

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

DETEKCIA TEXTOVÝCH DOPRAVNÝCH ZNAČIEK
BAKALÁRSKA PRÁCA

2019
MICHAL ZRUBEC

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

DETEKCIA TEXTOVÝCH DOPRAVNÝCH ZNAČIEK
BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika
Študijný odbor: 2511 Aplikovaná informatika
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky
Školiteľ: RNDr. Zuzana Černeková, PhD.

Bratislava, 2019
Michal Zrubec

Čestné prehlásenie: Čestne prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

V Bratislave dňa:

.....

Michal Zrubec

Pod'akovanie: Ďakujem.

Obsah

Úvod	1
1 Prehľad problematiky	2
1.1 Dopravné značky	2
1.1.1 História dopravných značiek	2
1.1.2 Rozdelenie dopravných značiek	2
1.1.3 Rozdielnosť dopravných značiek v rôznych štátoch	3
1.2 Podobné práce	4
1.2.1 Rozpoznávanie dopravných značiek	4
1.2.2 Detekcia a rozpoznávanie dopravných značiek	4
1.2.3 Rozpoznávanie dopravných značiek a ich použitie v mapových aplikáciách	5
2 Potrebná teória	7
2.1 Farebné modely a priestory	7
2.1.1 CIE L*a*b* model	7
2.1.2 Lineárny model RGB	8
2.1.3 HSV a HSL model	9
2.2 Snímanie obrazu	9
2.2.1 Rozlíšenie vstupného obrazu	10
2.2.2 Problémy pri získavaní obrazu	10
2.3 Predspracovanie obrazu	11
2.3.1 Vyhladzovanie (filtrácia)	11
2.3.2 Morfologické operácie	12
2.4 Segmentácia	13
3 Návrh riešenia problematiky	15
3.1 Použité nástroje	15
3.2 Získavanie obrazu	16
3.3 Predspracovanie obrazu	16
3.4 Segmentácia podľa farby	16

<i>OBSAH</i>	vi
3.5 Otvorenie a zatvorenie	16
3.6 Hľadanie rohov	17
3.7 Detekcia textu	17
Záver	18

Zoznam obrázkov

1.1	Dopravné značky vo svete	3
2.1	Cie L*a*b* model	8
2.2	Lineárny RGB model	8
2.3	HSV a HSL	9
2.4	Obraz zosnímaný kamerou	10
2.5	Rozlíšenia	10
2.6	Filtre.	12
2.7	Dilatácia a Erózia	13

Úvod

Doplň.

Kapitola 1

Prehľad problematiky

1.1 Dopravné značky

Dopravné značky sú jednoduché piktogramy, ktoré slúžia na riadenie a reguláciu cestnej premávky. Ich význam stanovujú Pravidlá cestnej premávky [12]. Sú dôležitou časťou dopravnej infraštruktúry. Každá značka má svoj tvar, farbu a nesie informáciu pre účastníkov cestnej premávky. Dopravné značky môžu upozorňovať účastníkov cestnej premávky na hroziace nebezpečenstvo, ukladať príkazy, zákazy alebo obmedzenia. Taktiež môžu doplniť, spresniť alebo obmedziť význam inej značky. Z tohto dôvodu musia byť jednoznačné a výrazné.

1.1.1 História dopravných značiek

Koncom devätnásteho storočia po vzniku prvého automobilu, ktorý bol poháňaný spalovacím motorom, nastal rast automobilizmu. Tento rast počtu automobilov na cestných komunikáciách podmienil vznik prvej zmluvy o úprave cestnej premávky, ktorou bola Parížska konvencia. Bola podpísaná na druhom Medzinárodnom kongrese v Paríži a bol to dohovor o jazde motorovými vozidlami. O rok neskôr boli navrhnuté prvé dopravné značky, ktoré boli väčšinou čiernobiele a obsahovali obrázky a text. V roku 1949 vznikol Ženevský protokol (Svetový dohovor o cestnej a automobilovej doprave), ktorý sa zkladal z Dohovoru o cestnej premávke a Protokolu o dopravných značkách a signáloch. Neskôr v roku 1968 sa vo Viedni konala Viedenská konvencia, na ktorej bol upravený Ženevský protokol. Túto zmluvu podpísala väčšina európskych krajín, medzi ktorými bolo aj Československo [3].

1.1.2 Rozdelenie dopravných značiek

Dopravné značky sa delia na zvislé (sú postavené vedľa vozovky) a vodorovné (sú nakreslené na ceste). Zvislé dopravné značky sa delia z hľadiska významu na [12]:

- Výstražné značky
- Značky upravujúce prednosť v jazde a dodatkové tabuľky s tvarom križovatky
- Zákazové značky
- Príkazové značky
- Informatívne prevádzkové značky
- Informatívne smerové značky
- Informatívne iné značky a dodatkové tabuľky

1.1.3 Rozdielnosť dopravných značiek v rôznych štátoch

Napriek tomu, že väčšina európskych a viacero iných krajín podpísalo Viedenskú konvenciu, ktorá určuje ako majú značky vyzerieť, sa nájdu rozdiely medzi dopravnými značkami v rôznych štátoch. V niektorých krajinách sa používajú značky s textom a v iných zase značky so symbolmi ako to môžeme vidieť na obrázku 1.1.



Obr. 1.1: Rozdiely v dopravných značkách v Holandsku, Veľkej Británii, USA a Austrálii [13].

1.2 Podobné práce

1.2.1 Rozpoznávanie dopravných značiek

Cieľ práce

Rozpoznávaním dopravných značiek sa venoval v bakalárskej práci Miloš Fabian [14]. V práci opísal problematiku detekcie a rozpoznávania červených zákazových dopravných značiek. Cieľom práce bolo implementovať jednu metódu, zaoberajúcu sa rozpoznávaním dopravných značiek a s tým súvisiace metódy výberu vhodných príznakov používané v skúmanej oblasti ako sú farba, geometrické charakteristiky a iné.

Riešenie

Ako programovací jazyk použil C++ a na pomoc so spracovaním obrazu využil knižnicu OpenCV. Prvým krokom pri riešení bolo získať oblasť, kde by sa mohla nachádzať dopravná značka. Tento problém riešil tak, že si najskôr obrázok konvertoval z BGR farebného modelu do RGB, kvôli tomu aby sa obraz vedel správne vykresliť v okne aplikácie. Potom nasledovala konverzia z RGB do HSV a na tento obraz použil OpenCV funkciu `cv::inRange` výsledkom ktorej je binárny obraz, ktorý potom spojil s HSV obrazom. Obraz ešte vyhladil Gaussovským filtrom. Ďalším krokom bola segmentácia podľa tvaru, kde použil Houghovu transformáciu na hľadanie kruhov, výsledkom čoho bolo získanie oblasti obrázka kde sa pravdepodobne nachádza kruhová značka. Rozpoznávanie dopravných značiek vyriešil porovnávaním príznakov a použil algoritmy SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) a SURF (Speeded Up Robust Feature), ktoré najskôr detegujú kľúčové body a potom vypočítajú ich deskriptory, ktoré porovnáva s deskriptormi získanými zo vzorových obrázkov.

Testovanie a výsledky

Testovaním prišiel nato, že pro rozpoznávaní kandidátov bola metóda SURF menej spoľahlivejšia ako metóda SIFT. Algoritmu SIFT sa podarilo značky detegovať až s 89,09% úspešnosťou a algoritmu SURF len s 52,73% úspešnosťou.

1.2.2 Detekcia a rozpoznávanie dopravných značiek

Cieľ práce

Detekcii a rozpoznávaniu dopravných značiek sa venovala v bakalárskej práci aj Anikó Szabóová [22], ktorá testovala detegovanie modrých dopravných značiek pomocou algoritmov SIFT, SURF, MSER, Harrisov rohový detektor, FAST a BRISK.

Riešenie

Prácu implementovala v MATLAB-e. Pri predspracovaní obrazu skúšala obraz konvertovať do RGB, HSV a CIE $L^*a^*b^*$ farebného modelu. Na vyhladzovanie šumu použila Gaussov a mediánový filter a potom nasledovala segmentácia podľa farby. Po prahovaní snímku upravila pomocou morfológických operácií otvorenie a uzatvorenia, ktorým odstránila príliš malé oblasti. Po získaní regiónov kde by sa značka mohla nachádzať nasleduje segmentácia podľa tvaru. Pomocou Houghovej transformácie zisťovala kruhovitosť danej oblasti. Na rozpoznávanie dopravných značiek použila algoritmy SIFT, SURF, MSER, Harrisov rohový detektor, FAST a BRISK, pomocou ktorých najskôr našla kľúčové body a potom vypočítala ich deskriptory, ktoré potom porovnávala s deskriptormi vypočítanými zo vzorových obrázkov. Okrem týchto metód použila aj metódu porovnávania pixelov šablóny a získanej oblasti.

Testovanie a výsledky

Pri testovaní sa jej podarilo získať najlepšie výsledky pomocou farebného modelu HSV a použitím Gaussového filtra. Farebný model RGB je veľmi citlivý na osvetlenie a mediánový filter je náročný na spracovanie a spomaľuje beh programu. Spomedzi algoritmov na rozpoznávanie najlepšie obstáli deskriptory SURF a SIFT. Za nimi skončili algoritmus MSER a Harrisov rohový detektor a najhoršie natom skončili FAST a BRISK. Algoritmus SIFT klasifikoval značky so 78% úspešnosťou, SURF s 56% úspešnosťou. Porovnávaním pixelov získala až 80% úspešnosť. Kombináciou dvoch techník sa jej podarilo detegovať dopravné značky s 93% úspešnosťou.

1.2.3 Rozpoznávanie dopravných značiek a ich použitie v mapových aplikáciách

Cieľ práce

Štefan Toth vo svojej práci Rozpoznávanie dopravných značiek a ich použitie v mapových aplikáciách [24] využil na klasifikáciu kandidátov umelé neurónové siete.

Riešenie

Na implementáciu si zvolil programovací jazyk C#. Pri predspracovaní obrázka použil na vyhladenie Gaussov filter. Na detekciu oblastí si zvolil segmentáciu na základe farby, ktorú vykonával na obraze skonvertovaného do CIIELAB farebného modelu. Z tohto obrazu potom vyprahoval červené, modrú a žltú farbu. Následne použil morfológickú operáciu otvorenia, ktorá odstránila šum a príliš malé oblasti. Na klasifikáciu kandidátov si vytvoril niekoľko neurónových sietí, do ktorých sa značky radili podľa

tvaru a farby. Na sledovanie dopravnej značky implementoval Lucas-Kanadeho algoritmus, ktorý funguje na princípe porovnávania dvoch po sebe idúcich snímok. Potom nasledovalo určenie polohy danej značky kde získal zemepisnú šírku, dĺžku a smer.

Testovanie a výsledky

Úspešnosť detekcie bola 70%. Z týchto 70% je úspešnosť neurónových sietí okolo 85%. Výsledkom práce je .NET knižnica, ktorá umožňuje sledovať a rozpoznávať viac ako 75 rôznych druhov značiek.

Kapitola 2

Potrebná teória

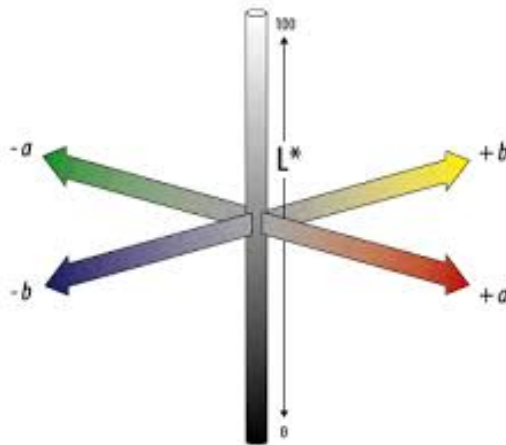
2.1 Farebné modely a priestory

Farebný model je abstraktný matematický model, ktorý opisuje ako môžeme vyjadriť farbu pomocou n -tíc čísel. Väčšinou sú to tri alebo štyri hodnoty alebo farebné komponenty. Ak je farebný model asociovaný s presným predpisom, ako sú jednotlivé komponenty interpretované, hovoríme o farebnom priestore. Pri detekcii dopravných značiek bývajú v prácach využité rôzne farebné priestory. Použitie každého farebného modelu prinesie určité výhody, ale aj nevýhody. Medzi najviac používané patria napríklad RGB, HSV, HSI, CIE $L^*a^*b^*$ modely. Farebné modely a priestory sa delia na [16]:

- Homogénne priestory farieb
- Hardvérovo orientované modely
- Modely farieb v televízii a videotechnike
- Používateľsky orientované modely

2.1.1 CIE $L^*a^*b^*$ model

Je to trojdimenzionálny farebný priestor, ktorý sa skladá z L^* - jasová zložka a z dvoch farebných zložiek a^* a b^* . Hodnoty L^* jasovej zložky sa pohybujú od 0 (čierna) po 100 (biela). Farebné zložky tvoria dve osi. Záporné hodnoty osi a^* prislúchajú zelenej farbe a kladné hodnoty osi a^* prislúchajú červenej farbe. Záporné hodnoty osi b^* prislúchajú modrej a kladné hodnoty osi b^* prislúchajú žltej farbe. Tento model použili vo svojej práci Lopez a Fuentes pri detekcii dopravných značiek [2].

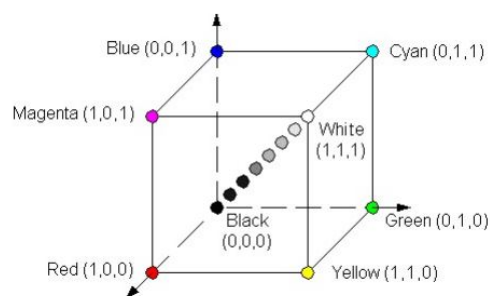
Obr. 2.1: Farebný model Cie $L^*a^*b^*$ [18].

2.1.2 Lineárny model RGB

Patrí medzi hardvérovo orientované modely. Tento model obsahuje tri primárne farby:

- R - červená (red)
- G - zelená (green)
- B - modrá (blue)

Ostatné farby vzniknú aditívnym skladaním týchto farieb. Tieto farby vyjadrujeme pomocou váhového súčtu jednotlivých zložiek. Skladaním týchto primárnych farieb vznikajú sekundárne farby - v tomto modeli sú to modrozelená (cyan), fialová (magenta) a žltá (yellow). Model RGB je reprezentovaný jednotkovou kockou, umiestnenou na začiatku súradnicovej sústavy Euklidovského priestoru. Jednotlivé osi reprezentujú množstvo príslušnej farebnej zložky vo výslednej farbe. Intenzita základných farieb sa vyjadruje číslom z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. V množine základných farieb z vrcholov sa nachádza dokopy osem farieb - primárne, sekundárne, biela (Vrchol[1,1,1]) a čierna (Vrchol[0,0,0]). Na diagonále medzi bielou a čiernou farbou sa nachádzajú odtiene šedej (gray). [16]



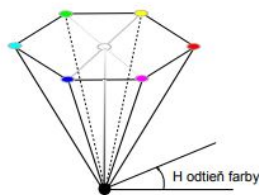
Obr. 2.2: Farebný model RGB [16].

2.1.3 HSV a HSL model

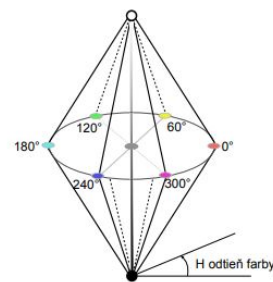
HSV a HSL patria medzi používateľsky orientované modely. Medzi hlavné parametre patria:

- H - odtieň (hue)
- S - sýtosť (saturation)
- V a L - jasová hodnota, svetlosť (value, lightness)

Odtieň farby určuje dominantnú spektrálnu farbu, sýtosť určuje prímies ďalších farieb a jasová hodnota určuje množstvo bieleho bezfarebného svetla. Na priestorové zobrazenie HSV modelu používame väčšinou tvar obráteného pravidelného šesťbokého ihlanu 2.3a, ktorý vznikol deformáciou RGB kocky, kde v bode $[0,0,0]$ je zobrazená čierna farba. Na zobrazenie modelu HSL obojstranný kužeľ 2.3b. Jedným z nedostatkov HSV modelu je, že zmena farebného odtieňa nie je plynulá - H sa pohybuje po šesťuholníku [16]. V prácach pri detekcii dopravných značiek je tento model najpoužívanejší.



(a) Farebný model HSV [16].



(b) Farebný model HSL [16].

Obr. 2.3

2.2 Snímanie obrazu

Obraz získavame pomocou kamery umiestnenej na palubnej doske automobilu. Je otočená v smere jazdy, takže dopravné značky umiestnené pred automobilom nad vozovkou a dopravné značky umiestnené vedľa vozovky.



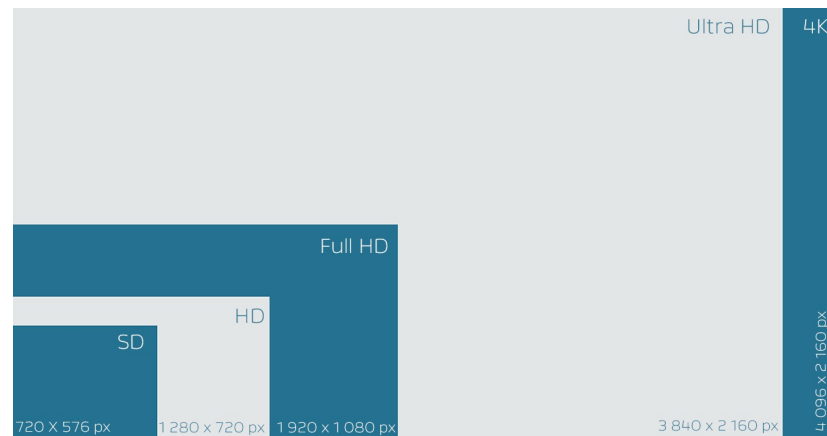
Obr. 2.4: Obrázok zosnímaný kamerou na palubnej doske automobilu.

2.2.1 Rozlíšenie vstupného obrazu

Jednou z najdôležitejších vlastností videa je rozlíšenie. Uvádza počet obrazových bodov - pixelov, z ktorých je tvorené výsledné video. Medzi napoužívané rozlíšenia patria:

- Full HD - 1920×1080 pixelov
- Ultra HD - 3840×2160 pixelov
- 4K - 4096×2160 pixelov

Veľkosť rozlíšenia môže vplývať na správnu detekciu dopravnej značky.



Obr. 2.5: Ukážka rozdielov medzi rozlíšeniami [20].

2.2.2 Problémy pri získavaní obrazu

Pri získavaní obrazu sa môžeme stretnúť s mnohými faktormi, ktoré negatívne vplyvajú na správne fungovanie detekcie. Jedným z týchto faktorov je počasie. Príkladom tohto zlého vplyvu je zasněžená značka, znížená viditeľnosť pri hmle, atď. Medzi ďalšie faktory môže patriť napríklad poškodenie značky.

2.3 Predspracovanie obrazu

Slúži na prípravu obrazu na ďalšie spracovanie. Pomocou spracovania obrazu môžeme opraviť pixel, ktorý je skreslený šumom, na základe jeho susedných pixelov. Avšak nedokážeme zvýšiť množstvo informácie spracovaného obrazu, dokážeme len nejakú informáciu potlačiť [15]. Rozlišujeme viacero metód predspracovania obrazu [23]:

- Bodové jasové transformácie
- Geometričné transformácie
- Lokálne predspracovanie (filtrácia, ostrenie a detekcia hrán)
- Obnovenie obrazu pri známej degradácii
- Matematická morfológia

Na odstránenie šumu pri detekcii dopravných značiek je používané väčšinou predspracovanie pomocou lokálnych operátorov. Tieto operátory pracujú tak, že prechádzajú celý obraz pixel po pixely a na základe susedných pixelov upraví hodnotu aktuálneho pixelu.

2.3.1 Vyhladzovanie (filtrácia)

Vyhladzovanie používame na odstránenie šumu a ostrých hrán z obrazu (vysokofrekvenčné zložky vo Fourierovskom spektre). Sprievodným javom pri vyhladzovaní býva rozmazanie predtým ostrých hrán [15].

Spriemerovanie

Je to najjednoduchší spôsob vyhladzovania šumu v obraze. Pre každý bod obrazu sa hodnota jasu nahradí aritmetickým priemerom jasov jeho susedov (väčšinou sú to body zo štvorcového nepárneho okolia - 3x3, 5x5). Je to vlastne špeciálny prípad konvolúcie. Konvolučná maska má tvar:

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Gaussovský filter

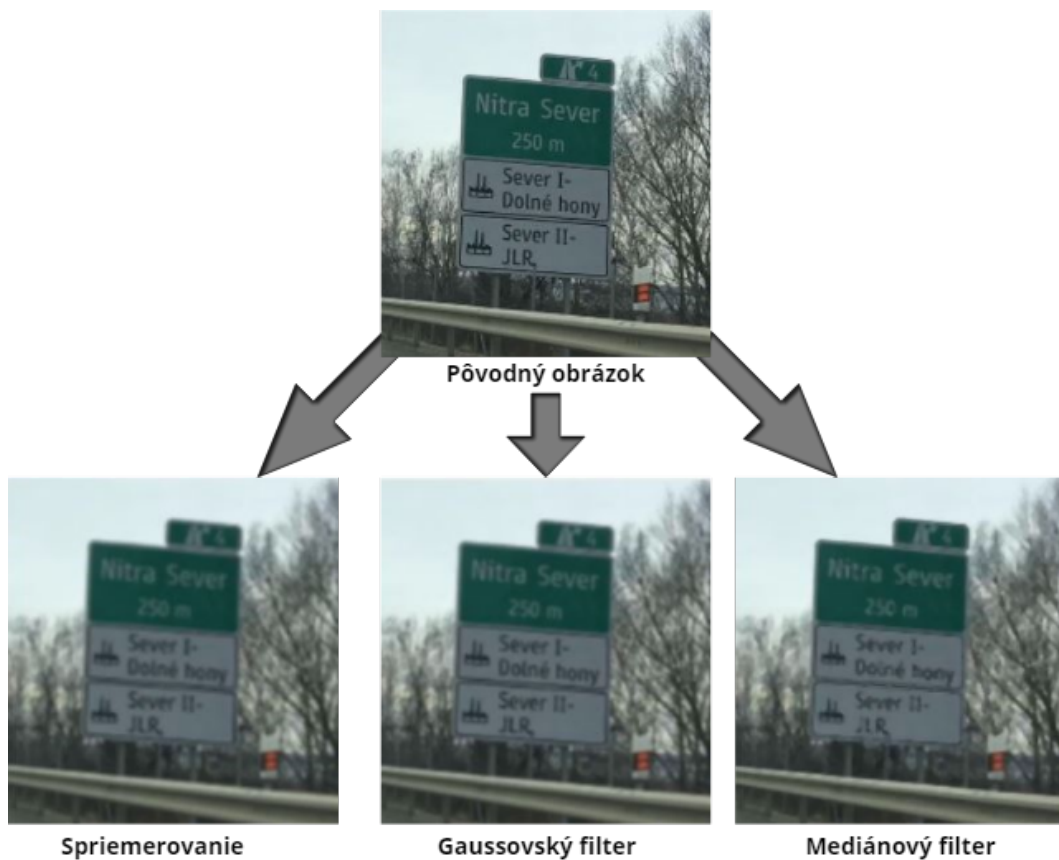
V existujúcich prácach pri detekcii dopravných značiek je najpoužívanejšie filtrovanie pomocou Gaussovej masky - Gaussovský filter. Masku získame tak, že v konvolučnej maske posilníme význam stredového bodu a jeho 4 najbližších susedov. Vďaka tomu

dosahuje lepšie a presnejšie výsledky ako spriemerovanie. Kvôli tomu vlastne vzniká rozmazávanie hrán. [23]

$$h = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Mediánový filter

Mediánový filter usporiada vzostupne jasové úrovne z okolitých pixelov a stredná hodnota z tejto postupnosti bude nová hodnota pixelu. Vyznačuje sa najmä tým, že okrem samotného odstránenia šumu zvýrazní aj hrany.



Obr. 2.6: Ukážka použitia filrov na obrázku.

2.3.2 Morfológické operácie

Medzi základné dve morfológické operácie patria:

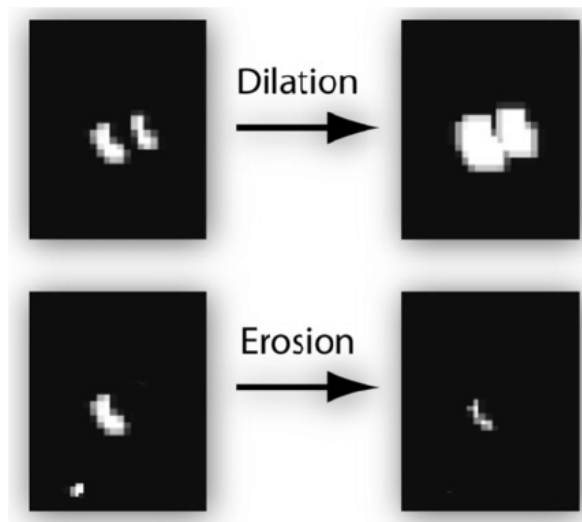
- Dilatácia - pomocou nej dokážeme zväčšiť plochu bielej binárnej oblasti. Pomocou matematických výpočtov dokáže vyrátať okolie jedného bodu a tým pádom vyplní diery.

- Erózia - je to opak dilatácie. Zmenšujeme daný objekt a odstraňujeme menšie objekty.

Kombináciou týchto dvoch základných operácií vznikajú ďalšie morfológické operácie:

- Otvorenie - použijeme najskôr dilatáciu a potom eróziu
- Zatvorenie - použijeme najskôr eróziu a potom dilatáciu

Morfológickú operáciu otvorenie použil v práci Štefan Toth [24].



Obr. 2.7: Dilatácia a Erózia [21].

2.4 Segmentácia

Z definície segmentácie vyplýva, že pôvodný obraz rozdelíme na disjunktné homogénne časti. Každá táto časť má nejakú vlastnú podmienku homogenity. Medzi dva základné najpoužívanejšie typy segmentácií patria:

- Segmentácia podľa tvaru
- Segmentácia podľa farby

Keďže dopravné značky sú špecifické svojím tvarom (trojuholník, štvorec, atď.) ale aj svojou farbou (modrá, červená, zelená, atď.), pri segmentácii obrazu a následnom detegovaní dopravných značiek sa používajú oba typy.

Segmentácia má dve úrovne [19]:

- Kompletná - segmentované objekty sú už priamo hľadané objekty
- Čiastočná - segmentované objekty treba ešte ďalej spracovávať

Metódy segmentácie rozdeľujeme na [19]:

- Globálne - napr. prahovanie
- Určovanie hraníc - napr. detekcia hrán
- Určovanie oblastí - napr. metódy založené na narastaní oblastí

Segmentácia podľa farby

Prahovanie je najpoužívanejšia, najrýchlejšia a najmenej výpočtovo náročná metóda segmentácie. Najčastejšie sa používa globálny prah, ktorý závisí len na hodnote jasú obrazu. Zastúpenie jednotlivých jasových úrovní v obraze sa väčšinou vyjadruje v histograme.

Segmentácia podľa tvaru

Medzi najpoužívanejšie metódy pri hľadaní rôznych tvarov značky patrí Cannyho detektor [1] a Houghova transformácia [4]. Väčšinou sa tieto metódy navzájom kombinujú.

Kapitola 3

Návrh riešenia problematiky

Cieľ našej práce je detekovať textové dopravné značky na videu. Pri riešení problematiky budeme postupovať nasledujúcimi krokmi:

- Snímanie obrazu
- Predspracovanie obrazu
- Segmentácia podľa farby
- Morfologické operácie
- Hľadanie rohov
- Nájdenie dopravnej značky
- Detekcia textu na dopravnej značke
- Nájdenie textovej dopravnej značky

3.1 Použité nástroje

Python

Pre implementáciu algoritmu na detekciu textových dopravných značiek sme si vybrali programovací jazyk Python [8]. Podporuje funkcionálne, štruktúrované aj objektovo orientované programovanie. Je to dynamicky typový jazyk, ktorý podporuje veľké množstvo vysokoúrovňových dátových typov. V implemetácií použijeme verziu 3.7.2 [9]. Ako programovacie prostredie použijeme Python IDE PyCharm [7].

OpenCV

Je to open-source knižnica určená predovšetkým na prácu s obrazom [5]. Zameriava sa hlavne na počítačové videnie a spracovanie obrazu v reálnom čase. Túto knižnicu je možné použiť v mnoho jazykoch vrátane Pythonu. V implementácii budeme pracovať s verziou 3.4.3 [6].

Tesseract OCR

Open-source knižnica, ktorá je určená na optické rozpoznávanie znakov [11]. Umožňuje prevod tlačeneho textu do digitálnej formy.

3.2 Získavanie obrazu

Spôsob je opísaný v časti Snímanie obrazu 2.2. Zariadenia použité na snímanie obrazu a jeho rozlíšenie sú:

- Iphone 6S - video 4K (30 fps) / FullHD (60 fps)
-

3.3 Predspracovanie obrazu

Od tejto časti budeme pracovať už len s jednotlivými snímkami získanými zo vstupného videa. Najskôr prevedieme obraz do HSV farebného modelu. Na vyhladenie šumu na snímkach použijeme mediánový filter.

3.4 Segmentácia podľa farby

Ďalším krokom po vyhladení obrázka je segmentácia podľa farby. Tento krok je veľmi dôležitý z dôvodu, že potrebujeme čo najpresnejšie určiť kde by sa značka s danou farbou mohla nachádzať. Z dôvodu, že textové dopravné značky sú hlavne zelenej, modrej, červenej a bielej farby budeme prahovať práve tieto štyri farby.

3.5 Otvorenie a zatvorenie

Následne použijeme morfológické operácie otvorenie a zatvorenie. Pomocou týchto operácií odstránime malé nežiadane objekty po prahovaní a spojíme žiadané, ktoré sa pri prahovaní rozdelili.

3.6 Hľadanie rohov

Na vyprahovaný obraz následnej aplikujeme Cannyho hranový detektor a potom nájdeme hrany na obrázku.

3.7 Detekcia textu

Po získaní segmentovaných oblastí nasleduje kontrola, či oblasť spĺňa podmienky 'byť dopravnou značkou' - minimálna výška, šírka a hľadanie textu na danej oblasti.

Záver

Doplniť.

Literatúra

- [1] Canny edge detection. https://docs.opencv.org/3.1.0/da/d22/tutorial_py_canny.html. [21.01.2019].
- [2] Color-based road sign detection and tracking. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.5759&rep=rep1&type=pdf>. [21.01.2019].
- [3] Historický vývoj pravidiel cp. <http://www.beja.sk/historicky-vyvoj-pravidiel-cp.phtml?id5=13921>. [21.01.2019].
- [4] Hough line transform. https://docs.opencv.org/3.4.3/d3/de6/tutorial_js_houghlines.html. [21.01.2019].
- [5] Opencv. <https://opencv.org/about.html>. [21.01.2019].
- [6] Opencv 3.4.3. <https://docs.opencv.org/3.4.3/>. [21.01.2019].
- [7] Pycharm. https://www.jetbrains.com/pycharm/?var=landing&utm_source=quora&utm_medium=cpc&utm_campaign=pycharm. [21.01.2019].
- [8] Python. <https://www.python.org/about/>. [21.01.2019].
- [9] Python 3.7.2. <https://docs.python.org/3.7/>. [21.01.2019].
- [10] Scene text detection. https://docs.opencv.org/3.3.1/da/d56/group__text__detect.html. [21.01.2019].
- [11] Tesseract ocr. <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/sk//pubs/archive/33418.pdf>. [21.01.2019].
- [12] Vyhláška mv sr č. 9/2009 z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. <http://www.epi.sk/zz/2009-9>. [21.01.2019].
- [13] Bicycle Dutch. Road signs for cycling in the netherlands. <https://bicycledutch.wordpress.com/2012/06/04/road-signs-for-cycling-in-the-netherlands/>. [21.01.2019].

- [14] Miloš Fabian. Rozpoznávanie dopravných značiek, 2012.
- [15] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, 2002. Second Edition.
- [16] Elena Šikudová, Zuzana Černeková, Wanda Benešová, Zuzana Haladová, and Júlia Kučerová. *Počítačové videnie Detekcia a rozpoznávanie objektov*. Vydavateľstvo Wikina, 2011.
- [17] Lukáš Neumann and Jiří Matas. Real-time scene text localization and recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, (25), 2012. [21.01.2019].
- [18] A. Ibraheem Noor, M. Hasan Mokhtar, Z. Khan Rafiqul, and K. Mishra Pramod. Understanding color models: A review. *ARPJN Journal of Science and Technology*, 2(3), April 2012. [21.01.2019].
- [19] Šonka, Hlaváč, and Boyle. *Image processing, Analysis and Machine Vision*. International Thomson Publishing Inc., 1999. Second Edition.
- [20] Števo Porubský. Čo je 4k a čo ultra hd? *Denník N*, Február 2016. [21.01.2019].
- [21] Khairi Reda, Victor Mateevitsi, and Catherine Offord. A human-computer collaborative workflow for the acquisition and analysis of terrestrial insect movement in behavioral field studies. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2013:48, 12 2013.
- [22] Anikó Szabóová. Detekcia a rozpoznávanie dopravných značiek, 2017.
- [23] Zoltán Tomori and Matej Nikorovič. *Počítačové videnie v praxi*. Ústav experimentálnej fyziky SAV, 2016.
- [24] Štefan Toth. Rozpoznávanie dopravných značiek a ich použitie v mapových aplikáciách, 2011.