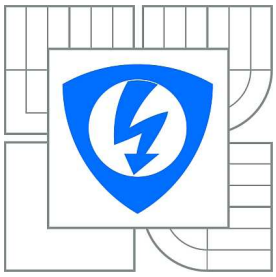


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ROZPOZNÁNÍ SPZ/RZ

LPR DETECTION AND OCR

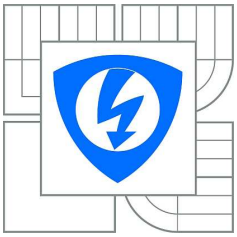
DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER´S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. PAVEL KRAJÍČEK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. PETER HONEC
SUPERVISOR

BRNO 2010



VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNE

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Pavel Krajíček ***ID:*** 78037

Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Rozpoznání SPZ/RZ

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte metody pro spolehlivou detekci SPZ/RZ a klasifikaci znaků. Implementujte algoritmy s ohledem na práci v reálném čase (on-the-fly detekce v živém videu)

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 8.2.2010 ***Termín odevzdání:*** 24.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Peter Honec

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Téma této práce se zabývá problematikou detekce a rozpoznání registračních značek automobilů ze snímků pořízených ze snímacího zařízení umístěného v křižovatce, nebo v automobilu.

Práce je rozdělená do dvou základních částí. První se zabývá hledáním přítomnosti registrační značky v obraze. Pokud je registrační značka nalezena, přistoupí se ke druhé části programu, která nalezenou značku identifikuje.

První část programu se snaží nalézt značku pomocí hranových detektorů. Druhá část klasifikuje znaky pomocí metody založené na analytického popisu.

Klíčová slova

OCR, analytický popis, segmentace, zpracování obrazu, detekce registračních značek

Abstract

The theme of this thesi's deals with the detection and recognition of car license plate from pictures made of screening machine situated on a crassing or inside a car.

The thesis si divided into two basic parts. First deals with searching for presence of licence plate in the picture. If the marque was found, we continue the second part of the program which identificates the found license plate.

The first part of program aspires to find the licence plate by the edge detectors. The second part classifies characters by the method based on an analytical description.

Keywords

Optical chars recognition, analytic description, segmentation, image processing, car license plate recognition

Bibliografická citace

KRAJÍČEK, P. Rozpoznání SPZ/RZ. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 70 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Peter Honec.

Prohlášení

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

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

V Brně dne …… Podpis autora ……..

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Peterovi Honcovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne …… Podpis autora ……..

Obsah

1. ÚVOD 13

2. OBECNÉ ZNALOSTI O STÁTNÍ POZNÁVACÍ ZNAČCE (SPZ)/REGISTRAČNÍ ZNAČCE (RZ) 14

3. SNÍMÁNÍ A DIGITALIZACE 16

3.1 SNÍMÁNÍ 16

3.2 DIGITALIZACE 16

4. PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU 17

4.1 FILTRACE OBRAZU 17

4.1.1 Filtrace průměrováním 17

4.1.2 Filtrace s Gaussovým rozložením 18

4.1.3 Filtrace mediánem 18

4.1.4 Filtrace modusem 19

4.2 DETEKCE HRAN 19

4.2.1 Hranové detektory 19

4.2.2 Sledování hranice 22

4.2.3 Heuristické sledování hranice 22

4.3 MORFOLOGICKÉ OPERACE 23

4.4 DILATACE 23

4.5 EROZE 23

4.6 UZAVŘENÍ 24

4.7 OTEVŘENÍ 25

5. SEGMENTACE OBRAZU 26

5.1 KOMPLETNÍ SEGMENTACE 26

5.2 ČÁSTEČNÁ SEGMENTACE 26

5.3 SEGMENTACE PRAHOVÁNÍM 26

5.3.1 Víceúrovňové prahování 29

5.3.2 Poloprahování 29

5.3.3 Metody určování prahu 29

6. OPTICKÉ ROZPOZNÁVÁNÍ ZNAKŮ (OCR) 31

6.1 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ (UNS) 31

6.2 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ VZÁJEMNÉ KORELACE 31

6.3 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ ANALYTICKÉHO POPISU 32
6.3.1 Popis horizontálním a vertikálním promítáním 33
6.3.2 Popis obvodem a obsahem 34
6.3.3 Popis vertikálním překrytím 34
6.3.4 Popis horizontálním překrytím 36
6.3.5 Popis pomocí počtu výřezů 37
6.4 ROZDĚLENÍ PROBLÉMOVÝCH ZNAKŮ 37
6.4.1 Rozdělení znaků D a 0 38
6.4.2 Rozdělení znaků B a 8 38
6.4.3 Rozdělení znaků C a K 39
6.4.4 Rozdělení znaků H a U 40
6.4.1 Rozdělení znaků 0, 6 a 9 40
6.4.2 Rozdělení znaků 2 a 7 41
6.4.3 Rozdělení znaků 2 a Z 42
7. POPIS FUNKCE PROGRAMU 43
7.1 NALEZENÍ SPZ/RZ 43
7.1.1 Detekce hran 43
7.1.2 Odstranění šumu z obrazu 45
7.1.3 Vyhledávání hran s podobnými rozměry 47
7.1.4 Rozpoznání pozice registrační značky 48
7.2 ROZDĚLENÍ ZNAKŮ REGISTRAČNÍ ZNAČKY 49
7.2.1 Problémy při rozdělování registrační značky 52
7.3 PŘEDZPRACOVÁNÍ ZNAKŮ 53
7.4 ROZPOZNÁNÍ ZNAKŮ REGISTRAČNÍ ZNAČKY 55
7.4.1 Vytvoření klasifikační matice 55
7.4.2 Rozpoznání znaků registrační značky 55
7.5 VYHODNOCENÍ ROZPOZNANÉ REGISTRAČNÍ ZNAČKY 56
8. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY 59
8.1 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V HLEDÁNÍ RZ 59
8.2 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V ROZPOZNÁVÁNÍ ZNAKŮ 61
9. TESTOVÁNÍ PROGRAMU 62
10. ZÁVĚR 65
11. POUŽITÁ LITERATURA 66

12. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 67

13. SEZNAM PŘÍLOH 68

14. PŘÍLOHY 69

Seznam obrázků

Obr 1.: Seznam všech znaků objevujících se na registračních značkách [9] 14
Obr 2.: Nový typ registrační značky 15
Obr 3.: Starý typ registrační značky 15
Obr 4.: Určení hranic objektu [2] 22
Obr 5.: Generování orientovaného grafu [2] 22
Obr 6.: Příklad operace dilatace [12] 23
Obr 7.: Příklad operace eroze [12] 23
Obr 8.: Příklad obrysu pomocí eroze [12] 24
Obr 9.: Příklad operace uzavření [12] 24
Obr 10.: Příklad operace otevření [12] 25
Obr 11.: Původní obrázek 27
Obr 12.: Prahování se správným prahem 27
Obr 13.: Prahování s nízkým prahem 28
Obr 14.: Prahování s vysokým prahem 28
Obr 15.: Bimodální histogram [4] 30
Obr 16.: Postup vytvoření příznaků pro klasifikační matici [7] 32
Obr 17.: Příklad horizontálního a vertikálního promítání 33
Obr 18.: Příklad rozdělení snímku do kvadrantů 34
Obr 19.: Popis vertikálním překrytím 35
Obr 20.: Popis vertikálním překrytím 35
Obr 21.: Popis horizontálním překrytím 36
Obr 22.: Popis horizontálním překrytím 36
Obr 23.: Snímek zobrazující znak se dvěma uzavřenými útvary 37
Obr 24.: Snímek zobrazující znak bez uzavřeného útvaru 37
Obr 25.: Popis znaku D 38
Obr 26.: Popis znaku 0 38
Obr 27.: Popis znaku B 38
Obr 28.: Popis znaku 8 38
Obr 29.: Popis znaku C 39

Obr 30.: Popis znaku K 39
Obr 31.: Popis znaku H 40
Obr 32.: Popis znaku U 40
Obr 33.: Popis znaku 0 41
Obr 34.: Popis znaku 6 41
Obr 35.: Popis znaku 9 41
Obr 36.: Popis znaku 2 41
Obr 37.: Popis znaku 7 41
Obr 38.: Popis znaku 2 42
Obr 39.: Popis znaku Z 42
Obr 40.: Příklad testovacího snímku 43
Obr 41.: Původní snímek 44
Obr 42.: Snímek nalezených hran pomocí Laplaceova operátoru 44
Obr 43.: Snímek nalezených hran pomocí vertikálního hranového detektoru 45
Obr 44.: Naprahovaný snímek 46
Obr 45.: Snímek po odstranění šumu 46
Obr 46.: Snímek správně předzpracované registrační značky 47
Obr 47.: Snímek s nalezenou částí registrační značky 47
Obr 48.: Snímek s nerozlišenými objekty 48
Obr 49.: Snímek s rozlišenými objekty 49
Obr 50.: Snímek s detekovanou registrační značkou 49
Obr 51.: Snímek nalezené registrační značky 49
Obr 52.: Snímek správně naprahované registrační značky 50
Obr 53.: Snímek s více detekovanými objekty 50
Obr 54.: Snímek s málo detekovanými objekty 51
Obr 55.: Příklad špatného rozdělení značky 51
Obr 56.: Snímek rozčleněné registrační značky 52
Obr 57.: Snímek registrační značky se znatelným stínem 52
Obr 58.: Špatně rozdělená registrační značka z důvodu přítomnosti stínu 53
Obr 59.: Snímek registrační značky se skvrnami 53
Obr 60.: Špatně rozdělená registrační značka z důvodu přítomnosti skvrn 53

Obr 61.: Naprahovaný znak při rozdělování registrační značky 54
Obr 62.: Správně naprahovaný znak 54
Obr 63.: Snímek se špatně označeným místem registrační značky 57
Obr 64.: Detail chybně nalezené registrační nzačky 57
Obr 65.: Jeden z chybně nalezených znaků 58
Obr 66.: Výsledný snímek špatně nalezené a rozpoznané registrační značky 58
Obr 67.: Příklad chybného určení RZ 59
Obr 68.: První případ nepřesného určení RZ 60
Obr 69.: Druhý případ nepřesně určené RZ 60
Obr 70.: Příklad dobře určené RZ 61
Obr 71.: Přiklad snímku, který program nedokázal identifikovat 61
Obr 72.: Snímek špatně zabraného automobilu 62
Obr 73.: Snímek se špatně nasvícenou scénou 63
Obr 74.: Snímek s natočenou RZ 64
Obr 75.: Snímek s prostorově natočenou RZ 64
Obr 76.: Snímek správně označené a rozpoznané RZ 69
Obr 77.: Snímek správně označené a rozpoznané RZ 69
Obr 78.: Snímek se nepřesně určenou RZ, ale se správně rozpoznanou RZ 70

1. ÚVOD

Práce se zabývá detekcí a rozpoznáním registrační značky vozidla. Práce je rozdělena na dvě části. První detekuje pozici registrační značky a druhá část se zabývá jejím automatickým přečtením.

První část programu zabývající se detekcí pozice registrační značky byla vyvíjena na snímcích pořízených z kamery umístěné v křižovatce. Druhá část programu byla vyvíjena na předem připravených výřezech registračních značek. Na závěr byla funkce programu vyzkoušena na videozáznamu (sérii snímků).

2. OBECNÉ ZNALOSTI O STÁTNÍ POZNÁVACÍ ZNAČCE (SPZ)/REGISTRAČNÍ ZNAČCE (RZ)

České registrační značky mohou obsahovat 5 až 7 znaků. Znaky obsahující méně než sedm znaků se používají pouze ve speciálních případech např. pro historické vozy nebo pro zkušební účely.

V naprosté většině českých značek je obsaženo sedm znaků. Ne všechny znaky české abecedy se ovšem mohou na registrační značce objevovat. Pro jednodušší čtení byly odstraněny znaky s diakritikou a dále není možné používat písmena G, O, Q a W [10].



Obr 1.: Seznam všech znaků objevujících se na registračních značkách [9]

V Česku jsou dva základní typy značek. Starý typ značky, který je vidět na obrázku 2, má na prvních třech pozicích písmena a na ostatních pozicích jsou číslice. Nový typ, který je zobrazen na obrázku 3, musí obsahovat minimálně jedno písmeno a jednu číslici. Tyto značky nemají přesně určeny, ve které části se mohou vyskytovat jen písmena a ve které jen číslice. Značky mají tedy vytvořenou skoro nevyčerpatelnou zásobu kombinací [10].



Obr 2.: Nový typ registrační značky



Obr 3.: Starý typ registrační značky

3. SNÍMÁNÍ A DIGITALIZACE

Snímání je základním kamenem pro práci a rozpoznávání obrazu, převod do digitální formy je vhodný pro zpracování a uložení obrazu.

3.1 SNÍMÁNÍ

Snímání obrazu je převod optické veličiny na elektrický signál, který je spojitý v čase i úrovni. Na výsledný obraz má vliv mnoho různých faktorů. Největšími vlivy mohou být například druh světla a intenzita, kterou je objekt nasvícen a vlastnosti snímaného objektu [5], [8].

3.2 DIGITALIZACE

Dalším důležitým krokem pro získání obrazu vhodného pro další zpracování je převod spojitého analogového signálu na signál digitální.

Digitální obraz je získán vzorkováním spojité funkce f(i,j) do matice MxN bodů, kde i a j jsou souřadnice v prostoru, a kvantováním spojité jasové úrovně každého vzorku do K intervalů, kde K je počet úrovní jasu. Volba vhodného vzorkování je základní krok digitalizace. Při nízkém rozlišení se budou ztrácet detaily v obraze a při velkém rozlišení se nám zvýší výpočetní náročnost pro zpracování obrazu [5], [8].

4. PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU

Cíle předzpracování jsou vylepšení obrazu z hlediska námi požadovaných informací. Při předzpracování může být požadováno odstranění šumu z obrazu způsobeného při získávání obrazu, nebo zvýraznění či potlačení hran.

4.1 FILTRACE OBRAZU

Čerpáno z [2].

Při filtraci obrazu probíhá odstraňování náhodného šumu. Šum může být způsobován různými vlivy, od nestejné citlivosti snímacích bodů CCD kamery až po digitalizaci obrazu. Filtrační metody ovšem současně odstraňují některé potřebné informace, jako například hrany.

4.1.1 Filtrace průměrováním

Tato filtrace pracuje na principu aritmetického průměru aktuálního bodu a jeho okolí. Velikost okolí je dáno konvoluční maskou, kterou při filtraci používáme. Největší nevýhodou této filtrace je rozmazávání hran.

$$h_1 = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad h_2 = \frac{1}{10}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Masky mohou být různého typu. Maska h_1 dává stejnou váhu každému pixelu a maska h_2 dává větší váhu středovému pixelu.

4.1.2 Filtrace s Gaussovým rozložením

U filtru s Gaussovským rozložením je zvyšována váha jednotlivých bodů směrem ke středu masky.

Gaussovský filtr je vytvářen rovnicí: $G(x,y)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{x^2+y2}{2\sigma^2}}$, kde G je výsledná maska, x a y jsou souřadnice masky a σ je směrodatná odchylka.

$$G(5,5)=\frac{1}{273}\begin{bmatrix}1&4&7&4&1\\4&16&26&16&4\\7&26&41&26&7\\4&16&26&16&4\\1&4&7&4&1\end{bmatrix}$$

Takto vypadá Gausovská konvoluční maska velikosti 5x5 pro σ=1.

4.1.3 Filtrace mediánem

Výsledek mediánové filtrace je číslo, které se po seřazení číselné posloupnosti okolních prvků podle jejich velikosti vyskytuje uprostřed.

Metoda je v principu podobná metodě filtrace průměrováním, ale oproti té nerozmazává tolik hrany. Tato metoda je nešetrná pouze k tenkým čarám a ostrým rohům.

$$f=\begin{bmatrix}24&28&24\\23&26&26\\25&21&26\end{bmatrix}$$

Pokud seřadíme hodnoty z matice *f(3,3)* vzestupně podle velikosti do vektoru, tak bude výsledek prostřední hodnota, tedy 25.

$$21\quad 23\quad 24\quad 24\quad [25]\quad 26\quad 26\quad 26\quad 28$$

4.1.4 Filtrace modusem

Výsledek filtrace pomocí modusu je číslo, které se v okolí vyskytuje nejčastěji. Tato metoda má velký nedostatek ve chvíli, kdy se v porovnávaném okolí neopakují žádné stejné hodnoty.

$$f = \begin{bmatrix} 24 & 28 & 24 \\ 23 & 26 & 26 \\ 25 & 21 & 26 \end{bmatrix}$$

Pokud bychom tu samou matici filtrovali pomocí modusu vyšla by výsledná hodnota 26.

4.2 DETEKCE HRAN

Další metoda předzpracování obrazu je detekce hran. Tato metoda předzpracování obrazu vychází z předpokladu, že hranice oblastí obrazu omezují hrany, které jsou v obraze nalezeny některým z hranových operátorů. Nalezené hrany označují v obraze místo, kde dochází k nespojitosti, např. v jasu nebo barvě. Obraz, který vznikne po použití hranových operátorů, je pro další práci téměř nepoužitelný a musí tedy po nalezení hran projít dalším zpracováním a je třeba pospojovat hrany do řetězců, aby odpovídaly hranicím objektů.

Největším a nejčastějším problémem hranové segmentace je výskyt hran tam, kde ve skutečnosti nejsou, a zároveň absence hran tam, kde ve skutečnosti jsou. Tyto poruchy jsou nejčastěji způsobeny šumem.

4.2.1 Hranové detektory

Čerpáno z [2], [11].

Hranové detektory můžeme rozdělit na dvě základní skupiny. Jedna skupina je založená na první derivaci (diference realizovaných diskrétní konvolucí) a druhá skupina je založená na druhé derivaci (průchod druhé derivace nulou).

Dále se dají hranové detektory rozdělit na invariantní a neinvariantní. Invariantní hranové detektory jsou nezávislé na natočení. Příkladem invariantního hranového detektoru je Laplaceuv operátor využívající průchodu druhé derivace nulou.

$$h_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad h_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -8 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

Maska h_1 používá pro hledání hran pouze svoje 4-okolí, maska h_2 používá celé 8-okolí a maska h_3 a h_4 je separabilní a používá také 8-okolí.

Neinvariantní hranové detektory jsou takové detektory, které vyhledávají jen určitý typ hran. Nejčastěji používané jsou detektory Robertsův, Prewittův, Sobelův, Robinsonův a Kirschův operátor. Tyto masky využívají první derivace obrazové funkce.

Robertsův operátor:

$$h_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Prewitův operátor:

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

$$h_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Sobelův operátor:

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \qquad h_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix}$$

Robinsonův operátor:

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \qquad h_2 = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Kirschův operátor:

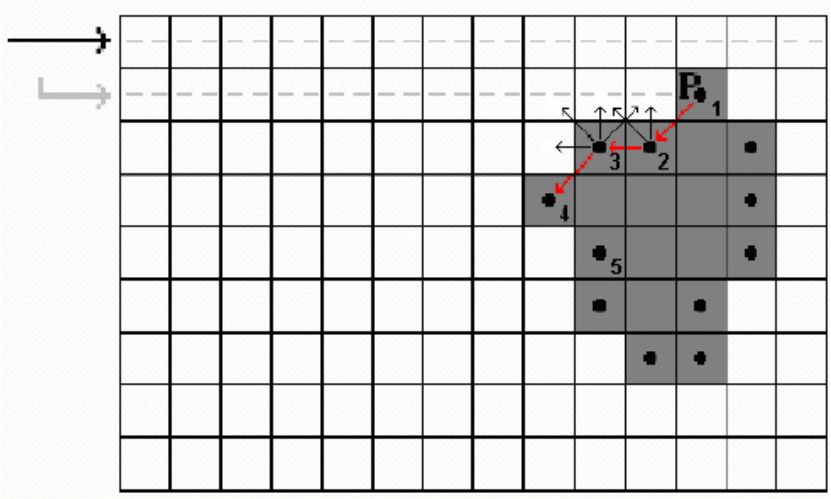
$$h_1 = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & -5 \end{bmatrix} \qquad h_2 = \begin{bmatrix} -5 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$h_3 = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & 3 \end{bmatrix} \qquad h_4 = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & -5 \\ 3 & -5 & -5 \end{bmatrix}$$

První maska h_1 je používaná pro detekci vodorovných hran, maska h_2 pro detekci svislých hran a masky h_3 a h_4 pro detekci šikmých hran.

4.2.2 Sledování hranice

Používá se v případě, že není znám tvar hranice, ale jsou určeny oblasti v obraze. Cílem je určení vnitřní nebo vnější hranice.

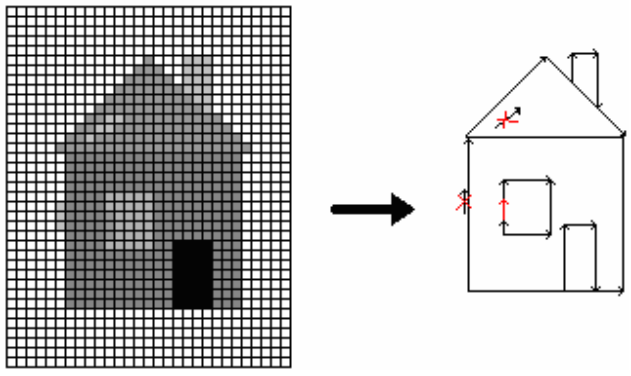


Obr 4.: Určení hranic objektu [2]

Postupujeme tak, že procházíme obraz po řádcích, dokud nenalezneme obrazový element následující oblasti. Dále postupujeme tak, že procházíme body, které jsou součástí hranice.

4.2.3 Heuristické sledování hranice

Graf je tvořen množinou uzlů a orientovaných úseček mezi uzly. Každá hrana může mít specifickou hodnotu (např. velikost hrany, změnu jasu). Při prohledávání grafu se snažíme najít co nejkratší cestu.



Obr 5.: Generování orientovaného grafu [2]

4.3 MORFOLOGICKÉ OPERACE

Čerpáno z [12].

Matematická morfologie se používá pro operace předzpracování (odstranění šumu, zjednodušení tvaru objektů), pro zdůraznění struktury objektů (kostra ztenčování, výpočet konvexního obalu, označování objektů)

4.4 DILATACE

Operace dilatace se používá k operacím zaplnění děr v objektech. Oproti originálnímu se obrázek po dilataci zvětší.



Obr 6.: Příklad operace dilatace [12]

4.5 EROZE

Operace eroze se používá k odstranění tenkých čar a malých elementů. Po aplikaci eroze na obrázek se jeho struktura zjednoduší (rozdělí na více malých kusů).



Obr 7.: Příklad operace eroze [12]

Pomocí operace eroze se dá také vytvořit z obrazu obrys. Eroze původní obrázek zvětší, a pokud takto zvětšený obrázek odečteme od původního obrázku, zůstane pouze ta část, o kterou byl původní obraz rozšířen.



Obr 8.: Příklad obrysu pomocí eroze [12]

4.6 UZAVŘENÍ

Operace uzavření je používaná ke spojování blízkých objektů a k zaplňování dir v obraze.



Obr 9.: Příklad operace uzavření [12]

4.7 OTEVŘENÍ

Operace otevření se používá odstraňování šumu a pro oddělování objektů spojených tenkou čarou.



Obr 10.: Příklad operace otevření [12]

5. SEGMENTACE OBRAZU

Čerpáno z [1], [5].

Segmentace je jednou z nejtěžších operací při zpracování obrazu. Jedná se o analýzu vedoucí k nalezení objektů v obraze. Cílem segmentace je rozdělit obraz na části, které odpovídají reálným předmětům. Výsledkem by měl být soubor oblastí, které odpovídají objektům ve vstupním obraze.

5.1 KOMPLETNÍ SEGMENTACE

Za kompletní segmentaci se považuje taková segmentace, ve které výsledné oblasti přesně odpovídají objektům vstupního obrazu. Pro tuto segmentaci je většinou potřeba vyšších úrovní zpracování, kde se užívá známé řešení daného problému. Situace, při které nejsou potřeba vyšší úrovně zpracování, jsou například obrazy tvořené kontrastními objekty na neměnném pozadí.

5.2 ČÁSTEČNÁ SEGMENTACE

Jde o segmentaci, kde výsledné oblasti v obraze nesouhlasí přesně s objekty ve vstupním obraze. Vytvořené oblasti jsou homogenní vzhledem k určitým zvoleným vlastnostem (jas, barva). Výsledné oblasti se mohou překrývat.

5.3 SEGMENTACE PRAHOVÁNÍM

Prahování je nejstarší a nejjednodušší segmentační metoda. Prahování je, vzhledem k výpočetní nenáročnosti, jednou z nejrychlejších segmentačních metod. Vychází z předpokladu, že většina objektů v obraze disponuje stejnou odrazivostí povrchu. Při prahování se přetransformuje vstupní obraz f na výstupní binární obraz g podle vztahu

$$g(i,j)=\begin{cases}1 \rightarrow f(i,j) \geq T \\ 0 \rightarrow f(i,j) < T\end{cases}$$

,kde T je předem definovaná konstanta prahování, g(i,j)=1 je hodnota výsledného obrazu pro objekty a g(i,j)=0 je hodnota náležící po segmentaci pozadí.

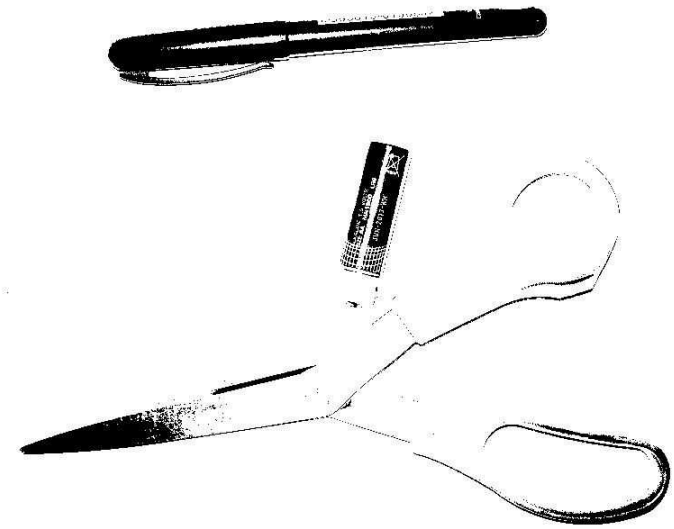
Prahování je nejlepší použít při nedotýkajících se předmětech, které jsou výrazně jasově odlišné od pozadí.



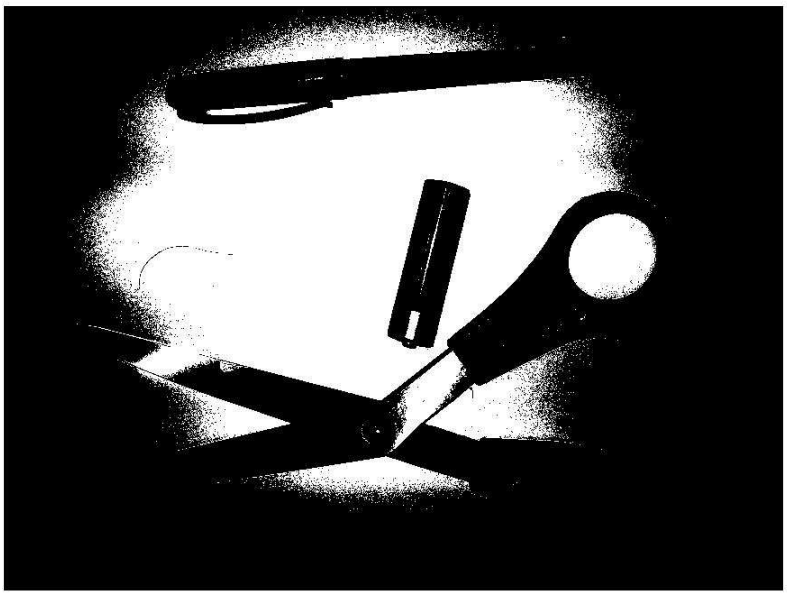
Obr 11.: Původní obrázek



Obr 12.: Prahování se správným prahem



Obr 13.: Prahování s nízkým prahem



Obr 14.: Prahování s vysokým prahem

Pro úspěšné prahování je volba správného prahu zásadní. Hodnota prahu se dá určit interaktivně nebo pomocí některé z automatických metod. Ne vždy jde celou plochu obrazu prahovat úspěšně s jedním prahem. Je to většinou způsobeno

nerovnoměrností osvětlení či nesymetrickými vlastnostmi snímacího zařízení. V těchto případech může pomoci víceúrovňové prahování, kde je hodnota prahu určována pomocí lokálních vlastností obrazu nebo poloprahováním.

5.3.1 Víceúrovňové prahování

Výsledek segmentace s více prahy není binární obraz, ale obraz s omezeným počtem jasových úrovní

$$g(i,j)=\begin{cases} 1 \rightarrow f(i,j) \in D_1 \\ 2 \rightarrow f(i,j) \in D_2 \\ \quad\quad ... \\ n \rightarrow f(i,j) \in D_n \\ 0 \rightarrow jinak \end{cases}$$

D_i je podmnožina jasových úrovní.

5.3.2 Poloprahování

Pomocí poloprahování lze z obrazu odstranit pozadí, ale v ostatních částech obrazu ponechat informaci o jasu.

$$g(i,j)=\begin{cases} f(i,j) \rightarrow f(i,j) \in D \\ 0 \rightarrow jinak \end{cases}$$

5.3.3 Metody určování prahu

Nejjednodušší je situace, kdy známe předem vlastnosti, které má mít obraz po segmentaci. Práh určíme tak, aby se vlastnost splnila. Jedna ze složitějších metod určování prahu se opírá o analýzu tvaru histogramu.

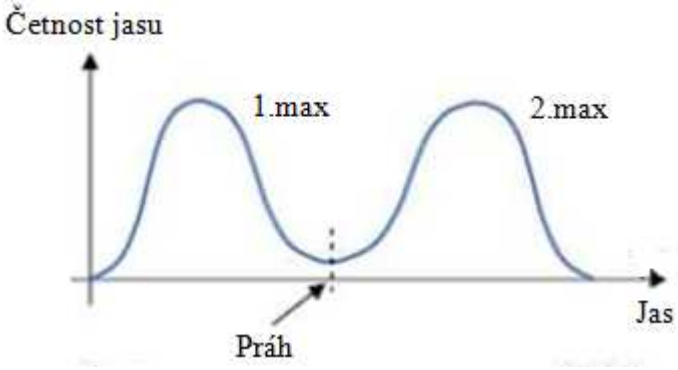
5.3.3.1 Určení prahu z histogramu

Jestliže se v obraze objevují objekty podobného jasu a odlišného jasu od pozadí, výsledný histogram bude dvouvrcholový (bimodální). Jeden z vrcholů náleží množství výskytu jasových elementů objektů a druhý odpovídá výskytu

jasových úrovní pozadí. Výskyty hodnot mezi oběma vrcholy nejsou v obraze tolik časté, je tedy zřejmé, že odpovídají hraničním jasům mezi objekty a pozadím. Výsledný práh by měl splňovat požadavek minimální segmentační chyby.

Práh segmentace pro oddělení objektu od pozadí se tedy určí jako nejméně četná hodnota jasu mezi dvěma vzdálenými maximy. Pro vícevrcholový histogram (multimodální) lze určit více prahů, a to vždy mezi dvěma maximy.

Určení prahu je efektivní, jen když jsou objekty jasově odlišné od pozadí. Pokud ovšem mají pozadí a objekty podobné jasové úrovně, potom práh určený z histogramu nemusí být vůbec správný.



Obr 15.: Bimodální histogram [4]

5.3.3.2 Procentuální prahování

Jestliže předem víme, kolik procent plochy obrazu zakrývají objekty (např. pokud potřebujeme prahovat stránku pokrytou textem), lze nastavit prahování tak, aby jen tolik procent obrazových bodů mělo barvu objektů a zbytek barvu pozadí.

6. OPTICKÉ ROZPOZNÁVÁNÍ ZNAKŮ (OCR)

Optické rozpoznávání znaků je postup, pomocí kterého dokážeme např. digitalizovat tištěný text a dále s ním pracovat jako s elektronickým textem.

6.1 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ (UNS)

Umělá neuronová síť se snaží vytvořit matematický model neuronových sítí živých organismů. Proces učení je napodobení navazování nových spojení mezi neurony pomocí synapsí. V neuronových sítích je přenosová funkce nazývána transmiter. Tato funkce může mít více tvarů, ale obvykle má tvar sigmoidy.

Perceptron je jedním ze základních stavebních prvků složitějších neuronových sítí. Je tvořen jedním neuronem, který má nastavitelné váhové koeficienty a práh. Perceptron sám o sobě dokáže klasifikovat lineárně separabilní data nejvýše do dvou tříd [6].

Pro klasifikaci do více tříd se musí použít vícevrstvá neuronová síť.

6.2 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ VZÁJEMNÉ KORELACE

Metoda vzájemné korelace je založená na principu hledání známých objektů v obraze pomocí srovnávání se vzorem.

Tento druh vyhledávání by byl velice jednoduchý, pokud by bylo jisté, že ve zpracovávaném obraze můžeme čekat přesnou kopii hledaného vzoru. V reálných situacích je ale většinou obraz nějakou částí porušen oproti vzoru. Může to být způsobeno přítomností šumu nebo geometrickým zkreslením, apod. Proto při řešení nehledáme absolutní souhlas se vzorem, ale jen maximum vhodného kritéria, tzv. míru souhlasu.

Metoda vzájemné korelace najde v obraze všechna místa, kde se nacházejí kopie hledaného vzoru. Kopie se musí shodovat se vzorem ve velikosti a natočení. Abychom mohli srovnávat s různě natočenými objekty nebo s objekty se změněnou velikostí, museli bychom vytvořit vzor pro každé možné natočení nebo pro jakoukoliv jinou velikost [1].

Metoda je vždy velice časově a výpočetně náročná, a to i když nedochází ke geometrickým zkreslením nebo natočením.

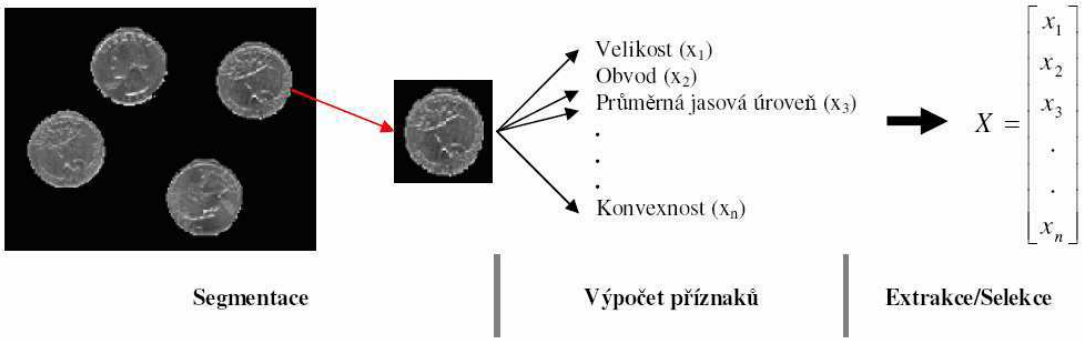
6.3 ROZPOZNÁVÁNÍ POMOCÍ ANALYTICKÉHO POPISU

Tato metoda je založená na předpokladu, že se dají znaky popsat pomocí určité skupiny příznaků. Každý ze znaků musí mít tyto příznaky unikátní. Je důležité vybrat správné příznaky, ne všechny jsou totiž vhodné. Pokud je takto určených příznaků dostatek, lze s velkou přesností znak rozpoznat.

Na příznaky jsou kladeny značné nároky, musí být spolehlivé, invariantní (vůči natočení, měřítku, atd.), diskriminabilní (musí mít různé hodnoty pro různé objekty), nekorelované (musí mít mezi sebou co nejmenší vazbu).

Snažíme se o popis objektu s co nejmenším počtem příznaků. Čím více příznaků je použito, tím se zvětšuje výpočetní náročnost.

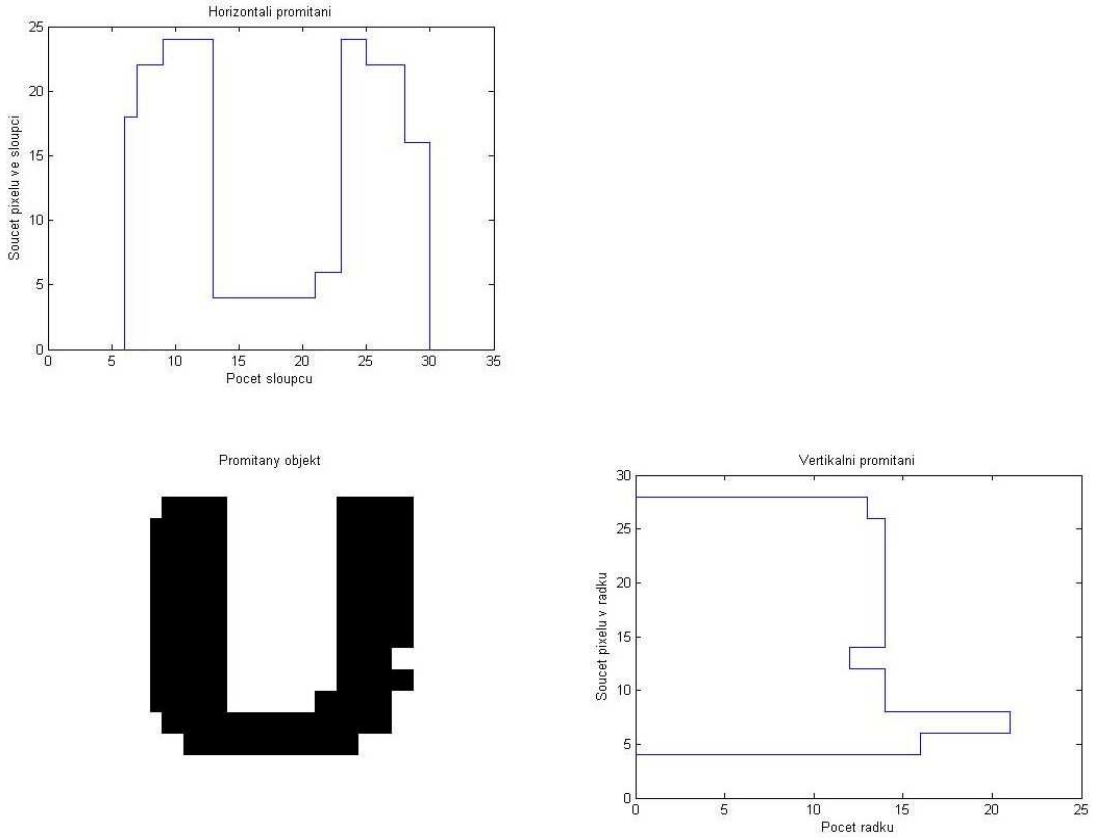
Příznaky, které znaky popisují, mohou být různého typu. Pro každou aplikaci je vhodné používat vhodnou skupinu příznaků [2].



Obr 16.: Postup vytvoření příznaků pro klasifikační matici [7]

6.3.1 Popis horizontálním a vertikálním promítáním

Popis obrázku pomocí metody horizontálního a vertikálního promítání je založen na rozkladu obrázku na dva grafy. První je graf horizontálního promítání neboli řez podle osy x, vyjadřuje součet hodnot pixelů v jednotlivých sloupcích. Druhý je graf vertikálního promítání neboli řez podle osy y, vyjadřuje součet hodnot pixelů v jednotlivých řádcích.



Obr 17.: Příklad horizontálního a vertikálního promítání

V obrázku 17 je zobrazen segmentovaný znak „U“, který je následně horizontálně (graf nad znakem) a vertikálně (graf vedle znaku) promítnut. Graf, který je zobrazen nad znakem, díky svému jednoduchému tvaru prakticky kopíruje tvar znaku. V grafu zobrazenému vedle promítaného znaku je vidět, že součet hodnot pixelů v řádcích je skoro v celém grafu konstantní jen ve spodní části, ve které je znak propojen je součet hodnot pixelů vyšší.

Pokud by byly znaky vždy perfektně nasegmentovány, byly by tyto dva grafy dostačující pro rozpoznání všech znaků.

6.3.2 Popis obvodem a obsahem

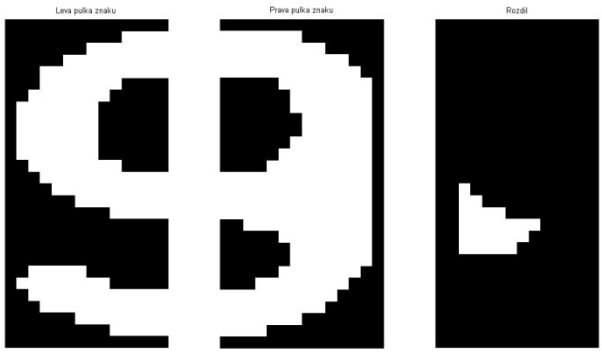
Tento popis spočívá v charakterizování znaku pomocí jeho obvodu a obsahu. Celkový obvod a obsah ovšem moc užitečný nebyl, neboť spousta znaků má tyto vlastnosti velice podobné. Z tohoto důvodu byl obrázek rozčleněn na čtyři kvadranty a obvod s obsahem byly spočítány v jednotlivých kvadrantech. Celkově jsme tedy získali čtyři obvody a čtyři obsahy, z nichž každý popisuje jinou část znaku.



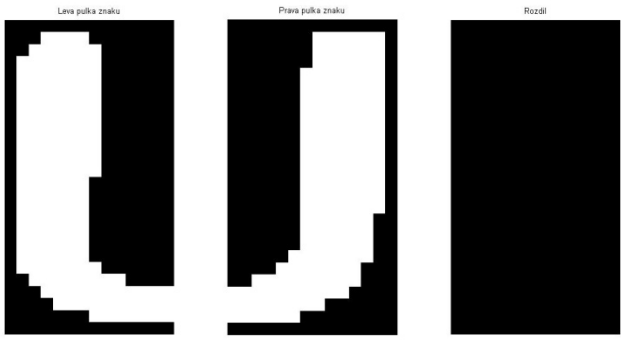
Obr 18.: Příklad rozdělení snímku do kvadrantů

6.3.3 Popis vertikálním překrytím

Popis vertikálním překrytím využívá zrcadlových vlastností znaků. Znak je rozpůlen podle vertikální osy a výsledné dva obrázky jsou přes sebe přeloženy. Následně jsou jednotlivé pixely odečteny a výsledný snímek zobrazuje jen ty části znaku, které nebyly překryty. Čím více pixelů znaku bylo překryto, tím je zrcadlová podobnost větší. Popis pomocí vertikálního překrytí dokáže dobře oddělit znaky 0, 8, W, T, U, I, A, H, X, V, M od ostatních.



Obr 19.: Popis vertikálním překrytím

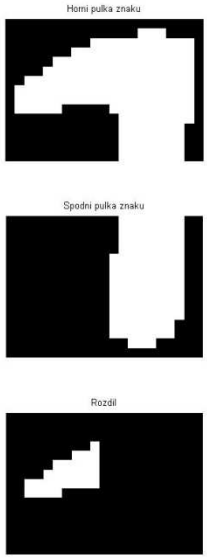


Obr 20.: Popis vertikálním překrytím

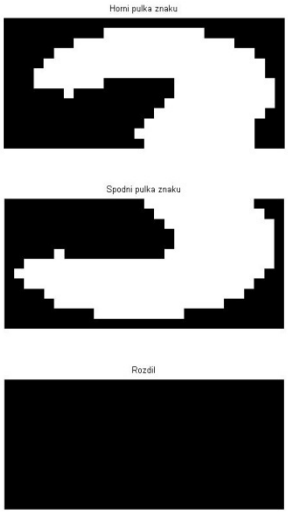
6.3.4 Popis horizontálním překrytím

Tento popis je obdobný, pouze se děje v horizontálním směru.

Popis pomocí horizontálního překrytí dokáže dobře oddělit znaky 0, 3, 8, E, I, D, H, K, X, C, B od ostatních.



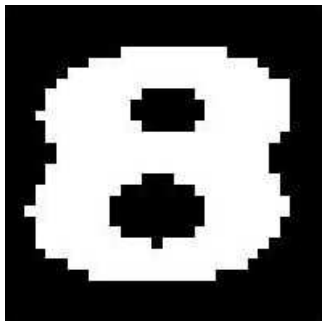
Obr 21.: Popis horizontálním překrytím



Obr 22.: Popis horizontálním překrytím

6.3.5 Popis pomocí počtu výřezů

Popis pomocí výřezů spočívá v počtu uzavřených útvarů, které znaky vytvářejí.



Obr 23.: Snímek zobrazující znak se dvěma uzavřenými útvary



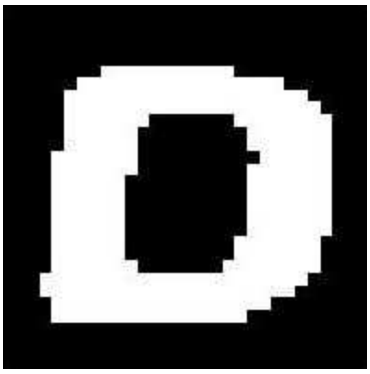
Obr 24.: Snímek zobrazující znak bez uzavřeného útvaru

6.4 ROZDĚLENÍ PROBLÉMOVÝCH ZNAKŮ

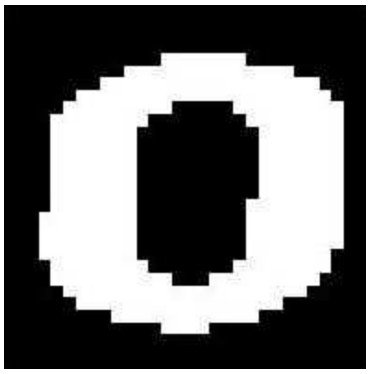
Při rozpoznávání znaků se objevil problém s některými dvojicemi nebo trojicemi podobných znaků. Takovéto dvojice se musely v závěru podrobit dodatečnému rozdělení. Toto dodatečné rozpoznávání by ve většině případů nebylo třeba, neboť program většinou dokáže znaky správně rozdělit. Tyto pomocné vlastnosti jsou potřeba hlavně z důvodu nepřesného předzpracování znaků a kvůli ne vždy ideálním tvarům znaků.

6.4.1 Rozdělení znaků D a 0

Znaky D a 0 jsou si velice podobné, a proto je obtížné je pomocí používaných příznaků správně rozlišit. I při správném prahování jsou si tyto znaky prakticky ve všem podobné. Jediná oblast, ve které se tyto znaky odlišují, je jejich levá hrana.



Obr 25.: Popis znaku D

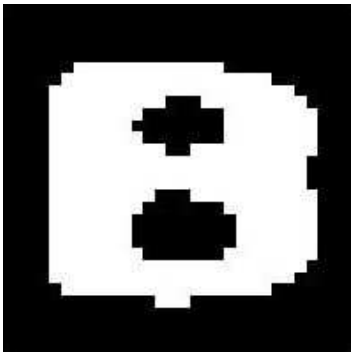


Obr 26.: Popis znaku 0

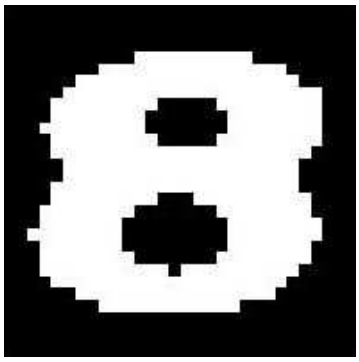
V ideálním případě je u znaku D tato hrana kolmá a oba její konce svírají s navazující hranou pravý úhel. U znaku 0 je hrana také kolmá, ovšem její konce jsou zaobleny.

V reálné situaci jsou bohužel většinou zaobleny konce hrany u obou znaků. Dá se ovšem předpokládat, že u znaku D bude zaoblení několikanásobně menší než u znaku 0.

6.4.2 Rozdělení znaků B a 8



Obr 27.: Popis znaku B

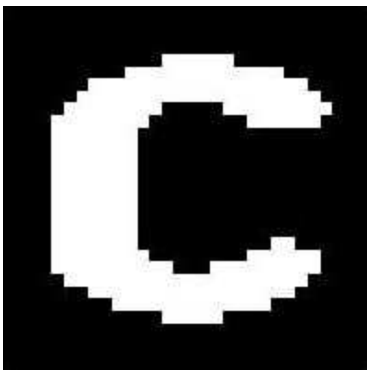


Obr 28.: Popis znaku 8

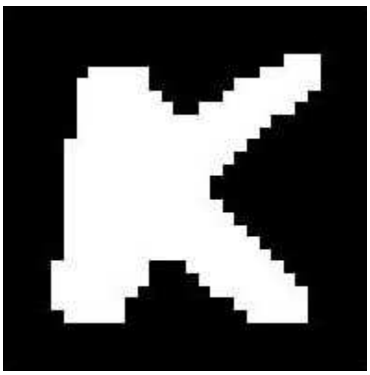
Znaky B a 8 jsou si také značně podobné, oproti předchozímu případu mají ale více odlišných vlastností.

Znak B má, jako v předchozím případě znak D, v levé části kolmou hranu, jejíž konce svírají s navazující hranou pravý úhel. Levá část znaku 8 není tvořena kolmou hranou, ale dvěma obloučky. Při reálné situaci se dá ovšem předpokládat, že se vlivem nečistot a ne úplně dokonalého prahování obloučky spojí. Za takovéto situace se dá předpokládat, že je tato část znaku také tvořena kolmou hranou a rozpoznání bude provedeno pomocí zaoblení konců hrany.

6.4.3 Rozdělení znaků C a K



Obr 29.: Popis znaku C



Obr 30.: Popis znaku K

Další dvojice znaků, která je často zaměňována, je C a K. Tyto znaky si na první pohled nejsou tolik podobné, aby mohly být zaměňovány, ale při podrobnějším zkoumání bylo zjištěno, že kritéria, která jsou používána, ne vždy správně rozdělí tyto znaky.

Například metoda horizontálního řezu vyjde pro tyto dva znaky velice podobně, metoda počtu výřezů zde taky nepomůže, při rozdělení do čtyř kvadrantů byl obvod a obsah také velice podobný a při horizontálním překrytí vykazují tyto dva znaky také prakticky stejné výsledky. Pokud bude počítáno se šumem v obraze, dá se předpokládat, že tyto dva znaky nedokážeme bez dodatečného rozdělení s jistotou určit.

Při rozdělování je možné postupovat stejně jako v předchozích dvou případech, neboť levá hrana znaku C je zaoblena oproti znaku K, kde hrana svírá s navazující hranou pravý úhel.

6.4.4 Rozdělení znaků H a U



Obr 31.: Popis znaku H



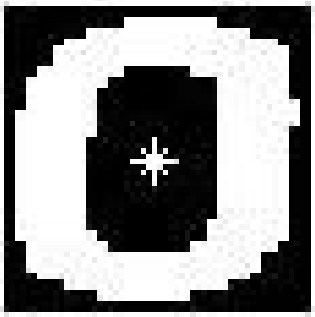
Obr 32.: Popis znaku U

Znaky H a U jsou také často zaměňovány, neboť jsou tvořeny podobnými částmi. Jediný rozdíl mezi těmito znaky je vodorovná spojnice, zbytek znaku si navzájem odpovídá.

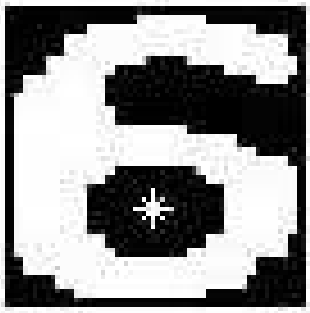
Při rozpoznávání těchto dvou znaků stačí určit pozici vodorovné spojnice vůči zbytku znaku. Pokud je spojnice ve středu znaku, jedná se o znak H a pokud je spojnice nalezena ve spodní části znaku, jedná se o znak U.

6.4.1 Rozdělení znaků 0, 6 a 9

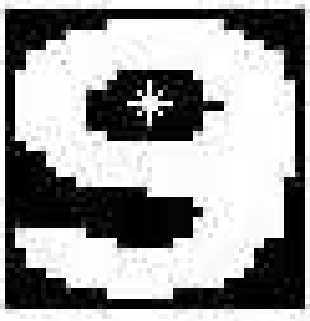
Znaky 0,6 a 9 byla jediná trojice, u které se bylo potřeba ujistit, že nedošlo k záměně. Jediná jejich vlastnost, o které se dá předpokládat, že ji nezmění ani horší kvalita snímání nebo prahování, je pozice jejich vnitřního výřezu.



Obr 33.: Popis znaku 0



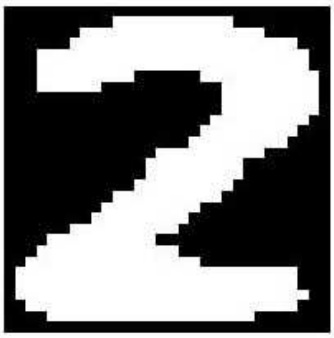
Obr 34.: Popis znaku 6



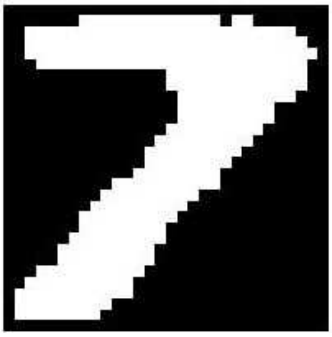
Obr 35.: Popis znaku 9

Jedna z možností, jak tyto znaky rozdělit, je určit horní a spodní hranu vnitřního výřezu. Následně můžeme porovnávat, v jaké části obrazu se vyskytuje horní a spodní hrana výřezu. Pokud je každá hrana na jiné půlce znamená to, že se jedná o číslici nula, pokud se obě hrany vyskytují ve spodní půlce obrazu jedná se o šestku a pokud jsou obě hrany v horní půlce označíme znak jako devět.

6.4.2 Rozdělení znaků 2 a 7



Obr 36.: Popis znaku 2

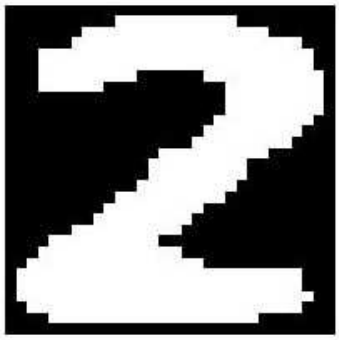


Obr 37.: Popis znaku 7

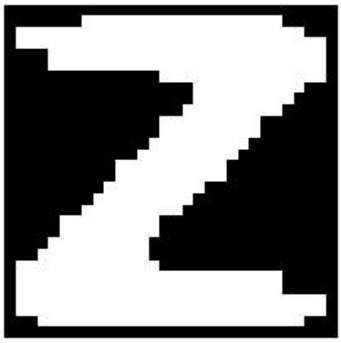
Problém při rozpoznávání znaků 2 a 7 nastává hlavně v případě, pokud je znak 2 špatně nesegmentován a základna tohoto znaku není dostatečně silná. Postup rozlišení probíhá tak, že hledáme přítomnost základny u znaku dvě. I v případech kdy je znak špatně prahován se aspoň část základny uchová. Pokud není nalezena takováto hrana, je znak považován za sedmičku.

6.4.3 Rozdělení znaků 2 a Z

Při porovnávání znaků 2 a Z hledáme, jestli je vršek znaku zakulacen nebo jestli horní hrana přesně kopíruje okraj snímku.



Obr 38.: Popis znaku 2



Obr 39.: Popis znaku Z

Program postupuje tak, že prochází odshora po sloupcích jednotlivé pixely snímku a ve chvíli, kdy narazí na pixel patřící znaku, si program zapamatuje tuto pozici a postupuje na další sloupec Pro projití všech sloupců, se provede rozdíl maximální a minimální hodnoty. Výsledek se následně už jen porovná s předem definovanou hranicí.

7. POPIS FUNKCE PROGRAMU

Program se skládá ze tří základních částí. První je nalezení registrační značky na vozidle, druhá je rozdělení značky na jednotlivé znaky a v poslední částí je klasifikace jednotlivých znaků.

7.1 NALEZENÍ SPZ/RZ

Při vytváření programu pro hledání registrační značky byla používána skupina fotek, která zobrazovala auta projíždějící rovně přímo pod snímacím zařízením.



Obr 40.: Příklad testovacího snímku

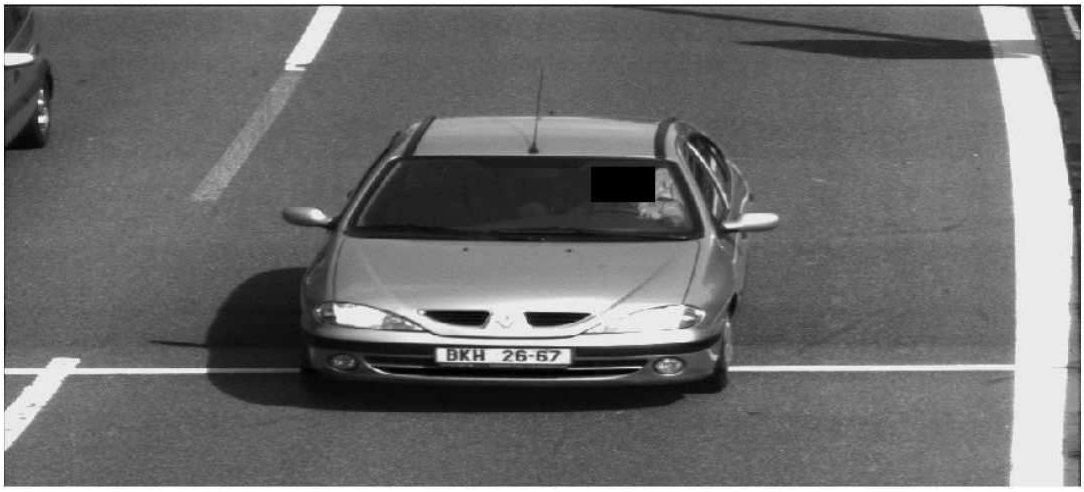
7.1.1 Detekce hran

Nejprve je potřeba v obraze najít pro nás důležité hrany (hrany znaků registrační značky).

Jako základní maska pro hledání hran v obraze byl použit Laplaceův operátor vyhledávající jak svislé, tak vodorovné hrany.

$$maska\ laplace = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Tento operátor hledá hrany jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru. V programu by sice stačil detektor hledající pouze vertikální hrany, ale ukázalo se, že hledání hran pomocí Laplaceova operátoru je výhodnější.



Obr 41.: Původní snímek

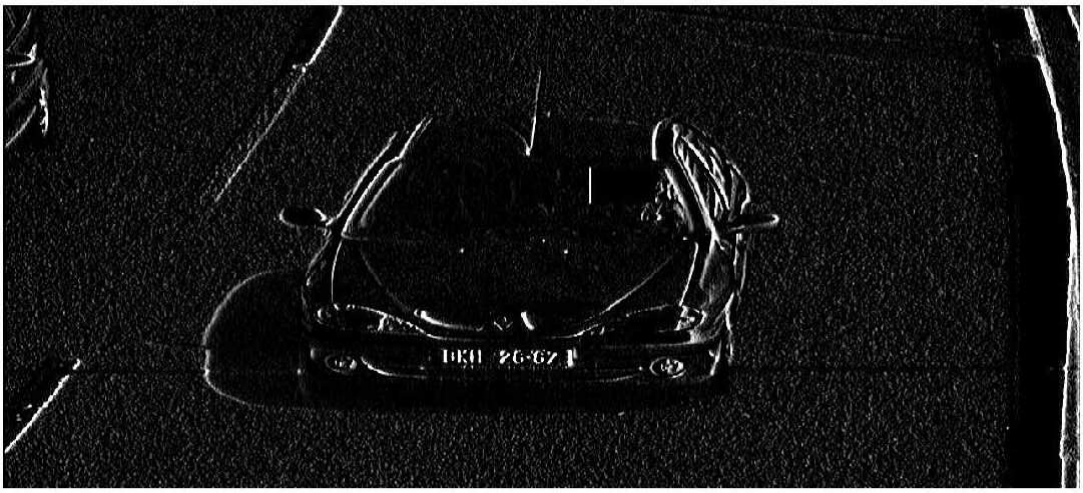


Obr 42.: Snímek nalezených hran pomocí Laplaceova operátoru

Mohlo by se ovšem stát, že by se vlivem stínu spojily jednotlivé znaky registrační značky z důvodu použití vedle vertikálního i horizontální hledání hran.

Pro tuto situaci je v záloze připravena pomocná maska. Ta v případě selhání Laplaceova operátoru bude v obraze hledat pouze svislé hrany.

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



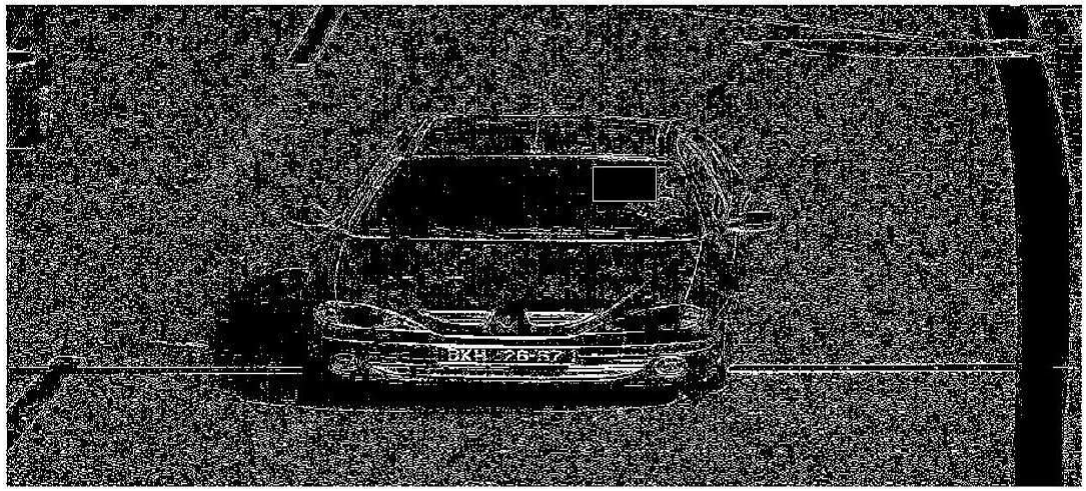
Obr 43.: Snímek nalezených hran pomocí vertikálního hranového detektoru

Na obrázcích 42 a 43 jsou vidět obrysy aut, ovšem na obrázku 42, který byl vytvořen pomocí Laplaceova operátoru, není tolik znatelný okolní šum.

Na obou snímcích jsou vidět výrazné obrysy auta a ve spodní části je vidět hrubý obrys registrační značky.

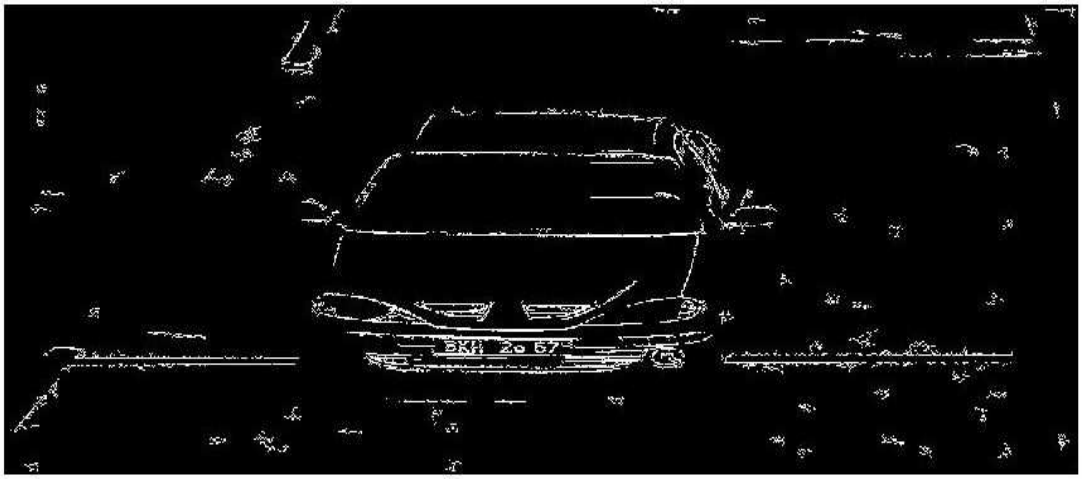
7.1.2 Odstranění šumu z obrazu

Po naprahování obrázku s nalezenými hranami se v obraze objevilo velké množství šumu. Tento šum je většinou tvořen pouze nesouvislými malými objekty, které není těžké odstranit.

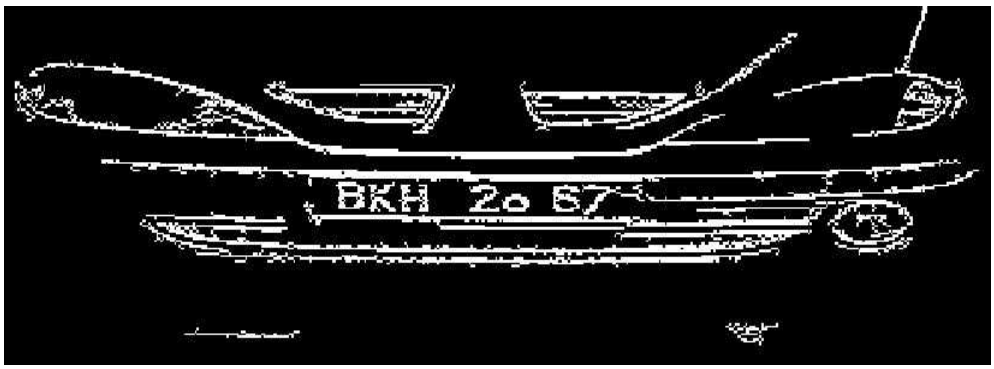


Obr 44.: Naprahovaný snímek

Odstranění proběhlo tak, že se porovnávaly jednotlivé objekty, a ty, jejichž součet pixelů je menší než stanovená hranice, jsou odstraněny. Hranice byla určena experimentálně a její hodnota je 40 pixelů.



Obr 45.: Snímek po odstranění šumu



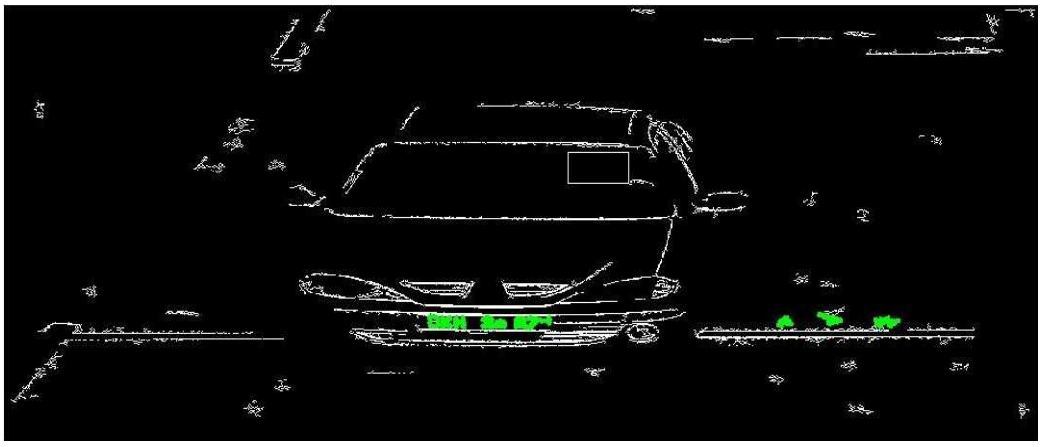
Obr 46.: Snímek správně předzpracované registrační značky

Jak je vidět na zvětšeném snímku, po správné segmentaci a úpravách obrazu nám zůstane v části, kde se nachází registrační značka, skupina znaků, které povětšinou věrně kopírují původní znaky.

7.1.3 Vyhledávání hran s podobnými rozměry

Pro rozpoznání skupiny objektů označujících znaky je třeba jednotlivé objekty označit a zjistit jejich souřadnice (nejvyšší a nejnižší bod objektu).

Následně budeme procházet všechny nalezené objekty a ty, které mají podobné souřadnice, si zapamatujeme. Pokud se ve snímku vyskytuje více skupin objektů mající podobné souřadnice, považujeme za správné souřadnice ty, jejichž četnost se vyskytuje nejčastěji.



Obr 47.: Snímek s nalezenou částí registrační značky

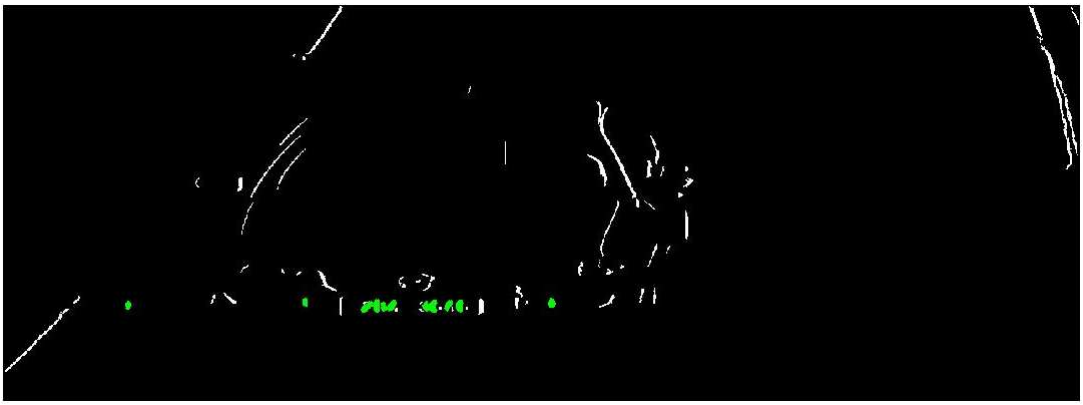
Na obrázku 47 je vidět, že byla rozpoznána skupina objektů, které jsou skutečně částí značky. Na snímku jsou ovšem také vidět tři objekty, které evidentně ke značce nepatří, ale jejich souřadnice odpovídají souřadnicím značky, proto byly také označeny.

7.1.4 Rozpoznání pozice registrační značky

Pokud už známe výšku registrační značky, zbývá nám už jen určit její druhý rozměr (šířku).

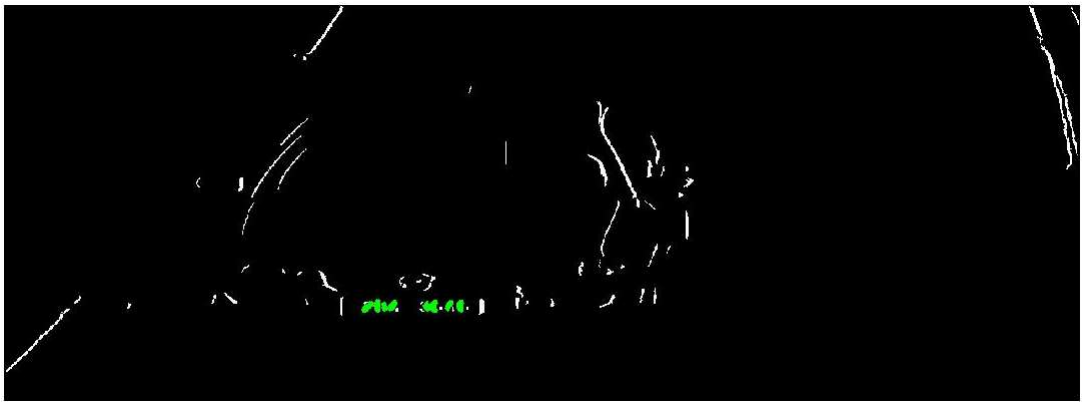
Pokud byly při hledání podobných hran nalezeny pouze hrany patřící ke značce, nenastává žádný problém. Ovšem pokud jsou nalezeny i hrany, které jsou vzdáleny od ostatních, tak je potřeba určit, jestli ještě patří ke značce, nebo už ne.

Předpokládáme, že většina nalezených objektů patří ke značce a že objekty, které patří k sobě, jsou umístěny blízko u sebe.



Obr 48.: Snímek s nerozlišenými objekty

Aby bylo možné rozlišit, objekty které jsou součástí značky a objekty, které je třeba odstranit, je třeba určit medián vzdáleností jednotlivých objektů. Tato vzdálenost bude odpovídat zhruba vzdálenostem objektů, které jsou součástí značky. Objekty, jejichž vzdálenost od ostatních objektů je mnohonásobně větší než takto vypočítaná vzdálenost, už jako součást značky započítány nejsou.



Obr 49.: Snímek s rozlišenými objekty



Obr 50.: Snímek s detekovanou registrační značkou

7.2 ROZDĚLENÍ ZNAKŮ REGISTRAČNÍ ZNAČKY

Ve chvíli, kdy je určena poloha registrační značky v obraze, je možné přejít do druhé fáze programu. Ten spočívá v rozdělení registrační značky na jednotlivé znaky a následně jejich samotné rozpoznání.



Obr 51.: Snímek nalezené registrační značky

Víme, že jak ve starém formátu RZ (XXX XX-XX), tak v novém formátu (XXX XXXX), obsahuje registrační značka vždy 7 znaků. Víme tedy, že pokud bude v registrační značce objeven jiný počet znaků než je 7, je registrační značka rozdělena špatně. Dále také víme, že plocha jednotlivých znaků je přibližně stejná.

Při rozdělení znaků registrační značky mohou nastat tři případy. První nastane, pokud je ve snímku nalezeno právě sedm znaků (obrázek 52), druhý, pokud je v RZ objeveno více než sedm znaků (obrázek 53) a třetí, pokud je nalezeno méně než sedm znaků (obrázek 54).

Musíme tedy rozlišit, kdy byl v obraze detekován šum (případ nalezení více než sedmi znaků), a kdy nebyly objeveny všechny znaky značky.

V programu je tedy postupováno tak, že na počátku je zvolen libovolný práh, kterým je snímek naprahován. Následně jsou odstraněny nepatrné objekty a u zbylých objektů je spočítán jejich obsah. Pokud se vyskytuje objekt, jehož obsah je několikanásobně menší než ostatních, předpokládáme, že se nejedná o znak. Proto tento objekt odstraníme.

Pokud po takovýchto operacích bude ve snímku jiný počet znaků než sedm, tak je značka rozdělena chybně. Při dalším postupu se musí upravit hodnota prahu a celý proces opakovat dokud po odstranění všech nesprávných objektů nezůstane ve snímku sedm objektů, které představují jednotlivé znaky.



Obr 52.: Snímek správně naprahované registrační značky

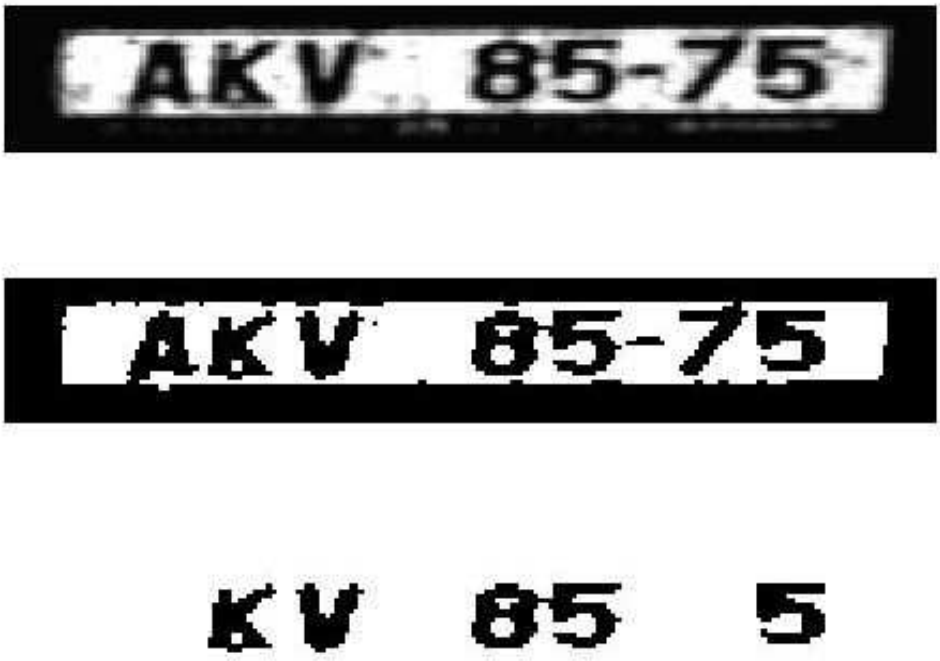


Obr 53.: Snímek s více detekovanými objekty



Obr 54.: Snímek s málo detekovanými objekty

Pokud je ve snímku méně znaků nedá se hned říci, jestli se má v následujícím kroku práh zmenšit nebo zvětšit. Důvod nepřítomnosti některého ze znaků může být dvojího typu. Pokud je snímek značky pořízen při špatném osvětlení může se stát, že při zvolení nízkého prahu nedokáže všechny znaky nalézt, v takovýchto případech je nutné hodnotu prahu zvýšit. Práh je naopak potřeba zmenšit v případě, že po prahování je znak spojen s okrajem výřezu registrační značky (program všechny dotýkající se objekty odstraňuje).

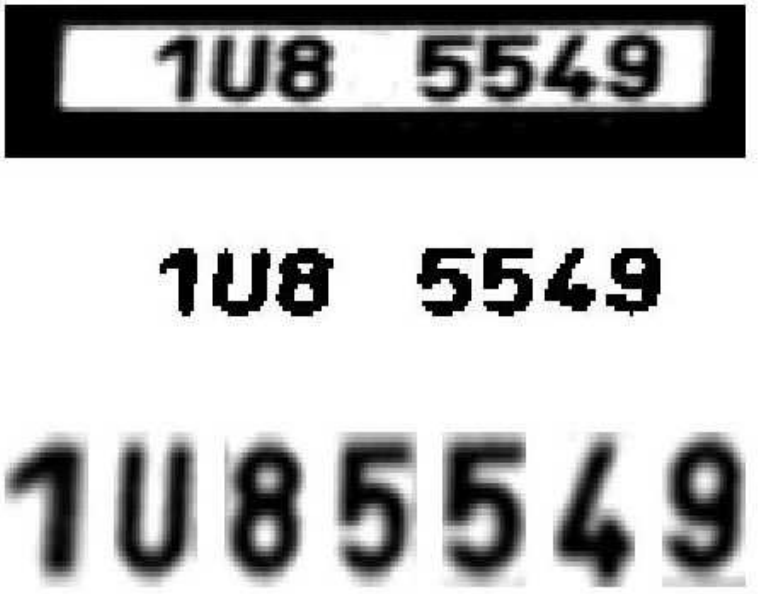


Obr 55.: Příklad špatného rozdělení značky

Na obrázku 55 je vidět, že je značka velmi znečištěna. V takovýchto případech se musí počítat s tím, že přítomný šum bude ztěžovat rozdělování znaků.

V tomto případě šum způsobil propojení prvního a předposledního znaku s okrajem registrační značky. Po odstranění objektů dotýkajících se okraje byly tedy tyto dva znaky chybně odstraněny. V takovémto případě je třeba hodnotu prahu zmenšit.

Ve chvíli, kdy je snímek správně naprahován, je možné přistoupit k rozdělení RZ na jednotlivé znaky.



Obr 56.: Snímek rozčleněné registrační značky

7.2.1 Problémy při rozdělování registrační značky

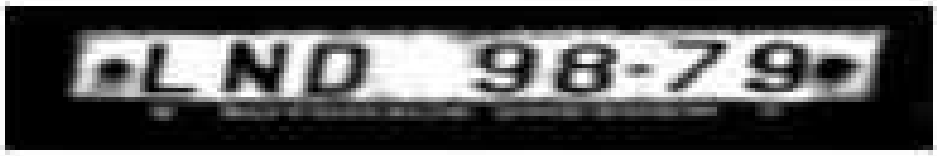
Může se ovšem stát, že ve snímku registrační značky je nalezen objekt, který má podobnou velikost jako znaky. Takový případ nastane např. pokud je značka hodně znečištěna, nebo když je v registrační značce přítomen stín, který vytvoří vodorovnou čáru (obrázek 57).



Obr 57.: Snímek registrační značky se znatelným stínem



Obr 58.: Špatně rozdělená registrační značka z důvodu přítomnosti stínu



Obr 59.: Snímek registrační značky se skvrnami



Obr 60.: Špatně rozdělená registrační značka z důvodu přítomnosti skvrn

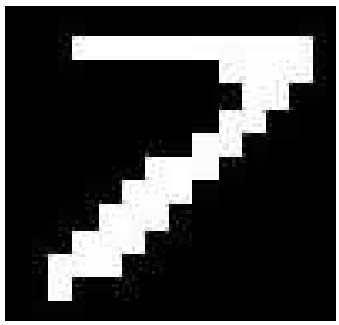
Pro odstranění vodorovných čar prochází program každý objekt a porovnává poměr jeho výšky a šířky. Objekty, které mají velký rozdíl mezi poměrem výšky a šířky jsou odstraněny.

Pro odstranění skvrn z registrační značky nebyl nalezen vhodný algoritmus. Při pokusech o nalezení vhodného postupu se vždy vyskytly situace, kdy byly odstraněny i znaky.

7.3 PŘEDZPRACOVÁNÍ ZNAKŮ

Jestliže se nám podaří správně rozdělit registrační značku na znaky, neznamená to, že je práh, kterým byla značka rozdělena, ideální pro následné rozpoznávání. Může se totiž stát, že při rozdělování špatně čitelné značky

je rozdělení docíleno až s velmi vysokým prahem, což má za důsledek ne úplně ideální zobrazení znaku.



Obr 61.: Naprahovaný znak při rozdělování registrační značky



Obr 62.: Správně naprahovaný znak

Jedna z možností při prahování znaků bylo procentuální prahování. Většina znaků zabírá zhruba 1/4 plochy snímku. Tato metoda by byla asi nejvýhodnější, neboť by nebyla náchylná na změny osvětlení značky.

Problém nastával u několika znaků, které nezabírali 1/4 plochy. Především to byly znaky I a 1, ve kterých se při tomto druhu prahování objevovaly veškeré šumy a nečistoty objevující se v okolí znaku.

Program nakonec využívá postupu, kdy je snímek prahován několikrát a výsledný snímek je pak vytvořen z průměru jednotlivých snímků.

Práh je v rozsahu 0,1 až 0,9 s krokem 0,05, což znamená, že je snímek prahován dohromady 17 krát. Výsledný znak se ovšem neskládá ze všech snímků.

Snímky se průměrují pouze v případě, že součet černých pixelů v binárním obrázku je v rozmezí 100 až 500 při rozměru snímku 30x30 pixelů.

7.4 ROZPOZNÁNÍ ZNAKŮ REGISTRAČNÍ ZNAČKY

Program pracuje na bázi analytického popisu. Nejprve bylo tedy potřeba vytvořit sadu znaků, které by představovaly vzory pro vytvoření klasifikačních příznaků.

7.4.1 Vytvoření klasifikační matice

Z dostupných snímků registrační značky bylo ručně vybráno několik zástupců každého znaku a ty byly zprůměrovány do vzorového znaku. Velikost všech znaků byla přizpůsobena rozměru 30x30 pixelů.

Každý znak byl postupně rozebrán jednotlivými metodami analytického popisu a výsledky všech sedmi metod byly uloženy do klasifikační matice, se kterou bude pracováno při rozpoznávání.

7.4.2 Rozpoznání znaků registrační značky

Ve chvíli, kdy máme vytvořenou klasifikační matici s příznaky všech znaků a zároveň máme připraveny jednotlivé znaky registrační značky, můžeme přistoupit k samotné klasifikaci znaků.

Vezmeme první z rozpoznaných znaků a aplikujeme na něj jednotlivé metody analytického popisu a výsledky porovnáme s údaji v klasifikační matici. Pro každou z metod zjišťujeme míru korelace charakteristik vzorových znaků s právě rozpoznávaným znakem.

V případě popisu pomocí vertikálního promítání se vezme charakteristika znaku a porovná se s charakteristikou prvního znaku v klasifikační matici. Míra korelace je součet rozdílů jednotlivých bodů charakteristik. Tento výpočet provedeme pro každý vzorový znak. Pokud bychom používali pouze jednu metodu popisu, tak by už stačilo jen najít, která charakteristika vzorových znaků nejlépe odpovídala charakteristice neznámého znaku.

My ovšem používáme více metod, a proto je nutné dát výsledku každé metody určitou váhu, aby se mohly jejich výsledky nakonec sečíst a vyhodnotit.

Výsledek každé metody se lineárně rozdělí do intervalu 0-1000, pouze metoda horizontální a vertikální do intervalu 0-500, protože v některých případech nevykazuje přesvědčivé výsledky. Následně se výsledky jednotlivých metod sečtou a nalezne se nejnižší hodnota, která označuje hledaný znak.

Problém někdy nastával u znaku I, ten po předzpracování znaku zabíral větší část výřezu, a tak se u něj objevovalo velké množství šumu. Aby byl tento znak správně rozpoznáván bylo porovnáváno jak velkou plochu znak zabírá, pokud zabíral většinu výřezu byl znak označen jako I.

Jako poslední část rozpoznávání je zařazeno rozdělování problémových znaků.

Pro zpřesnění rozpoznávání také můžeme uvažovat, že poslední čtyři znaky budou vždy čísla (pro české RZ). První tři znaky by byly tedy porovnávány se všemi 32 znaky a poslední čtyři už jen s 10 číslicemi.

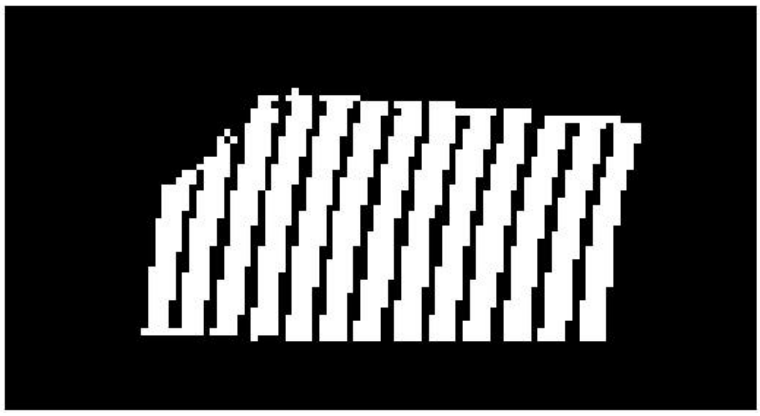
7.5 VYHODNOCENÍ ROZPOZNANÉ REGISTRAČNÍ ZNAČKY

Pokud program nalezne místo značky, pak ji dokáže rozdělit a nakonec i znaky klasifikuje, neznamená to, že byly všechny tři části provedeny úspěšně. Proto je potřeba, aby před koncem programu použil algoritmus, který bude vyhodnocovat, jestli byla značka správně nalezena, rozdělena a klasifikována, nebo jestli byla některá z těchto tří částí provedena chybně.

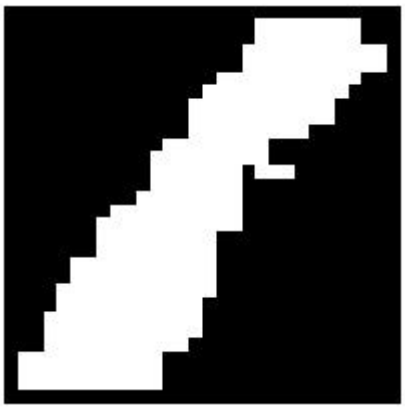
Algoritmus pracuje tak, že po sečtení vah jednotlivých metod analytického popisu porovnává, jestli je výsledná hodnota každého rozpoznaného znaku nižší než stanovená hranice.



Obr 63.: Snímek se špatně označeným místem registrační značky



Obr 64.: Detail chybně nalezené registrační nzačky



Obr 65.: Jeden z chybně nalezených znaků

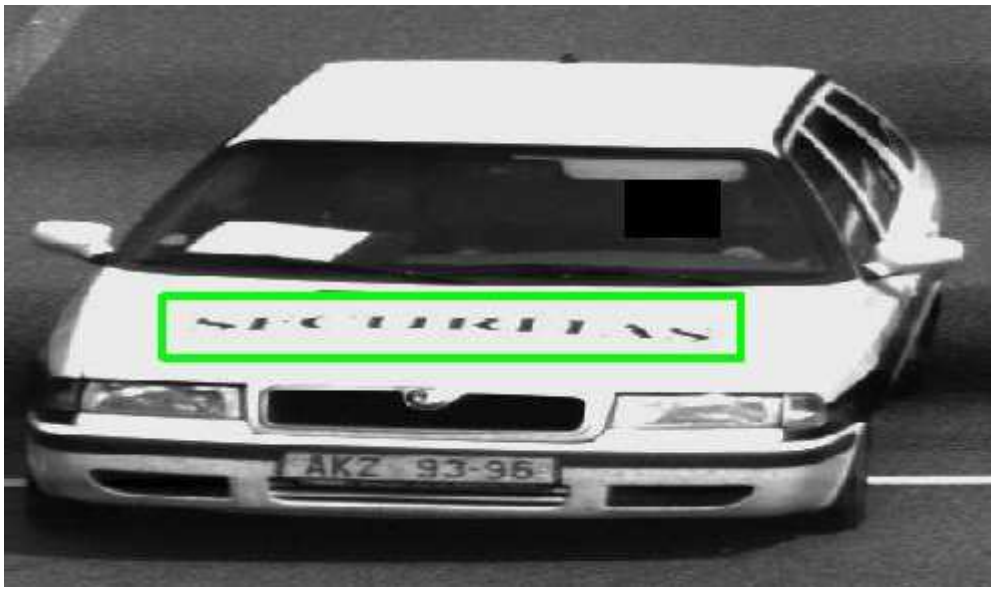


Obr 66.: Výsledný snímek špatně nalezené a rozpoznané registrační značky

8. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

8.1 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V HLEDÁNÍ RZ

Program hledající pozici registrační značky dokázal na testovacích snímcích přesně označit 93,5 % registračních značek. Program špatně označil místo registrační značky pouze v případě, kdy mělo auto na kapotě jasně viditelný nápis (obrázek 67). Ten při detekci hran vytvořil větší množství hran než samotná značka. V několika dalších případech program označil registrační značku nepřesně. Při nepřesném určení registrační značky mohou nastat dva případy. První případ nastane, pokud je společně s registrační značkou určena i část automobilu (obrázek 68) a druhý pokud není označena celá část registrační značky (obrázek 69).



Obr 67.: Příklad chybného určení RZ



Obr 68.: První případ nepřesného určení RZ



Obr 69.: Druhý případ nepřesně určené RZ



Obr 70.: Příklad dobře určené RZ

Pokud program označí jen část registrační značky, tak je jasné, že celkové rozpoznání nemůže být úspěšné. V případě kdy je označena celá registrační značka a k ní ještě část automobilu je ovšem možnost, že druhá část programu (rozdělování registrační značky na jednotlivé znaky) dokáže tuto značku správně rozpoznat.

8.2 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V ROZPOZNÁVÁNÍ ZNAKŮ

Program, který rozpoznává znaky, byl testován na sérii snímků zobrazujících pouze registrační značku. Program dokázal klasifikovat jednotlivé znaky s přesnosti 99 %. Při rozpoznávání celých registračních značek dokázal program identifikovat správně 184 případů z 200, což je 92 %.



Obr 71.: Přiklad snímku, který program nedokázal identifikovat

9. TESTOVÁNÍ PROGRAMU

Po vytvoření programu pro nalezení registrační značky v obraze a programu pro rozpoznání značky byly oba programy spojeny a otestovány na videích, které byly pořízeny digitálním fotoaparátem.

Vzhledem k tomu, že program je výpočetně velmi náročný, bylo výhodné z videí vytvořit sérii fotek, které budou následně načítány. Vzhledem k tomu, že video bylo snímkováno s frekvencí 5 fps není důležité hledat registrační značku v každém snímku, ale stačí, když se načte pouze každý třetí.

Během testování bylo zjištěno, že program těžko nalézá registrační značky automobilů, které stojí ve větší vzdálenosti jak je vidět na obrázku obrázek 72. Obecně se dá říct, že program dokáže nalézt a rozpoznat registrační značku pokud automobil zabírá větší část snímané plochy objektivu kamery nebo fotoaparátu.



Obr 72.: Snímek špatně zabraného automobilu

Při pořizování snímků se vyskytoval také problém s přesvícením scény (obrázek 73). Ve chvíli, kdy se od registrační značky auta odráželo velké množství slunečních paprsků, nebylo skoro možné nalézt pozici značky.



Obr 73.: Snímek se špatně nasvícenou scénou

Největší problém, se kterým se program potýká, jsou registrační značky, které jsou natočeny. Pokud je značka ve vodorovné, nebo mírně natočené poloze program většinou nemá problém takovouto značku detekovat. Pokud je ovšem při snímání značka nějak natočena nebo prostorově vzdálena tak k detekci nedojde.



Obr 74.: Snímek s natočenou RZ



Obr 75.: Snímek s prostorově natočenou RZ

10. ZÁVĚR

Program se skládá ze dvou problematických oblastí. První je nalezení RZ ve snímku, a druhý je rozčlenění této RZ a klasifikování znaků.

První část programu, zabývající se problematikou nalezení RZ, dokáže ve většině případů správně označit místo výskytu registrační značky. Oproti snímkům, které byly používány při vytváření programu, se v testování objevovalo větší množství případů, kdy program označil jen část RZ. Celkově program dokázal označit správnou pozici RZ v 93,5 % případů.

Druhá části programu řeší problematiku rozdělení a klasifikaci znaků registrační značky. Pro klasifikaci znaků bylo používáno analytického popisu. Pro úspěšné rozpoznání znaků stačilo pouze čtyř jejich základních vlastností. Jako větší problém se ovšem ukázalo samotné předzpracování znaků. Pokud byl totiž po úpravách znak špatně zobrazen, byla klasifikace značně ztížena. Celkově dokázal program správně klasifikovat 99% znaků, při rozpoznávání celých registračních značek byla správná klasifikace 92%.

Toto byly ovšem výsledky jednotlivých částí programu. Při testování obou částí programu na reálné sérii snímků bylo zjištěno, že celková přesnost takovýchto výsledků nedosahuje. Program byl tvořen tak, aby se snažil eliminovat chybně rozpoznané značky, neboť pro výslednou detekci je lepší pokud značka není klasifikována vůbec, než aby byla klasifikována špatně. Na testovacích snímcích dokázal program správně přečíst zhruba 85% značek.

Jeden z cílů zadání byla funkce programu v reálném čase. Tento cíl se zcela splnit nepodařilo. Délka výpočtu se může měnit v závislosti na rozlišení snímku, ve kterém je RZ hledána. Průměrně však doba jednoho průběhu programu trvá jednu sekundu.

11. POUŽITÁ LITERATURA

[1] Hlaváč V., Šonka M.: *Počítačové vidění*, Grada 1992, ISBN 80-85424-67-3

[2] Horák Karel, Kalová Ilona: *Počítačové vidění*, Brno, 1. 11. 2006

[3] Tůma Jiří: Analýza snímků kožních defektů a nalezení hranic defektu, Diplomová práce, ZČU 2006

[4] Železný Miloš: *Dálkový průzkum zem*ě, Katedra kybernetiky, Plzeň, 2007

[5] Fišt Jaroslav, Holota Radek: *Digitalizace a zpracování obrazu*, Plzeň

[6] MIŠTA, P. *Hledání objektů v obraze*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Richter, Ph.D.

[7] HORÁK, K. *Počítačové vidění – přednáška č.9, Popis objektů*, příznakový prostor [online], poslední revize 26.11.2007. [cit. 15.4.2010]. Dostupné ze školní sítě VUT

[8] *E-learnig* [online]. [cit. 20.3.2010]. URL < http://e-learning.tul.cz/cgi-bin/elearning/elearning.fcgi?ID_tema=67&ID_obsah=1176&stranka=publ_tema&akce=polozka_vstup>

[9] *Sbírka zákonů Česká republika* [online]. [cit. 20.5.2010]. URL <http://www.feudal.cz/spz/dokumenty/sb0952004.pdf>

[10] *Poznávací značky automobilů v Českých zemích* [online]. [cit. 20.5.2010]. URL <http://www.feudal.cz/spz/html/uvodni_strana.htm>

[11] ŠPANĚL, M. BERAN, V. *Obrazové segmentační metody*. [online]. [cit. 10.4.2010]. <http://www.fit.vutbr.cz/~spanel/segmentace/>

[12] HLAVÁČ, V. Matematická morfologie [online]. [cit. 10.6.2010]. URL <http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/71-03BinMatMorfolCesky.pdf>

12. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SPZ – státní poznávací značka

RZ – registrační značka

OCR – optické rozpoznávání znaků

FPS – snímků za sekundu

13. SEZNAM PŘÍLOH

2x strana grafických příloh (str. 69 a 70)

1x DVD 4.7GB

- Detekce a rozpoznani RZ – složka obsahující celý program
- Detekce RZ – složka obsahující první část programu
- Rozpoznani RZ – složka obsahující druhou část programu
- Testovací snímky – složka obsahující všechny obrázky

14. PŘÍLOHY



Obr 76.: Snímek správně označené a rozpoznané RZ



Obr 77.: Snímek správně označené a rozpoznané RZ



Obr 78.: Snímek se nepřesně určenou RZ, ale se správně rozpoznanou RZ