



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

DETEKCE A LOKALIZACE POHYBUJÍCÍCH SE OBJEKTŮ

MOVING OBJECT DETECTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

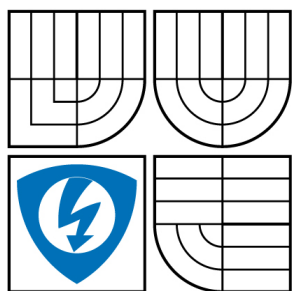
Bc. PAVEL ŠKUTA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV RICHTER, Ph.D.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí
techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Škuta Pavel Bc.

ID: 88470

Ročník: 2

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Detekce a lokalizace pohybujících se objektů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhnete systém pro detekci pohyblivých objektů ve scéně. Systém bude mít za úkol detekovat pohybující se objekty ve scéně. Zvolte separaci objektů od pozadí a vhodný popis na jehož základě systém provede klasifikaci těchto objektů a zjistí, zda se ve scéně již objevily. Sestavte databázi pro testování a popište dosažené výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Hlaváč V., Šonka M.: Počítačové vidění, Grada, Praha 1992, ISBN 80-85424-67-3

Faugeras O.: Three-Dimensional Computer Vision, The MIT Press 1993

Kraus K.: Photogrammetrie 1 und 2, Ummeler / Bonn, 1996

Žára J., Beneš B., Sochor J., Felkel P.: Moderní počítačová grafika, Computer Press, 1998, ISBN 80-251-0454-0

Termín zadání: 3.12.2007

Termín odevzdání: 26.5.2008

Vedoucí práce: Ing. Miloslav Richter, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor: Bc. Pavel Škuta

Název závěrečné práce: Detekce a lokalizace pohybujících se objektů

Název závěrečné práce ENG: Moving object detection

Anotace závěrečné práce: Cílem této diplomové práce byl návrh systému, pro konkrétní praktickou aplikaci, monitorování vjezdu vozidel s automatickým sběrem dat a identifikaci automobilu. Systém umožňuje identifikovat projíždějící vozidlo pomalou rychlostí a to bez nutnosti dalšího zařízení uvnitř vozidla a umí dané vozidlo identifikovat, najít oblast registrační značku na vozidle.

V rámci práce byl proveden teoretický rozbor možných metod pro řešení daného problému detekci vozidel a jejich lokalizaci. Z vybraných možností řešení daného problému bylo vybrané řešení pomocí kamerového systému. Bylo pořízeno několik sad snímků vozidel, které odpovídají realné scéně, na kterých byly dále laděny algoritmy pro detekci oblastí registrační značky automobilu.

Navržený systém je možné použít pro automatické monitorování vjezdu vozidel.

Anotace závěrečné práce ENG: The aim of this these was devise a automatic system applications, monitoring entering of motors vechitles with in automaric collection of trafic data. Automatic system allows identify of mooving vechitlses in slow speed and searching of the area registration number.

Theoretical analysis of possible kind solving problems detection moving vechitles and their localization. From possible solutions was selected solution by camera systems. Was take a pictures of vechitles, witch is as true of the real scene. On the pictures was testing of

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

algorithm for detecting of area registration number of vechitles.

Designed system is possible to use for automatic monitoring mooving entering vechitles.

Klíčová slova: zpracování obrazu, kamera, osobní automobil, nákladní automobil, kamion, matlab, monitorování, detekce pohybu, hrana, operátor, filtr, počítačové vidění, detekce pohybu,

Klíčová slova ENG: image processing, camera, passenger car, truck, lorry, matlab, monitoring, optical flow, edge, operator, filtr, computer vision, optical flow,

Typ závěrečné práce: diplomová práce

Datový formát elektronické verze: pdf

Jazyk závěrečné práce: čeština

Přidělovaný titul: Ing.

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Miloslav Richter, Ph.D.

Škola: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav / ateliér: Ústav automatizace a měřicí techniky

Studijní program: Elektrotechnika, elektronika, komunikační a řídicí technika

Studijní obor: Kybernetika, automatizace a měření

Bibliografická citace

ŠKUTA, P. *DETEKCE A LOKALIZACE POHYBUJÍCÍCH SE OBJEKTŮ*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 56 stran. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Richter, Ph.D.



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Miroslavu Richterovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Také děkuji své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Detekce a lokalizace pohybujících se objektů 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 úmyslně neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem úmyslně nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si vědom možných následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb.

V Brně dne :

Podpis:



Klíčová slova

zpracování obrazu, kamera, osobní automobil, nákladní automobil, kamion, matlab, monitorování, detekce pohybu, hrana, operátor, filtr, počítačové vidění, detekce pohybu,

Keywords

image processing, camera, passenger car, truck, lorry, matlab, monitoring, optical flow, edge, operator, filtr, computer vision, optical flow,



ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce byl návrh systému, pro konkrétní praktickou aplikaci, monitorování vjezdu vozidel s automatickým sběrem dat a identifikaci automobilu. Systém umožňuje identifikovat projíždějící vozidlo pomalou rychlostí a to bez nutnosti dalšího zařízení uvnitř vozidla a umí dané vozidlo identifikovat, najít oblast registrační značky na vozidle.

V rámci práce byl proveden teoretický rozbor možných metod pro řešení daného problému detekci vozidel a jejich lokalizaci. Z vybraných možností řešení daného problému bylo vybrané řešení pomocí kamerového systému. Bylo pořízeno několik sad snímků vozidel, které odpovídají realné scéně, na kterých byly dále laděny algoritmy pro detekci oblastí registrační značky automobilu.



A B S T R A C T

The aim of this these was devise a automatic system applications, monitoring entering of motors vechitles with in automaric collection of trafic data. Automatic system allows identify of mooving vechitlses in slow speed and searching of the area registration number.

Theoretical analysis of possible kind solving problems detection moving vechitles and their localization. From possible solutions was selected solution by camera systems. Was take a pictures of vechitles, which is as true of the real scene. On the pictures was testing of algorithm for detecting of area registractraction number of vechitles.



OBSAH

OBSAH	9
1. ÚVOD	10
2. ÚVOD DO POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ	11
3. TEORETICKÝ ÚVOD POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ	14
OBTÍŽNOST POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ.....	14
REPREZENTACE OBRAZU A ÚLOHY ANALÝZY OBRAZU	15
DETEKCE HRAN	16
LAPLACEŮV OPERÁTOR	17
DETEKCE A ANALÝZA POHYBU	18
SEGMENTACE.....	20
4. POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU	29
MOŽNOSTI DETEKCE VOZIDLA	29
VÝBĚR VHODNÝCH METOD PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU	35
5. ALGORITMY PRO DETEKCI POHYBLIVÝCH OBJEKTŮ VE SCÉNĚ 36	
TESTOVACÍ BÁZE	36
MOŽNOSTI LOKALIZACE VOZIDLA	37
6. POPIS ALGORITMU	41
7. ZHRNUTÍ	48
8. ZÁVĚR	49
9. SEZAM POUŽITÉ LITERATURY	53



1. ÚVOD

V posledních letech dochází ve světě ke značnému nárůstu silniční dopravy a mnohé komunikace jsou přetížené a jako dočasné řešení je možnost modernizace monitorování dopravy a její optimální řízení. Optimální řízení dopravy zabraňuje ekonomickým ztrátám (časová ztráta v kolonách stojících vozidel, a z toho vyplývající také úspora pohonných hmot a pozitivní vliv na ekologické prostředí a psychologický vliv na cestující). Moderní systémy řízení a monitorování dopravy se odborně označují jako inteligentní dopravní systémy (Intelligent Transportation Systems) a ve vyspělých zemích jsou běžně dostupné.

Hlavní výhodou těchto systémů je spolehlivý provoz a možnost řízení na dálku. Navíc tyto inteligentní systémy mohou pracovat autonomně bez lidské obsluhy nebo obsluze výrazně usnadní práci a zabraňuje selhání lidského faktoru. Cena lidské práce stoupá a kvalifikovaných zaměstnanců je nedostatek, proto je snaha v celém průmyslu včetně dopravy o co největší automatizaci. Inteligentní systémy v dopravě mohou sloužit od jednoduché kontroly a monitorování vjezdu vozidel podle registrační známky případně barvy a velikosti, kontroly rychlosti, plynulosti provozu, jízda křižovatkou na červenou atd.



2. ÚVOD DO POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ

Základem počítačového vidění je kvalitní snímek (obraz) ze scény, v dostatečném rozlišení abychom mohli rozeznat nejmenší detail, který chceme identifikovat. Jestliže chceme identifikovat objekt o velikost 1 cm, je nutné, aby jeden pixel měl minimální rozlišení alespoň 1 cm na scéně, nebo vyšší (2 nebo 3 pixely na 1 cm), protože informaci, kterou chceme z obrazu získat, musí být v obraze. Je vhodné, aby rozlišení bylo vyšší i z důvodu působení šumu a jiných vedlejších rušivých elementů, které mohou působit.

Pro většinu aplikací se používá monochromatický obraz, může potlačit okolní osvětlení, sníží vliv barevných vad. Nehledě na to že monochromatické kamery jsou levnější a je menší i celkový datový tok.

Jako nejjednodušší způsob detekce pohybujících těles ze sekvence snímku získaných z kamery je použit rozdílovou metodu, kde výrazný rozdíl jasových úrovní snímků nám určí pohybující se objekt a aktuální polohu ve snímku. Tato metoda je výhodná z důvodu malé výpočetní náročnosti, ale je nutné sledovat pohyb tělesa jestli se těleso pohybuje žadaným směrem. Velikost tělesa určíme podle jeho hranice s pevným pozadím, stejně tak i jeho tvar, podle něj ho můžeme identifikovat, případně vyloučit. Není nutné sledovat změnu přímo v každém pixelu ale je možno použít větší oblast (více pixelu), stejně tak je možno zmenšit rozlišení vstupního obrazu (ušetření výpočetního výkonu) za předpokladu že pohybující předměty jsou mnohem větší než jednotlivý pixel. Optický tok dává lepší výsledky, ale je výpočetně náročnější.

Kamery reagují na jas, tak může nastat že těleso které má stejnou nebo blízkou jasovou úroveň jako pozadí nebude detekováno, stejně tak kamery mohou reagovat na stíny těles nebo změnu osvětlení, nebo jinak při nichž se objekt nepohybuje. Je vhodnější pokud použijeme pro detekci pohybu jiné vhodnější čidla



např. světelné závory (optické brány), laserové senzory (TOF), pasivní infračervené detektory (PIR), Radary, mikrovlnné senzory. Další nevýhodou je, že obraz z kamery také selhává v mlze, hustém sněžení apod. - kamery „nevidí“, ale radary fungují.

Pokud chceme záznam z kamery uchovat důvodu, je nutné počít z důvodu příliš velkého množství obrazových dat a omezené kapacity pevných disků kompresi dat. Používá se ztrátová komprese např. MPEG (*Motion Picture Experts Group*), kde se datový tok zmenší na 1MBps. Je možné snížit i počet snímků za sekundu. Kodeky MPEG využívají tzv. ztrátovou kompresi pomocí transformačních kodeků. U ztrátových transformačních kodeků se vzorky obrazu rozdělí na drobné segmenty, transformují se na frekvenční prostor a poté kvantizují. Výsledné kvantizovaná data se dále kódují entropicky.

Identifikaci pohybujícího tělesa můžeme provést sledováním trajektorie, jestli se pohybuje určitým směrem apod. Identifikovat jeho tvar můžeme podle velikosti rozdílového součtu a pokud chceme přesněji identifikovat pohybující se těleso vybereme přímo část obrazu, na kterém provedeme další operace např. Segmentaci. Pokud se provádí detekce hran jen u pohybujícího se tělesa (a ne v celé části obrazu) ušetří se značně výpočetní výkon.

Segmentace prahováním se musí v reálných podmínkách provádět adaptivně, pro různé části obrazu jiný práh, protože není konstantní osvětlení scény. Základem počítačového vidění je kvalitní snímek (obraz) ze scény, v dostatečném rozlišení abychom mohli rozeznat nejmenší detail, který chceme identifikovat. Jestliže chceme identifikovat objekt o velikost 1cm, je nutné, aby jeden pixel měl minimální rozlišení alespoň 1 cm na scéně, nebo vyšší (2 nebo 3 pixely na 1 cm), protože informaci kterou chceme z obrazu získat musí být v obraze. Je vhodné, aby rozlišení bylo vyšší i z důvodu působení šumu a jiných vedlejších rušivých elementů, které mohou působit.



Pro většinu aplikací se používá monochromatický obraz, může potlačit okolní osvětlení, sníží vliv barevných vad. Nehledě na to že monochromatické kamery jsou levnější a je menší i celkový datový tok.

Detekce pohybu a sledování pohybu tělesa musí v reálné aplikaci probíhat v reálném čase zbývající operace identifikace nemusí probíhat v reálném čase, pokud se pohybující objekty nevyskytují neustále. Snímky je možno mít uložené v paměti a postupně je zpracovávat. Po vyprahování obrazu můžeme zvýraznit hrany kombinací dilatací a erozí. Kde dostaneme skelet (hrany) tělesa, který je základem pro další operace např. hledání přímek pomocí houghovy transformace.



3. TEORETICKY ÚVOD POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ

OBTÍŽNOST POČÍTAČOVÉHO VIDĚNÍ

Ztráta informace při perspektivním zobrazení původně trojrozměrné scény do dvojrozměrné obrazové roviny.

Komplikovaný a nejednoznačný vztah mezi jasem, který změří kamera (a většina obrazových senzorů) a tvarem povrchu 3D objektů ve scéně. Jas bodu závisí na mnoha vlivech.

Velké množství obrazových dat – černobílý obraz se digitalizuje do obrazu o rozměru 1024x768 bodů v 256 jasových úrovních (zachována původní kvalita analogového signálu), je velikost jednoho snímku 6 megabitů, při 25 snímcích za sekundu je velikost 150 megabitů za minutu, 9000 megabitů za minutu, (1125MB) při takovémto velkém datovém toku zvládnou obyčejné signálové procesory pracující v reálném čase jen základní (jednoduché) operace. Provádí se komprese, kde dochází ke ztrátě informací, ale celkový datový tok je menší. V některých případech je možné použít v předzpracování obrazu obraz o menším rozměru (například v detekci pohybu v obraze).

Šum, který je v obraze reálné scény vždy přítomen, proto je při zpracování velmi často nutné použít pravděpodobnostní vlastnosti na odstranění, jsou to ale komplikované matematické nástroje, které ne za každých okolností pracují správně. Často je v praxi málo takových snímků aby bylo možno korektně odhadnout statistické vlastnosti obrazových signálů. Oproti tomu se počítačová grafika nemusí vypořádat se šumem na vstupních datech, cílem grafiky je zobrazit člověku informace z počítače.



Vztah mezi pozorovatelným detailem a zjišťovaným celkem. Algoritmy zpracující obraz obvykle analyzují jen část obrazu dané velikosti a ne obraz jako celek, špatně se tímto způsobem určují celkové vlastnosti obrázků, o které většinou jde.

REPREZENTACE OBRAZU A ÚLOHY ANALÝZY OBRAZU

Cílem vnímání obrazu počítačem je najít relaci vstupním obrazem a vytvořenými modely reálného světa. Přejdem od vstupního obrazu k modelu se obrazová informace zhušťuje a přitom se stále více využívá znalostí interpretace obrazových dat, kde mezi vstupním obrazem a modelem se definuje několik úrovní reprezentace obrazové informace.

Reprezentace obrazu lze hrubě podle organizace dat rozdělit do čtyř úrovní. Hranice mezi nimi však nejsou přesné a v konkrétních aplikacích se používá jemnější stupňování.

První nejnižší ikonickou (napodobující) úrovní reprezentace jsou digitální obrazy, které stále mají podobu sejmutých obrazových dat, tj. celočíselné matice s údaji o jasu v příslušných bodech. Takové obrazy jsou i výstupem operační předzpracování (např. filtrace šumu, geometrických korekcí), které slouží pro vylepšení obrazu před dalším zpracováním.

Druhou úrovní reprezentace jsou příznaky ve smyslu chápaném v rozpoznávání. Části obrazu jsou spojeny do skupin, které pravděpodobně patří k jednotlivým objektům. Například analýza scény s mnohostěny vyústí buď v hranové segmenty, nebo dvojrozměrné oblasti, které odpovídají stěnám těles. Při hledání příznaků je užitečná informace o konkrétním aplikačním oboru, tedy sémantika poskytující možnost obrazové signály alespoň částečně interpretovat. S jejím využitím se daří obejít šum a potíže s částečně chybnými obrazovými daty.

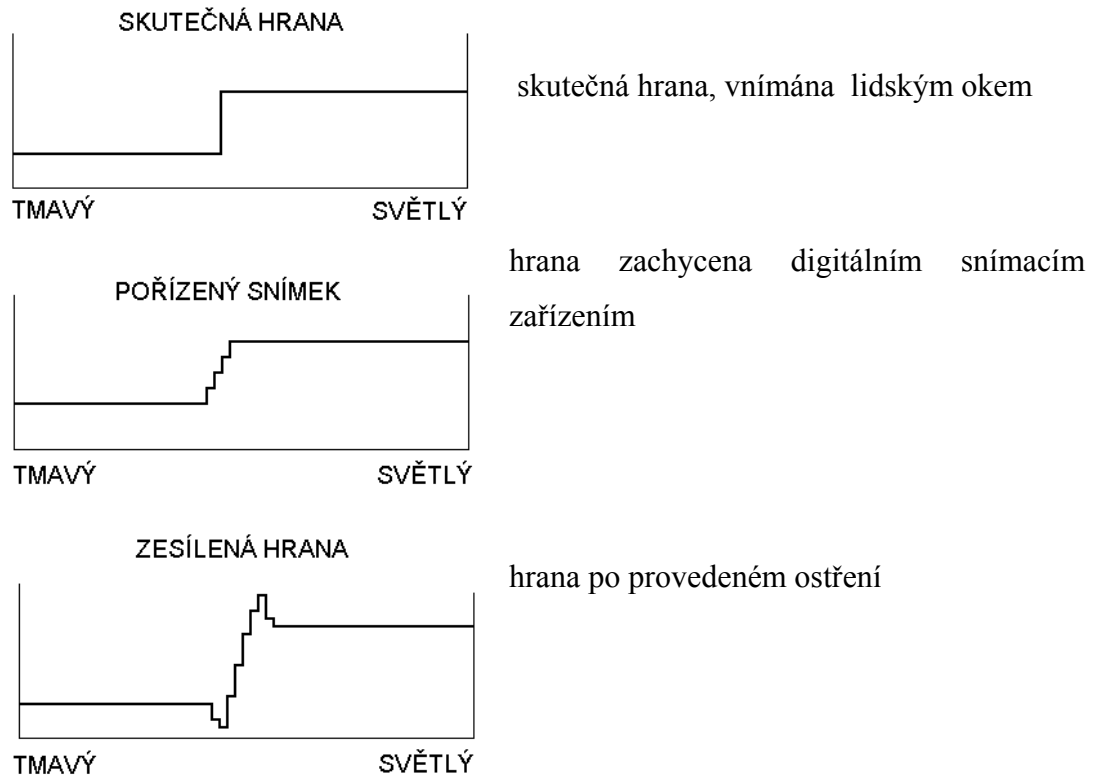


Třetí úrovní reprezentace jsou objekty, které jsou výsledkem segmentace, tj. úplné interpretace obrazových dat. Ve složitějších úlohách se někdy podaří jen částečná segmentace, kde interpretaci mají jen části obrazů, ale jejich interpretace jako objektů je možná až při dalším, spíše kvalitativním usuzování. Částečná interpretace může být nalezení obrysových hran tělesa, úplná interpretace je určení konkrétní určení tělesa.

Čtvrtou, nejvyšší úrovní reprezentace jsou relaxační modely, které postihují kvalitativní i kvantitativní vlastnosti objektů v obraze. Zde se v počítačovém vidění používá technik rozpoznávání a umělé inteligence.

DETEKCE HRAN

Detekce hran slouží k nalezení oblastí pixelu, ve kterých se výrazně mění jas. Hrana v objektu se ale nemusí krýt s hranicí objekty ve scéně, hrany můžeme najít na hranici objektů nebo rozhraní světla a stínu. Hrana je místo, kde se výrazně mění hodnota sousedních bodů. Hranu lze také chápat jako vysokofrekvenční informaci. Jejím zvýrazněním dochází k ostření, ale také k zvýraznění případného šumu, je to tedy operace inverzní k odstranění šumu. Zjednodušeně lze říci, že ostření obrazu způsobuje světlou část hrany světlejší a tmavší část ještě tmavší.



Obrázek 1 Zvýraznění hrany

LAPLACEŮV OPERÁTOR

Laplaceův operátor aproximuje druhou derivaci obrazu, kdy dojde ke zvýraznění oblastí s velkými změnami intenzi, což je vlastně vhodné pro detekci hrany, ale je náchylná na šum v obraze. Pro dosažení lepšího výsledku je vhodné použít jinou metodu pro odstranění šumu (šum ze snímku odstranit) nebo použít větší konvoluční jádro. V případě, kdy máme digitální obraz (množina bodů) použijeme konvoluční jádro, které nám bude aproximovat druhou derivaci obrazu. Čím je matice (operátor) větší, tím je odolnější proti šumu.



Hrany můžeme hledat také pomocí druhé derivace nulou (zero-crossings), ale není to samé jako hledání nulových bodů, ty se v digitálním obraze vůbec nemusí objevit.

Diskrétní laplacián

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & -4 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

Sobelův operátor

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

Robinsonův operátor

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Nejvhodnější i nejpoužívanější hranový detektor je Cannyho, který na aproximaci první derivace z obrazu aplikuje prahování s hysterezí.

DETEKCE A ANALÝZA POHYBU

Pro detekci pohybujících se objektu ve scéně se využívá více snímků (obrazů), posloupnost obrazů snímaná v dostatečně krátkých časových intervalech vzhledem k rychlosti pohybujících se objektů. Obecně detekce pohybu je proces dělení obrazu do částí, které se pohybují a které jsou neměnné. Jinými slovy, každému obrazovému pixelu je přiřazen index který rozděluje objekty v obraze na pohybující se a pevné. Detekce pohybu je jedna prvních kroků analýzy obrazu, a mnohdy musí v aplikacích probíhat v reálném čase.



Nevýhoda detekce pohybu kamerou oproti klasickým čidlům (PIR čidla, různé měřiče vzdáleností apod.), které reagují na skutečný pohyb a ne na změnu jasu jako v případě kamery, kdy kamera nemusí rozpoznat objekt, který bude mít stejnou barvu jak jako pozadí, nebo naopak může falešně reagovat na různé stíny těles nebo změnu osvětlení.

Rozdílová metoda je jedna z nejjednodušších a nejméně výpočetně náročnou metodou pro detekci pohybů. Pokud máme dva obrazy scény v různém časovém intervalu, pokud nenastane pohyb, jsou hodnoty jasových úrovní v jednotlivých obrazových pixelech stejné, v případě pohybu tělesa ve scéně došlo k výrazné změně jasových úrovní mezi dvěma snímky. Předpokládá se stejná intenzita osvětlení a pevné umístění kamery. Z rozdílů dvou snímků ve scéně je určen pohyb tělesa, ale určení směru pohybu tělesa nelze přímo rozhodnout. Je nutné sledovat pohyb tělesa z jednotlivých rozdílových snímků a můžeme určit směr a pohyb tělesa.

Proměny v obraze způsobené pohybem lze také zjišťovat pomocí optického toku. Optický tok zachycuje všechny změny v obraze za čas dt . Každému bodu v obraze odpovídá dvojrozměrný vektor rychlosti, který určuje směr a velikost rychlosti pohybu daného místa v obraze.

Výpočet optického toku je zároveň i předpokladem pro zpracování vyšší úrovně, které umožňuje určit parametry pohybu, případně jej klasifikovat, ale výpočet je náročnější než u jednoduché rozdílové metody. Parametrické modely optického toku jsou jednou z možností popisu změn optického toku v lokálních oblastech obrazu. Užívají parametrizované funkce souřadnic v tomto regionu. I s malým počtem parametrů jsou schopny přesně popsat změny ve sledovaném regionu. Popisem parametrů v časové ose lze detekovat a rozpoznat pohyby (tracking) regionů a proměny jejich obsahu způsobené dynamikou změn v obraze. Základní myšlenka všech přístupů k výpočtu optického toku předpokládá, že světelné podmínky jsou



neměnné. Znamená, že hodnota obrazu v bodě (x,y) v čase t je stejná, jako hodnota obrazu v čase $t+dt$. V bodě, jehož změna polohy je závislá pouze na velikosti optického toku (u,v) .

Korelační metody odhadu optického toku - Nejjednodušší cesta jak využít předpokladu konstantních světelných podmínek je formulovat chybovou funkci jako sumu čtverců diferencí bodů v rámci regionu. Předpokládá se, že optický tok je konstantní v celém tomto regionu. Minimalizací chybové funkce je odhadnuta hodnota optického toku. Korelační metody se často pojmenovávají SSD (Sum-of-Squared Difference correlation).

Gradientní metody odhadu optického toku - Opět platí podmínka lokálně konstantní hodnoty optického toku. Optický tok (u,v) je často interpretován jako vektor rychlosti pohybu daného bodu., že časová změna jasu v daném místě obrazu je způsobena součinem plošné změny jasu v daném místě obrazu a rychlosti pohybu tohoto místa.

Regresivní metody – parametrické modely optického toku. Potřebujeme-li rozšířit velikost regionu R , narazíme na problém zachování vysoké míry přesnosti vypočteného optického toku. V těchto případech můžeme optický tok v rámci regionu modelovat parametrizovanou funkcí souřadnic obrazu.

SEGMENTACE

Obecná definice segmentace říká, že je to proces dělení obrazu do částí, které korespondují s konkrétními objekty v obraze. Jinými slovy, každému obrazovému pixelu je přiřazen index segmentu vyjadřující určitý objekt v obraze. Segmentace je



jeden z nejdůležitějších kroků analýzy obrazu. Informaci o rozdělení obrazu do jednotlivých segmentů využívají vyšší algoritmy zpracování obrazu. Snaží se porozumět obsahu obrazu. Konkrétním úkolem může být detekce přítomnosti příslušného objektu nebo nalezení a klasifikace objektů v obraze. Precizní segmentace je důležitá i pro 3D modelování objektů.

K segmentaci je možné přistoupit několika základními způsoby. Z hlediska složitosti a obtížnosti implementace, budeme segmentační techniky rozlišovat na

Základní - jednoduché metody, jejichž sílu však není třeba podceňovat. Mnohdy jsou lepší a efektivnější volbou než složité segmentační algoritmy.

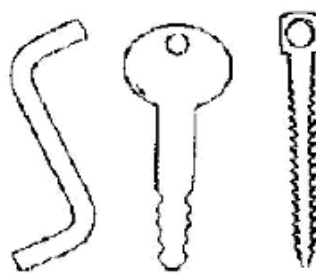
Pokročilé metody - pro jejich pochopení je nutné mít dobré znalosti základů zpracování obrazu. Obvykle kladou větší nároky na implementaci.

Speciální - Úzce specializované segmentační techniky, které vyžadují podrobné znalosti dané problematiky a metod zpracování obrazu

Metody vycházející z detekce hran (edge-based) - Metody orientované na detekci významných hran v obraze. Lokální hrany jsou detekovány pomocí hranových detektorů na základě rozdílu hodnot okolních pixelů. Hranový detektor je algoritmus, který produkuje množinu hran (bodů, pixelů, nebo fragmentů) v obraze. Existuje mnoho hranových detektorů. Základní metody detekce hran se dají rozdělit do dvou hlavních skupin. Metody využívající první derivaci nebo druhou derivaci. Při použití první derivace je výsledný hranový gradient je porovnán s prahem, který určuje, jedná-li se o hrany či nikoli. U metod druhé derivace je výskyt hrany detekován, je-li prostorová změna v polaritě druhé derivace dostatečně významná.



ORIGINAL. OBRAZ

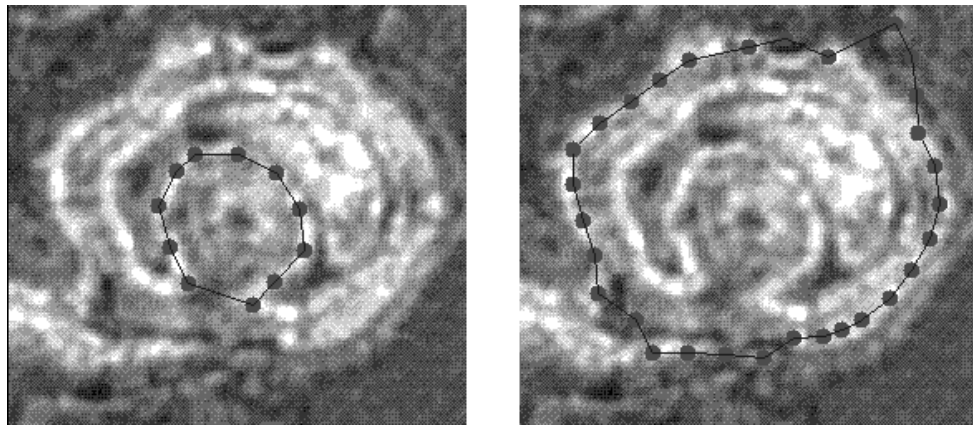


ZVYRAZNENE HRANY

Obrázek 2 Zvýraznění hran obrázku

Houghova transformace byla vyvinuta k reprezentaci čar a rovinných křivek. Obrovskou výhodou této metody je její robustnost, kdy segmentace není příliš citlivá na porušená data nebo šum. Jde o transformaci z Kartézského souřadnicového systému do polárního.

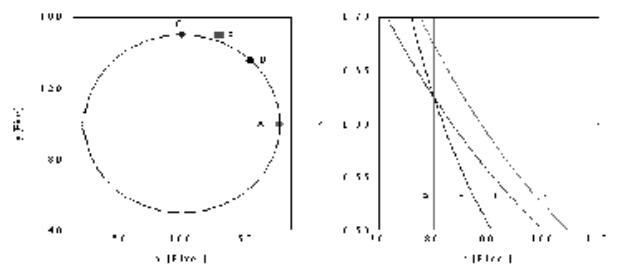
Aktivní kontury (snakes, active contours) je metoda postupného tvarování kontur až ke hraně objektu v obraze. Model aktivní kontury je řízená uzavřená kontura, která se deformuje vlivem tzv. vnitřních, obrazových a vnějších sil. Vnitřní síly kontrolují hladkost průběhu, obrazové síly směřují tvarování kontury směrem ke hraně objektu a vnější síly jsou výsledkem počátečního umístění kontury.



Obrázek 3 Aktivní kontury

Hough-Transformation

- Bildraum \rightarrow Parameterraum zu Ellipse $\{x_0, y_0, r_1, r_2\}$
- Elliptischer Kreis $\{x_0, y_0, r_1, r_2\}$: $x^2 + y^2/c^2 = r^2$

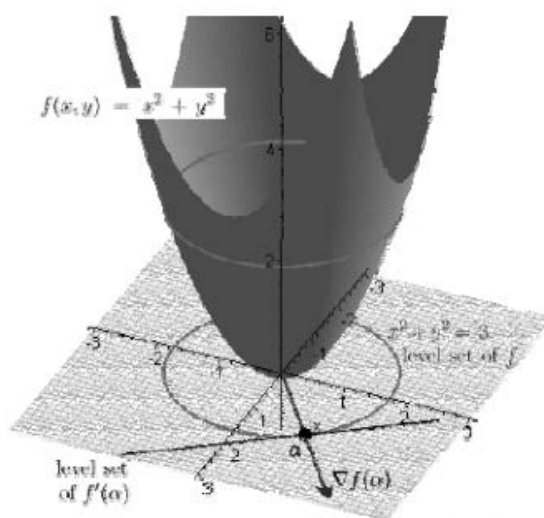


37

Obrázek 4 Houghova transformace

Level-set segmentace představuje obdobný přístup jako aktivní kontury. Křivka je reprezentována tzv. nulovou hladinou - řezem v rovině xy (zero level set) nějakou více dimenzionální funkcí. Tato funkce se nazývá level set function a každému bodu roviny XY přiřazuje jeho výšku nad nulovou hladinou. Povrch funkce

se postupně adaptuje vzhledem k zadaným metrikám křivosti a obrazovým gradientům. Základní rozdíl level-set metody proti klasickým aktivním konturám je ten, že tvar křivky neměníme přímo, ale prostřednictvím level-set funkce. Obecně lze říci, že Level-set segmentace je efektivnější pro komplexní objekty se složitými tvary. Obě techniky vyžadují manuální inicializaci, která přibližně odpovídá cílovému tvaru křivky.



Obrázek 5 Princip segmentace metodou Level-Set

Metody orientované na regiony v obraze (region-based) - principiálně jsou stejné jako edge-based metody. Metody detekující přímo oblasti v obraze namísto hranic (hran) těchto oblastí jsou efektivnější pro zašumělý obraz. Je-li v obraze hodně šumu, hranové operátory obtížně detekují hrany. Hlavním segmentačním kritériem pro detekci oblastí v obraze je homogenita oblastí. Kritériem homogenity mohou být: úroveň šedi, barva, textura, tvar, model, apod. Pokud lze identifikovat hrany, měly by teoreticky ohraničovat regiony nalezené region-based segmentací. Kontury regionů však mohou být porušené, nemusí ohraničovat celý region. Ani v opačném případě není zaručeno, že hranice regionů nalezené edge-based metodou budou stejné jako ty nalezené region-based metodou. A v praxi také nejsou stejné.



Statistické metody - v tomto případě je základem segmentace statistická analýza obrazových dat, nejčastěji hodnot pixelů. Strukturní informace je obvykle zanedbávána. Nejjednodušším segmentačním postupem je prahování. Vychází ze skutečnosti, že mnoho objektů či oblastí obrazu je charakterizuje konstantní odrazivostí či pohltivostí svého povrchu. Pak se určitou jasovou konstantou oddělí objekt od pozadí. Je to jednoduchá metoda, ale dá se použít jen pokud je velký rozdíl mezi kontrastem předmětů a pozadí, a předměty se nedotýkají. Tato metoda je výpočetně nenáročná a dá se použít v reálném čase. Je nutné zvolit správnou metodu prahování. Hodnotu prahu lze určit interaktivně, nebo pomocí metody automatického určování prahu. Jen za ideálních podmínek je možné prahovat se stejným prahem celý snímek, ale v praxi je nutné počítat se změnami jasu objektů i pozadí (není stejné osvětlení, či nesteréjně vlastnosti snímacího zařízení v ploše obrazu), použijeme prahování s proměnným prahem, kdy hodnota prahu je určena podle lokálních vlastností snímku. Jednou z možností volby částí obrazu je rozdělit obraz na podobrazy a určit prah nezávisle v každém z nich, každý podobraz prahujeme lokálním prahem. Pokud je pozadí světlejší a objekty tmavší, můžeme použít detekci hranic objektů. předpokládá se že některé hodnoty jasu mezi hodnotami pozadí a hodnotami objektů se vyskytují pouze na hranicích mezi objekty a pozadím. Nejjednodušší situace nastává je-li předem známá vlastnost, kterou má daný obraz po segmentaci mít. Prah se určí s ohledem tak aby vlastnost segmentace byla dodržena.

Hybridní metody - některé segmentační techniky je těžké zařadit do jedné z předchozích kategorií, protože obsahují prvky každé z nich. Mluvíme tedy o tzv. hybridních metodách. Mezi hybridní řadíme také metody založené na matematické morfologii. Jedná se o skupinu metod, která pro segmentaci využívá matematických charakteristik obrazu, např. průběh gradientu.



Při prahování je třeba rozhodnout, jak silná odezva už znamená hranu. Správné nastavení prahu rozhoduje o kvalitě detekce. Příliš nízká hodnota označí za hrany šum, ale naopak příliš vysoká hodnota zase poškodí i některé významné části těles.

Prahování je funkce, která upravuje jasové či barevné složky pixelu podle předpisu: $f(c) = \begin{cases} A & \text{pokud } c < \text{práh,} \\ B & \text{pokud } c \geq \text{práh} \end{cases}$

c je vstupní hodnota jasu $f(c)$ je výsledná hodnota a práh je prahovací hodnota

A B jsou nové hodnoty pro vstupní hodnotu c nad a pod prahem.

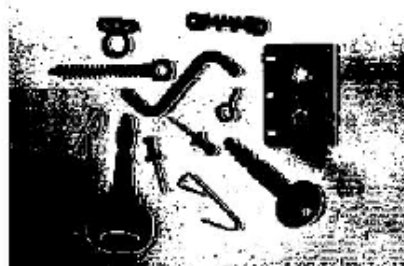
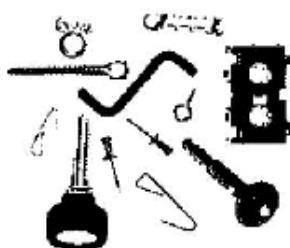
Adaptivní prahování (proměnné prahování) se liší od základního tím, že hodnota prahu se liší pro různé části obrazu, je funkcí lokálních parametrů obrazu. Obraz je nejdříve rozdělen do několika částí, pro každou část je nalezen práh (prahy jednotlivých oblastí mohou být interpolovány) a nakonec se provede prahování pro každou část s jejím konkrétním prahem.



Originální obraz



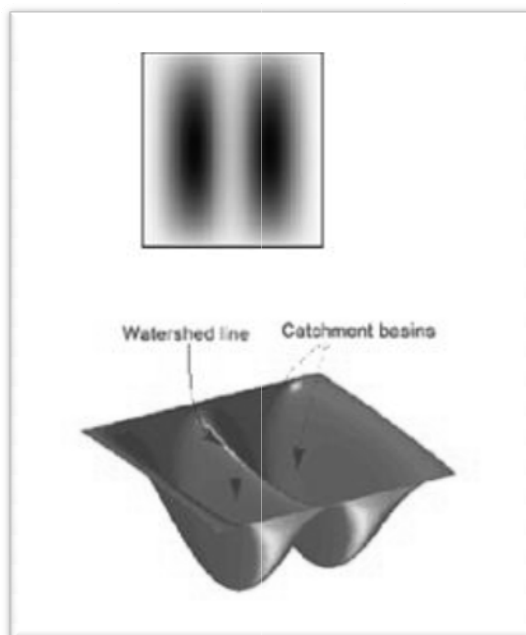
Vyprahovaný obraz



Obrázek 6: Prahování obrázků (originální obraz, vyprahovaný obraz, nízká úroveň prahu a vysoká úroveň prahu)



Watershed transformace (watershed = rozvodí, povodí či vodní předěl) Tato morfologická metoda segmentace je postavena na myšlence pocházející z geografie. Obraz je chápán jako terén nebo topografický reliéf, který je postupně zaplavován vodou. Výraz watershed transform znamená označení všech pixelů obrazu tak, že všechny body daného povodí jsou označeny stejným unikátním indexem. Speciální index, odlišný od všech ostatních, je přiřazen všem bodům tvořícím hráze – watersheds.



Obrázek 7 Princip segmentací rozvodí transformace

Znalostní metody (knowledge-based) - Znalost vlastností segmentovaných objektů (tvar, barva, struktura, apod.) mohou segmentaci značně ulehčit. Metody patřící do této kategorie využívají atlas předloh či modelů segmentovaných objektů (v případě medicínských dat to může být atlas lidských tkání). Atlas je generován automaticky ze souboru trénovacích dat, nebo jsou do něj informace vloženy ručně, na základě lidské zkušenosti. V průběhu segmentace algoritmus hledá transformaci



známých objektů, šablon v atlasu, na objekty nalezené v obraze. Tento proces se obvykle nazývá atlas-warping a nejčastěji využívá lineární transformace.

ÚSKALÍ A PROBLÉMY SEGMENTACE

Segmentace je složitý problém. Prvním aspektem je samotný proces pořizování obrazové informace. Získaná data jsou obvykle deformovaná šumem, nebo nehomogenním osvětlením. Objekty mohou být velmi složité, jejich hranice se mohou překrývat atd. V takovém případě je rozlišení jednotlivých objektů obtížné i pro trénované lidské oko, natož pro počítačový algoritmus.



4. POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

Úkolem bylo navrhnout systém, který by automaticky detekoval a identifikoval vozidlo. Jedná se o vjezd do areálu, kde se vozidla pohybují pomalou rychlostí (do 10 km/h).

MOŽNOSTI DETEKCE VOZIDLA

První skupina jsou systémy pro detekci vozidla, které jsou umístěné ve vozidlech a jsou určeny hlavně pro nákladní vozidla a autobusy. Princip těchto systémů je založený na komunikaci zařízením, které je umístěné ve vozidle (OBU On Board Unit) a druhým systémem který je umístěný mimo vozidlo.

Nejčastěji používané techniky:

DSRC (Dedicated Short Range Communication) - systém který komunikuje na bázi mikrovlnného nebo infračerveného přenosu

GNSS/CN (Global Navigation Satellite System/ Cellular Network) - systém který je založený na globálním navigačním satelitním systému

LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) - systém kombinující technologie DSRC a GNSS ve spojení s digitálním tachografem.

Tyto systémy jsou určeny pro výběr elektronického mýtného (ETC Electronic Toll Collection) a jsou určeny pro zpoplatnění částí silničních komunikací.

Další možností je použití systému na bázi GPS (Global Position System), jedná se o družicový systém, přes který je možno určit polohu kdekoli na Zemi s přesností několik metrů. Přesnost GPS lze s použitím speciálních metod zvýšit až na několik centimetrů.



Všechny tyto výše systémy, předpokládají instalaci a umístění OBU jednotky ve vozidle. Pokud ve vozidle není nainstalováno funkční zařízení, nebo bude zařízení poškozeno, tak vozidlo nebude detekováno.

Druhou skupinu tvoří systémy, které jsou umístěny mimo vozidlo, a jsou schopny identifikovat jakékoliv vozidlo (i vozidlo bez OBU jednotky) a nebo je lze použít samostatně pro sběr některých vybraných informací o vozidlech. Můžeme zde zařadit:

- indukční smyčky,
- laserové senzory (TOF),
- piezoelektrické senzory,
- radary, mikrovlnné senzory,
- světelné závory,
- pasivní infračervené senzory,
- tenzometrické váhy,
- kamerové systémy.

Tyto systémy určují přítomnost vozidla na základě změny některé fyzikální veličiny (změna elektromagnetického pole, hmotnost, tlak), které ale vždy nemusí vždy představovat přítomnost vozidla. Tyto systémy detekují vozidlo pouze v malé oblasti v určitém detekčním profilu.



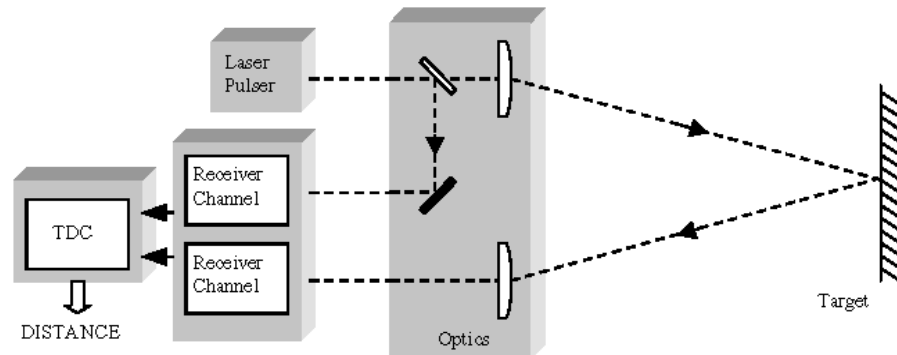
INDUKČNÍ SMYČKY

Tyto měřicí snímače jsou umístěny pod povrch vozovky, proto je problematická dodatečná montáž i relativně velká spotřeba, vyžadují trvalé napájení z elektrické sítě. Mezi nevýhody také patří velká citlivost na změnu magnetického pole v okolí indukční smyčky, proto tyto smyčky nemohou být instalovány v blízkém okolí kolejí a železobetonových konstrukcí. Přítomnost vozidla se projeví změnou indukčnosti smyčky (nebo také změnou činitele jakosti). Ve vozovce se nachází v hloubce cca 30-60 mm kabelový vodič, vytvářející indukční smyčku. Smyčka je jedním z prvků obvodu nízkofrekvenčního generátoru, jehož frekvence se mění v závislosti na přítomnosti či nepřítomnosti vozidla nad indukční smyčkou.

Indukční smyčky jsou spolehlivé a nezávislé na vlivu prostředí např. počasí.

LASEROVÉ SENZORY (TOF)

Laserové snímače jsou založeny na metodě měření doby letu modulovaného světla (TOF – *Time Of Flight*). Vzdálenost objektu je daná z doby letu světelného paprsku (impulsu) od doby vyslání z vysílače, odražením od objektu až po dobu zachycení přijímače (viz. Obrázek 8). Vyhodnocením odrazů lze zjistit přítomnost vozidla případně jeho rychlost a délku vozidla. Měřicí systém musí být umístěný na přímou viditelnost, může být také umístěn z boku na vozidla.



Obrázek 8 Princip laserových senzorů

PIEZOELEKTRICKÉ SENZORY

Při působení tlaku na piezoelektrický materiál (používána se celá řada tvarů, velikostí senzorů a druhů pouzder) vzniká elektrický náboj. Vyhodnocením tlaku a trvání vzniklého signálu lze měřit celkovou hmotnost, hmotnost nápravy vozidla.

Piezoelektrické senzory stárnou s počtem přejezdů, a po určitém počtu použití jsou pro další měření nepoužitelné. Existují obdobné čidla na principu optických vláken. Tyto čidla jsou nezávislé na vlivech okolního prostředí obdobně jako indukční čidla.

RADARY, MIKROVLNNÉ SENZORY

Tento typ senzorů se vždy skládá z vysílače a přijímače. Vzdálenost vozidla je dána z doby času mezi vysláním pulsu a přijmutím signálu zpět (echo). Využívá se dopplerův posun frekvence odražené vlny a je možné určit i rychlost projíždějícího vozidla. Systém funguje jen na přímou viditelnost bez vlivu na prostředí (počasí), ale



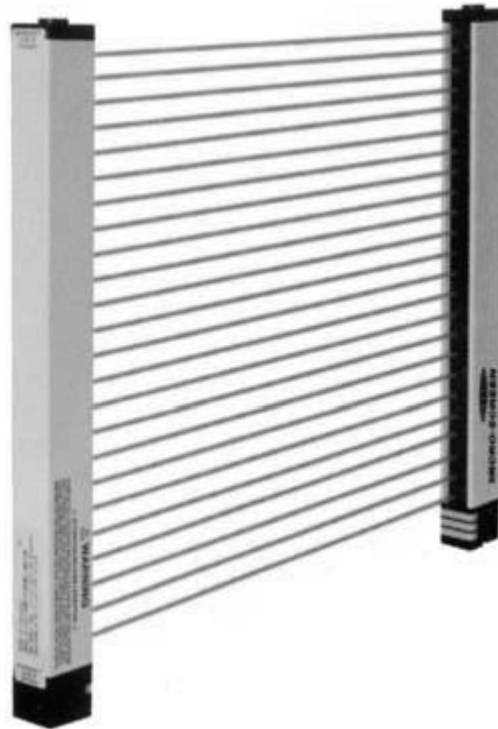
system není možné provozovat např. v tunelech, kde může docházet k interferencím a odrazům, které ovlivňují měření.

SVĚTELNÉ ZÁVORY

Světelné závory (optické brány) jsou jednoduché systémy, které pracují pouze na principu on/off. Na jedné straně je umístěn vysílač světelného paprsku a na druhé straně je přijímač nebo může být integrován vysílač a přijímač do jednoho místa a na druhé straně odražeč odražeč. Při průjezdu vozidla pak dojde k zaclonění paprsku. Může dojít i k falešnému zaclonění, proto se optických závor může být použito i více v různých úrovních.

PASIVNÍ INFRAČERVENÉ DETEKTORY (PIR)

PIR detektory pracují na principu vytváření pozitivního a negativního kontrastu záření mezi teplotním profilem objektu a pozadím. Detekční vlastnosti systému nejsou závislé na světelných poměrech a barvě objektu a pozadí. To umožňuje s velkou pravděpodobností rozlišit pohybující se vozidla. Infračervené světlo proniká deštěm, mlhou i sněžením lépe než viditelné světlo. Vhodným zpracováním signálu přímo ve snímači jde dosáhnout vysoké přesnosti a citlivosti bez falešných detekcí.



Obrázek 9 Světelná závora

TENZOMETRICKÉ VÁHY

Tenzometrickými váhami lze zjistit okamžitou hmotnost vozidla na nápravu, nutný je plynulý přejezd vozidla pomalou rychlostí, přesnost vážení je cca 10%. Nutná je instalace zařízení na povrch vozovky.



KAMEROVÉ SYSTÉMY

Pomocí jednoduchého kamerového systému můžeme na dálku (z operátorské stanice nebo i přes internet) monitorovat celkovou situaci bez jakéhokoliv dalšího zpracování obrazu nebo jen záznamu. Složitější dopravních systémy pořizují digitální snímky ze scény a speciální algoritmy vyhodnocují sekvenci snímků, které umí rozpoznat vozidlo a případně najít jeho identifikační značku, určit rychlost vozidla, jízdu v křižovatce na červenou apod. Kamerový systém je jediný systém, který umí najít identifikační značku jedoucího vozidla i bez OBU jednotky. Najde se oblast, v níž se může registrační značka nacházet a dalším algoritmem OCR (Optical Character Recognition) převede obraz (registrační značku) na text. Ostatní popsané metody (indukční smyčky, infrazávory) pouze detekují vozidlo. Výhodou kamerového systému je menší spotřeba elektrické energie a není nutné zasahovat do vozovky (jako u indukčních smyček). Kamerové systémy fungují ale jen na přímou viditelnost a má na ně vliv okolní prostředí (počasí, stíny, sněžení apod.).

VÝBĚR VHODNÝCH METOD PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Z výše uvedených možných systému se jako nejvhodnější vybral kamerový systém. Vstupní brána, kterou projíždějí vozidla, je vybavena dvojicí světelných závor (optických bran) s reléovým výstupem, které indikují objekty v oblasti brány. Původně jsou určeny pro to, aby nedošlo ke střetu objektů se zavírající se bránou. Jejich výstupy můžeme využít i pro detekci vjezdu vozidel bránou. Toto řešení je jednoduché a spolehlivé. Místo optických bran by bylo možné použít i jiné řešení např. indukční smyčky, (dodatečná instalace by byla náročná).



5. ALGORITMY PRO DETEKCI POHYBLIVÝCH OBJEKTŮ VE SCÉNĚ

TESTOVACÍ BÁZE

Jsou pořízeny snímky reálné scény (snímky jsou na přiloženém DVD). Snímky jsou vyfotografovány obyčejným digitálním fotoaparátem Olympus mju 800, olympus SP500UZ a panasonic DMC-TZ3) a snímky odpovídají reálnému umístění kamery v pravidelných intervalech, tvořící sekvenci snímků cca 2 sekundy. Časový rozestup 2 sekund je dostatečný, vzhledem k rychlosti pohybujících se vozidel, rychlost vozidel je max. 10 km/h.



Obrázek 10 snímek scény, bez vozidla



MOŽNOSTI LOKALIZACE VOZIDLA



Obrázek 11 snímek scény s vozidlem

Naším cílem je identifikovat vozidlo. Vozidlo můžeme identifikovat podle velikosti barvy typu vozidla, ale jako nejvhodnější a nejvěrohodnější je identifikace vozidla podle registrační značky.

Všechny registrační značky (státní poznávací značky) jsou si podobné vis. Obrázek 12 a Obrázek 13 a mají určité charakteristické vlastnosti.

Registrační značka má určitý rozměr, výrazné hrany na okrajích reflexní bílá/černá (případně reflexní žlutá/černá), která je navíc zvýrazněná držákem registrační značky, který má většina motorových vozidel. Navíc bílá část značky je reflexní, což ji při osvětlení zvýrazní. Nevýhodou této metody je možnost záměn s jinými částmi automobilu, např. světla, přední maska chladiče apod.



Obrázek 12 detail oblasti registrační značky na vozidlech z pořízených snímků



Obrázek 13 Detail oblasti registrační značky na vozidlech z pořizovaných snímků, kde není výrazná hrana

Pro reálné nasazení bude nutné použít dvě kamery s vysokým rozlišením na každou stranu brány (stranu vjezdu i výjezdu). Brána má šířku 10 metrů, ale registrační značka resp. vozidla se pohybují jen v celkové šířce cca 8 metrů, což dvě kamery s vysokým rozlišením pokryjí. Jedna kamera má záběr 4,5 metrů, kde 0,5 metrů se záběr kamer překrývá. Jako vhodné kamery pro danou aplikaci jsem vybral kamery Axis 223M, které mají maximální rozlišení 1600x1200 (Motion JPEG). To odpovídá při šířce záběru v daném rozlišení pro 1 cm 3,5 pixelu. Navíc tato kamera je vybavena i funkcí nočního vidění.



Obrázek 14 další typ registračních značek, motocykl



Obrázek 15 další typ registračních značek, pracovní stroj



6. POPIS ALGORITMU

Navržené algoritmy jsou také na příloženém DVD spolu s testovací bází snímků.

Je možné hledat daný objekt (registrační značku) v každém snímku, který je pořízený z kamery, ale je vhodnější z úspory výpočetního výkonu nejprve zjistíme přítomnost pohybujícího se objektu (automobilu) ve scéně.

Nejdříve se načte obraz ze snímků, a převede se na monochromatický, a vybere se oblast snímků, ve které je předpokládán výskyt registrační značky, ta je oproti oblasti pořízených testovacích fotografií menší, sníží se i výpočetní náročnost. Zahozena je spodní 1/3 části obrazu nebo okraje kde se registrační značka nevyskytuje.



Obrázek 16 Vybraná část obrazu pro detekci registrační značky



V dalším kroku se vstupní monochromatický obraz převede na binární obraz se zvýrazněnými hranami pomocí hranového filtru, zde se nejvíce osvědčil cannyho filtr. Zobrazení hran je vidět na Obrázek 17



Obrázek 17 Zobrazené hrany v obraze

V dalším kroku se vyplní uzavření oblastí zobrazených hran, čímž se zvýrazní určité objekty. Mezi ně patří i hledané registrační značky. Aby určitá oblast vyplněna musí být celá uzavřená.



Obrázek 18 Vyplnění uzavřených oblastí

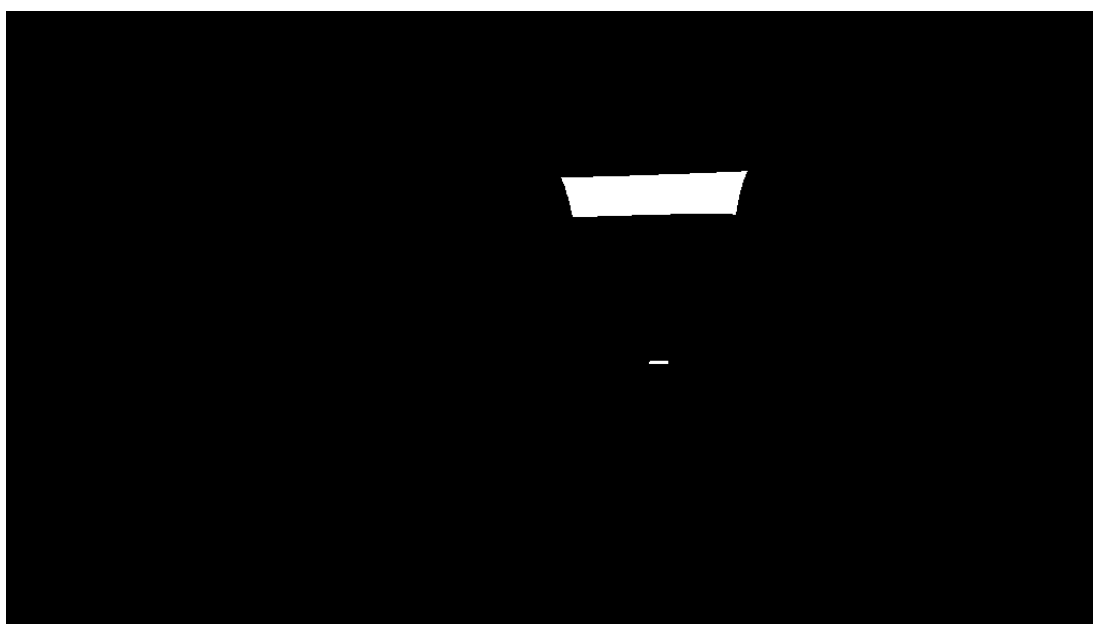
V dalším kroku se provede segmentace, vyberou se určité objekty o určité velikosti (vyplněné oblasti z předchozího kroku). Odstraní se malé oblasti nebo jen pouhé hrany.



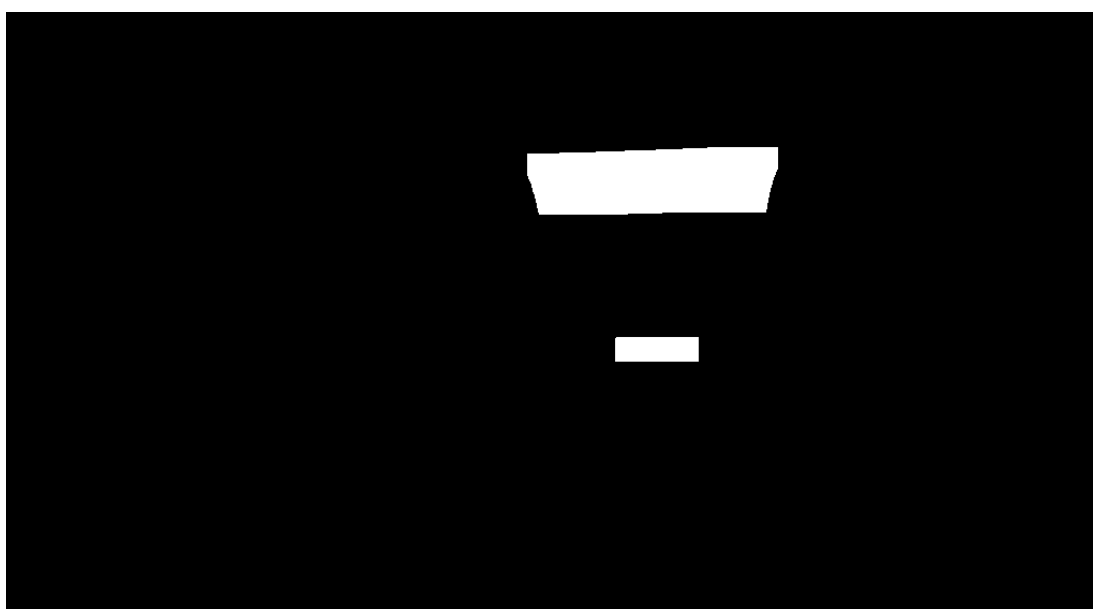
Obrázek 19 Segmentovaný obraz



Segmentovaný obraz obsahuje i jiné, menší objekty, které jsou nežádoucí a je nutné dále upravit pomocí eroze (zmenšení objektů) a dilatace (rozrůstání objektu pokud nebyly dilataci zrušeny)



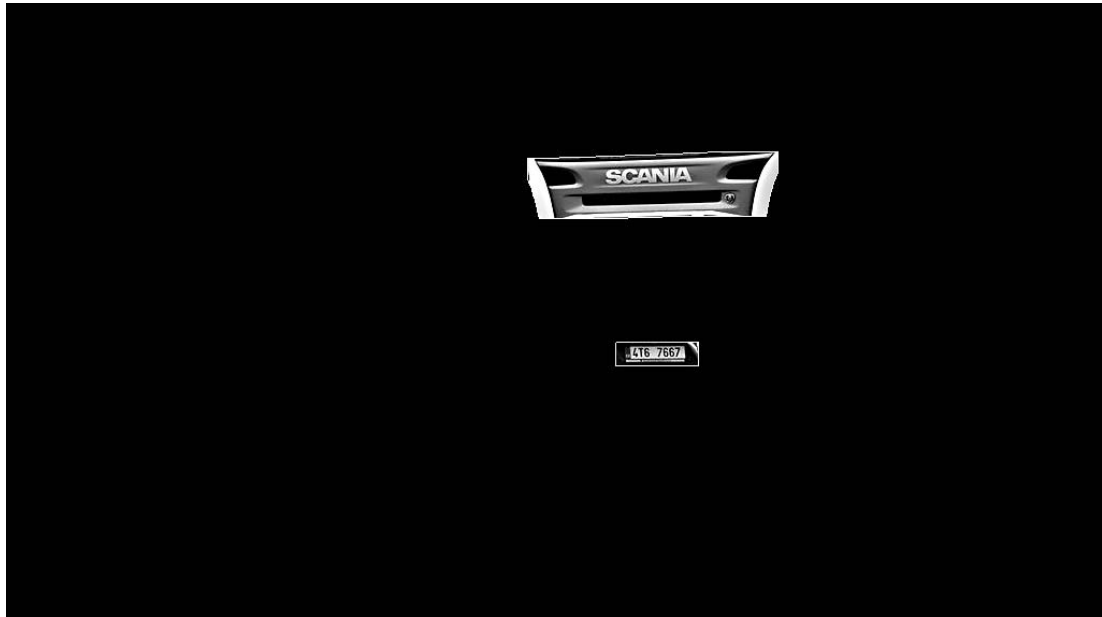
Obrázek 21 segmentovaný obraz po dilataci



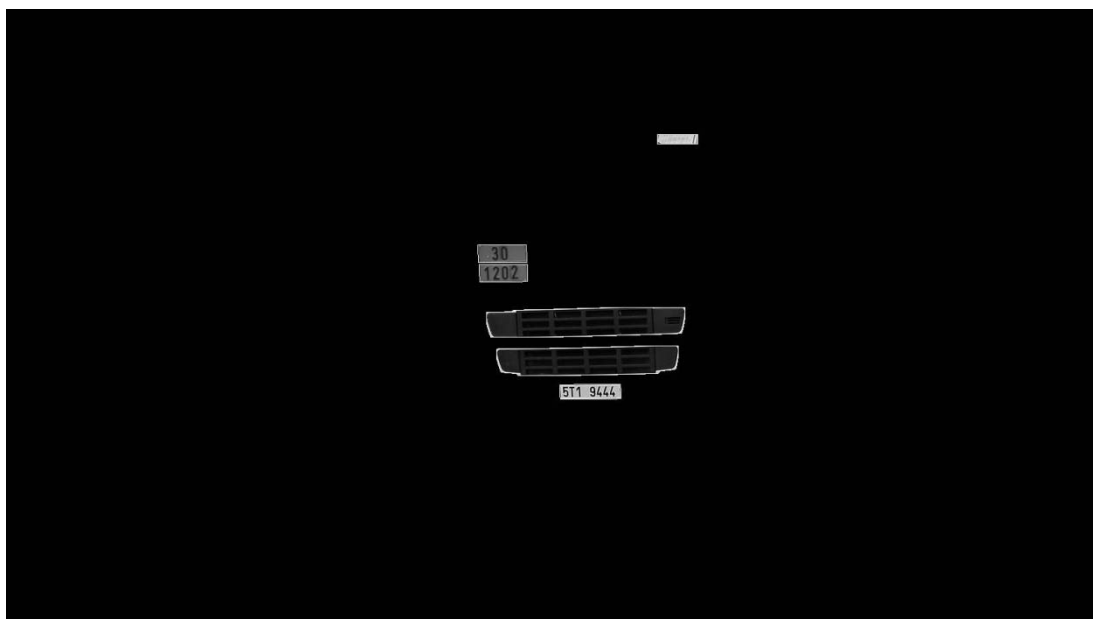
Obrázek 20 Segmentovaný obraz po erozi a následné dilataci



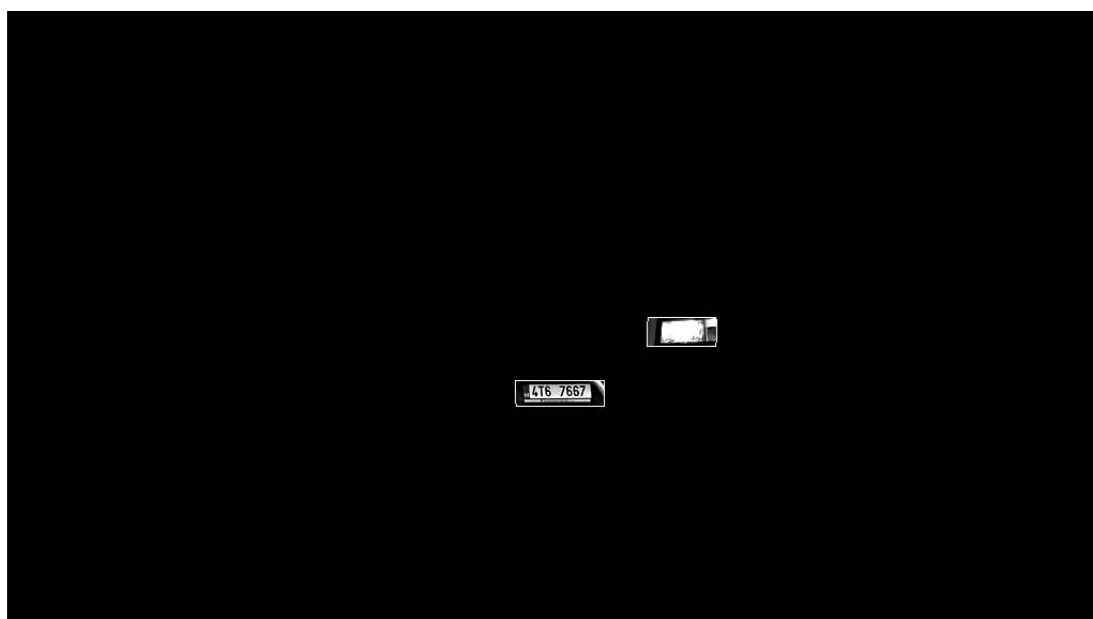
Po dilataci a erozi zůstanou zobrazeny jednotlivé oblasti, kde se vyskytují registrační značky. Zahozeny jsou pouze menší oblasti.



Obrázek 22 zobrazené možné oblasti výskytu registračních značek

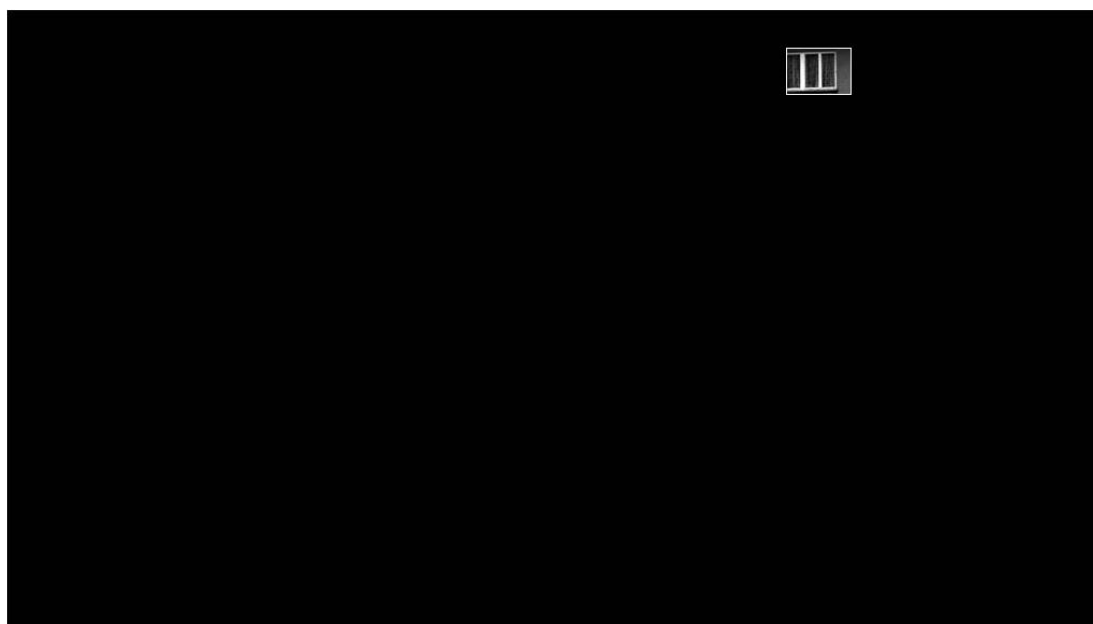


Obrázek 24 zobrazení oblastí registračních značek u dalších snímků

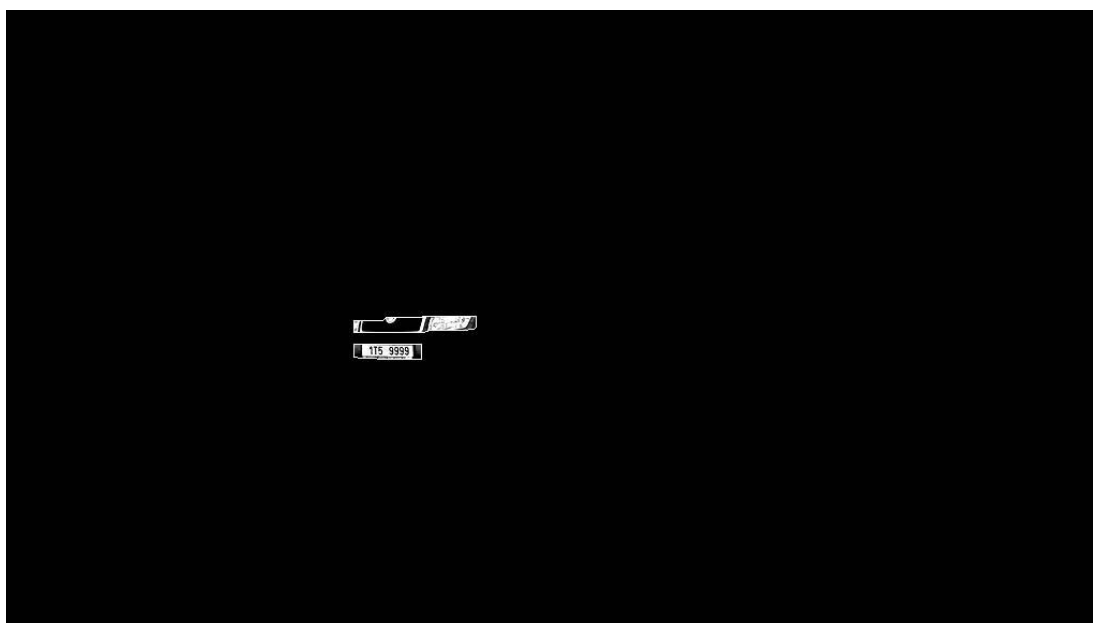


Obrázek 23 zobrazení oblastí registračních značek u dalších snímků

obr. zobrazení oblastí registračních značek u dalších snímků



Obrázek 26 zobrazení oblastí registračních značek u prázdného snímku, bez auta



Obrázek 25 zobrazení oblastí registračních značek u dalších snímků



7. ZHRNUTÍ

V této práci byla řešena problematika detekce pohybujících objektů, návrh systému pro monitorování vjezdu motorových vozidel. Systém má detekovat pohybující se vozidla a identifikovat je najít možnou oblast výskytu registrační značky vozidla.

Teoreticky byly rozebrány možné metody řešení detekce pohybujících se vozidel se zaměřením na kamerové systémy a zpracování obrazu. Z teoreticky popsaných metod jsem navrhl neoptimálnější řešení pro danou aplikaci s ohledem na případnou realizaci. Jako nejvhodnější řešení byl vybrán kamerový systém spolu s kombinací s laserovými závorami pro detekci pohybujících se předmětů.

Byly pořízeny sady testovacích snímků, které by odpovídaly reálnému umístění kamery. Na těchto snímcích byl otestován a odladěn algoritmus pro lokalizaci vozidla, který určí oblastí možných výskytu registračních značek na vozidlech.

V závěru této práce jsou popsány dosažené výsledky včetně možností na zlepšení samotného systému a algoritmů.



8. ZÁVĚR

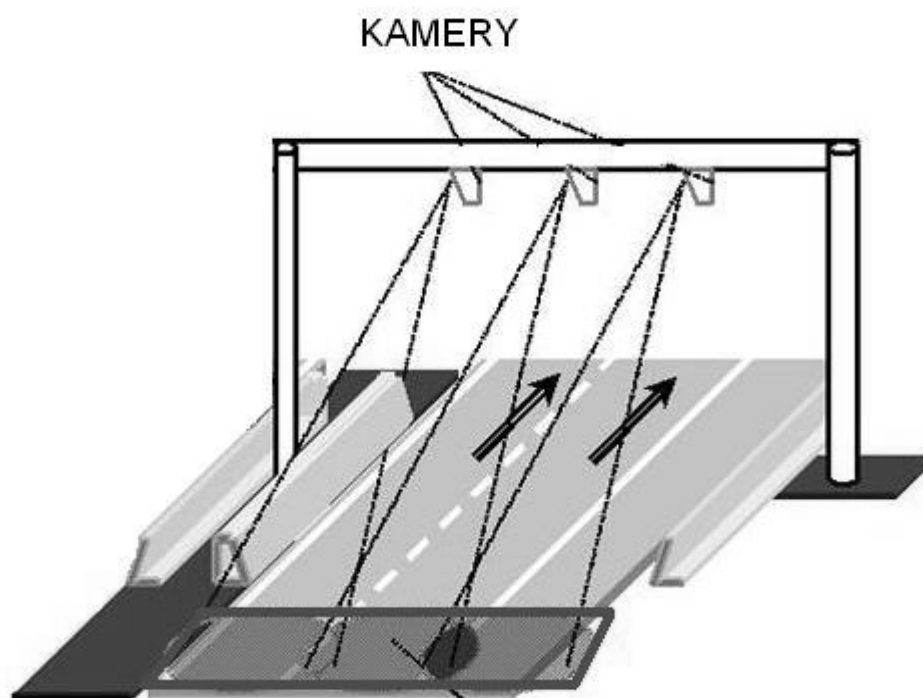
Navržený systém úspěšně detekuje z testovacích snímků oblasti registračních značek vis. Obrázek 22, ale zobrazuje i jiné nežádoucí oblasti, které jsou stejně velké jako registrační značky nebo větší. Jedná se i o jiné výrazné části vozidel např. části přední masky odlesky na sklech atd.

Pokud by nebylo možné z technických důvodů použít pro detekci pohybu vozidel laserové závory, indukční čidla nebo jiných možných systému pro detekci vozidla, které jsou blíže popsané v teoretickém rozboru, můžeme použít pro detekci vozidel sekvenci snímků rozdílovou metodou. Optimální je kombinace čidla a kamerového systému, tím se zcela minimalizují falešné detekce, které se mohou vyskytnout.

Kamery jsou umístěny na okolních budovách, toto umístění ale není optimální, protože nedávají přímý pohled na vozidlo, ale pohled z boku. V určitých případech může ale dojít ke ztrátám informace jak je vidět na Obrázek 28. Vhodnější je proto umístit kamery pokud je možné přímo shora jako je to u mýtných bran vis Obrázek 27.

Pro detekci registračních značek vozidla nám stačí pouze monochromatický obraz, ten oproti barevnému potlačí okolní osvětlení, také sníží vliv barevných vad a je i menší celkový datový tok.

Bílé nebo žluté pozadí registrační značky je reflexní, takže vhodné umělé osvětlení zvýší čitelnost registrační značky.



Obrázek 27 Umístění kamer, pohled na scénu shora



Obrázek 28 Ztráta informace způsobena bočním pohledem kamery



Navržený algoritmus úspěšně detekuje oblasti registračních značek v testovacím snímku. První testovací báze byla upravena pro 3 různé velikosti obrazu, (snímky byly zmenšeny) původní rozlišení v jakém byla pořízena (3264x2468) střední s polovičním rozlišením (1632x1224) a malé s rozlišením (1024x768) kde již je čitelnost registrační značky na hranici čitelnosti. Většina značek (8 z 10) je detekována pro plné rozlišení, méně pro střední rozlišení, ale pro malé rozlišení ani ne polovina snímků.

Pro úspěšné nalezení registrační značky spočívá v tom, že hrana okraje registrační značky musí být uzavřená (to znamená dobře viditelná na snímku), aby mohlo dojít k úspěšnému vyplnění oblasti. U obrazu, který má velké rozlišení, se tento problém nevyskytoval, u středních obrazů a malých byl tento problém častější,

Vezmeme-li nejhorší případ pro detekci registrační značky touto metodou, kdy je bílé auto, nebo bílá část na které je značka připevněna, a značka není připevněna v černém rámečku, nebo rámeček je bílý výrazně se sníží hrana v dalším zpracování vis. Samotná registrační značka má vlastní ohraničení, ale toto ohraničení je tenké a bylo viditelné jen na snímku s velkým rozlišením.



Obrázek 29 Problém nezobrazení kompletní hrany a následné nevyplnění oblasti



Obrázek 30 Úspěšné zobrazení hrany registrační značky a následné vyplnění oblasti

Základní problém nenalezení registrační značky a selhání celého algoritmu je nenalezení kompletní hrany kolem registrační značky. Proto je vhodné algoritmus doplnit o funkci, která opraví poškozené hrany (protáhnutím) nebo v případě použití dilatace zabránit splynutí dvou hran do jedné, čímž by se v následujícím kroku vyplnění spojila v jeden celek velká část obrazu.

Další možné řešení detekce registračních čísel je možnost hledat ne hrany v obraze, protože ty vždy na registrační značce být nemusí být dobře viditelné, ale hledat objekty podle velikosti – geometrických rozměrů jednotlivých číslic registrační značky. Číslice a znaky, tvořící registrační značku, mají svojí určitou velikost a podle toho se dá určit také oblast výskytu registrační značky.



9. SEZAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] HLAVÁČ, V.: Zpracování signálů a obrazů, skriptum

Vydavatelství ČVUT, ISBN 80-01-03110-1

[2] HLAVÁČ, V.: Počítačové vidění,

Grada, ISBN 80-85424-67-3

[3] RUSS J.: The Image Processing handbook,

crc press, ISBN 0-8493-1142

[4] FORSYTH D.: Computer Vision A modern Approach,

Pearson Internal Edition, ISBN 0-13-191193-7

[5] Computer Vision Research Group

<http://of-eval.sourceforge.net/>

[6] WIKIPEDIA, free encyklopedie

<http://en.wikipedia.org/>

[7] Center for Machine Perception

<http://cmp.felk.cvut.cz/>

[8] ALEXEJ K.: Základy počítačové grafiky, skriptum

<http://www.ugn.cas.cz/~kolcun/pogza/pgz.pdf>

[9] Žára J., Beneš B., Moderní počítačová grafika,

Computer Press, ISBN 80-251-0454-0



- [10] Hledání Hran, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/22DetekceHran.pdf>
- [11] Předzpracování obrazů, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/21PredzpracObr.pdf>
- [12] Techniky obrazů, Kamery, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/06TechnikyPorizKamery.pdf>
- [13] Počítačové vidění vs. Digitální zpracování obrazu Digitální obraz a jeho vlastnosti, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/01Uvod+DigObraz.pdf>
- [14] Šedotónová matematická morfologie, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/71-06SedaMatMorfolCesky.pdf>
- [15] Komprese obrazů, Václav Hlaváč, přednáška ČVUT
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/71-06SedaMatMorfolCesky.pdf>