Систем за детекцију пешака уживо базиран на апроксимираном *HOG* алгоритму

Координатор научног истраживања: Срђан Сладојевић

Одговорно лице: Срђан Сладојевић

Аутори: Срђан Сладојевић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић, Бојан Лалић, Милан Мирковић и Марко Арсеновић

Година: 2016

Имплементирано: 22.01.2016.

Кратак опис

Приказан је резултат утицаја имплементације аритметике целих бројева на прецизност ситема за детекцију пешака који је заснован на хистограму орјентисаних градијената. Развијена је апликација за паметни телефон са Андроид оперативним системом помоћу које је могуће детектовати пешаке који се крећу или су у стању мировања. Приказано је како перформансе система одступају од референцираних перфораманси, током имплементације целих бројева, са битовима различите ширине, у критичним деловима система. Овде се засебно узимају у обзир учинци битова различите ширине имплементирани за четири кључне операције: *HOG* дескриптор за израчунавање магнитуде, *HOG* дескриптор за израчунавање углова, нормализацију и *SVM* класификацију. Лекције научене из овога истраживања, према добијеним резултатима, омогућују нам да применимо наше закључке на шири спектар апликација.

Техничке карактеристике

Апликација која се користи за детекцију пешака у саобраћају, користећи имплеметацију фиксне тачке, као и имплементацију покретне тачке како би се детектовали пешаци као и статички предмети. Уз помоћ низа операција извршених над сликама, за израчунавање *SVM* класификатора, нормализације, угла и магнитуде *HOG* дескриптора утврђене су грешке приликом детекције, које су подељене на *Root Mean Square* грешке (RMSE) и *Mean Absolute* грешка (MAE). За тестирање апликације коришћен је *OpenCV*.

Техничке могућности

Техничке могућности ове апликације односе се на детекцију особа у саобраћају, као и статичких објеката као што су аутомобили, знакови, куће,... Ова апликације није развијана само за сигурност у саобраћају, већ преко сигурносних камера може да се користи за надзор објеката, сопствене куће, аутомобила, пословних објеката,... Главна намена ове апликације јесте повећање осећаја сигурности, како у саобраћају тако и у сопственој кући.

Извршиоци: ФТН, Нови Сад

Корисници: Панонит ДОО, Нови Сад

Подтип решења: Битно побољшан постојећи производ или технологија (M84)

Стање у свету

Сведоци смо великог пораста у броју уграђених и мобилних апликација који обећавају да ће учинити наше путеве, куће и градове сигурнијима, наш посао и обавезе лакшима и наше слободно време занимљивијим. У исто време јавља се потреба за снажнијим процесорима и јачим батеријама. Произвођачи процесора и батерија долазе са новим технологијама како би нам помогли да своје идеје брже доставимо на тржиште, као што су високо паралелне архитектуре, већи и бржи меморијски интерфејси и боље батерије. Ако се поседује идеја о производу или систему велике визије тада не треба чекати да се на тржишту појави јачи процесор. Многи данашњи процесори нуде SMID операције са покретним зарезом, и тада постоји губитак снаге ако се користи математика са целим бројевима, а да се и не спомиње смањење у пропусности података. Предност се и даље даје имплементацији нумерички осетљивом алгоритму. На пример, сваки алгоритам који укључује матрицу инверзије или засебне вредности треба бити имплементиран са покретним зарезом, осим ако је динамички распон улазних података познат, тако да можемо да одвојимо довољно времена и труда да имплементирамо наш алгоритам у аритметику целих бројева. Други алгоритми за рачунарску визију би требали да се имплеменирају у целе бројеве. Сама детекција пешака је веома коплексан задатак, како због варијабилности у изгледу тако и због великог броја поза у којима се пешак може наћи. Примена укључује надзор, напредну роботику као и сигурност аутомобила. Данас постоје аутомобили који могу да детектују пешаке, али због велике цене система овај систем је намењен само скупљим класама аутомобила. Како би се и јефтинији модели аутомобила опремили са системом детекције пешака може се искористити јефтинији процесор, који се ослања на целе бројеве. Још једна предност је да вишепроцесорски системи размењују мање количине података током обраде. То је због чињенице да у неким имплементацијама, са покретним зарезом, променљиве захтевају 4 бајта, док би целобројне приближне вредности захтевале 2 бајта. На тај начин, просторна сложеност и сложеност комуникације алгоритама су смањене. Велики број алгоритама са отвореним приступом није писано на кориснички оријентисан начин. Ко́д отвореног приступа често користи покретне зарезе, чак када и када то није потребно. У овом истраживању употребљен је један од најчешће коришжених система за детекцију људи и приказано је како његове перформансе почињу да одступају од референтних вредности тако што се у критичне делове система уводе цели бројеви са битовима различите ширине. Систем са покретним зарезом увек враћа тачне резултате, иако се да приметити да систем са целим бројевима исправно детектују особу док систем са покретним зарезом не успе да детектује особу. У истраживању се дошло до закључка да се систем може имплементирати у целе бројеве користећи 13-битну репрезентацију променљивих. У наставку је дат приступ аритметици целих бројева са различитим ширинама битова као и резултати добијени овим истраживањем.

Дизајн

Приликом израчунавања *HOG* дескриптора могу се уочити кључне операције:

- прорачун величине и оријентације градијента слике

- нормализација пондерисаних гласова

На крају, уз израчунавање дескриптора, *SVM* класификација је кључни део у детекцији особа.

Градијент слике се добија применом два једнодимензионална филтера на слици:

- хоризонтални градијент слике са филтером: [-1 0 1]

- вертикални градијент слике са филтером: $[-1\ 0\ 1]^T$

Градијенти могу бити "непотписани" или "потписани". У овом истраживању, узет је у обзир "непотписани" градијент који има вредности од 0 до π. Оријентација градијента *HH(x, y)* на позицији *(x, y)* израчунава се помоћу следеће једначине:

$$O_g(x,y) = atan\left(\frac{G_H(x,y)}{G_V(x,y)}\right)$$

У нашем случају, као шема за нормализацију, користи се *L1* норма за изарачунавање фактора нормализације *ф*, иако постоје разне шеме за нормализацију. Изглед једначине је следећи:

$$f = \frac{v}{\|v\|_1 + e}$$

где *v* представља ненормализовани вектор који поседује све хистограме у датоме блоку. *Support Vector Machines* (*SVM*) класификатор је алгоритам за класификацију који тражи оптимални хипер равни као функцију одлучивања у високо димензионалном простору. Овде се користи линеарни *SVM* класификатор и посебно се узимају у обзир ефекти специфичне аритметике засноване на целим бројевима ширине битова над сваком операцијом израчунавања кључног дескриптора и *SVM* класификатором. Како би се добио приближан учинак имплементације целих бројева, како би се добиле прецизније вредности, користи се следећа једначина која врши замену различитих променљивих, овде представљених као *x*:

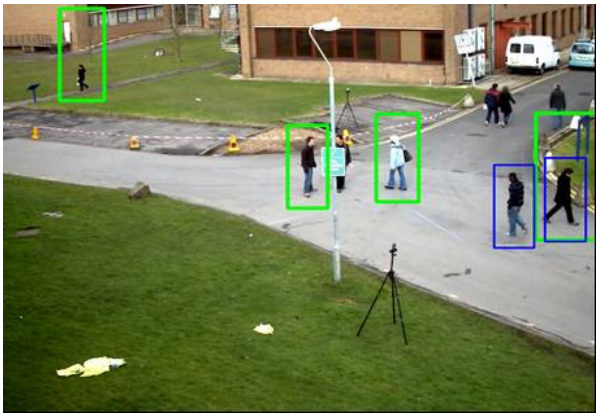
x = (floor(FACTOR * x + 0.5)) / FACTOR

где је *FACTOR* улазни параметар који симулира регистре ширине бита и служи за похрањивање вредности на процесору фиксне тачке. За симулацију регистара ширине бита од 8 и 16 бита вредност овога параметра се мења на 28 и 216. Приликом извођења експеримента кориштен је

OpenCV 2.3. Демо верзија детекције пешака је модификована да користи фиксне тачке и резултат је упоређен са оригиналним резултатима, у којима су се користиле покретне тачке. Ефекат фиксне тачке је процењен засебно и заједно за:

- израчунавање магнитуде *HOG* дескриптора
- израчунавање угла *HOG* дескриптора
- нормализацију и
- *SVM* класификацију

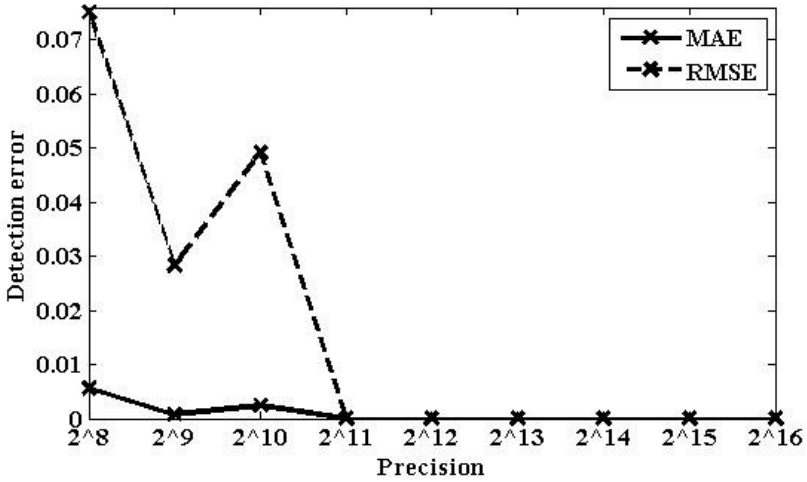
Приликом процене над једном операцијом, кориштена је аритметика покретне тачке над свим осталим операцијама. Приликом процене свих операција користила се иста аритметика за све операције. Иницијална процена је направљена користећи *PETS* видео, који се најчешће користи у *OpenCV* демо-у за детекцију пешака. Проширени експерименти су направљени користећи *INRIA* скуп података о особама. Број детекција по слици је на крају сакупљен и уз помоћ тих података направљен је прорачун. Број детекција, архивираних уз помоћ оригинала и имплементације фиксне тачке је сакупљен и израчуната је *RMSE* грешка и *MAE* грешка. Пошто су суседни оквири слични ради ефикасније имплементације након што се један оквир обради следећи оквир се прескаче. Оквир који приказује различите детекције, користећи различите имплементације је приказан на слици.



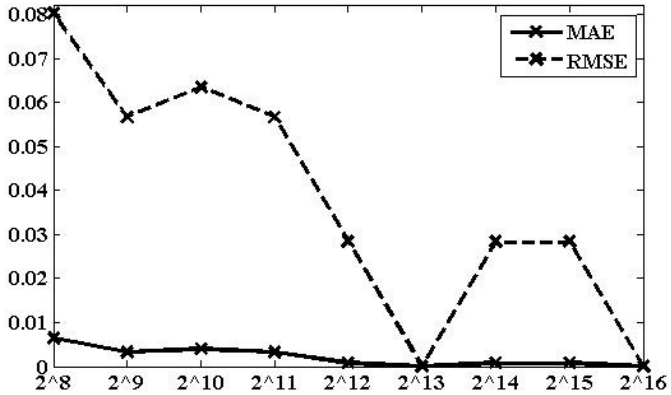
Слика 1. Детекција помоћу оригинала (зелени правоугаоник) и помоћу *HOG* алгоритма (плави павоугаоник)

Прорачун магнитуфе, користећи имплементацију фиксне тачке, да је доста добре резултате. Није пријављена ни један грешка приликом детекције, ФАЦТОР је у овом случају био постављен на 210. Следеча слика приказује МАЕ И РМСЕ вредности, односно грешке које су се јавиле приликом детекције.Израчун градијента угла слике мора бити одрађен са већом прецисзношћу. Како би градијент угла упешно елиминисао грешке приликом детекције потребно је користити величине фикне тачке од барем 12 бит-а. На следећој слици је приказана грешка детекције приликом израчунавања градијента угла.Нормализација И СВМ класификација су дале занимљиве резултате који су приказани на следеће две слике. Као што се види на слици, са 11 битним усклађивањме процедуре нормализације, просечна имплементација фиксне тачке И референтна имплементација са помичним зарезом се не разликују коритећи ХоГ алгоритам. СВМ класификатор се показао као најосетљивија операција приликом примене

имплементације са фиксном тачком. Али имплеметација помичне тачке са 13 бит-ним архивирањем вредности је дала исте резултате перформанси као И имлементација за помичним зарезом.



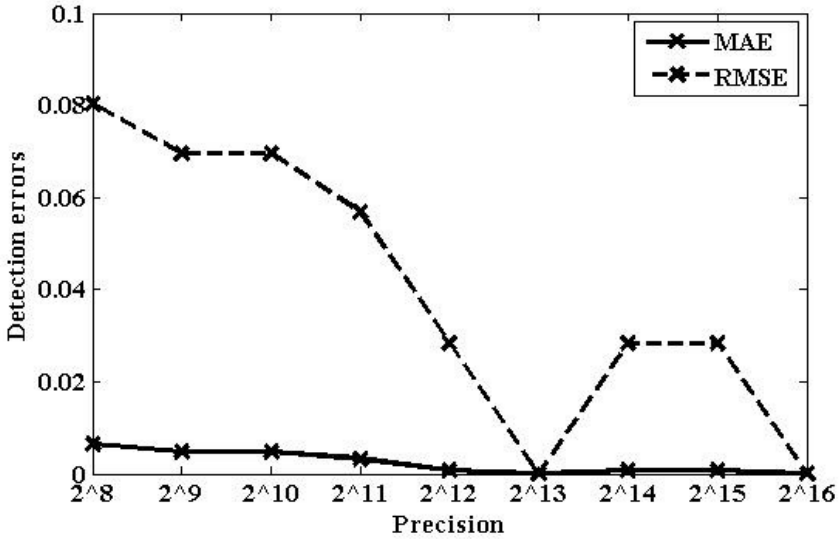
Сл 2.Грешке приликом детекције користећи нормализацију



Сл 3.Грешке приликом детекције користећи СВМ класификацију

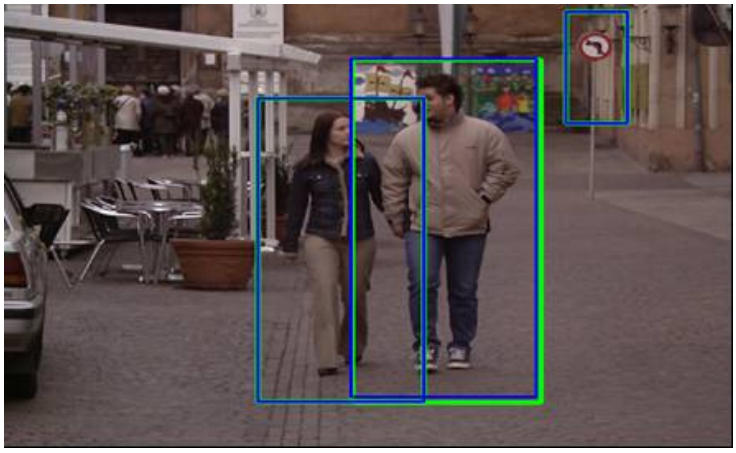
На самоме крају је приказан случај клада се за израчун свих операција користе фиксне тачке, са истом прецизношћу. Понашање, које је приказано у овоме случају, је у корелацији са

понашањем најосетљивије операције, које је у овоме случају СВМ класификатор.



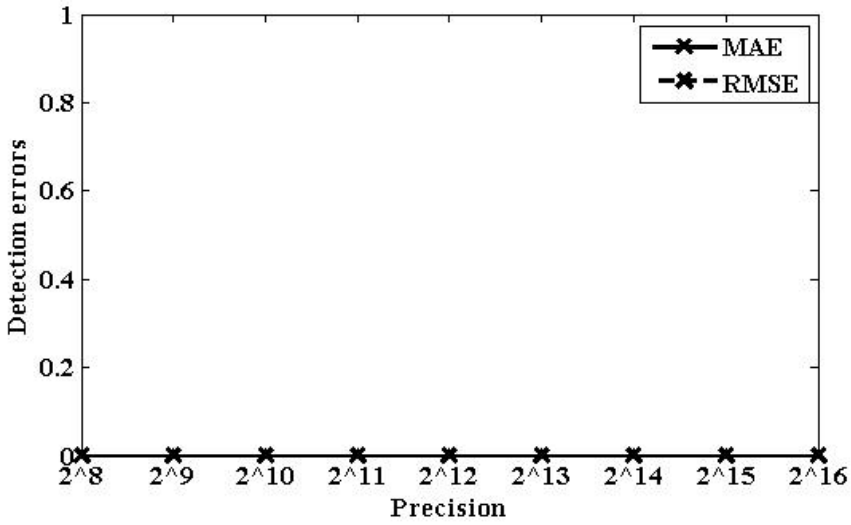
Сл 3.Резултат свих операција, користећи помичне тачке

како би се направила даљња процена имплементације фискне тачке коришћен је ИНРИА скуп података о особама. Овде су коришћене слике које су првобитно мањене за тестирање. Следећа слика приказује детекцију пешака користећи обе имплементације.

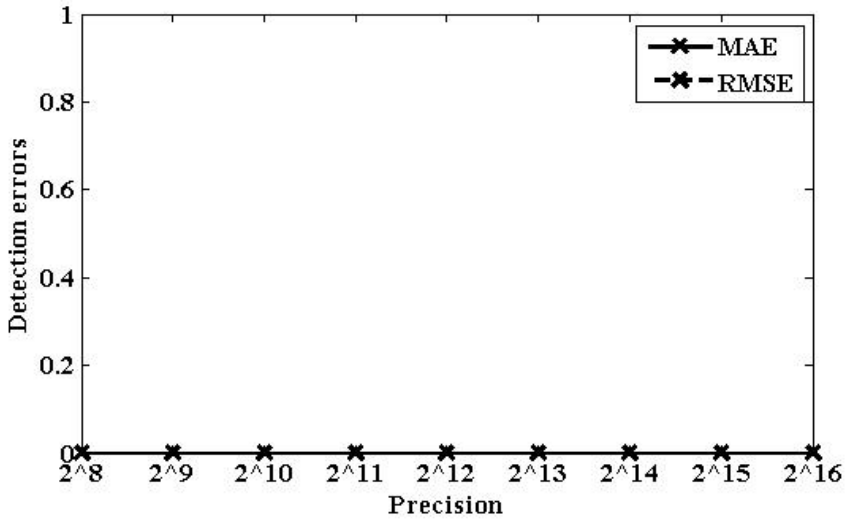


Сл 4.Детекција пешака користећи обе имплементације

Оригинал је означен зеленим правоугаником док је љубичастим означен просечни ХоГ алгоритам. Следеће слике приказују грешке у детекцији користећи различите операције.

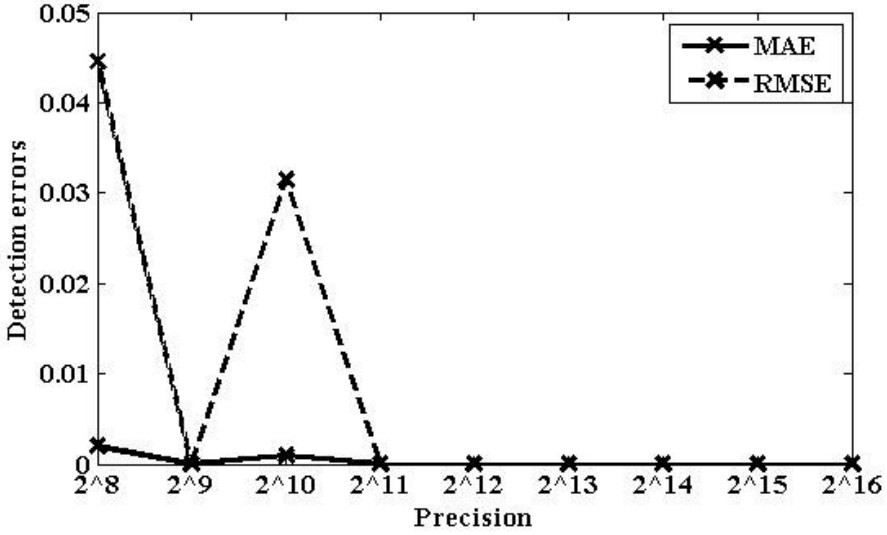


Сл 5.Грешке приликом детекције за просечан градијент над ИНРИА скупом података

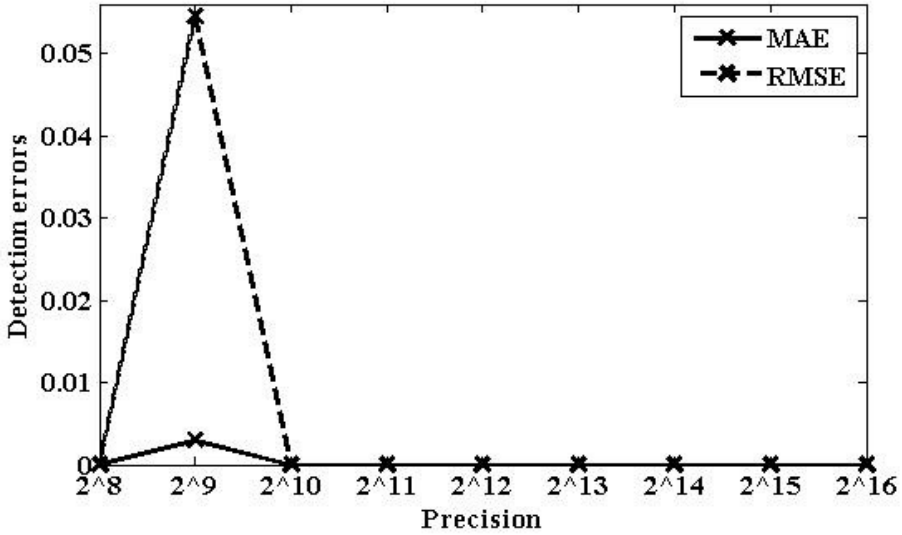


Сл 6.Грешке приликом детекције , користећи просечан градијент згла над ИНРИА скупом података

Након процене над ИНРИА скупом података, приликом израчунавања магнитуде И угла градијента, имплементација са фиксном тачком није резултирала са грешкама приликом детекције. Али, као што је био случај И у прошлој ситуацији, приликом операције нормализације, имплементација са фиксном тачком је захтевала 11 бит-не фиксне тачке како би постигла резултате које је забележила имплементација са помочном тачком.



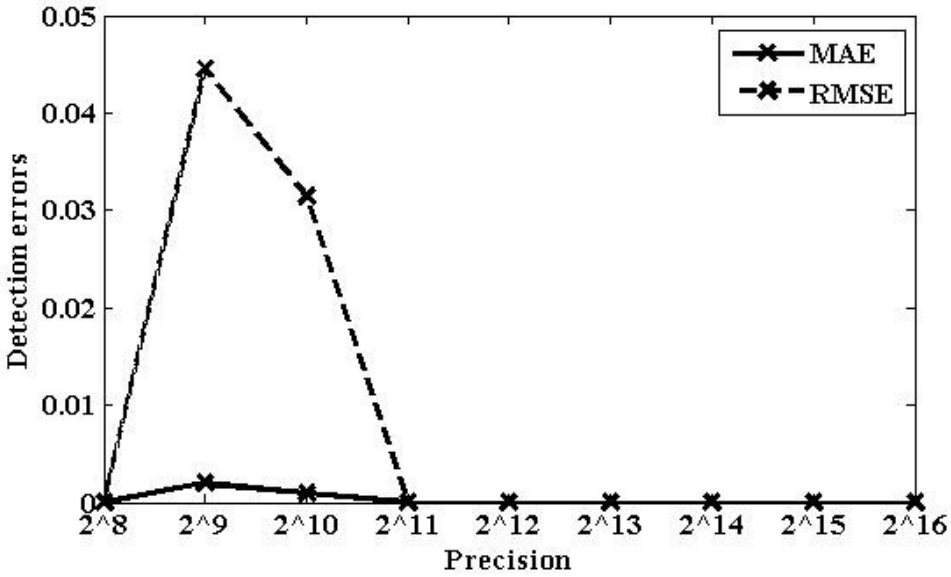
Сл 7.грешке приликом детекције користећи операцију нормализације над ИНРИА скупом података о особама



Сл 8.Грешке приликом детекција користећи операцију СВМ класификације над ИНРИА скупом података

Зачудо, СВМ класификатор се показао више робустан за имплементацију фиксне тачке над ИНРИА скупом података. Када се подаци похране у 11 бит-а или више, СВМ класификација ради

једнако добро за имплементације фиксне тачке као И за помичне.



Сл 9.Грешке користећи све операције над ИНРИА скупом података

И у овоме случају се показало да кад се примени имплементација фиксне тачке, пронашање система зависи од најосетљивије операције, што се у овоме случају показало да је нормализација.

Примена

Систем за детекцију људи путем слика се може користит, као што смо имали прилике кроз овај рад да приметимо, на различите начине како бисмо повећали нашу сигурност, од надзора над својим домовима, сигурности својих аутомобила, па све до детекције пешака у саобраћају. Не постоји систем који ће без грешке да ради на детекцији људи тако да увек постоји место за увођење побољшаних система који че да смање грешке приликом детекције људи, поготово када се говори о детекцији пешака у саобраћају, систем који се за сада применује само за скупље моделе аутомобила. Овај систем се примењује и као надзор над објемтима, као што су наши домови, трговине, робне куће и разне јавне установе. Од есенцијалне је важности да се истраживања на овоме пољу интензивно наставе како би се створило сигурније окружење, како у саобраћају тако и у свакодневном животу.

Техничке карактеристике

- Софтвер за детекцију пешака, омогућава детекцију пешака у саобраћају који су у стању мировања или се покрећу
- Софтвер за детекцију статичких објеката (аутомобили, знакови,...)

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД: TÜV NORD ISO 9001 TÜV NORD ISO 14001 TÜV NORD OHSAS 18001

Наш број:
Ваш број:
Датум: 2016-05-06

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 14. редовној седници одржаној дана 27.04.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 12.1.2: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Доц. др Александар Ракић, Електротехнички факултет, Београд;
- Др Иван Милентијевић, ред. проф., Електронски факултет, Ниш.Назив техничког решења:

Назив техничког решења:

"СИСТЕМ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ ПЕШАКА УЖИВО БАЗИРАН НА АПРОКСИМИРАНОМ HOG АЛГОРИТМУ"

Аутори техничког решења: Срђан Сладојевић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић, Бојан Лалић, Милан Мирковић, Марко Арсеновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:	Тачност података оверава: Секретар	Декан
Јасмина Димић, дипл. правник	Иван Нешковић, дипл. правник	Проф. др Раде Дорословачки

Наставно научном већу Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду и Наставно научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

У складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, које је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008) и на предлог Наставно научног већа Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду као рецензент у комисији за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења дајем **ПОЗИТИВНО МИШЉЕЊЕ** следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: СИСТЕМ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ ПЕШАКА УЖИВО БАЗИРАН НА АПРОКСИМИРАНОМ *HOG* АЛГОРИТМУ

Аутори: Срђан Сладојевић (Факултет техничких наука (ФТН)), Андраш Андерла (ФТН), Дубравко Ћулибрк (ФТН), Дарко Стефановић (ФТН), Бојан Лалић (ФТН), Милан Мирковић (ФТН), Марко Арсеновић (ФТН).

Категорија техничког решења: М(84) Битно побољшан постојећи производ или технологија

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

На основу увида у документацију и прегледа техничког решења утврђује се следеће:

- Техничко решење је урађено за компанију Панонит ДОО из Новог Сада.
- Корисник техничког решења је компанија Панонит ДОО из Новог Сада.
- Техничко решење је урађено током 2016. године.
- Техничко решење је прихватило и примењује компанија Панонит ДОО из Новог Сада.
- Резултати су верификовани на следећи начин и од стране следећих тела: Прегледом техничког решења и документације која прати техничко решење Комисија за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења и корисник техничког решења су извршили верификацију посматраног техничког решења. Наставно научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду и корисник техничког решења су верификовали техничко решење.
- Предложено техничко решење се користи за детекцију пешака уживо помоћу апроксимираног *Histogram of Oriented Gradients* алгоритма (HOG).
- Област на коју се техничко решење односи су техничко-технолошке науке.

- Проблем који се техничким решењем решава: Реализовани технички систем омогућава детекцију пешака у реалном времену. Апроксимација *HOG* алгоритма се врши помоћу целих бројева уместо бројева са покретним зарезом тако да се систем може применити на процесорима који су скромнијих могућности и самим тим знатно јефтинији.
- Опис система: Систем за детекцију пешака базиран је на коришћењу апроксимираног *HOG* алгоритма који се реализује у апликацији за паметни телефон са Андроид оперативним системом. Могуће је детектовати пешаке у саобраћају који се крећу или су у стању мировања.
- Техничке карактеристике система: Апликација за детекцију пешака је развијена за паметни телефон са Андроид оперативним системом. *HOG* алгоритам броји појаве оријентисаних градијената у локалним деловима слике, што се постиже густом мрежом која је равномерно распоређена у ћелијама. Током прорачуна *HOG* дескриптора одвијају се операције прорачуна величине и оријентације градијента слике, као и нормализација тежинских фактора. Поред прорачуна дескриптора, SVM класификација је кључна приликом детекције пешака.

На основу свега наведеног мишљења сам да резултат научноистраживачког рада под називом: "Систем за детекцију пешака уживо базиран на апроксимираном *HOG* алгоритму" представља резултат који испуњава услове за признавање својства техничког решења.

Рецензент:

др Иван Милентијевић, редовни професор

(Електронски факкултет, Ниш)

Датум: 06.06.2016.

Наставно научном већу Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду и Наставно научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

У складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, које је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008) и на предлог Наставно научног већа Департмана за Индустријско инжењерство и менаџмент Факултета техничких наука у Новом Саду као рецензент у комисији за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења дајем **позитивно мишљење** следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: СИСТЕМ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ ПЕШАКА УЖИВО БАЗИРАН НА АПРОКСИМИРАНОМ *HOG* АЛГОРИТМУ

Аутори: Срђан Сладојевић (Факултет техничких наука (ФТН)), Андраш Андерла (ФТН), Дубравко Ћулибрк (ФТН), Дарко Стефановић (ФТН), Бојан Лалић (ФТН), Милан Мирковић (ФТН), Марко Арсеновић (ФТН).

Категорија техничког решења: М(84) Битно побољшан постојећи производ или технологија

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

На основу увида у документацију и прегледа техничког решења утврђено је следеће:

- Техничко решење је урађено за предузеће Панонит ДОО Нови Сад
- Корисник решења је Панонит ДОО Нови Сад
- Решење је урађено 2016. године
- Решење је прихватило и примењује Панонит ДОО Нови Сад
- Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела: Верификација решења је урађена прегледом техничког решења и увидом у документацију од стране Комисије за проверу испуњености услова за признавање својства техничког решења и корисника. Наставно научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду и корисник решења верификовали су техничко решење
- Предложено решење се користи за детекцију пешака уживо помоћу апроксимираног *HOG* (Histogram of Oriented Gradients) алгоритма
- Област на коју се техничко решење односи су техничко-технолошке науке
- Проблем који се техничким решењем решава: Реализовани систем омогућава детекцију пешака у реалном времену. С обзиром на то да се апроксимација HOG алгоритма врши помоћу целих бројева уместо бројева са покретним зарезом, систем се може применити на јефтинијим процесорима скромнијих могућности као што је мобилни телефон.

- Опис система: Систем за детекцију пешака базиран је на коришћењу апроксимираног HOG алгоритма који се реализује у апликацији за паметни телефон са Андроид оперативним системом. Могуће је детектовати пешаке у саобраћају који се крећу или су у стању мировања.
- Техничке карактеристике система: Апликација за детекцију пешака је развијена за паметни телефон са Андроид оперативним системом. HOG алгоритам броји појаве оријентисаних градијената у локалним деловима слике, што се постиже густом мрежом која је равномерно распоређена у ћелијама. Током прорачуна HOG дескриптора одвијају се операције прорачуна величине и оријентације градијента слике, као и нормализација тежинских фактора. Поред прорачуна дескриптора, SVM класификација је кључна приликом детекције пешака.

На основу свега наведеног мишљења сам да резултат научноистраживачког рада под називом: "Систем за детекцију пешака уживо базиран на апроксимираном *HOG* алгоритму" представља резултат који испуњава услове за признавање својства техничког решења.

Рецензент:

доц. др Александар Ракић

(Електротехнички факкултет, Београд)

Датум: 09.06.2016.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ МЕНАЏМЕНТА СЕРТИФИКОВАН ОД:
TÜV NORD ISO 9001 TÜV NORD ISO 14001 TÜV NORD OHSAS 18001

Наш број: 01.сл
Ваш број:
Датум: 2016-06-23

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 17. редовној седници одржаној дана 29.06.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 15. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 15.1.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М84) под називом:

"СИСТЕМ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ ПЕШАКА УЖИВО БАЗИРАН НА АПРОКСИМИРАНОМ HOG АЛГОРИТМУ"

Аутори техничког решења: Срђан Сладојевић, Андраш Андерла, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић, Бојан Лалић, Милан Мирковић, Марко Арсеновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:	Тачност података оверава: Секретар	Декан
Јасмина Димић, дипл. правник	Иван Нешковић, дипл. правник	Проф. др Раде Дорословачки