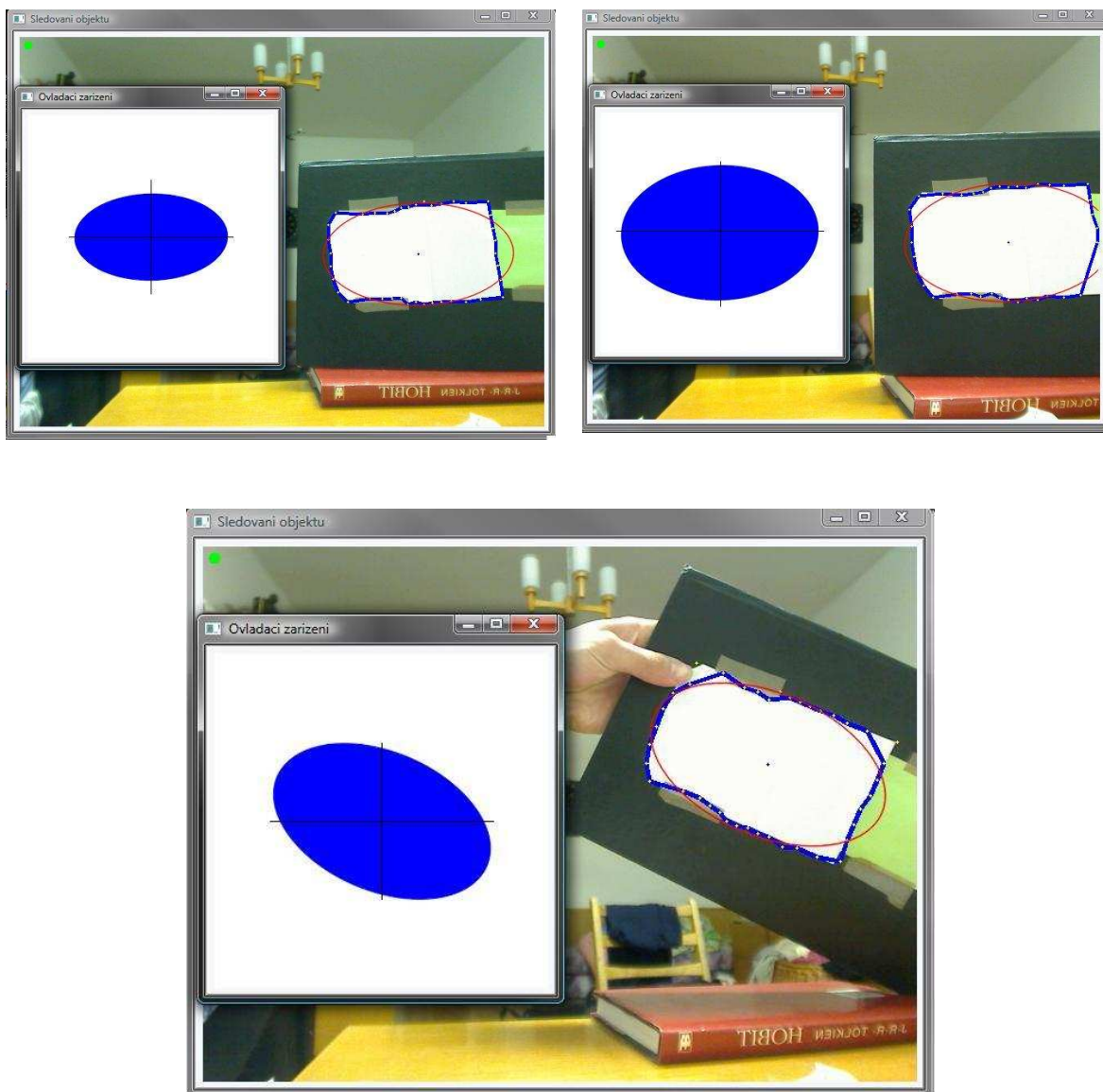


Obrázek 5-27: Emulace joysticku č.3

5.7.3 Emulátor volantu

V tomto programu je detekován úhel natočení objektu, jeho obsah a případné kliknutí. Emulátoru lze s výhodou využít v aplikacích jako simulátory aut. Posun v ose **Z** lze využít v leteckém simulátoru jako změnu polohy výškového kormidla a posun směrového kormidla je dán úhlem natočení objektu. V automobilovém

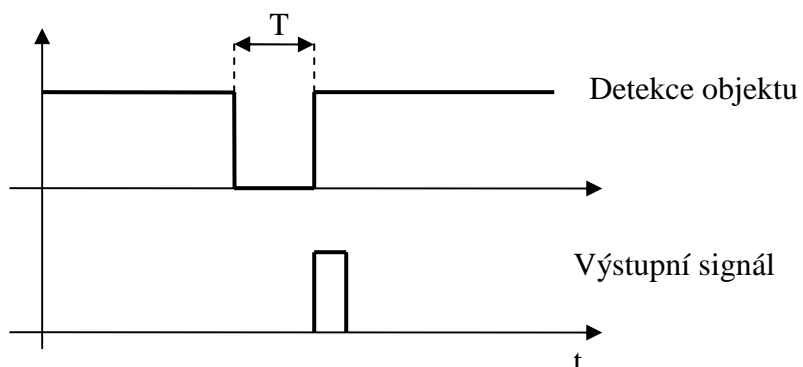
simulátoru lze posunutí v ose **Z** využít jako informaci o zmáčknutí plynového pedálu či brzdy.



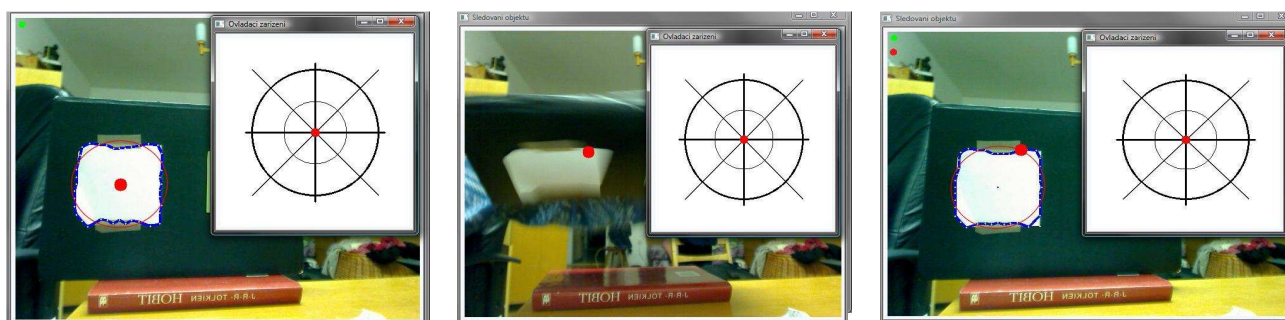
5.7.4 Detekce kliknutí

V aplikaci je implementována detekce binárního signálu, který slouží jako potvrzující nebo akční tlačítko.

Detekce kliknutí je převedeno na sledování informace, zda je objekt snímku detekován. Přestane-li být objekt maximálně po dobu T detekován a pak se vrátí do původního stavu je generován příslušný výstupní signál. Doba T je určena pěti po sobě jdoucími snímky.



Obrázek 5-28: Časová diagram detekce kliknutí



Obrázek 5-29: Posloupnost pro detekci kliknutí

Kliknutí je signalizováno červenou ikonkou v levém horním rohu snímku. Zelená ikonka indikuje zda je objekt detekován.

6. VÝSLEDKY PROGRAMU

6.1 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KVALITU DETEKCE

Tato kapitola se zabývá vlivu vnějších a vnitřních faktorů na kvalitu detekce objektů.

6.1.1 Vliv barvy pozadí na detekci objektu

Při barvě pozadí podobné barvě objektu může docházet k chybnému nalezení předmětu. Největší problémy nastávají při detekci bílého objektu oproti zdi nebo detekci objektu barevně blízkého lidské kůži.

6.1.2 Vliv osvětlení na detekci objektu

Velký vliv na kvalitu detekce objektů má způsob osvětlení scény. Z účelu programu však vyplývá, že uživatel nemá nijak výrazně upravovat světelné podmínky na scéně. Uživatel by však měl dodržet základní pravidlo pro práci s videotechnikou.

Scéna by měla být dostatečně osvětlená. Ve špatném světle zanikají rozdíly mezi jednotlivými barvami a stoupá poměr šumu k užitečné informaci.

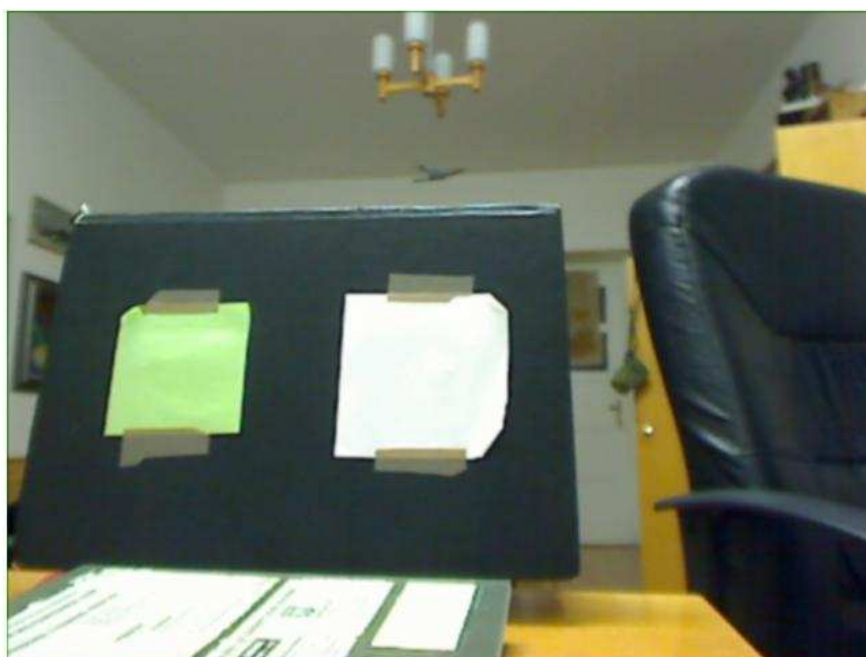
Zabránit svícení silného zdroje do objektivu snímáče nebo na detekovaný objekt. V přesvícené scéně není možné rozpoznat jednotlivé barvy a zanikají informace o hranách objektů.



Obrázek 6-1: Nevhodná scéna bez osvětlení



Obrázek 6-2: Přesvětlená scéna s výraznými odlesky

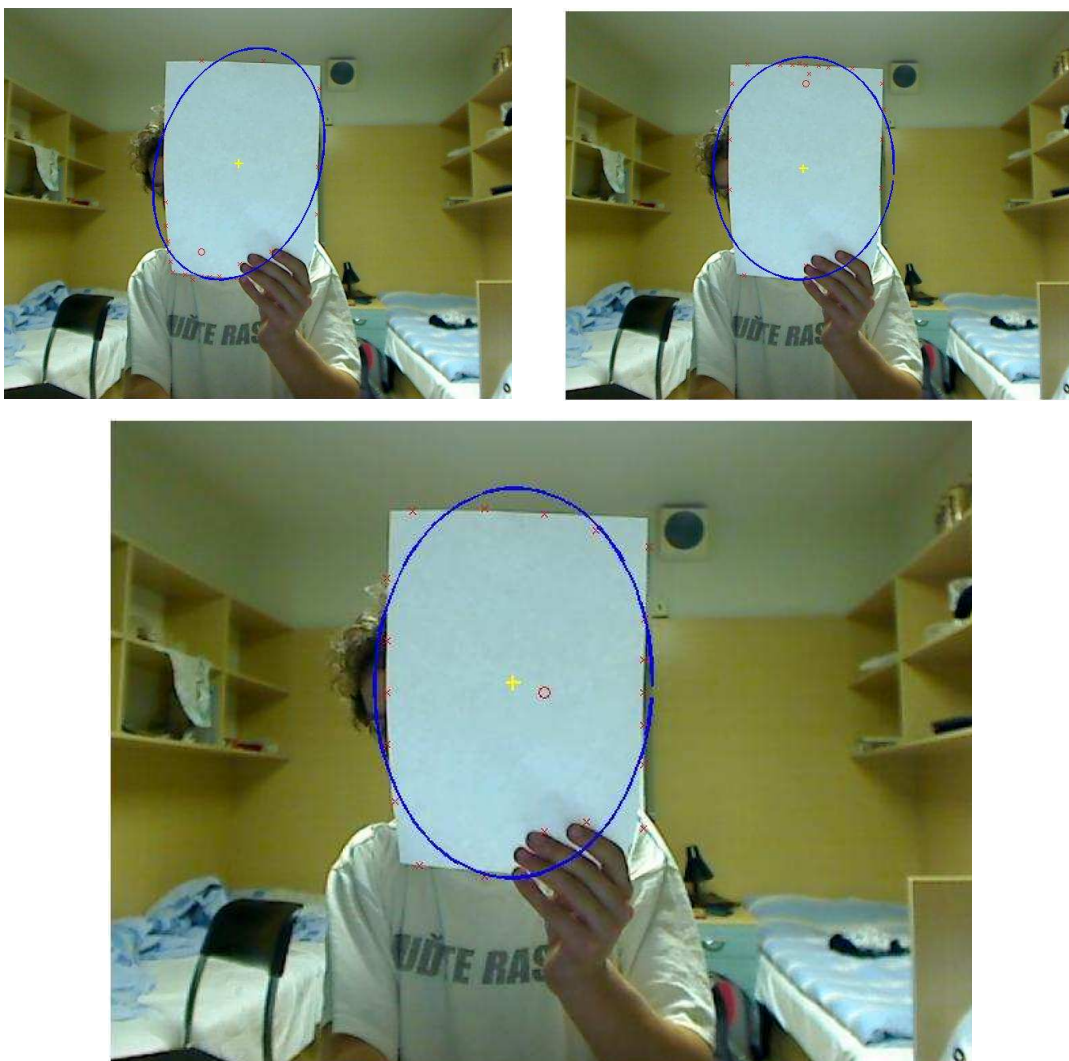


Obrázek 6-3: Vhodně nasvícená scéna

6.1.3 Vliv středu hvězdice na detekci objektu

Ramena hvězdice jsou všech úhlech generována rovnoměrně. Proto je-li střed hvězdice umístěn blízko hranice objektu, většina detekovaných okrajových bodů se

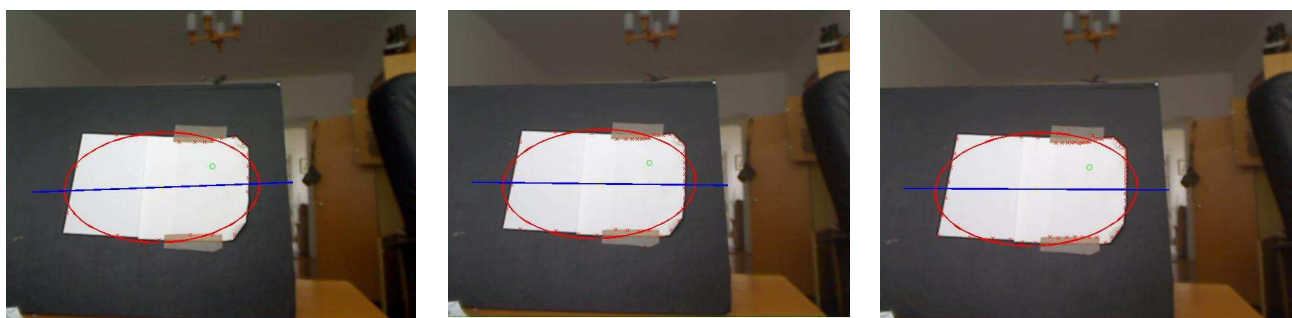
bude vyskytovat v jeho okolí. Toto nerovnoměrné rozložení může vést k naklonění detekované elipsy a mírnému vychýlení detekovaného středu od středu skutečného. Tento nedostatek je eliminován v dalším snímku, kde už je rozložení bodů rovnoměrné.



Obrázek 6-4: Vliv středu hvězdice na výslednou detekci

6.1.4 Vliv volby počtu paprsků hvězdice

S větším počtem paprsků roste rozlišovací schopnost metody avšak za cenu zvýšení nároku na výpočetní výkon. Za dobrých světelných podmínek a objektu výrazně odstupujícího od pozadí je zvyšující se počet paprsků od deufalutní hodnoty 20 nadbytečný.



Obrázek 6-5: Závislost detekce objektu na počtu paprsků hvězdice (zleva: $N=10,20,30$)

6.1.5 Další vlivy

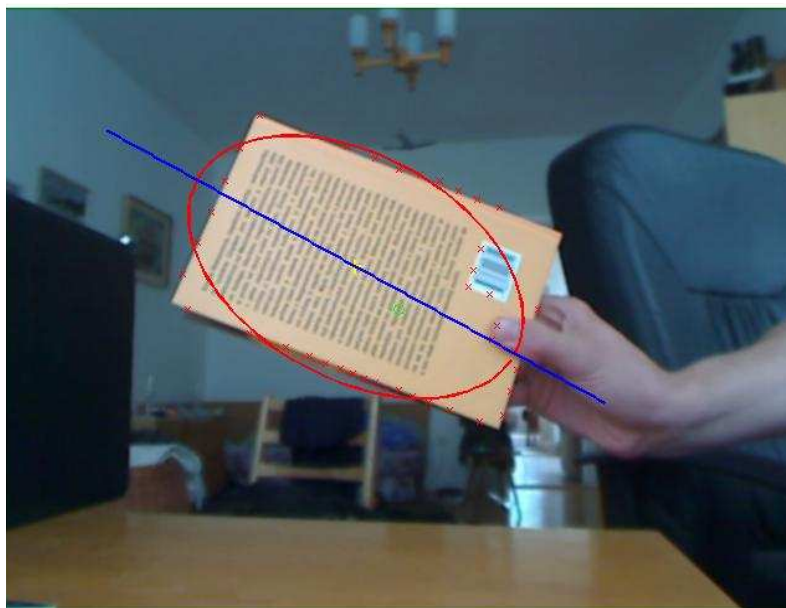
Kvalitu hledání objektů ovlivňují několik dalších faktorů:

- Vhodné rozlišení
- Kvalita videotechniky
- Volba vhodného objektu

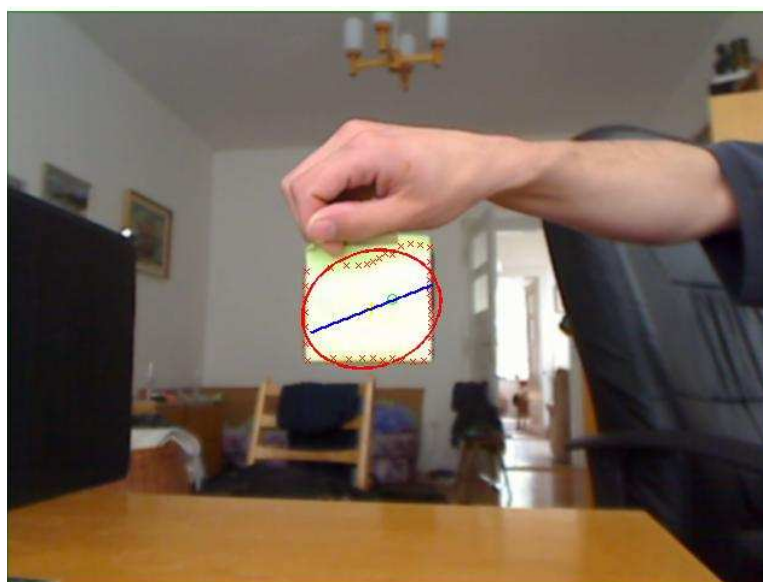
6.2 KVALITA A RYCHLOST VÝSTUPU PROGRAMU

6.2.1 Přesnost měření úhlů

V režimu emulace volantu je nutný výpočet úhlu, který svírá elipsa s osou X. Pro dostatečně kvalitní měření úhlu je nutné vybrat vhodný objekt. Pro tento případ se nehodí objekty, které mají poměr šířky a výšky blízký se k jedné.



Obrázek 6-6: Vhodný tvar objektu pro měření úhlu



Obrázek 6-7: Nevhodný tvar pro měření úhlů

Při měření úhlu naklonění vhodných a správně detekovaných objektů je přesnost programu srovnatelná s přesností ručního měření v nelaboratorních podmínkách.

6.2.2 Rychlost výpočtu

Rychlost výpočtu programu je závislá na použitém rozlišení aplikace, počtu paprsků hvězdice a velikostí detekovaného objektu.

Rozlišení	FPS	
	MATALB	C/C++
320x240	3,75	16,62
640x640	2,69	14,28
800x600	1,95	12,5

Tabulka č. 6-1: Závislost rychlosti detekce na použitém rozlišení

7. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá detekcí drženého objektu před kamerou. Informace o poloze, změně polohy a geometrických vlastnostech detekovaného objektu je využita pro generování výstupního signálu.

Na začátku diplomové práce je řešena problematika volby vhodného barevného modelu. Jako nejvhodnější model se ukázal model YCbCr pro schopnost transformovat velké množství šumu do jednoho barevného kanálu. Dalším bylo zajištění vhodného způsobu předzpracování. Samotná detekce objektu je realizována kombinací několika různých metod. Použití konkrétní metody závisí na tom, zda v předchozím snímku byl objekt detekován. Při nenalezení objektu v minulém snímku je použita detekce globálního prahování. V opačném případě je použita metoda detekce hvězdic.

Pro popsání objektu se jako vhodný způsob se ukázal proložení okrajových bodů předmětu elipsou. Popsání hledaného objektu elipsou vykazuje dobré výsledky i za chybné detekci několika okrajových bodů

Výsledná aplikace dokáže emulovat několik různých zařízení. Stává se tím multifunkčním zařízením, které má široké uplatnění.

Program detekci objektů drženého v ruce byl pro nejprve realizován v prostředí MATLAB a pro další využití byl přepsán do jazyka C/C++. Při realizaci v jazyce C/C++ byla použita opensource knihovna OPENCV.

Pro praktické využití v jiných programech by bylo nutné naprogramovat virtuální ovladače k emulovaným zařízením. Další možností pro praktické využití této práce je integrování napsaných funkcí do vlastního programu.

8. LITERATURA

- [1] Hlaváč V., Šonka M.: *Počítačové vidění*, Grada 1992, ISBN 80-85424-67-3
- [2] Haussecker H., Geissler P.: *Handbook of Computer Vision ana Applications*. San Diego: Academic press,1999, ISBN 0-12-379770-5
- [3] ČERNÝ, J. *Měřicí videomikroskop*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 60s Vedoucí bakalářské práce Ing. Ilona Kalová, Ph.D.
- [4] OpenCv wiki [online] 2006 [cit. 1.5.2010]. Dostupné z WWW: <<http://opencv.willowgarage.com/wiki/>>.
- [5] WIKIPEDIA, *Otevřená encyklopedie, heslo: Barva* [online] poslední revize 20.4.2010 [cit. 1.5.2010]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Barva>>
- [6] MIŠTA, P. *Hledání objektů v obraze*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Richter, Ph.D.
- [7] ČÍP, P. *Detekce a roypoznávání dopravních značek*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 91 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Horák, Ph.D.
- [8] *Computer Vision Reasearch Group* [online] cit.[20.4.2010]. Dostupné z WWW: <<http://of-eval.sourceforge.net/>>
- [9] WIKIPEDIA, *Otevřená encyklopedie, heslo: Game_controler* [online] poslední revize 2.11.2009 [cit. 20.4.2010]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Game_controller >
- [10] Horák Karel, Kalová Ilona: *Počítačové vidění*, Brno, 1. 11. 2006
- [11] *COULEUR.ORG* [online] cit.[20.4.2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.couleur.org/>>

9. SEZNAM ZKRATEK

- RGB – z angl. red-green-blue - červená-zelená-modrá Barevný prostor
- HSV – z angl. hue-saturation-value – odstín-saturace-jas, Barevný prostoru
- YCbCr - jas, modrá a červená složka, Barevný prostor
- FPS – z angl. frame per second - počet snímků za vteřinu
- Px – z angl. pixel – obrazový element
- PC – z angl. Personal computer – osobní počítač

10. PŘÍLOHY

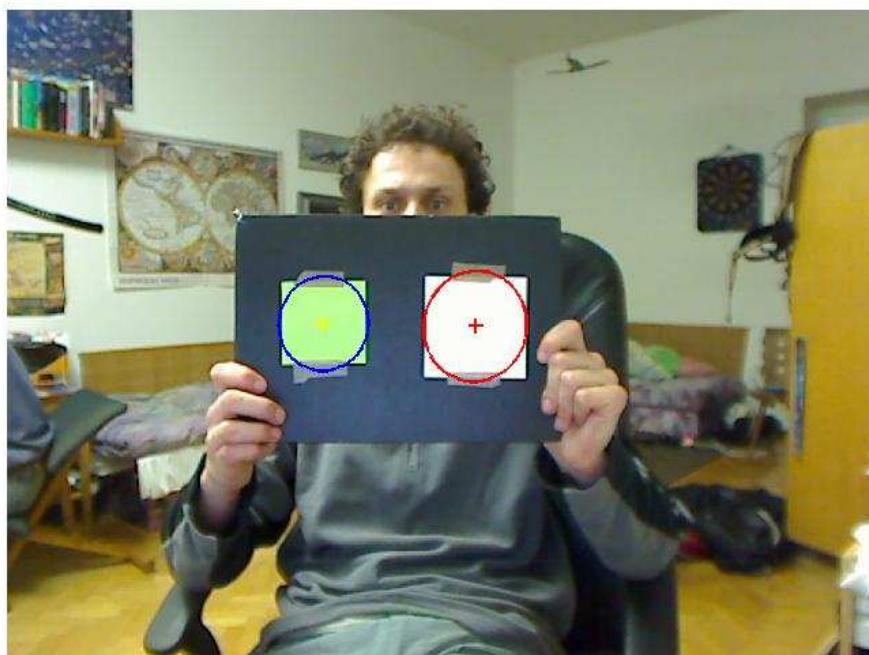
10.1 DVD

- MATLAB zdrojový kód
- C/C+ zdrojový kód
- Diplomová práce

10.2 SPRÁVNĚ DETEKOVANÉ OBJEKTY



Obrázek 10-1: Detekovaný objekt č.1



Obrázek 10-2: Detekovaný objekt č2

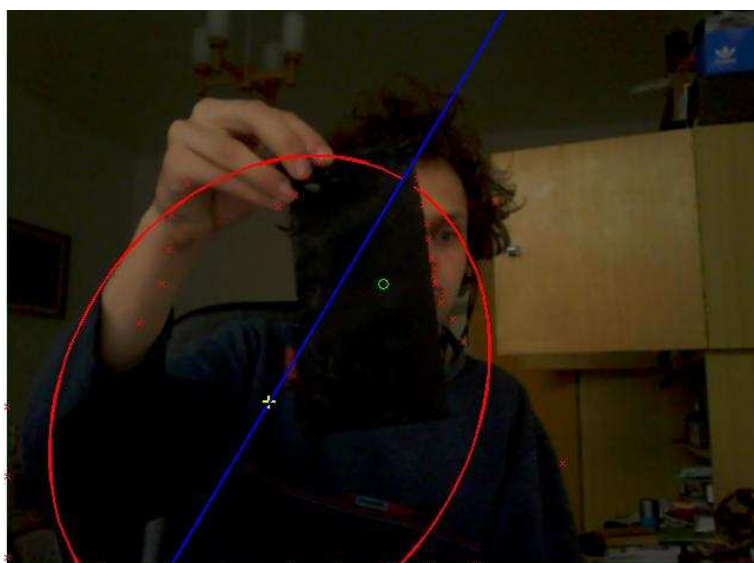


Obrázek 10-3: Detekovaný objekt č.3

10.3 CHYBNĚ DETEKOVANÉ OBJEKTY



Obrázek 10-4: Chybně detekovaný objekt č.1



Obrázek 10-5: Chybně detekovaný objekt č.2