

Systém ovládání počítače pomocí očních pohybů

Eye movement computer control system

Luděk Koutný



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Luděk KOUTNÝ**
Osobní číslo: **A10609**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Systém ovládání počítače pomocí očních pohybů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Navrhněte a realizujte rozhraní, umožňující ovládat počítač pomocí očních pohybů.
3. Pro tyto účely vyberte vhodnou kameru pro jejich snímání.
4. Doplňte systém o vhodnou signalizaci základních potřeb uživatele, jako např. jídlo, tekutiny, toaleta, odpočinek, přivolání kontaktní osoby apod.
5. Otestujte funkčnost vytvořeného systému za různých světelných podmínek několika uživateli.
6. Navrhněte další možná rozšíření vytvořeného systému.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. DOBEŠ, Michal. Zpracování obrazu a algoritmy v C. Praha : BEN-technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-233-6.
2. STRAKA, Stanislav. Segmentace obrazu. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta informatiky.
3. ZÍTKA, Michal. Detekce pohybu v obraze. Brno, 2008. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
4. STRAŠRYBKA, Tibor. Vytvoření souboru standardizovaných úloh pro snímání očních pohybů. Praha, 2007. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická.
5. GERSTNEROVA LABORATOŘ FEL ČVUT v Praze. Systém I4Control: bezkontaktní ovládání osobního počítače [online]. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://cyber.felk.cvut.cz/i4c/cz_system.html
6. THE COGAIN ASSOCIATION. COGAIN: Communication by Gaze Interaction [online]. 2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.cogain.org>

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. František Gazdoš, Ph.D.**

Ústav řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **24. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. června 2013**

Ve Zlíně dne 24. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je představeno vyvíjené rozhraní pro ovládání počítače pomocí očních pohybů. Tento systém umožní lidem, jež jsou kompletně paralyzováni (např. trpícím amyotrofickou laterální sklerózou – „nemocí motoneuronů“) komunikovat s okolním světem prostřednictvím počítače díky snímání očních pohybů webovou kamerou. Navrhovaný systém obsahuje několik druhů klávesnic a režimů pro usnadnění práce, podle typu onemocnění. Příspěvek začíná motivací pro vývoj takového systému a specifikací požadavků na vyvíjené rozhraní. Dále pokračuje rešerší podobných systémů na trhu. V závěru jsou prezentovány dosavadní výsledky spolu s dalšími možnostmi vývoje.

Klíčová slova: ovládání počítače, oční pohyb, zpracování obrazu

ABSTRACT

This thesis presents a developed interface to control a computer using eye movements. This system allows people who are completely paralyzed (eg suffering from amyotrophic lateral sclerosis - "disease neurons") to communicate with the outside world via computers by scanning eye movements by a webcam. The presented system contains several types of keyboards and arrangements to facilitate the work, according to the type of disease. The thesis contains motivation for the development of such a system together with requirements specifications for the interface. It continues by discussion on the similar systems on the market and reveals the methodology and development tools. In conclusion, the current results are presented together with ideas for further development of the system.

Keywords: computer control, eye movement, image processing

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu panu doc. Ing. Františku Gazdošovi, Ph.D za odbornou podporu při tvorbě práce. Mým rodičům, že nikdy nade mnou nezlomili hůl a vždy mě plně podporovali. Také bych chtěl práci věnovat památce mé babičce, která mě během tvorby navždy opustila a jež mi byla dlouhou inspirací a motivací v životě.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2 VÝBĚR KAMERY	13
2.1 POPIS KAMERY	13
2.2 SPECIFIKACE KAMERY	14
2.3 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ	14
2.4 NASTAVENÍ VÝSTUPU Z WEBKAMERY	15
3 PROGRAM BALABOLKA	16
3.1 RŮZNÉ VERZE APLIKACE:	16
3.2 MOŽNOSTI PŘÍKAZOVÉHO ŘÁDKU	17
4 FREKVENČNÍ ANALÝZA ZNAKŮ	20
5 SVĚTLO A BARVY V POČÍTAČOVÉ GRAFICE	23
5.1 VLASTNOSTI LIDSKÉHO SYSTÉMU VIDĚNÍ	23
5.2 LIDSKÉ OKO	25
5.3 BAREVNÉ MODEL Y	27
5.3.1 Barevný model RGB	27
5.3.2 Barevný model CMY a CMYK	28
5.3.3 Barevné model y HSV a HLS	29
6 ZPRACOVÁNÍ OBRAZU	31
6.1 REPREZENTACE OBRAZU	31
6.2 DETEKCE HRAN, IZOLOVANÝCH BODŮ A NESPOJITOSTÍ	31
6.2.1 První derivace, gradient	32
6.2.2 Druhá derivace, Laplaceův operátor	33
6.2.3 Operace LoG (Laplacian of Gaussian)	34
6.3 SEGMENTACE OBRAZU	34
6.3.1 Rozdělování a spojování oblastí (Region Splitting and Merging)	35
6.3.2 Metoda narůstání oblastí (Region Growing)	35
6.4 VZÁJEMNÁ INFORMACE A ENTROPIE	36
7 SYNCHRONIZAČNÍ METODY	38
7.1 KRITICKÉ SEKCE POMOCÍ SEMAFORŮ	38
7.2 SYNCHRONIZACE VLÁKEN	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
8 SNÍMÁNÍ OČNÍCH POHYBŮ	41
8.1 ZPRACOVÁNÍ DIGITÁLNÍHO OBRAZU	41
8.1.1 Převod barevného obrazu do stupňů šedi	41
8.2 SPRÁVNÉ SPUŠTĚNÍ A OBSLUHA SYSTÉMU	42
9 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ VYTVOŘENÉHO SYSTÉMU	44

9.1	ZAČÍNÁME.....	44
9.2	NASTAVENÍ	45
9.3	POHYB UKAZATELE/KURZORU	48
9.4	NAHRAZENÍ MYŠI	49
9.5	PSÁNÍ TEXTU – RŮZNÉ KLÁVESNICE	49
9.5.1	Standartní vs. Softvarová klávesnice	50
9.5.2	Frekvenční klávesnice	50
9.5.3	Alternativní ozvučená piktogramová klávesnice	51
9.5.4	Dětská klávesnice	52
9.6	PŘIVOLÁNÍ KONTAKTNÍ OSOBY POMOCÍ E-MAILU/SMS	52
9.7	KOMPENZAČNÍ POMŮCKA.....	53
10	TESTOVÁNÍ SYSTÉMU	54
	ZÁVĚR	56
	CONCLUSION	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

ÚVOD

Dnešní svět si už asi málokdo dovede představit bez počítačů. Počítačová technika nás obklopuje na každém kroku, v práci, v autě, dokonce i na záchodě a stala se nedílnou součástí našeho života. Spoustě lidem většinou usnadňují spoustu rutinní práce, ale jsou i tací lidé co tu možnost nemají! Lidé, kteří mají fyzické potíže jako následek úrazu či nemoci, jako je mozková obrna, Amyotrofická laterální skleróza neboli ALS nebo svalová dystrofie. I oni potřebují a chtějí komunikovat s okolním světem a ne se uzavřít do sebe a ztrácet naději! Vždyť ta umírá poslední. Dnešní počítačové algoritmy jsou natolik výkonné a rafinované, že dokážou těmto handicapovaným lidem pomoci! Využití těchto algoritmů, najdeme v různých oborech jako je automatizace, silniční provoz, ale především v medicíně a astronomii, kde je potřeba pracovat s velkým množstvím dat a jejich zpracování.

V práci je představeno vyvíjené rozhraní pro ovládání počítače pomocí očních pohybů. Nabízí uživateli plnohodnotně psát text, surfování po internetu, komunikovat s nainstalovanými aplikacemi a plnohodnotně nahrazuje běžnou počítačovou myš. V práci je využita metoda pro převod do stupně šedi a metoda vzájemné informace a entropie na rozeznávání podobnosti obrazů, což usnadňuje vyhodnocování polohy zornice.

V teoretické části se zaměřuji na vlastnosti webkamery Live! Cam Socialize HD 1080 a podám informace k nastavení výstupního obrazu. V další části práce je rozebrána detekce a zpracování očních pohybů. V praktické části je vytvořen systém, který se stará o zachycení a zpracování obrazu, jeho porovnání s ostatními referenčními obrazy a následně vyhodnocení. V systému je možné individuální nastavení pro pohodlnější ovládání počítače a v případě potřeby také zaslat upozornění kontaktní osobě. Závěr teoretické části je věnován testování systému na několika osobách, za různých světelných podmínek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V práci [6] se zaměřují na detekci pohybu v obraze. Jsou zde základní metody pro detekci pohybu v obraze a metody segmentace pomocí aktivních kontur s názornými ukázkami. Zabývá se zpracováním digitálního statického a dynamického obrazu.

Na katedře kybernetiky v rámci Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze vytvořili projekt I4Control® [11]. Tento systém umožňuje motoricky handicapovaným uživatelům ovládat počítač pomocí očních pohybů nebo pohybů hlavy. Kamera je umístěna na brýlové obrubě a z bezprostřední blízkosti snímá uživatelské oční pohyby. Získaná data poté slouží k ovládání kurzoru. Systém plně nahrazuje počítačovou myš a klávesnici. Obsahuje několik druhů klávesnic a režimů pro usnadnění práce, podle typu onemocnění a doprovodný software, který umožňuje efektivněji ovládat instalované aplikace. Na systému se neustále pracuje a hledají se účinnější, rychlejší a přesnější algoritmy pro výpočetní sílu. Uživatelé si mohou přístroj vyzkoušet za jednorázovou cenu 1.000,-Kč. V případě, že se poté uživatel rozhodne daný přístroj zakoupit, je mu tato částka odečtena od koncové ceny zařízení, které se pohybuje kolem 49.000,-Kč.

Cílem navazující práce [5] je vytvořit soubor standardizovaných úloh pro snímání očních pohybů, na nichž jsou testovány vlastnosti a kvality algoritmů rozpoznávání zornice ve videosignálu, které pomůžou rozšířit systém I4Control® a tím pomoci jeho rozvoji a uvedení do široké praxe. Soubor má sloužit jako nástroj pro testování systému I4Control®. Obsahuje úlohy k testování schopnosti uživatele přesně a pohodlně ovládat zařízení. Jedná se o hry, které mají však hlubší smysl v procvičení nových uživatelů a hodnocení jejich pokroku v ovládání systému.

Asociace COGAIN [18] integruje odborné znalosti pro vývoj nových technologií a systémů podporující uživatele se zdravotním postižením. Projekt byl zahájen v září 2004 a financování projektu skončilo v srpnu 2009. Nicméně, COGAIN pokračuje ve své práci ve formě sdružení.

V rámci předkládané práce byl vytvořen systém, jehož jádro spočívá v jednoduché segmentaci obrazu na jednotlivé „regiony“, podobně jak je uvedeno v práci [6], které se pak využijí k detekci pohybu zornice (vlevo, vpravo, nahore, dole, uprostřed). V této práci se využívá metoda pro převod do stupně šedi a metoda vzájemné informace a entropie na rozeznávání podobnosti obrazů, což usnadňuje vyhodnocování polohy oka. Podobně jako systém I4Control® [11][5], obsahuje několik druhů klávesnic a režimů pro

usnadnění práce, podle typu onemocnění, vizualizaci ze záznamového zařízení, snadnou kalibraci pro jednotlivé polohy oka a uživatelské grafické rozhraní vytvořené v programovacím jazyku C#. Na rozdíl od zmíněných systémů, se každých 5 minut provede re-kalibrace očních pohybů, aby se zabránilo nežádoucím účinkům systému. Dále se také liší v možnosti přivolání kontaktní osoby pomocí e-mailu nebo SMS. Je také snaha o jakékoliv pomocné rozšíření např. diakritika, ovládání myši, zrychlení celého programu, detekci oční čočky, rychlého spuštění základních programů k psaní textu atd. V závěru práce jsou prezentovány dosavadní výsledky spolu s dalšími možnostmi vývoje tohoto systému.

2 VÝBĚR KAMERY

Než se vrhneme do výběru webkamery, je dobré se zamyslet, jak ji chceme využívat. Co s ní chceme monitorovat. Jak kvalitní obraz vyžadujeme, za jakých světelných podmínek ji budeme používat a kolik peněz do ní chceme investovat.

Požadavky na webkameru byly, aby disponovala systémem fixace na kšilt čepice, systémem automatického ostření (autofocus) a zvládala práci za snížených světelných podmínek v cenové relaci do 1.500,-Kč.

2.1 Popis kamery

Webkamera má širokoúhlý objektiv, díky kterému má čistý a ostrý obraz. Obsahuje mikrofony s technologií potlačení hluku a díky tomu přenáší čistý zvuk. Zvládá jednoduché skenování, extrahování a správu obchodních kontaktů nebo dokumentů. Webkamera pracuje i za snížených světelných podmínek a je velice jednoduchá na instalaci.



Obr. 1. Vzhled kamery
Live! Cam Socialize HD
1080 [12]

2.2 Specifikace kamery

Snímač: obrazový snímač s rozlišením Full HD 1080p (1920 x 1080)

Rozlišení videa: Full HD 1080p (1920 x 1080 pixelů)

Rozlišení obrazu: 12 Mpx

Rychlost snímání: až 30 snímků/s při kvalitě Full HD 1080p

Širokoúhlý objektiv se skleněnou optikou a automatickým ostřením

Mikrofony Adaptive Array s technologií tvarování svazku a potlačení hluku

Funkce Plug & Chat v systému Windows, Mac OS X 10.5 a Linux 2.6

Tlačítko pro pořizování snímků a tlačítko Live! Contacts

Víceúčelový podstavec

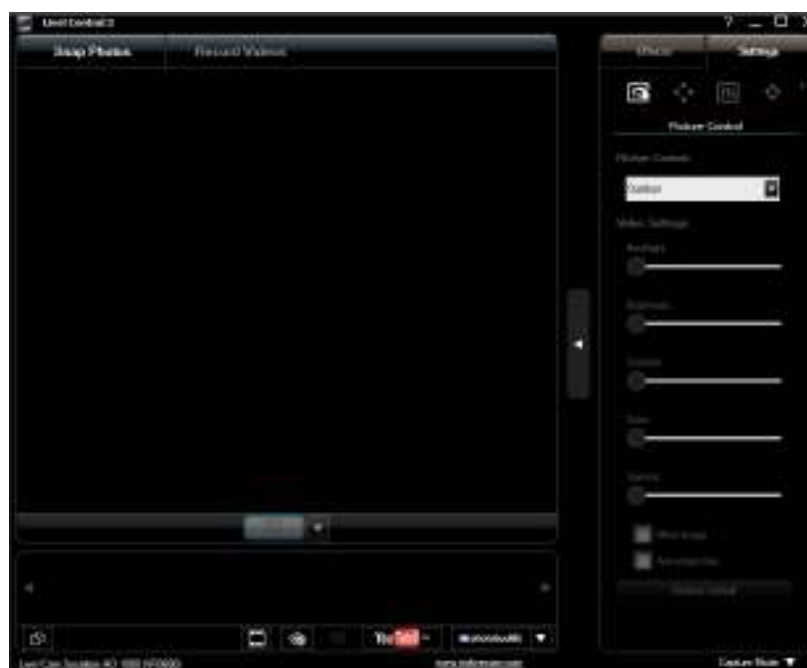
Délka kabelu: 1,5 metru

USB 2.0 Hi-Speed

[13]

2.3 Uživatelské rozhraní

Uživatelské prostředí softwaru je pro uživatele přehledné a jednoduché, viz následující obrázek.



Obr. 2. Uživatelské rozhraní

2.4 Nastavení výstupu z webkamery

Ke správnému chodu programu, musí být webkamera správně zaostřena a přiblížena na tvar oka. Kamera je z jejího konstrukčního hlediska přidělána ke kšiltu čepice vzhůru nohama a je potřeba výstup horizontálně překlopit. Dále je potřeba provést i vertikální překlopení obrazu, aby byl výstup co nejrealističtější.

3 PROGRAM BALABOLKA

Volně šiřitelná aplikace Balabolka je Text-To-Speech (TSS), program který využívá všechny nainstalované hlasy v systému. Umožňuje ukládání do různých audio formátů. Jako vstupní formáty jsou podporovány AZW, AZW3, CHM, DjVu, DOC, EPUB, FB2, HTML, LIT, MOBI, ODT, PRC, PDF a RTF dokumenty. Ukládat lze do WAV, MP3, MP4, OGG nebo WMA audio souborů. [14]

Program využívá různé verze Microsoft Speech API (SAPI), umožňuje měnit hlasové parametry, včetně rychlosti a výšky hlasu. Uživatel může využít substituční seznam pro zlepšení kvality hlasové artikulace. Tato funkce je užitečná, když se chce změnit hláskování slov. Pro jejich opravu použijeme syntaxi regulárních výrazů. [14]

Program Balabolka je využit v systému pro ozvučenou alternativní piktogramovou klávesnici. Každý obrázek v piktogramové klávesnici má přiřazen svůj název a text. Po výběru patřičného obrázku se jeho text automaticky v pozadí přepoše do konzolové aplikace programu Balabolka a tam je posléze strojově přečten.

3.1 Různé verze aplikace:

- **Portable verze** – přenosná Balabolka nevyžaduje instalaci a lze spustit z USB disku. Počítač musí mít alespoň jeden hlas nainstalován.
- **Console verze** – Konzolová aplikace neobsahuje žádné grafické uživatelské rozhraní a funguje pouze z příkazové řádky. Program zpracovává různé parametry příkazového řádku a je schopen číst text nahlas nebo uložit jako audio soubor.
- **Text Extract Utility** – Program umožňuje extrahovat text z různých typů souborů. Extrahované texty mohou být kombinovaně v jednom souboru a / nebo rozděleny do několika souborů. Nástroj funguje z příkazové řádky, bez zobrazení uživatelského rozhraní. [14]

3.2 Možnosti příkazového řádku

Následuje tabulka s popisem jednotlivých parametrů, které lze v programu využít.

Parametr <specifikace>	Popis parametru
-l	<i>Vytiskne seznam dostupných hlasů.</i>
-g	<i>Vytiskne seznam dostupných výstupních audio zařízení.</i>
-f <text_file>	<i>Nastaví název vstupního textového souboru.</i>
-w <wave_file>	<i>Nastaví název výstupního souboru ve formátu WAV. Pokud je zadán parametr, bude zvukový soubor vytvořen. V opačném případě bude text číst nahlas.</i>
-n <voice_name>	<i>Nastavuje název hlasu (část názvu bude stačit). Pokud není tato volba použita, použije se výchozí hlas Windows.</i>
-b <integer>	<i>Nastaví výstupní zvukové zařízení podle svého indexu. Index výchozí zvukové zařízení je 0.</i>
-o	<i>Zapiše zvuková data na standardní výstup (pro SAPI 5 a Microsoft Speech platformy). Pokud je zadán parametr [-w] je volba ignorována.</i>
-s <integer>	<i>SAPI 4: nastavení rychlosti v rozsahu od 0 do 100 (žádná výchozí hodnota). SAPI 5 a Microsoft Speech Platforma: nastavení otáček v rozsahu -10 až 10 (výchozí je 0).</i>
-c	<i>Bere text ze schránky.</i>
-t <text>	<i>Zadávání textu může být převzato z příkazového řádku.</i>
-i	<i>Bere text ze standardního vstupu</i>
-p <integer>	<i>SAPI 4: nastavuje výšku v rozsahu od 0 do 100 (žádná výchozí hodnota). SAPI 5 a Microsoft Speech Platforma: nastavuje výšku v rozsahu -10 až 10 (výchozí je 0).</i>

Parametr <specifikace>	Popis parametru
-v <integer>	<i>SAPI 4: nepoužívá. SAPI 5 a Microsoft Speech Platforma: Nastavení hlasitosti v rozsahu 0 až 100 (výchozí hodnota je 100).</i>
-e <integer>	<i>Určuje délku pauzy mezi větami (v milisekundách). Výchozí hodnota je 0.</i>
-a <integer>	<i>Určuje délku pauzy mezi odstavci (v milisekundách). Výchozí hodnota je 0.</i>
-d <filename>	<i>Používá slovník pro výslovnost opravy (*. REX nebo *. DIC). Příkazový řádek může obsahovat několik možností [-d].</i>
-k	<i>Parametr zabije/ukončí další kopie aplikace konzole v paměti počítače.</i>
-q	<i>Přidává aplikace do fronty. Konzolová aplikace bude čekat, dokud se další kopie programu nedokončí.</i>
-lrc	<i>Vytvoří soubor LRC, pokud je možnost [-w] nebo [-o] je specifikována (pouze pro SAPI 5 a Microsoft Speech platformy)</i>
-? nebo -h	<i>Vytiskne seznam dostupných voleb příkazové řádky.</i>
--lrc-length <integer>	<i>Nastaví maximální délku textových řádků pro soubor LRC (ve znacích).</i>
--lrc-filename <filename>	<i>Nastaví název souboru LRC. Tato volba může být užitečná, když je [-o] specifikováno.</i>
--lrc-encoding <encoding>	<i>Nastaví kódování souboru LRC ("ansi", "utf8" nebo "unicode"). Výchozí hodnota je "ansi".</i>
--lrc-offset <integer>	<i>Nastavuje časový posun pro soubor LRC (v milisekundách).</i>
--lrc-artist <text>	<i>Nastavuje identifikační štítek pro soubor LRC: umělec.</i>
--lrc-album <text>	<i>Nastavuje identifikační štítek pro soubor LRC: album.</i>

Parametr <specifikace>	Popis parametru
--lrc-title <text>	<i>Nastavuje identifikační štítek pro soubor LRC: Název titulu.</i>
--lrc-author <text>	<i>Nastavuje identifikační štítek pro soubor LRC: autor.</i>
--lrc-creator <text>	<i>Nastavuje identifikační štítek pro soubor LRC: tvůrce souboru LRC.</i>
-c	<i>Bere text ze schránky.</i>
-t <text>	<i>Zadávání textu může být převzato z příkazového řádku.</i>
-i	<i>Bere text ze standardního vstupu</i>

Tab. 1. Možnosti příkazového řádku [14]

4 FREKVENČNÍ ANALÝZA ZNAKŮ

Frekvenční analýzou znaků rozumíme počet výskytů znaků v dané abecedě textu. Na základě frekvenční analýzy byla vytvořena v systému frekvenční klávesnice. [10]

Využívám ji v mé práci k rozložení patřičných znaků po klávesnici, podle jejich četnosti výskytu a ke zkrácení počtu pohybů po klávesnici. Díky tomuto způsobu se urychlí čas psaní textu, který hraje velkou roli u handicapovaných uživatelů.

Zde je uvedena tabulka frekvence četnosti znaků v českém textu, využitelné pro frekvenční analýzu textu. [10]

Znak	Četnost[%]	Znak	Četnost[%]	Znak	Četnost[%]
a	66.98	i	45.71	s	46.20
á	21.29	í	31.01	š	8.17
b	16.65	j	19.83	t	55.54
c	16.01	k	37.52	ť	0.38
č	10.17	l	40.97	u	31.31
d	36.13	m	32.62	ú	1.45
d'	0.19	n	66.76	ů	5.69
e	78.31	ň	0.73	v	43.78
é	11.78	o	82.83	w	0.72
ě	14.91	ó	0.32	x	0.92
f	3.94	p	34.54	y	17.52
g	3.43	q	0.06	ý	9.42
h	12.96	r	36.77	z	21.23
ch	10.07	ř	11.86	ž	10.22

Tab. 2. Frekvence českých písmen [10]

Bigram je jakákoliv dvojice sousedních písmen v nějakém textu. [10]

Následující tabulka zobrazuje nejfrekventovanějších 40 bigramů.

Bigramy							
st	en	le	to	ho	al	př	em
ní	na	ko	ou	do	ed	at	in
po	je	ne	no	os	an	ře	sk
ov	pr	od	la	se	ce	er	lo
ro	te	ra	li	ta	va	ti	ně

Tab. 3. Nejfrekventovanějších 40 bigramů (dvojic písmen) [10]

Trigram je trojice po sobě následujících písmen. [10]

Následující tabulka zobrazuje nejfrekventovanějších 40 trigramů.

Trigramy							
pro	ení	ého	ick	edn	ání	pol	val
ost	ova	sti	ová	ské	ent	spo	dní
sta	pod	řed	při	pří	str	vat	sto
pře	kte	kon	sou	odn	ové	ním	tak
ter	pra	nos	ist	tel	nov	jak	lov

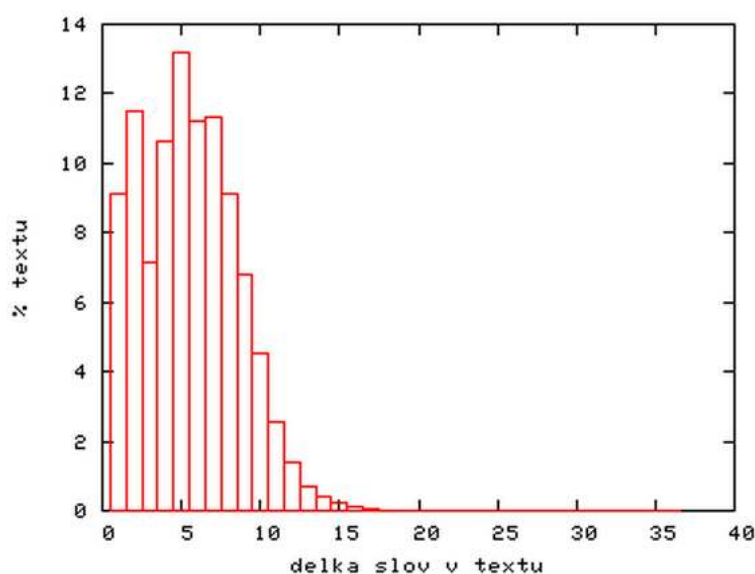
Tab. 4. Nejfrekventovanějších 40 trigramů (trojic písmen) [10]

Tabulka znázorňuje průměrnou délku slov v textu a ve slovníku.

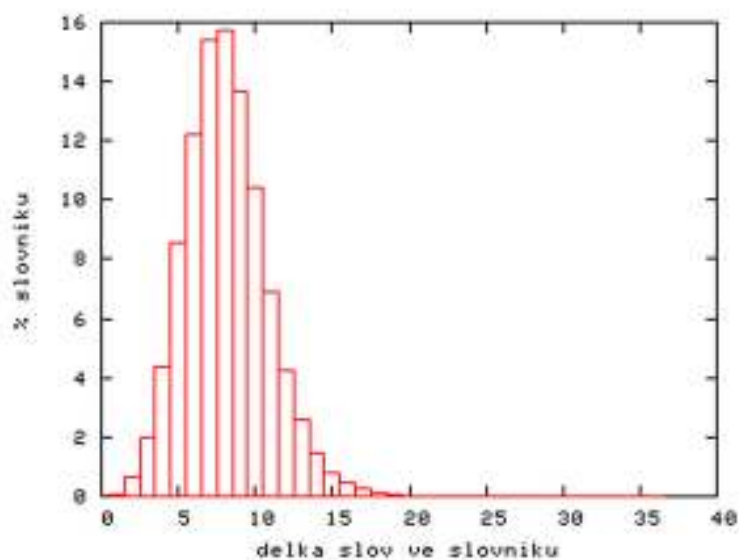
Délka slov	
Průměrná délka slov v textu	5.54
Průměrná délka slov ve slovníku (slova bez opakování)	8.11

Tab. 5. Průměrná délka slov v textu a slovníku

První graf zachycuje procentuální závislost výskytu slov v textu podle délky. Druhý graf zachycuje procentuální závislost výskytu slov ve slovníku (tj. slova bez opakování) podle délky. [10]



Obr. 3. Graf délky slov v textu [10]



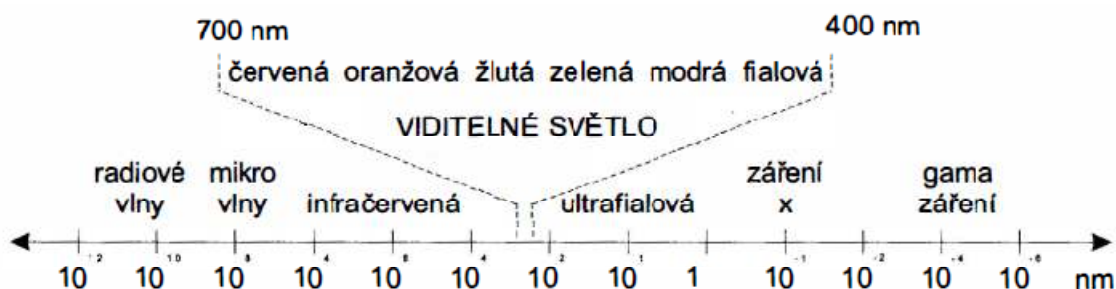
Obr. 4. Graf délky slov ve slovníku [10]

Frekvenční klávesnice využívá funkce slovníku ke zrychlení psaní textu. Slovník obsahuje slova spisovné češtiny. V následující kapitole budou popsány základní vlastnosti světla a barev v počítačové grafice.

5 SVĚTLO A BARVY V POČÍTAČOVÉ GRAFICE

5.1 Vlastnosti lidského systému vidění

Světlo, které vnímáme, představuje viditelnou část elektromagnetického spektra (Obr. 5.), které zahrnuje všechny druhy záření, jako např. paprsky x nebo mikrovlny. Elektromagnetické záření vzniká oscilací elektricky nabitých materiálů a má charakter vlnění. Šíří se rychlostí přibližně 300 000 km/s po přímých drahách a umožňuje v pozemském měřítku předat informaci o událostech téměř okamžitě po jejich výskytu. Elektromagnetické záření může interagovat s látkami různým způsobem, v závislosti na vlnové délce. Obrazy pořízené při různých vlnových délkách mohou mít odlišné vlastnosti a poskytovat o jevech a objektech rozdílné informace. [7]



Obr. 5. Spektrum elektromagnetického záření [7]

„Viditelná část spektra se nalézá v oblasti vlnových délek přibližně 380 až 720 nm. Uvnitř této oblasti vnímáme záření s určitou vlnovou délkou jako barvu, světlo s vlnovou délkou 550 nm se jeví jako zelené, světlo o délce 720 nm je červené. Elektromagnetické záření s kratšími vlnovými délkami nese více energie. V oblasti paprsků x (vlnová délka okolo 0.1 nm) nese záření dostatečnou energii, která umožňuje prostoupit větším objemem hmoty. Obrazy vytvořené paprsky x proto umožňují odhalit vnitřní strukturu objektů, které jsou neprůhledné v oblasti viditelného světla (např. lidské tělo). Gama paprsky jsou běžným produktem rozpadu radioaktivních látek. Mají vysokou schopnost procházet materiály a stejně jako paprsky x mají význam v lékařství. Obrazy získané pomocí gama záření se používají pro odhalení funkcí. Látka označovaná pomocí radioaktivní stopové příměsi prostupuje různými tkáněmi a orgány podle jejich aktivity. Kamera, která zaznamenává fotony pocházející z gama záření, vytváří obrazy, na nichž jsou vidět místa soustředění označované látky.“ [7]

Infračervené záření, jehož vlnové délky jsou delší než světlo, má také význam při zobrazování. Infračervené záření vydávají zahřáté objekty lze použít pro lokalizaci a vizualizaci těchto objektů (lidí, aut, aj.) ve tmě. [7]

„Světelný zdroj, jakým je slunce nebo obyčejná žárovka, vysílá paprsky všech frekvencí v daném pásmu, které se tak skládají ve výsledné bílé světlo. Takové světlo se nazývá achromatické.“ [7]

„Dopadne-li bílé světlo na objekt, jsou některé frekvence povrchem objektu odraženy a některé jsou pohlceny. Kombinace frekvencí přítomných v odraženém světle vytváří to, co vnímáme jako barvu objektu. Převládají-li v odraženém světle nízké frekvence, je objekt vnímán jako červený. Tehdy také hovoříme o tom, že vnímané světlo má dominantní frekvenci (nebo dominantní vlnovou délku) na červeném konci spektra. Dominantní frekvence je nazývána barvou, zabarvením světla, případně tónem.“ [7]

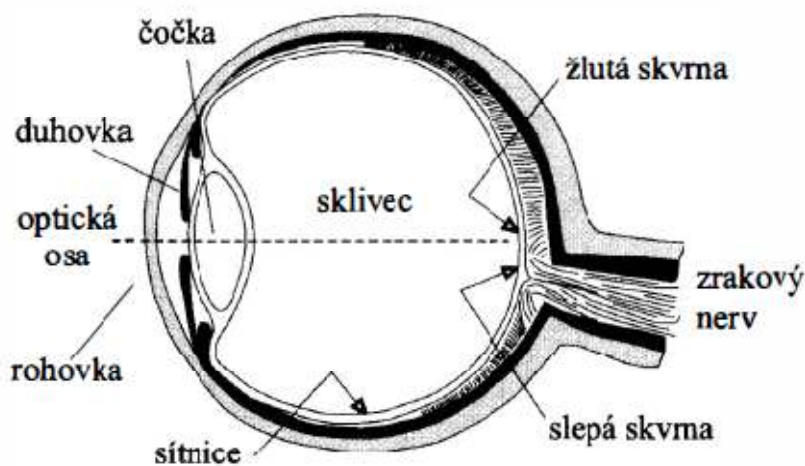
„Pro popis charakteristik světla jsou užitečné kromě frekvence i další vlastnosti. Pozorujeme-li zdroj světla, naše oko reaguje nejen na barvu, ale i na další podněty:

- Jas (intensity), případně svítivost (luminosity) odpovídá intenzitě světla. Čím vyšší je intenzita světla, tím se jeví zdroj jasnější.
- Sytost (saturation) udává čistotu barvy světla. Je tím vyšší, čím užší je frekvenční spektrum světla.
- Světlost (brightness) určuje velikost achromatické složky ve světle s určitou dominantní frekvencí.
- Odstín (hue) je dominantní vlnová délka světla. [7]

„Uvedené charakteristiky jsou používány k popisu různých vlastností, které vnímáme u zdroje světla. Můžeme se ještě setkat s pojmem barevnost (chromaticity), který označuje dvojici vlastností charakterizující světlo: sytost a dominantní frekvenci.“ [7]

5.2 Lidské oko

„Lidské oko (Obr. 6.) se blíží tvarem kouli o průměru přibližně 20mm. V přední části oka je rohovka (cornea), tuhá průhledná tkáň, která chrání oko a zajišťuje výchozí zaostřování a koncentraci přichozího světla. Za rohovkou je duhovka (iris), která se stejně jako brána může otevírat nebo uzavírat a ovládá tak množství světla, které vstupuje do vnitřní oblasti oka. Centrální otvor v duhovce, tzv. zornice (panenka) má průměr přibližně 2 - 8 mm. Závěrečné zaostření vstupujících světelných paprsků zajišťuje čočka, průhledná struktura složená z vrstev vláknitých buněk. Čočky absorbují okolo 8 % světla ve viditelné části spektra, více je pohlcováno světlo s kratšími vlnovými délkami. Nadměrné množství záření v infračervené nebo ultrafialové oblasti spektra může rozložit bílkoviny a poškodit tak oční čočku. Čočka v kroužkovitém vláknitém závěsu je připojena ke svalům. Čočka je pružná, svaly mohou měnit její geometrii a upravovat ohniskovou vzdálenost. Při zaostřování na vzdálené předměty se čočka zplošťuje, naopak u blízkých předmětů se ztlušťuje.“ [7]



Obr. 6. Lidské oko [7]

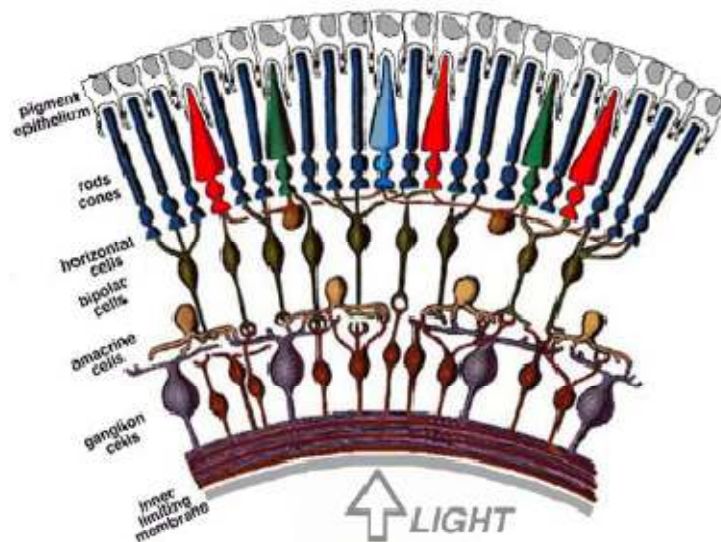
Při správném nastavení čočky se zaostřený obraz vnějšího světa promítá na sítnici. Je to tenká fotocitlivá vrstva pokrývající přibližně dvě třetiny vnitřního povrchu oka. Sítnice obsahuje dva druhy fotocitlivých receptorů: tyčinky a čípky (rods, cones). V lidském oku je přibližně 120×10^6 tyčinek a 8×10^6 čípků. [7]

Tyčinky zprostředkovávají primárně noční vidění. Jsou přibližně 10x citlivější než čípky a reagují i na velmi malé změny nízké úrovně osvětlení. Čípky jsou základem barevného vidění a reagují na vyšší hodnoty intenzity osvětlení. [7]

Tyčinky a čípky nejsou rozmístěny rovnoměrně po celé sítnici. Čípky jsou soustředěny na malé ploše, přibližně o průměru 1.5 mm, umístěné v průsečíku optické osy oka se sítnicí. Tato oblast, nazývaná žlutá skvrna (fovea) obsahuje okolo 300 000 čípků. [7]

Každý čípek je připojen k vlastnímu nervovému zakončení, čípky určují schopnost rozlišit detaily. Naproti tomu vždy několik tyčinek je připojeno k jednomu nervovému zakončení.

Tyčinky jsou umístěny v oblasti vně žluté skvrny, kde výrazně převládají nad čípky. Důsledkem je, že tyčinky poskytují obraz téměř v celém zorném poli, ale s nízkým rozlišením. [7]



Obr. 7. Sítnice (tyčinky a čípky) [17]

Barva je subjektivní vjem vyvolaný působením světla daného spektra šířeného ze zdroje, které se odráží od povrchu objektu (podle jeho objektivních vlastností) a dopadá na sítnici našeho oka.

5.3 Barevné modely

Barva a barevné modely hrají velkou roli ve zpracování obrazu. [1]

5.3.1 Barevný model RGB

Různé barvy, které se používají při vytváření obrazu, jsou tvořeny kombinací několika základních barev z barevného spektra. Byl standardizován již v roce 1931 komisí CIE. Barevný obraz dle tohoto standardizovaného modelu je složen aditivně (čím vyšší hodnoty, tím světlejší) ze tří barev:

- červené (red)
- zelené (green)
- modré (blue)

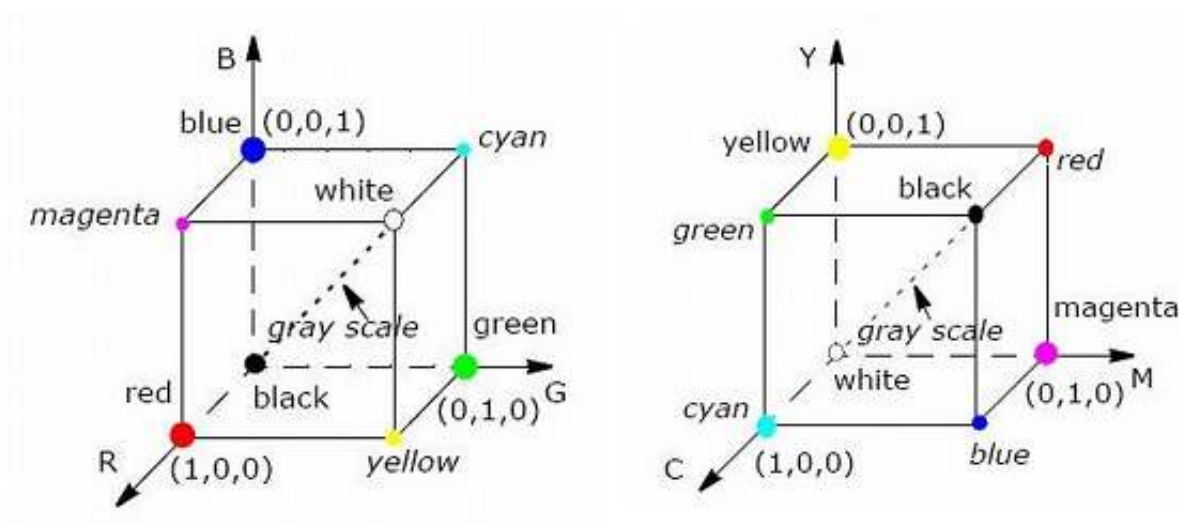
Jednotlivým složkám byly přiřazeny vlnové délky:

- red = 700 nm
- green = 546,1 nm
- blue = 435,8 nm

Z technického hlediska je každá barva reprezentována určitým počtem bitů (běžně to bývá 8bit/barvu) což je v celočíselném rozsahu hodnota 0-255 na každou složku. Hodnota 0 znamená, že složka není zastoupena, maximální hodnota indikuje, že složka nabývá své největší intenzity. Počet barevných odstínů, který lze reprezentovat trojicí bytů je $256^3 = 16,7$ milionů barev. Model ukažme na jednotkové krychli umístěnou v osách označených R, G, B. Počátek souřadnic odpovídá černé barvě ($R=0$, $G=0$, $B=0$), vrchol se souřadnicemi ($R=1$, $G=1$, $B=1$) bílé. Vrcholy krychle, které leží na osách, představují základní barvy a zbývající vrcholy reprezentující barvy ke každé ze základních barev. [1][7][17]

Každému barevnému vektoru v prostoru RGB odpovídá v této reprezentaci jeden bod krychle. Fialová (magenta) barva, která je získána součtem červené a modré. Tyrkysová (cyan) barva, která je získána součtem zelené a modré. Žlutá (yellow) barva, která je získána součtem červené a zelené. Odstíny šedi odpovídají bodům na diagonále krychle spojující černý a bílý vrchol. V grafických softwarech se setkáme s modelem RGBA, kde

kanál A nese informaci o průhlednosti a nazývá se alfa kanál. Informace o průhlednosti se používá při prolínání obrazů. [1][3][7][17]



Obr. 8. Reprezentace barevného prostoru RGB a CMY pomocí krychle [17]

5.3.2 Barevný model CMY a CMYK

Prostor RGB je technicky orientovaný prostor, vhodný pro displeje. Lidská zkušenost s mícháním barev však vychází ze zcela jiné práce s barvami. Například pro malíře je běžné, že nové barvy vytváří mísením jednotlivých barevných pigmentů, přičemž každé přidání pigmentu vytvoří tmavší barvu. Toto skládání barev se nazývá subtraktivní. Barevný model CMY (Cyan, Magenta, Yellow – modrozelená, purpurová, žlutá) se používá pro tisk. Také tento prostor lze popsat jednotkovou krychlí (Obr. 8.). U subtraktivního modelu odpovídá počátek souřadnic bílé a vrchol $[1, 1, 1]$ černé. Barvy modrozelená C, purpurová M a žlutá Y leží na krychli v protilehlých rozích oproti RGB. CMY se označují jako doplňkové k RGB. Překrýváním těchto tří barev nevznikne dokonalá černá, ale pouze špinavě hnědá, proto byl zaveden model CMYK, kde K znamená černou (black) jako čtvrtou základní barvu. Velikost černé složky pro daný barevný bod získáme jako minimální hodnotu ze složek C, M, a Y, které poté snížíme o K. K dosažení realističtějších barev se u tiskáren používá i šesti barevných odstínů a černé. [1][3][7][17]

Převod mezi RGB a CMY lze provést pomocí jednoduchého vztahu:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

V tomto vztahu předpokládáme, že jasové úrovně jsou normovány v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Je třeba upozornit, že barevné prostory modelů RGB a CMY se ve skutečnosti zcela nepřekrývají (barevný gamut), což znamená ne zcela přesnou reprodukci barev při přechodu z jednoho modelu do druhého. [1][3][7][17]

5.3.3 Barevné modely HSV a HLS

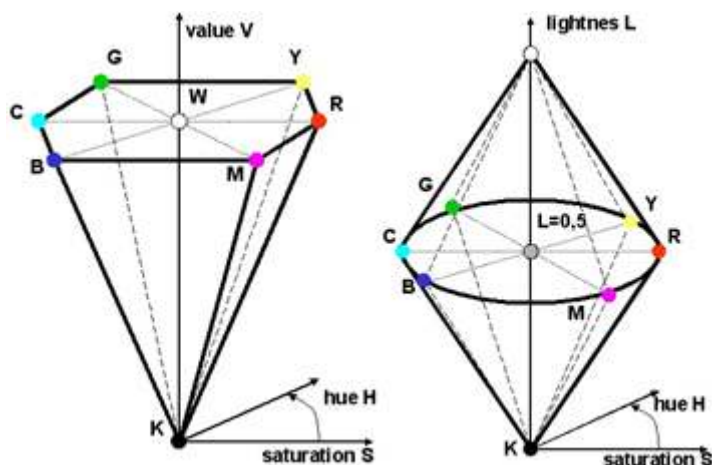
„Oba prostory HSV i HLS definují barvu trojicí složek, které však tentokrát nepředstavují základní barvy. Třemi hlavními parametry prostoru HSV jsou barevný tón (H, hue), sytost (S, saturation) a jasová hodnota (V, value). Barevný tón označuje převládající spektrální barvu, sytost určuje příměs jiných barev a jas je dán množstvím bílého (bezbarvého) světla. Pro zobrazení prostoru se nepoužívá krychle, nýbrž šestiboký jehlan, jehož vrchol leží v počátku soustavy souřadnic HSV. Souřadnice s a v se mění od 0 do 1, souřadnice h reprezentuje úhel a nabývá hodnot z intervalu $(0^\circ, 360^\circ)$. Vrchol jehlanu představuje černou barvu. Jas roste směrem k podstavě, střed podstavy reprezentuje bílou barvu. Sytost odpovídá relativní vzdálenosti bodu od osy jehlanu. Dominantní barvy (se sytostí jedna) tedy leží na plášti, čisté barvy jsou na obvodu podstavy. Při pohybu po obvodu ve stejné výši od základny se postupně mění barevný tón, sytost a jas zůstávají nezměněny.“ [7]

„Prostor HSV vykazuje některé nedostatky, které sice nejsou zásadního charakteru, nicméně mohou ztěžovat práci s přesným určením barvy. Jedním z nedostatků je jehlanovitý tvar, který způsobuje, že ve "vodorovném" řezu se musí bod o konstantní hodnotě s pohybovat při změně h po dráze ve tvaru šestiúhelníku, nikoliv po kružnici, jak by bylo přirozené. Dalším záporným jevem je nesymetrie prostoru z hlediska jasů. Tyto nedostatky odstraňuje prostor HLS, jehož geometrie je uvedena na obrázku.“ [7]

„Název prostoru je odvozen z pojmů barevný tón (H, hue), světlost (L, lightness) a sytost (S, saturation). Prostor HLS je obdobou prostoru HSV, v němž byl jehlan nahrazen dvojicí kuželů. Barevný tón je opět vyjádřen úhlovou hodnotou, světlost se mění od 0 (černá

v dolním vrcholu) do 1 (bílá v horním vrcholu). Sytost nabývá na povrchu kuželů hodnoty 1 a klesá na 0 směrem k ose kuželů. Nejjasnější čisté barvy mají tedy souřadnice $s = 1$ a $L = 0.5$ a leží na obvodu podstav kuželů.“ [7]

„Tvar prostoru HLS plně odpovídá skutečnosti, že nejvíce různých barev vnímáme při "průměrné" světlosti (oblast podstav). Schopnost rozlišit barvy klesá jak při velkém ztmavení, tak při přesvětlení (oblasti obou vrcholů kuželů). Další dobrá vlastnost prostoru HLS spočívá v analogii míchání barev přidáváním černých a bílých pigmentů k základním spektrálním barvám. Zvýšení světlosti při nezměněné sytosti si lze představit jako přidání jistého množství bílých a ubrání stejného množství černých pigmentů. Samotné zvýšení sytosti odpovídá odebrání stejného množství bílých a černých pigmentů.“ [7]



Obr. 9. Geometrická reprezentace prostoru HSV a HLS [17]

6 ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

6.1 Reprezentace obrazu

Pro další zpracování obrazu potřebujeme obraz a jeho jasové hodnoty vhodným způsobem reprezentovat. Definice se může v různých disciplínách lišit. Formálně lze obraz definovat jako spojitou funkci dvou proměnných $f(x, y)$, kde f označuje jasovou hodnotu a (x, y) jsou souřadnice určující pozici v obraze. Předpokládejme, že obraz, se kterým budeme reálně pracovat, má omezené rozměry $\langle x_{\min}, x_{\max} \rangle \times \langle y_{\min}, y_{\max} \rangle$. Hodnotou obrazové funkce může být jediné číslo, které reprezentuje jasovou hodnotu v obraze na pozici (x, y) . Avšak v případě barevného obrazu se může jednat i o trojici čísel $f_R(x, y)$, $f_G(x, y)$, $f_B(x, y)$, které reprezentují hodnotu jasu jednotlivých barevných složek v prostoru RGB. Někdy se může jednat i o komplexní číslo (např. ve frekvenční doméně). [1]

V praxi je obor hodnot omezen technickými možnostmi. Funkční hodnoty jsou diskrétní, souřadnice (x, y) jsou celočíselné. Využívá se reprezentace šedotónového obrazu s hodnotami jasu $f(x, y)$ dvourozměrná matice, zde ji označme jako A :

$$A = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(x, y) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & & & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

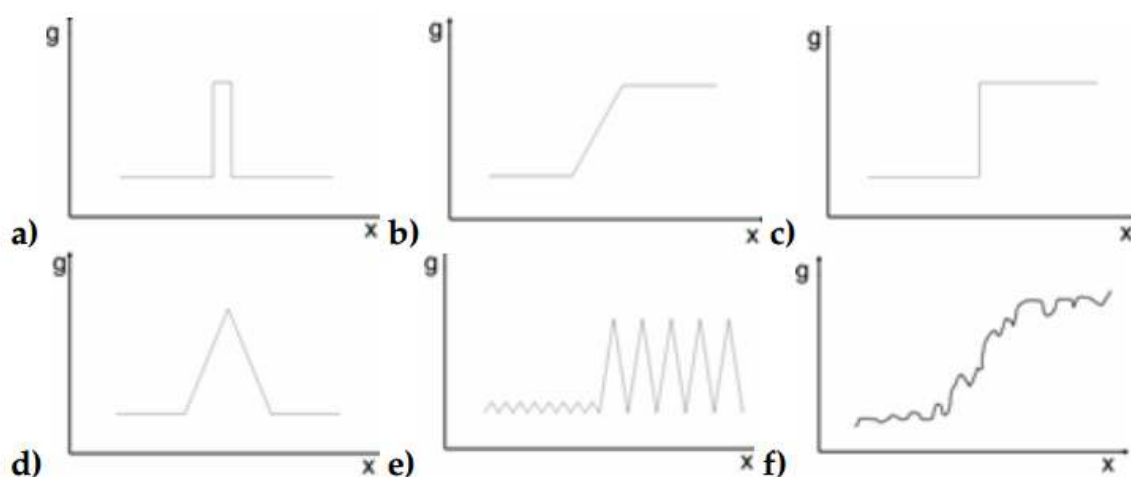
Kde $x \in \langle 0, \dots, M-1 \rangle$, $y \in \langle 0, \dots, N-1 \rangle$.

Pro reprezentaci barevného obrazu se používá trojrozměrné pole $f(x, y, \text{barva})$, kde *barva* je konstanta značící o kterou barvu jde:

červená *barva* = 0, zelená *barva* = 1, modrá *barva* = 2. [1]

6.2 Detekce hran, izolovaných bodů a nespojitostí

Hrany v obraze (Obr. 10.) odpovídají prudkým změnám hodnot jasu. [4] Detekce hran je postup, při kterém se hledají místa v obraze, kde se jas prudce mění. Změny jasu se dají detekovat pomocí prvních a druhých derivací intenzity jasu. Kritériem pro detekci těchto změn je velikost první derivace intenzity jasu, velikost druhé derivace intenzity jasu nebo také detekce změny znaménka derivace. [1]



Obr. 10 Ukázka tvarů hran: a) line edge; b) ramp edge; c) step edge; d) roof edge; e) variance edge; f) noisy edge; [4]

6.2.1 První derivace, gradient

Výsledkem první derivace obrazu ve směrech x a y je gradient. Gradient funkce dvou proměnných $f(x, y)$ je definován jako vektor

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Velikost tohoto vektoru je

$$\text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} = \sqrt{\frac{\partial f^2}{\partial x} + \frac{\partial f^2}{\partial y}} \quad (4)$$

Směr gradientu určuje úhel $\varphi(x, y)$. V bodě o souřadnicích (x, y) je dán vztahem:

$$\varphi(x, y) = \arctan \frac{G_x}{G_y} \quad (5)$$

Gradient lze využít jako informaci pro hledání hran (je kolmý na hranu). [1][2][4]

6.2.2 Druhá derivace, Laplaceův operátor

Druhá derivace představuje rychlost změny hodnot jasů. [1][4] Projeví se zejména na strmých nebo izolovaných hranách nebo ji lze použít pro detekci izolovaných bodů (je zřejmé, že bude zvýrazňovat i šum). [1][4]

K detekci izolovaných bodů lze použít tzv. Laplaceův operátor ∇^2 . Výsledek tohoto operátoru na funkci f v bodě (x, y) bude:

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \quad (6)$$

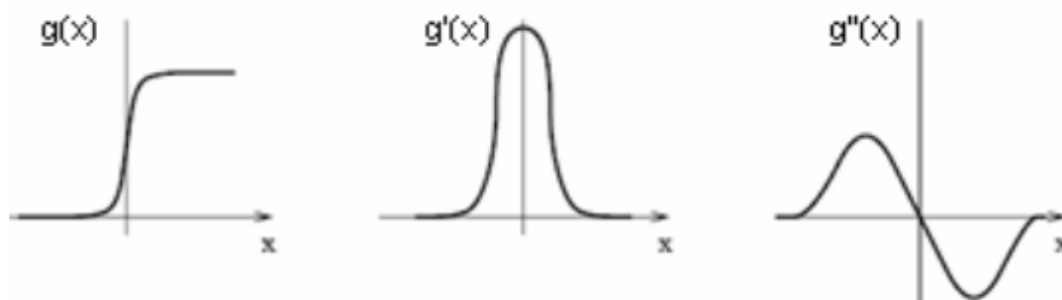
[1][2][4]

Pro Laplaceův operátor se používají určité konvoluční masky v pozitivní nebo negativní variantě:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

[1][2][4]

Na obrázku 11 je znázorněn průchod původní funkcí, první a druhou derivací. Kde první derivace je největší, dochází zde k největší změně intenzity a druhá derivace prochází nulou.



Obr. 11 Průběh obrazové funkce: a) původní funkce; b) první derivace; c) druhá derivace; [4]

6.2.3 Operace LoG (Laplacian of Gaussian)

Laplaceův operátor je citlivý na šum. Jeho použití může způsobit nalezení dvojitéh hran, není schopen určit směr hrany. [1][4]

Avšak lze ho úspěšně použít v kombinaci s jinou technikou. Zvýrazňování hran lze dobře provádět pomocí kombinace Gaussova a Laplaceova operátoru. Linearita procesu dovoluje spojit tyto dvě operace a tím získat tzv. operátor Laplacian of Gaussian (LoG), který může být aproximován maskou, jejíž velikost závisí na zvolené směrodatné odchylce Gausiánu. Příklad masky o velikosti 5×5 :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

[1][4]

Po aplikaci masky je nutno detekovat průchody nulou (tzv. zero – crossing), čímž je obdržén výsledný binární obraz. Tato skutečnost je odvozena ze znalosti odezvy daného operátoru. [1][4]

6.3 Segmentace obrazu

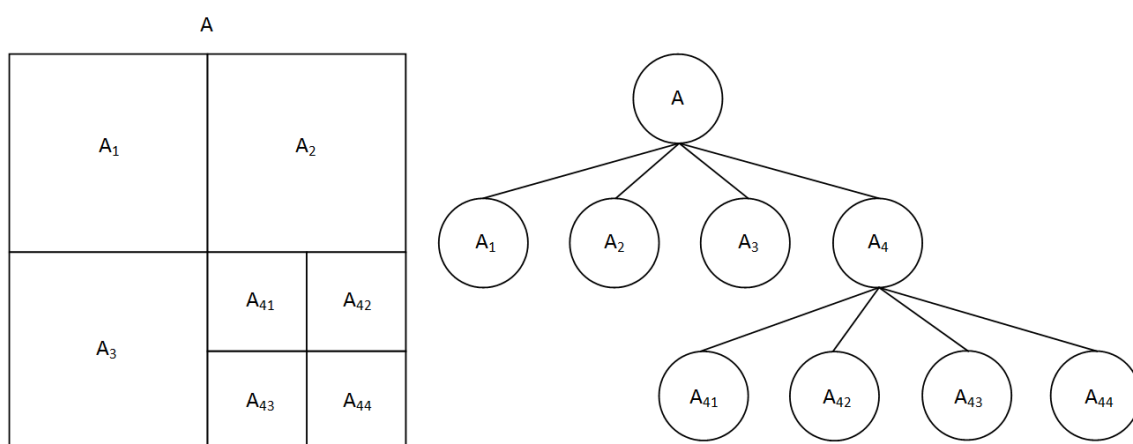
Pod pojmem segmentace obrazu [4][6] se rozumí rozdělení obsahu obrazu na části, které jsou důležité a které ne. Patří sem i operace, které rozeznávají, zda jsou v obraze objekty potřebné z hlediska rozpoznávání nebo další analýzy obrazu. Struktura obrazu může být velmi složitá a obsahovat stíny, být nerovnoměrně osvětlena apod. Segmentace obrazu a správný popis objektů patří mezi nejsložitější úlohy zpracování obrazu. Tyto úlohy jsou řešeny algoritmy založenými na hledání podobností nebo hledání nespojitostí, případně hybridní techniky. [1]

6.3.1 Rozdělování a spojování oblastí (Region Splitting and Merging)

Patří do skupiny algoritmů hledající oblasti na základě nějakého kritéria podobnosti.

Tato metoda rozdělí původní obraz do oblastí, které se vzájemně nepřekrývají. Obraz je postupně rozdělován na nově vzniklé oblasti, které jsou testovány, zda splňují podmínku kritéria stejnorodosti. Pokud je podmínka splněna, oblasti se sloučí a dále se nedělí. Pokud podmínka splněna není, podoblasti se dělí dále. [1][4][6]

Nejčastější dělení je dělení obrazu na čtverce a následný popis pomocí struktury, tzv. čtyřstrom (*quadtree*). Metodě se říká dekompozice čtyřstromem. [1][4][6]



Obr. 12. Dělení oblasti a výsledný strom [17]

6.3.2 Metoda narůstání oblastí (Region Growing)

Je založena na opačném principu než metoda rozdělování a spojování oblastí. Oblasti se postupně zvětšují na základě definovaných kritérií. Na začátku jsou vybrány tzv. startovací body, které splňují požadované podmínky. Je zkoumáno okolí bodu a oblast se rozrůstá. Podmínka zastavení rozrůstání oblastí je splněna pokud již nejde přidat žádný bod, ale nemusí být vzhledem k určeným kritériím jednoduchá. [1][4][6]

6.4 Vzájemná informace a entropie

Vzájemná informace se dá použít jako měřítko podobnosti (nebo závislosti). V systému je využita pro porovnávání aktuálních a referenčních pohybů. V důsledku toho se pozná, o jaký pohyb se jedná.

Mějme experiment A , ve kterém může vyjít jeden z k různých výsledků; A_1, A_2, \dots, A_k . Pravděpodobnost výsledku A_i nechť je $p(A_i)$, tj. pravděpodobnost, že vyjde zrovna A_i je $p(A_i)$. Entropie $H(A)$ vyjadřuje „průměrnou míru neurčitosti“ experimentu a je definována vztahem:

$$H(A) = -p(A_1) \log p(A_1) - p(A_2) \log p(A_2) - \dots - p(A_L) \log p(A_L) \quad (9)$$

tedy:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^k p(A_i) \log p(A_i) \quad (10)$$

Proveďme nyní experimenty dva: A a B . Pokud A a B *nezávisí* jeden na druhém je celková entropie (neurčitost) dána součtem entropií jednotlivých experimentů

$$H(A, B) = H(A) + H(B) \quad (11)$$

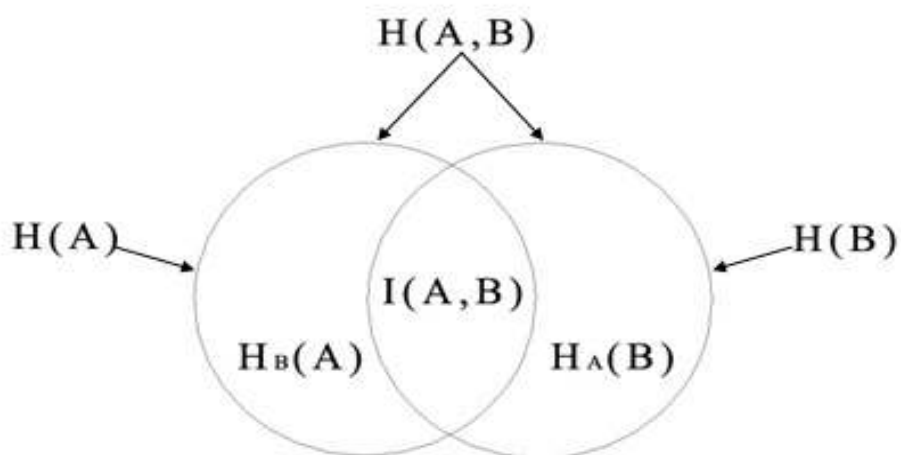
Pokud ovšem výsledek jednoho experimentu závisí na druhém (je podmíněn jeho výsledkem), je celková neurčitost menší:

$$H(A, B) = H(A) + H_A(B) \quad (12)$$

Kde $H_A(B)$ znamená, že entropie experimentu B je podmíněna výsledkem známým z experimentu A . Platí, že $H_A(B) < H(B)$, což znamená, že provedení experimentu A sníží neurčitost experimentu B . Rozdíl $I(A, B) = H(B) - H_A(B)$, tj. jak moc výsledek experimentu A sníží neurčitost výsledku B , se říká *vzájemná informace*. Snadno lze odvodit, že vzájemná informace je rovněž dána vztahem:

$$I(A, B) = H(A) + H(B) - H(A, B) \quad (13)$$

Tento vztah se pro výpočet vzájemné informace používá častěji (obvykle je jednodušší určit $H(A, B)$ než $H_A(B)$). Vztah mezi entropií a vzájemnou informací vyjadřuje následující obrázek. [1]



Obr. 13. Vztah vzájemné informace a entropie [1]

7 SYNCHRONIZAČNÍ METODY

Synchronizační primitiva jsou prostředky v operačních systémech, umožňující ošetření současného přístupu běžících aplikací ke sdíleným prostředkům. [9]

Pomocí synchronizačních metod je do programu implementován optimální kód, který zajišťuje vyhodnocování očních pohybů, čímž zabraňuje nežádoucímu chování systému.

Korektní paralelní program - Nutné podmínky:

1. Dva procesy se nesmí nacházet současně ve stejné sdružené sekci.
2. Žádné předpoklady nesmí být kladeny na rychlost a počet procesorů.
3. Pokud proces běžící mimo kritickou sekci nesmí být blokován ostatní procesy.
4. Žádný proces nesmí do nekonečna čekat na vstup do kritické sekce [9]

Kritická sekce:

- část programu, kde procesy používají sdílené prostředky (např. sdílená paměť, sdílená proměnná, ...).
- Sdružené kritické sekce = kritické sekce dvou (nebo více) procesů, které se týkají stejného sdíleného prostředku.

Vzájemné vyloučení:

- Procesům není dovoleno sdílet stejný prostředek ve stejném čase.
- Procesy se nesmí nacházet ve sdružených sekcích současně. [9]

7.1 Kritické sekce pomocí semaforů

Za kritickou sekci se považuje ta část kódu vlákna, která operuje nad sdílenými daty a hrozí, že v danou chvíli (paralelně) může jiné vlákno operovat nad stejnými daty. Důsledkem může být nekonzistence dat. [9]

Semafor je synchronizační primitivum obsahující celočíselný čítač. Semafor se využívá zejména jako ochrana proti souběhu tím, že chrání přístup do kritické sekce. Poskytuje atomické operace „up“ a „down“. Operace „down“ sníží čítač o jedničku, v případě, že už je nulový (nedostává se prostředků), se proces zablokuje a přidá do fronty čekajících procesů. Operace „up“ zkontroluje frontu, a v případě, že je neprázdná, vybere jeden

proces čekající ve frontě a odblokuje jej. Je-li fronta prázdná, zvýší hodnotu čítače o jedničku. [9]

Semafor si můžeme představit jako počítadlo s počáteční hodnotou, kterou nastaví uživatel. Při vstupu do kritické sekce se čeká, dokud hodnota semaforu není větší než nula. Pokud je hodnota semaforu nenulová, zmenší se o jedna a je povolen vstup do kritické sekce. Na konci sekce se hodnota semaforu o jedna zvýší. [9]

7.2 Synchronizace vláken

Jazyk C# podporuje tzv. multithreading - můžeme spouštět několik částí kódu najednou, každou část v samostatném vlákně. Vlákno můžeme chápat jako abstrakci nad stavem programu. Můžeme spouštět několik částí kódu najednou, každou část na samostatném vlákně. [8]

V aplikaci většinou probíhá nějaký dlouhý a náročný výpočet. Pokud akci vyvoláme normálně, zasekne se, ale jen zdánlivě, ve skutečnosti poběží operace na pozadí. Zabere však pro sebe celé hlavní vlákno a tím se jeví jako zamrzlá. Pokud se ale vytvoří zvláštní vlákno, výpočet bude probíhat na něm a celé hlavní vlákno pak bude k dispozici pro zbytek aplikace. [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 SNÍMÁNÍ OČNÍCH POHYBŮ

V této kapitole jsou poskytnuty informace o zpracování obrazu o poloze oka, jsou zde popsány jednotlivé funkce a jejich účel v systému, který byl vytvořen v programovacím jazyku C#.

8.1 Zpracování digitálního obrazu

Základním konceptem zpracování a rozpoznávání obrazu je získání obrazu reálného světa, jeho převedení do digitální formy a následné zpracování v počítači či jiném systému. [1]

8.1.1 Převod barevného obrazu do stupňů šedi

Barevný obraz RGB můžeme převést na obraz v odstínech šedi, kde odstíny jsou vyjádřeny hodnotami jasu. [1][3][7] Je to výhodné z důvodu následného zpracování. Kdybychom chtěli převést různobarevný obraz na šedotónový, nemůžeme jeho barvy nahradit odstíny šedi získaným prostým průměrem ze tří základních barev. Lidské oko je různě citlivé na jednotlivé složky barev RGB, a tudíž nelze použít sečtení jednotlivých složek, ale pro převod se používá empirický vztah:

$$I = 0.299R + 0,587G + 0,144B \quad (14)$$

Kde I je výsledná úroveň jasu v šedotónovém obraze. [1][7]. Obrázek 14 znázorňuje převod barevného obrazu a obraz ve stupních šedi.



Obr. 14. a) vstupní barevný obraz b) obraz převedený na odstíny šedé

8.2 Správné spuštění a obsluha systému

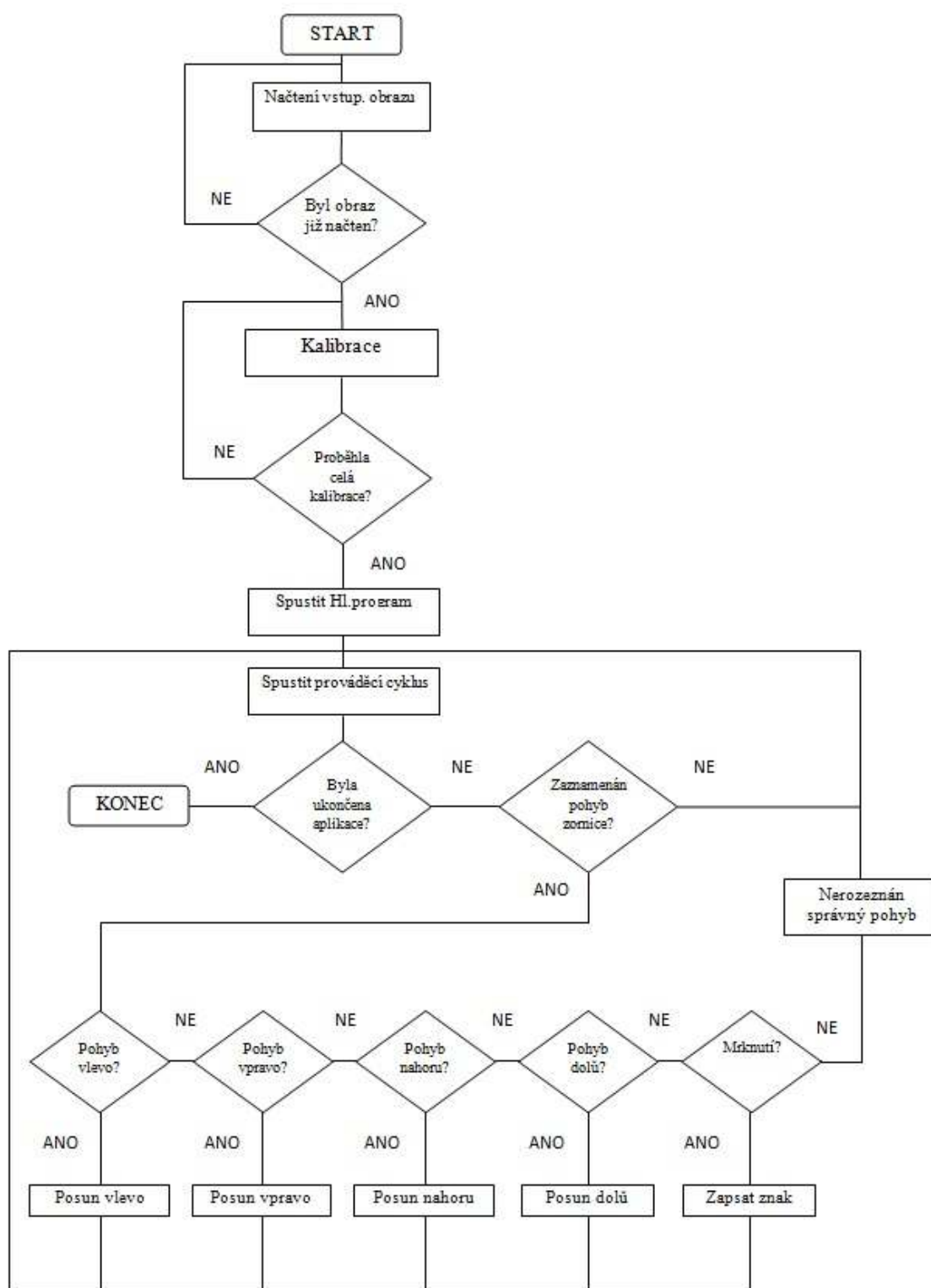
V této kapitole bude popsáno, jak vytvořený systém pracuje a co je potřeba vědět k jeho správné obsluze.

První věc, co je potřeba udělat, je vytvořit dostatečně pohodlí pro uživatele a komfortní usazení čepice na jeho hlavu. Spuštění programu, inicializaci kamery, kalibraci a nastavení systému by měla provádět zodpovědná osoba.

Hlavní program běží v nekonečné smyčce. Algoritmus kontroluje každých 200ms, zdali nedošlo k pohybu zornice. Pokud nalezne vychýlení zornice z klidové zóny, díky algoritmu vzájemné informace, provede se odpovídající pohyb. Pokud ne, nic se nestane a čeká se na další smyčku.

Program může být ukončen jen v případě, že nastane nějaká výjimka, nebo ho ukončí uživatel, nebo v neposlední řadě operační systém.

V následujícím obrázku je uveden vývojový diagram systému, ve kterém je znázorněno, jak se program chová po spuštění.



Obr. 15. Vývojový diagram vyvíjeného systému (zobrazeny pouze důležité části)

9 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ VYTVOŘENÉHO SYSTÉMU

V následující kapitole bude popsáno prostředí systému a jeho jednotlivé fáze. V levé části se nachází vizualizace z výstupu webové kamery, uprostřed se nachází zvolená virtuální klávesnice a v pravé části se nachází doplňky pro nahrazení počítačové myši a pro zavolání kontaktní osoby pomocí e-mailu/SMS. Dole se nachází stavový řádek s informací, jaký byl proveden úkon/pohyb.

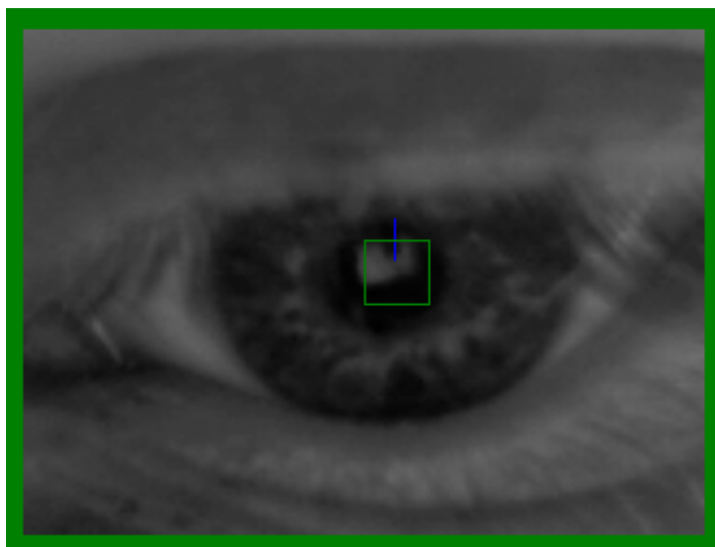


Obr. 16. Hlavní GUI systému.

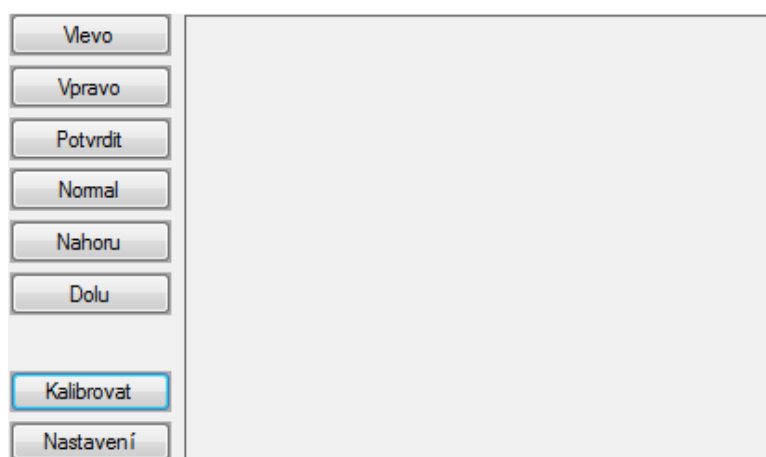
9.1 Začínáme

Před začátkem používání systému je vždy nutná inicializace webové kamery a následně je potřeba provést kalibraci. Kalibrace je potřebná ke správnému umístění zornice s duhovkou na střed snímku a pro všechny úkony pohybu oka (nahoru, dolu,...). [1][5] Uživatel je vyzván ke sledování černého čtverečku, který je zobrazen uprostřed obrazovky. Pokud obdélník kolem snímku zezelená, kalibrace proběhla úspěšně a je doporučeno pokračovat dál. Pokud ne, je možné pokračovat, ale nedoporučuje se to. Dále je uživatel vyzván k provedení kalibrace různých pohybů, aby se mohl hlavní program spustit je potřeba nekalibrovat všechny požadované pohyby. Re-kalibrace pro správný chod programu je provedena autonomně každých 5 minut, aniž by musel uživatel cokoli dělat.

Pokud uživatel disponuje malým rozlišením, než je doporučená minimální hodnota, systém se ho zeptá, zdali chce pokračovat, i když to může mít neblahý vliv na rozložení některých prvků. Pokud uživatel zadá možnost „NE“ systém se ukončí, pokud bude vybráno „ANO“ bude se pokračovat v běhu programu.



Obr. 17. Správná kalibrace zornice na střed snímku



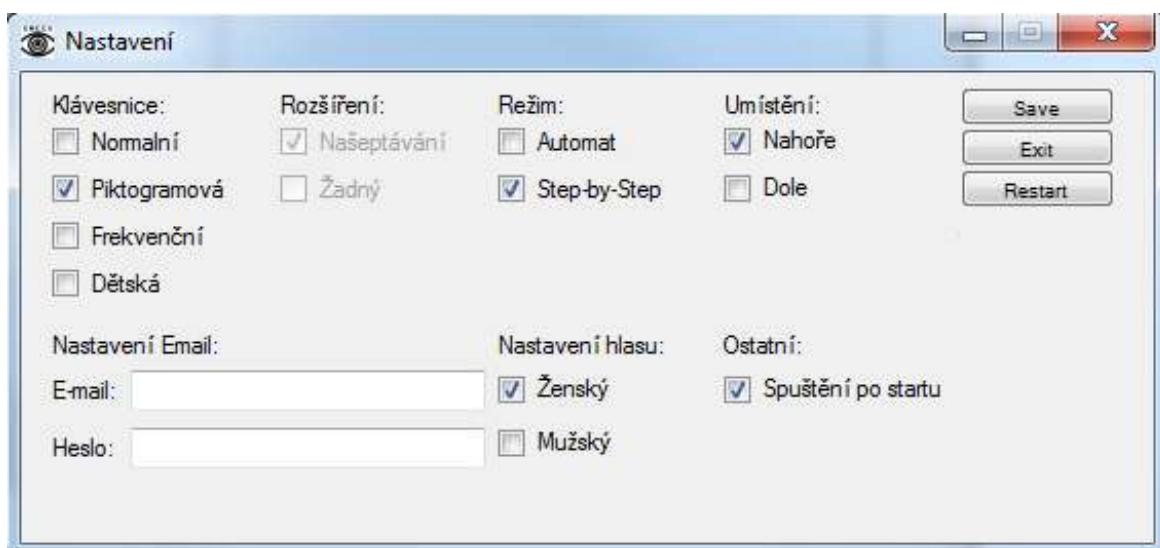
Obr. 18. Kalibrace systému pro jednotlivé úkony oka

9.2 Nastavení

Nastavení je potřeba provést vždy před prvním použitím aplikace - co vyhovuje danému uživateli. Vždy je možné nastavení provést znovu, konkrétně se jedná o tyto věci:

- **Klávesnice:** Obsahuje různé druhy klávesnic (normální, piktogramová, frekvenční a dětská) pro usnadnění práce, podle typu onemocnění. Frekvenční klávesnice obsahuje rozšíření v podobě našeptávání, kde jsou vybrána slova ze slovníku začínající na vybrané znaky pro urychlení psaní textu.

- **Režim:**
 - a) Automat: Procházejí se postupně všechny sloupce, dokud uživatel pohyb nezastaví. Poté se procházejí všechny řádky ve vybraném sloupci. Pokud uživatel potvrdí i daný řádek, může svůj výběr ještě upravit vhodným výběrem znaku nebo již rovnou potvrdí daný výběr.
 - b) Step-by-step: Uživatel prochází klávesnici znak po znaku, dokud chtěný znak nepotvrdí.
- **Umístění:** Uživatel si může zvolit umístění systému, jak mu to vyhovuje. Má na výběr dvě možnosti – nahoře a dole.
- **E-mailu:** Je možné zadat e-mail a heslo pro pozdější zaslání e-mailu a následné poslání SMS na kontaktní osobu.
- **Hlas:** U piktogramové klávesnice je možný výběr mezi mužským a ženským hlasem.
- **Ostatní:** Slouží pro výběr, zdali se má aplikace spouštět po startu či nikoliv.



Obr. 19. Nastavení systému

Nastavení jde kdykoliv restartovat do původní podoby jak byla načtena poslední uložená verze. Pokud uživatel zavře okno nastavení nebo potvrdí tlačítko *Exit* a předtím provedl nějaké změny, bude dotázán, zdali patřičné změny chce uložit či nikoliv. Po stisknutí tlačítka *Save*, budou uloženy všechny aktuální hodnoty pro budoucí spuštění systému.

Je možné nastavit, na jaký e-mail se má informativní zpráva odesílat a také přesměrování dané zprávy na patřičný e-mailový účet uživatele na telefonního operátora. Telefonní operátoři poskytují zasílání určitého počtu zpráv o doručení e-mailu denně zdarma.

Popis postupu přeposlání z e-mailového účtu @gmail.com na t-mobile.cz:

1. Přihlašte se do své e-mailové schránky přes <http://www.gmail.com> zadáním jména a hesla. Vpravo nahoře klikněte na ikonu ozubeného kola a zvolte položku „**Nastavení**“.
2. V horní liště klikněte na položku „**Přeposílání a protokol POP/IMAP**“ pro otevření nastavení schránky a v menu „**Přeposílání**“ zvolte „**Přidat adresu pro přeposílání**“.
3. Do políčka „**Přidat adresu pro přeposílání**“ zadejte svou adresu služby E-mail do SMS ve tvaru **vase_cislo@sms.t-mobile.cz** (např. 603123456@sms.t-mobile.cz). Tato adresa bude nejprve ověřena a následně bude možné nastavit přeposílání e-mailů. Pokračujte stisknutím tlačítka „**Další**“.
4. Potvrďte přidání své adresy stisknutím tlačítka „**Pokračovat**“.
5. Gmail vám automaticky odešle SMS zprávu s ověřovacím kódem na váš mobilní telefon. Tímto kódem ověříte přístup k e-mailové službě. Kód je číselný, je obsažen v předmětu zprávy. Např. vám bude doručena následující informace: (#123456) *Potvrzení o přeposílání ve službě Gmail – Příjem e-mailu...* Z této zprávy nyní vložte kód do formuláře ve službě Gmail a stiskněte tlačítko „**Ověřit**“.
6. Nyní zvolte v nabídce „**Přeposílání**“ volbu „**Přeposlat kopii příchozí pošty na adresu 603604605@sms.t-mobile.cz**“ (zde bude obsaženo vaše telefonní číslo) a v nabídce vyberte možnost „**Uchovat kopii v Doručené poště Gmailu**“. Nastavení potvrďte kliknutím na tlačítko „**Uložit změny**“ ve spodní části stránky.
7. Všechny e-maily, které nyní budou doručeny do schránky služby Gmail.com, budou automaticky přeposlány na vaši mobilní adresu a budou vám chodit SMS informující o nové zprávě.

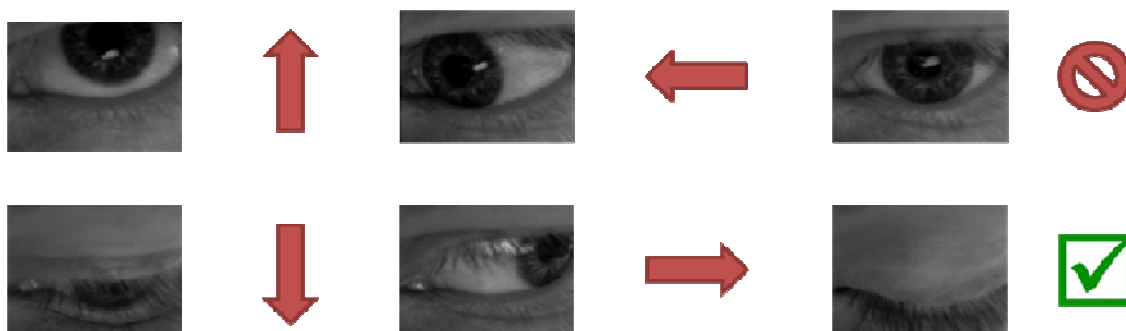
Uvedené nastavení slouží pro přeposílání a upozornění o všech přijatých e-mailech do vaší e-mailové schránky. Dle možností provozovatele e-mailové služby je možné filtrovat a přeposílat jen některé zprávy (s určitým textem, od konkrétních odesílatelů apod.) [15]

Pozn.: Výše uvedený postup nemusí být platný pro všechny telefonní operátory a e-mailové účty.

9.3 Pohyb ukazatele/kurzorů

Kamera umístěná na čepici snímá z bezprostřední blízkosti uživateli oční pohyby. Takto získaný videosignál se přenáší do aplikace, kde je jeho informace následně zpracována. Aplikace nenabízí způsob ovládání přímým pohledem, tj. přemístění počítačového kurzoru přímo tam, kam se uživatel dívá.

Uživatel ovládá plynule pohyb kurzoru na monitoru výchylkami z klidové zóny (pohled přímo). Poloha oka nemá tedy přímo vliv na polohu kurzoru na monitoru, ale bude určovat pouze směr pohybu. Systém vyhodnotí aktuální polohu oka a podle jeho pozice vně/mimo klidové zóny buď provede či neprovede příslušné akce. Pokud je detekována zornice mimo klidovou zónu, systém vysílá příkazy pro pohyb kurzoru do příslušného směru, dokud se oko do klidové zóny nevrátí. Systém díky pomocné aplikaci umožňuje nahrazovat všechny funkce běžné počítačové myši. Zavřením oka na dobu cca jedné sekundy je provedeno kliknutí.



Obr. 20. Pohyb ukazatele/kurzorů pomocí pohybu zornice

9.4 Nahrazení myši

Systém nahrazuje běžnou počítačovou myš. Jakákoliv aplikace, která se ovládá pomocí myši, je ovládána i systémem. Pomocí doprovodné aplikace kromě jednotlivých směrů pohybů počítačového kurzoru umožňuje nahradit klik a dvojklik levým tlačítkem myši, pravé tlačítko myši, funkci drag & drop, scrollovací kolečko. Funkce drag & drop simuluje tažení počítačového kurzoru při stisknutém levém tlačítku myši. Uživatel pouze zavřením oka na jednu sekundu označí nejdříve výběr objektu a později koncový stav (např. změna velikosti objektu). Funkce scrollovacího kolečka se dá využít při brouzdání po Internetu.

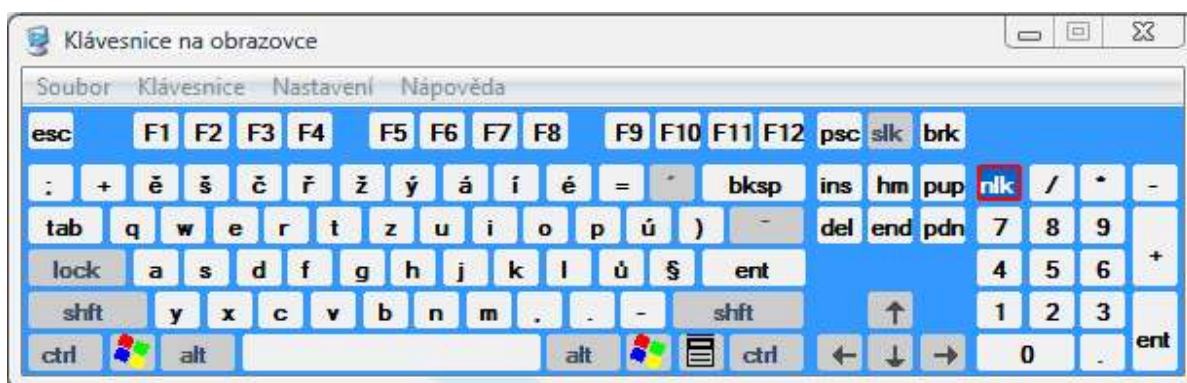
Samotný pohyb kurzoru je řízen očními pohyby. Pohybuje-li uživatel okem doprava, zornice se vychýlí z klidové zóny také doprava a kurzor se pohybuje doprava. Pohybuje-li uživatel okem doleva, zornice se vychýlí z klidové zóny také doleva a kurzor se pohybuje doleva. Stav oka, jeho zavření na určitý časový interval, vyvolá spuštění příslušné akce nebo výběr znaku z klávesnice.

9.5 Psaní textu – různé klávesnice

Psaní textu je jedna z nejčastějších úloh, které uživatel provádí na počítači. Nejedná se jen o psaní e-mailu, ale o různé vkládání textu do dokumentů, do webové adresy nebo při pojmenovávání složek a souborů. Handicapovaní uživatelé mají ovládání ztížené a proto potřeba věnovat pozornost tomuto tématu.

9.5.1 Standartní vs. Softwarová klávesnice

Pokud klientovi jeho handicap nedovolí využívat standardní klávesnici, je třeba hledat nové efektivní nástroje pro vkládání textu. Jedním z nejjednodušších řešení je využití speciálních zařízení pro ovládání počítačového kurzoru ve spolupráci se softwarovou klávesnicí. Softwarová klávesnice je jednoduchá počítačová aplikace, která zcela nahrazuje běžnou klávesnici. Jediný rozdíl je ve způsobu jejího ovládání. Tento jednoduchý nástroj umožňuje vkládání textu do osobního počítače za použití speciálních zařízení pro ovládání počítačového kurzoru. Není ale zcela optimální pro využití handicapovanými uživateli. Problémem je složité a časově náročné ovládání. [16]




Obr. 21. Standardní softwarová klávesnice s plynulým výběrem klávesy [16]

9.5.2 Frekvenční klávesnice

Druhý problém způsobený nevhodným rozložením kláves je důležité řešit s ohledem na konkrétní jazyk. Je třeba vytvořit příslušný jazykový model, ze kterého bude vycházet návrh optimálního rozložení jednotlivých kláves.[10] Z tohoto důvodu je nutno vytvářet na základě slovníku (respektive jazykového korpusu) pravděpodobnostní model českého jazyka. Jedná se o výpočet četnosti výskytu jednotlivých písmenek, digramů (dvě písmenka za sebou) a trigramů (tři písmenka za sebou) ve všech slovech slovníku. [16][10]

„Frekvenční klávesnice vychází z modelu českého jazyka. Všechna písmenka jsou uspořádána podle jejich četnosti a jsou ze startovního středu (mezery) dostupná na maximální počet pěti pohybů. U tohoto typu klávesnice je vhodné nastavit funkci *Resetovat pozici po stisku klávesy* (aktivní políčko-kurzor je vždy po napsání písmene umístěno zpět do středu). Frekvenční klávesnice svým rozložením písmenek eliminuje počty nutných pohybů při výběru klávesy a obsahuje písmenka, pro jejichž napsání je potřeba použít několik tlačítek na běžné klávesnici (např. ň, ť, ď či ch).“










































































































Je možné rozšíření této klávesnice o našeptávání, díky kterému se tak urychlí psaní textu.
[16][10]

PgUp	!	Esc	ň	š	ž	ů	w	(2	9	/	
PgDn	?	Tab	b	u	k	í	c	ř	1	8	*	
Home	.	ch	p	t	a	s	m	ý	0	7	-	
End	'	ř	l	o		e	r	é	↑	6	+	
Caps	;	f	á	i	n	v	z	g	→	5	=	
Ctrl	-	ó	ě	j	d	y	h	ď	←	4	.	
Enter	@	Del	←	ú	č	x	q)	↓	3	%	

Obr. 22. Frekvenční klávesnice

9.5.3 Alternativní ozvučená piktogramová klávesnice





















































Jsou i tací klienti, kteří z nejrůznějších důvodů nemohou komunikovat běžně mluvenou řečí. Jako jedno řešení jejich alternativního vyjadřování je piktogramová klávesnice. Jedná se o náhradu mluvené řeči, kdy se za každým obrázkem ukrývá určité textové sdělení, které se převede do mluvené podoby pomocí programu Balabolka [14].

											
hlad	jídlo	maso	zelenina	ovoce	nakrájet	horké	studené	sůl	pepř	dezert	sladkost
											
žízeň	voda	čaj	káva	cukr	džus	pivo	víno	drink	prázdný	plný	znovu
											
rozhovor	problém	pomoc	sestra	doktor	zubař	asistent	lék	vitamíny	zraněný	cítím	dobře
											
nemocný	hlava	oko	zuby	krk	záda	hrudník	ruka	ruce	nohy	noha	svaly
											
odplivnout	kašel	poslouchat	cítit	kouření	spánek	umýt	žiletka	deodorant	šampon	obleci	vlasý
											
smutný	šťastný	veselý	potěšený	unavený	klid	nuda	rozrušený	rozhněvaný	nápad	těžko	škytavka
											
chtít	nemám rád	velmi	NE	dobře	špatně	OK	zlepšení	potřeba	důležitý	škodlivý	nevím
											
zima	horko	posadit	postel	polštář	měkký	okno	sledovat TV	brýle	čist	stereo	mobil
											
do	předtím	po	nikdy	stop	Do	pod	na	odstranit	nahoru	dolů	zpět

Obr. 23. Piktogramová klávesnice

9.5.4 Dětská klávesnice

Dětská klávesnice, která je rozšířena o obrázky, je určena pro dětské klienty, kterým by mohla zpříjemnit výuku psaní.

Esc											!
Tab											?
Caps											
Del											
enter											
	Úú	Óó	Ďď	Ťť	Ňň						
	Chch	Ěě	Šš	Čč	Řř	Žž	Ýý	Áá	Íí	Éé	
	Qq	Ww	Ee	Rr	Tt	Yy	Uu	li	Oo	Pp	
	Aa	Ss	Dd	Ff	Gg	Hh	Jj	Kk	Ll		
	Zz	Xx	Cc	Vv	Bb	Nn	Mm				

Obr. 24. Dětská klávesnice

9.6 Přivolání kontaktní osoby pomocí e-mailu/SMS

Systém, díky rozšiřující funkci „Potřeby“ přivolá kontaktní osobu pomocí e-mailu či SMS, díky níž je kontaktní osoba ihned informována.

Implementované důvody oznámení:

- Jídlo
- Pití
- Pomoc
- Odpočinek
- WC

9.7 Kompenzační pomůcka

Webkamera je umístěna na kšiltu čepice, kde snímá uživatelské oko a jeho pohyby z bezprostřední vzdálenosti. Webkamera pošle právě snímáný obraz do systému, kde je následně zpracován a vyhodnocen.



Obr. 25. Kompenzační pomůcka: webkamera umístěna na čepici s kšiltem.

10 TESTOVÁNÍ SYSTÉMU

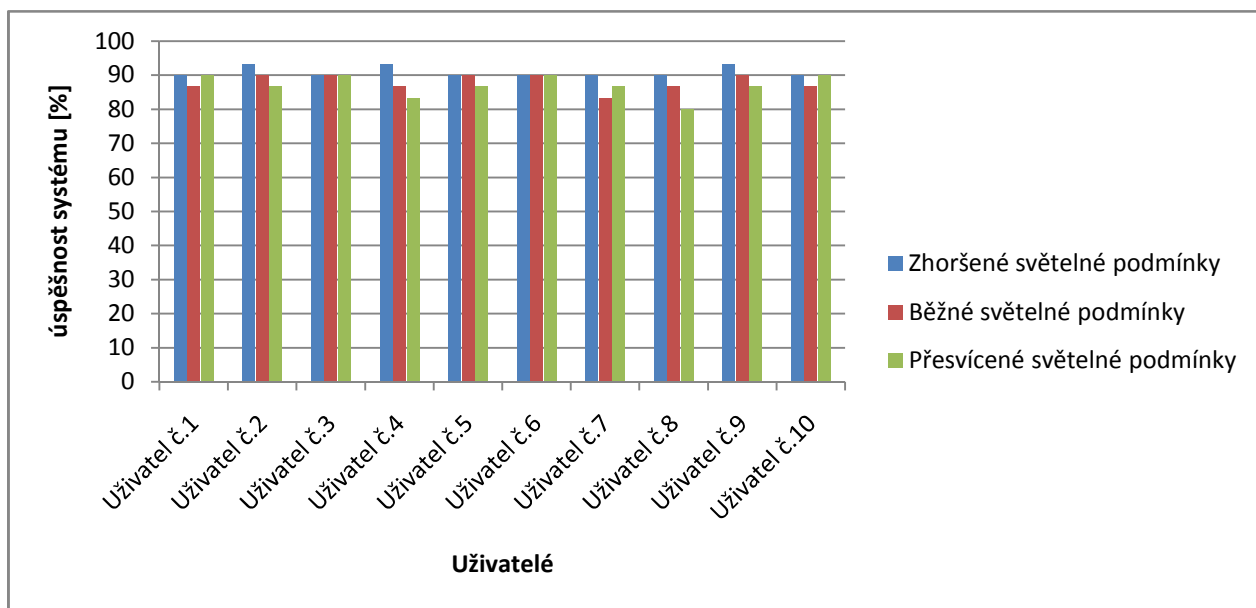
Vytvořený systém bylo nutno otestovat na několika uživateli za různých světelných podmínek. Abych mohl systém otestovat, bylo potřeba vyrobit si kompenzační pomůcku (Obr. 25) v podobě webkamery umístěné na kšiltu čepice pro snímání polohy očních pohybů. Díky vytvořené cloně na boku čepice jsem eliminoval nepříznivé vlivy nerovnoměrného osvětlení.

Testu se zúčastnilo deset nehandicapovaných uživatelů za různých světelných podmínek viz. Tabulka 6. Úkolem bylo otestovat systém, jak bude reagovat na oční pohyby různými uživateli za běžných nebo nestandardních světelných podmínek. Úspěšnost jednotlivých podmínek vychází z průměru hodnot testování systému uživateli. Jak je z tabulky 6 vidět, systém obstál i za horších světelných podmínek a jeho úspěšnost se pohybovala okolo 90%.

Ze závěrů testu je patrné, že systém obstál i v extrémních světelných podmínkách a nebude pravděpodobně problém ho nasadit do běžného provozu pro handicapované uživatele.

Uživatel č.	Průměrná úspěšnost za různých světelných podmínek		
	Zhoršené světelné podmínky [%]	Běžné světelné podmínky [%]	Přesvícené světelné podmínky [%]
1	90,00	86,67	90,00
2	93,33	90,00	86,67
3	90,00	90,00	90,00
4	93,33	86,67	83,33
5	90,00	90,00	86,67
6	90,00	90,00	90,00
7	90,00	83,33	86,67
8	90,00	86,67	80,00
9	93,33	90,00	86,67
10	90,00	86,67	90,00
Průměrná úspěšnost uživatelů [%]	92,00	88,00	87,00

Tab. 6. Testování systému za různých světelných podmínek několika uživateli



Obr. 26. Testování systému za různých světelných podmínek několika uživateli.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zhotovit systém pro ovládání počítače pomocí očních pohybů. Existuje mnoho lidí, a každý rok se jejich počet neustále zvyšuje, kteří kvůli nemoci nebo úrazu nemohou normálně používat počítač. Proto byl vyvinut systém, aby těmto lidem pomohl a mohli tak komunikovat s okolním světem prostřednictvím počítače díky snímání očních pohybů webovou kamerou. Systém je jiný z hlediska toho, že pro svou činnost nevyžaduje žádné další přídavné zařízení, jedná se o čistě softwarový produkt. Má také aplikovanou funkci rychlého kontaktování odpovědné osoby.

Začátek práce je věnován rešerší podobných systémů na trhu. V následující části je seznámení se s barevnými modely a frekvenční analýzou znaků.

Dalším bodem práce bylo porozumění problematice digitálního zpracování obrazu. Je zde popsáno jakým způsobem se vstupní obraz z webkamery zpracuje a jak se rozpozná správný pohyb. V práci se seznámíte s jednotlivými typy segmentací, se kterými se můžete v praxi setkat.

Praktická část byla věnována na použitou metodiku pro rozeznání pohybu a převodu vstupního obrazu do stupňů šedi. Pro rozeznání pohybu je využito algoritmu vzájemné informace a entropie. Tento algoritmus vyhodnotí, zdali byl zaznamenán pohyb zornice či nikoliv. V další části je seznámení uživatele se systémem a jeho grafickým uživatelským rozhraním. Navrhovaný systém obsahuje několik druhů klávesnic a režimů pro usnadnění práce podle typu onemocnění. Systém dokáže kontaktovat patřičnou osobu pomocí SMS a nahrazuje pohyby počítačové myši.

V závěru jsou prezentovány dosavadní výsledky spolu s dalšími možnostmi vývoje.

Systém prochází neustálým vývojem a optimalizací. Cílem bylo vytvořit několik klávesnic podle různých typů onemocnění a poskytnout tak komunikační nástroj pro lidi s handicapem. V přípravné fázi vývoje se nyní nalézají predikční klávesnice [16], která umožňuje uživateli rychlejšího psaní textu na základě vestavěného slovníku. Ve středu klávesnice je umístěno devět písmen, která jsou aktuálně měněna podle psaného textu na základě slovníku a četnosti jejich výskytu. Pokud písmeno není klávesnicí nabídnuto v devíti predikčních písmenkách, může uživatel zvolit písmeno pomocí okolní abecedy. Další rozšíření systému může být v podobě softwarové plochy, kde se uživateli vypíšou všechny soubory, co jsou na ploše a které si může zároveň otevřít, rychlé spuštění

základních programů k psaní textu, ošetření všech znaků a klávesových zkratk atd.
Rozšíření pro dětské klienty o různé hry, apod.

CONCLUSION

The aim of this thesis was to make a system for controlling a computer using eye movements. There are a lot of people, and every year the number is increasing, who due to the illness or injury can not normally use a computer. Therefore, a system was developed to help these people so that they can communicate with the outside world via computers by scanning eye movements webcam. The system is different in terms of that for their activity does not require any additional equipment, it is a clear software product. It also has the quick contact person responsible function.

The beginning of thesis is concerned with the discussion on the similar systems on the market. Introduction of color models and frequency analysis of the characters.

Next point of the study explains the issue of digital image processing. It describes how the input image from the webcam processes and how to recognize the right eye moves. In the thesis you are familiar with the different types of segmentation that you may encounter in practice.

The practical part was devoted to the methodology used for detection of eye movement and transfer of the input image to grayscale. The recognition algorithm is used to provide mutual information and entropy. This algorithm will evaluate if there was a movement of pupil or not. In the next part is to familiarize the user with the system and its graphical user interface. The developed system contains several types of keyboards and arrangements to facilitate the work according to the type of a disease. The system can contact the appropriate person using a SMS and it also can replace the computer mouse movements.

In conclusion, the current results are presented along with ideas of further possible development.

The system is continueing with development and optimization. The aim was to create several keyboards for different types of diseases and provide a communication tool for people with disabilities. A predictive keyboard is in the preparatory phase of the development[16], which allows the user to write text faster on the built-in dictionary. In the middle of the keyboard there are nine letters that are actually changed by written text based on vocabulary and the frequency of their occurrence. If the letter is not offered by keyboard in nine prediction letters, the user can choose a letter in the surrounding alphabet. Further development of the system may be also in the form of software desktop where the

user can see all the files that are on the desktop and can open, quick launch basic programs for writing text, adding all characters and keyboard shortcuts etc. Further development can be also focused on pediatric clients including various games, etc.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] DOBEŠ, Michal. *Zpracování obrazu a algoritmy v C#*. Praha : BEN-technická
- [2] JANOVIČ, Tomáš. *DETEKCE POLOHY OČÍ V OBRAZECH OBLIČEJE POMOCÍ HOUGHOVY TRANSFORMACE*. Brno, 2012. Dostupné z:
https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/12437/Tomas_Janovic_BP.pdf?sequence=2. Bakalářská práce. VUT.
literatura, 2008. 144 s. ISBN 978-80-7300-233-6.
Masarykova Univerzita, Fakulta informatiky.
- [3] POKORNÝ, Pavel. *Základy počítačové grafiky*. 1. vyd. Zlín : UTB - Academia Centrum Zlín, 2004. ISBN 80-7318-161-4. Barevné modely, s. 22-25.
- [4] STRAKA, Stanislav. *Segmentace obrazu*. Brno, 2009. 57 s. Diplomová práce.
- [5] STRAŠRYBKA, Tibor. *VYTVOŘENÍ SOUBORU STANDARDIZOVANÝCH ÚLOH PRO SNÍMÁNÍ OČNÍCH POHYBŮ* [online]. Praha, 2007 [cit. 2012-12-03].
Dostupné z: https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/strast1_2008bach.pdf.
Bakalářská práce. ČVUT Praha, Fakulta elektrotechnická, Katedra kybernetiky.
Vedoucí práce ING. MARCELA FEJTOVÁ.
- [6] ZÍTKA, Michal. *Detekce pohybu v obraze*. Brno, 2008. 45 s. Bakalářská práce.
VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [7] ŽÁRA, Jiří, BENEŠ, Bedřich, FELKEL, Petr. *Moderní počítačová grafika*. 1. vyd. Praha : Computer Press, 1998. 448 s. ISBN 80-7226-049-9. Barvy v počítačové grafice, s. 3-9.

Internetové zdroje:

- [8] ALBAHARI, Joseph. *Vlákna v C#* [online]. 2008[cit. 2013-05-31]. Dostupné z: http://www.albahari.com/threading/threading_czech.pdf
- [9] DPG – Synchronizace paralelních procesů. In: *DPG – Synchronizace paralelních procesů* [online]. 2008 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.nti.tul.cz/cz/images/1/19/DPG-4.pdf>
- [10] Frekvence písmen, bigramů, trigramů, délka slov. *Centrum zpracování přirozeného jazyka* [online]. 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://nlp.fi.muni.cz/cs/Frekvence_pismen_bigramu_trigramu_delka_slov
- [11] I4Control. *I4Control* [online]. 2008 [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: <http://www.i4control.eu/>
- [12] *Live! Cam Socialize HD 1080* [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://cs.creative.com/products/product.asp?category=218&subcategory=846&product=20165>
- [13] *Live! Cam Socialize HD 1080* [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://cs.creative.com/products/product.asp?category=218&subcategory=846&product=20165&nav=0>
- [14] MOROZOV, Ilya. Balabolka. *Balabolka* [online]. 2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.cross-plus-a.com/balabolka.htm>
- [15] Nastavení služby E-mail do SMS. *T-mobile.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.t-mobile.cz/web/cz/podpora/nastaveni-sluzeb/internet-a-e-mail/nastaveni-sluzby-e-mail-do-sms>
- [16] PSANÍ TEXTU (RŮZNÉ KLÁVESNICE). *I4Control* [online]. 2008 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: http://www.i4control.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=42
- [17] ŠPANĚL, Michal. *Základy počítačové grafiky: IZG* [online]. Brno: Fakulta informačních technologií, 2008, 89 s.[cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/study/course-1.php?id=92>

- [18] THE COGAIN ASSOCIATION. COGAIN: Communication by Gaze Interaction [online]. 2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.cogain.org>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ALS	Amyotrofická laterální skleróza – nemoc motoneuronů
API	Application Programming Interface – programové rozhraní aplikace
C#	C Sharp – Objektově orientovaný programovací jazyk
CCIT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique komise pro telegrafii a telefonii
CIE	CIECommission Internationale de l'Éclairage – barevný model vytvořený mezinárodní komisí pro světlo
CMYK	Cyan Magenta Yellow Black – subtraktivní barevný model
DB	DataBáze
DCT	Discrete Cosine Transformation – diskrétní kosinusová transformace
DRAG&DROP	Drag And Drop – chytni a táhni
E-MAIL	Eletronic Mail – elektronická pošta
GIF	Graphic Interchange Format – grafický formát
GUI	Graphic User Interface - grafické uživatelské prostředí
HD	High definition – vysoké rozlišení
HLS	Hue, Lightness, Saturation – barevný tón, světlost, sytost
HSV	Hue, Saturation, Value – barevný tón, sytost, jas
IMAP	Internet Mail Access Protocol – přístupový poštovní protokol Internetu
JPEG	Join Photographic Expert Group – grafický ztrátový formát
LoG	Laplacian of Gaussian – kombinace Gaussova a Laplaceova operátoru
LZW	Lempel-Ziv-Welch: kompresní metoda
MNG	Multiple-image Network Graphics – animace na webu
PNG	Portable Newtwork Graphics – přenosná síťová grafika, grafický formát
POP	Post Office Protocol - poštovní klient
RAW	Read After Write – „surová“ data

RGB	Red-Green-Blue: aditivní systém barev
SMS	Short Message Service – systém krátkých zpráv
TIFF	Tagged Image Format File – grafický formát
USB	Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vzhled kamery Live! Cam Socialize HD 1080	13
Obr. 2. Uživatelské rozhraní	14
Obr. 3. Graf délky slov v textu	22
Obr. 4. Graf délky slov ve slovníku	22
Obr. 5. Spektrum elektromagnetického záření	23
Obr. 6. Lidské oko	25
Obr. 7. Sítnice (tyčinky a čípky)	26
Obr. 8. Reprezentace barevného prostoru RGB a CMY pomocí krychle	28
Obr. 9. Geometrická reprezentace prostoru HSV a HLS	30
Obr. 10 Ukázka tvarů hran: a) line edge; b) ramp edge; c) step edge; d) roof edge; e) variance edge; f) noisy edge;	32
Obr. 11 Průběh obrazové funkce: a) původní funkce; b) první derivace; c) druhá derivace;	33
Obr. 12. Dělení oblasti a výsledný strom	35
Obr. 13. Vztah vzájemné informace a entropie	37
Obr. 14. a) vstupní barevný obraz b) obraz převedený na odstíny šedé	41
Obr. 15. Vývojový diagram vyvíjeného systému (zobrazeny pouze důležité části)	43
Obr. 16. Hlavní GUI systému	44
Obr. 17. Správná kalibrace zornice na střed snímku	45
Obr. 18. Kalibrace systému pro jednotlivé úkony oka	45
Obr. 19. Nastavení systému	46
Obr. 20. Pohyb ukazatele/kurzoru pomocí pohybu zornice	48
Obr. 21. Standardní softwarová klávesnice s plynulým výběrem klávesy	50
Obr. 22. Frekvenční klávesnice	51
Obr. 23. Piktogramová klávesnice	51
Obr. 24. Dětská klávesnice	52
Obr. 25. Kompenzační pomůcka: webkamera umístěna na čepici s kšiletem	53
Obr. 26. Testování systému za různých světelných podmínek několika uživateli.	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Možnosti příkazového řádku	19
Tab. 2. Frekvence českých písmen	20
Tab. 3. Nejfrekventovanějších 40 bigramů (dvojic písmen)	21
Tab. 4. Nejfrekventovanějších 40 trigramů (trojic písmen).....	21
Tab. 5. Průměrná délka slov v textu a slovníku.....	21
Tab. 6. Testování systému za různých světelných podmínek několika uživateli	54

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Seznam příloh přiložených na CD

PŘÍLOHA P I: SEZNAM PŘÍLOH PŘILOŽENÝCH NA CD

- Balabolka_console.exe podporný program pro ozvučení piktogramové klávesnice
- detska.cs dětská klávesnice
- EMCCS.ico ikona systému EMCCS
- EMCCS.sln hlavní spouštěcí soubor pro Visual Studio 2012
- Form1.cs hlavní program
- frekvencni.cs frekvenční klávesnice s našeptáváním
- FrekvencniBez frekvenční klávesnice bez našeptávání
- Hough.cs Hough transformace
- init.cs inicializace webkamery
- kalibruj.cs kalibrace systému
- kontakti.cs kontaktování odpovědné osoby
- Mouse.cs emulace počítačové myši
- Nastaveni.cs nastavení systému
- nastaveni.txt podpora pro nastavení systému
- normal.cs normální klávesnice
- piktogramova.cs piktogramová klávesnice
- setup.exe instalační soubor systému
- slovník.txt slovník pro frekvenční klávesnici s našeptáváním
- sound.wav zvuk pro ozvučenou piktogramovou klávesnici