

Darbības programma: "Uzņēmējdarbība un inovācijas" ;
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1. "Zinātne un inovācijas"
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. "Zinātne, pētniecība un attīstība"
Aktivitātes numurs un nosaukums: 2.1.1.1. aktivitāte "Atbalsts zinātnei un pētniecībai"

PROJEKTS Nr.2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086

**Projekta nosaukums: "Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija"
(MITS)**

Līguma noslēgšanas datums: 10.12.2010.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.

Projekta beigu datums: 31.12.2013.g.

Eiropas Reģionālās attīstības fonda finansējuma saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.6. par periodu no 01.06.2012.g.līdz 30.09.2012.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļāvo, Ph.D., vad. pētnieks.

Projekta izpildītāju saraksts: Vad.pētn. Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds
Vad.pētn. Dr.sc.comp. Mihails Broitmans
Zin.asist. Mārtiņš Liepiņš
Zin.asist. Aivars Ševerdaks
Zin.asist. Roberts Kadiķis
Prog.inž. Krišjānis Nesenbergs
Progr.inž. Normunds Šilinskis
Prog. teh. Jurijs Klopovskis

Pētnieks Uldis Grunde /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Zin.asist. Artūrs Seļivanovs /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Zin.asist. Andris Gordjušins /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Saturs

Ievads	2
MITS	2
1 MITSVIEW grupas atskaite	3
1.1 Ievads	3
1.2 Paveiktais	3
1.2.1 Starpprocesu komunikācija	3
1.2.2 Centralizēts video plūsmu kontroles modulis	4
1.3 Rezultāti un secinājumi	4
Literatūra	4
2 MITSSen grupas atskaite	5
2.1 Ievads	5
2.2 Rezultāti un secinājumi	5
2.2.1 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot siltuma sensorus	5
2.2.2 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot magnētiskos sensorus	5
2.2.3 Paveiktais operatīvā transporta kustības noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu	6
2.2.4 Paveiktais darbs pie ceļa iestrādājamā ciparu magnētiskā sensora	7
3 MITSimPro grupas atskaite	8
3.1 Paveiktais	8
3.2 Īstenotie risinājumi	8
3.2.1 Atklāšanas līniju izvietojuma iespēju paplašināšana	8
3.2.2 Aizklāšanas atklāšana	9
3.2.3 Mašīnu ēnu atklāšanas metode	10
3.3 Eksperimenti un testi	11
3.3.1 Kameras parametru pielāgošana automašīnu atklāšanai naktī	11
3.3.2 Testi ar uzlaboto algoritmu	12
3.4 Kopsavilkums un secinājumi	13
3.5 Nākotnes perspektīvas	13
4 MITSRegNo grupas atskaite	14
4.1 Ievads	14
4.2 Uzlabotā attēla objektu detektēšanas metode	14
4.3 Darbu plāns	17

Ievads

Anotācija

”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS) ir ERAF atbalstīts projekts. MITS projekta mērķis ir modulāra sensoru informācijas savacēja, analīzes un komunikācijas punkta izstrāde. Šī tehnoloģija palīdz drošas un efektīvas satiksmes organizēšanā to monitorējot, komunicējot un koordinējot luksoforus atkarībā no satiksmes stāvokļa, kā arī ziņo par detektētajiem notikumiem vadības punktam.

Projekta mērķu sasniegšanai ir izveidotas sekojošas apakšgrupas: MITSView – sistēmas arhitektūra un komunikācijas; MITSSen – sensoru sistēmu pielietojumi; MITSImPro – attēlu analīze; MITSRegNo – automobiļa reģistrācijas numura noteikšana.

Projekta zinātniskajā progresa pārskatā izklāstītas zinātniskās pētniecības aktivitātes un rezultāti augšminētajās grupās. Projektu atbalsta Eiropas Reģionālās attīstības fonds, līguma Nr. 2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086.

”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS)

MITS grupas galvenais pētniecības virziens ir rast inovatīvu risinājumu satiksmes drošības un efektivitātes uzlabošanai. Projekta laikā tiek izstrādāts modulārs un multifunkcionāls punkts, kas saņem dažādu sensoru datus, veic informācijas sapludināšanu un analīzi, kā arī pieņem lēmumus par potenciālas avarijas situācijas un dažādu konstatēto notikumu nodošanu vadības punktam.

MITS projektā ir sekojošas apakšgrupas saskaņā ar pētnieku individuālo pieredzi un interesēm:

- MITSView – sistēmas arhitektūra un komunikācijas;
- MITSSen – sensori viedām transporta sistēmām;
- MITSImPro – attēlu apstrāde satiksmes analīzei;
- MITSRegNo – reģistrācijas numuru automātiska atpazīšana;

Turpmākajās nodaļās ir apkopoti galvenie sasniegumi minētajos virzienos.

Nodaļa 1

MITSVIEW grupas atskaite

Anotācija

Nodaļa apraksta MITSVIEW grupas paveikto sistēmas arhitektūras un komunikāciju plānošanā un realizācijā.

1.1 Ievads

Iepriekšējā ceturksnī MITSVIEW grupa izstrādāja vispārējo sistēmas darbības plānu. Šajā ceturksnī darbs noritēja pie galveno sistēmas sastāvdaļu ieviešanas un starpprocesu saskarnes izveides, kas ļautu kopējā sistēmā integrēt pārējo projekta grupu darbu.

1.2 Paveiktais

1.2.1 Starpprocesu komunikācija

Pašā sistēmas centrā jādarbojas ātrai un efektīvai starpprocesu komunikācijai, lai nodrošinātu sistēmas spēju reālā laikā reaģēt uz dažādām izmaiņām satiksmes situācijā. Lai to nodrošinātu tika izpētīti iespējamie risinājumi starpprocesu komunikācijas nodrošināšanai un salīdzinot to nozīmīgos raksturlielumus izvēlēti divi risinājumi:

- Komunikācijai starp atsevišķām iekārtām, piemēram, sistēmas centrālajam datoram ar attālinātu sensoru mezglu, paredzēts lietot *POSIX sockets* savienojumus. Šo savienojumu priekšrocība ir to universalitāte un plašais pielietojums komunikācijā starp iekārtām. Tā kā *POSIX sockets* ir faktiskais standarts starpprocesu komunikācijai caur internetu un citiem tīkliem, no tā izriet, ka tas ir labi pārbaudīts un dokumentēts, kā arī ērts lietošanā. Šīs īpašības ir nepieciešamas lai mūsu sistēma stabili un droši spētu komunicēt ar ārējām iekārtām pa trokšņainiem datu pārraides kanāliem, piemēram, radio.
- Komunikācijai starp procesiem, kas atrodas uz vienas fiziskās sistēmas (ar kopīgu operatīvo atmiņu) tika izvēlēta atvērtā pirmkoda bibliotēka *ach* [1]. Šī bibliotēka ir īpaši piemērota sistēmām, kurās ir kritiski reaģēt uz liela apjoma ienākošajiem datiem reālā laikā. Bibliotēkas datu pārraide starpprocesu komunikācijā balstās uz kopīgiem atmiņas apgabaliem, kas ļauj vienam procesam publicēt datu kanālu un daudziem citiem procesiem izmantot šo datu kanālu netērējot papildus atmiņas resursus. Īpaši nozīmīga šī īpašība ir novērošanas kameru datu apstrādē - process var publicēt video plūsmu un vairāki citi apstrādes procesi šo plūsmu var reālā laikā analizēt nepārkopējot visu plūsmas saturu vēlreiz, jo atmiņa ir kopēja. Tas ļauj ietaupīt gan operatīvo atmiņu, gan procesora resursus kas būtu jāizmanto plūsmas dublēšanai. Tā kā video plūsma ir izmērā apjomīga, tad bez šīs optimizācijas starpprocesu komunikācijā sistēma ierobežoto resursu dēļ spētu reālā laikā apstrādāt video plūsmu vien ar dažiem procesiem. Ar šo optimizāciju vienu video plūsmu var apstrādāt ļoti daudzi procesi.

Lai pārbaudītu vietējās starpprocesu komunikācijas bibliotēkas *ach* sniegto pienesumu sistēmas ātrdarbībai saistībā ar reāla laika video apstrādi sistēmai tika izveidots centralizēts video plūsmu kontroles modulis.

1.2.2 Centralizēts video plūsmu kontroles modulis

Lai sistēma varētu efektīvi savākt video datus no novērošanas kamerām un nodot tos apstrādei pārējām darba grupām, tika izstrādāts centralizēts video plūsmu kontroles modulis. Modulis sastāv no divām sastāvdaļām:

- Video serveris ir process, kas ņem video plūsmu, ir spējīgs veikt kādu priekšapstrādi un tad padara to pieejamu apstrādes spraudņiem tālākai apstrādei. Video plūsma var tikt ņemta gan no dažādiem attālinātiem avotiem, kā tīkla novērošanas kameras, gan arī no video faila, kas būs noderīgi algoritmu testēšanai simulācijas režīmā pirms prototipa uzstādīšanas reālā satiksmes situācijā. Priekšapstrādes iespēja var noderēt resursu taupības nolūkos, piemēram, ja apstrādes spraudņiem interesē tikai melnbaltā attēla informācija, vai noteikts attēla apgabals, kurā notiek kustība, informāciju par krāsām un neinteresējošiem reģioniem var nesūtīt ietaupot sistēmas resursus un uzlabojot ātrdarbību. Video plūsma pēc saņemšanas un priekšapstrādes tiek publicēta *ach* kanālā, no kura apstrāde spraudņi vienmēr var dabūt vissvaigāko kadru, kā arī nepieciešamības gadījumā iepriekšējos kadrus, jo var gadīties, ka pilnvērtīgai notikumu analīzei ir jāzin satiksmes konteksts pirms interesējošā notikuma.
- Katrs sistēmas apstrādes spraudnis lieto klienta interfeisu, lai no sava procesa piekļūtu video servera publicētajai plūsmai. Galvenie identificētie video plūsmas lietotāji būs MITSImPro un MITSRegNo grupu izstrādātie spraudņi auto skaitīšanai un numurzīmju atpazīšanai video. Papildus tiem publicēto plūsmu vajadzības gadījumā varēs lietot procesi, kas to ierakstītu diskā vēlākai apskatei policijas vajadzībām vai pat ļautu aplūkot video plūsmu tiešsaistē, ļaujot satiksmi regulējošajām iestādēm ātrāk reaģēt uz situācijām uz ceļa. Klienta interfeiss tika izveidots kā bibliotēka, ko apstrādes spraudņu veidotāji varēs iekļaut savā darbā un caur to saņemt video plūsmu, vai arī sniegt sistēmai nozīmīgu informāciju, kā saskaitīto automašīnu skaitu vai atpazīto auto numurus.

1.3 Rezultāti un secinājumi

Literatūra

- [1] N. Dantam and M. Stilman. Ach: Ipc for real-time robot control. Technical Report GT-GOLEM-2011-001, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, 2011.

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

Anotācija

Sensoru grupa MITS projekta piektajā etapā turpina darbus pie transporta līdzekļu detektēšanas sensoru izstrādes. Notiek darbi shēmtehnisko risinājumu izstrādē, programnodrošinājuma izstrādē, kā arī programnodrošinājuma un shēmtehnisko risinājumu testēšana un atklūdošana. Turpinās darbi bezvadu datu pārraides risinājumu izstrādē.

2.1 Ievads

Etapā laikā veikta programnodrošinājuma izstrāde, veikti maketu lodēšanas darbi, testēšana reālās situācijās uz ceļa, kā arī sensoru kontroles un eksperimentālie mērījumi. Galvenie sensoru veidi, pie kuriem notiek darbi, ir PIR sensori, mikrofonu matricas operatīvā transporta noteikšanai, magnētiskie sensori, kā arī notiek darbs pie lāzeru sensoru izmantošanas iespēju izzināšanas un projekta prasībām atbilstošu lāzera sensoru meklējumi. Notiek darbs pie laika apstākļu un ceļa stāvokļa detektēšanas. Ir izveidots pagaidu risinājums datu pārraides nodrošināšanai no sensora uz uztvērējiekārtu. Lielākais darbs notiek pie sensoru programnodrošinājumu izstrādes, kā arī sensoru maketu izveides (PCB projektēšana, atklūdošana).

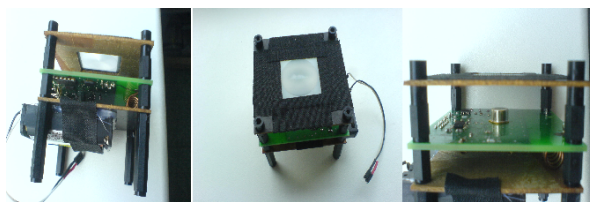
2.2 Rezultāti un secinājumi

2.2.1 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot siltuma sensorus

Ir izveidots jauns makets transporta līdzekļu detektēšanai, izmantojot transporta līdzekļu radīto siltuma starojumu. Maketa projektēšanas darbi tika veikti iepriekšējā etapā. Jaunizveidotā makea galvenās priekšrocības, atšķirība no agrāk izveidotā PIR sensora maketa, ir datu bezvadu sūtīšanas iespējāmība un transporta līdzekļa noteikšana, aprēķinus veicot ar mikrokontrolieri. Maketam tiek izmantotas arī ievērojami efektīvākas freneļa lēcas, kurām ir lielāks līniju skaits, kas nodrošina precīzāku transporta līdzekļa izstarotā siltuma fokusešanu. Ar izveidoto maketu ir veikti testi gan transporta līdzekļu detektēšanā, gan datu pārraides attāluma noteikšanā. Datu pārraides attālums, ko spēj nodrošināt izmantotā antena, sasniedz 70 m tiešās redzamības gadījumā. Taču jāņem vērā, ka izmantotā antena nav optimāls risinājums, jo izveidotais sensors paredzēts cita tipa antenai, kuras prasības pret elementu novietojuma attālumu no antenas ir ievērojami mazākas par izmantotās antenas uzstādīšanas parametriem. Izveidoais PIR sensora makets redzams 2.1 attēlā

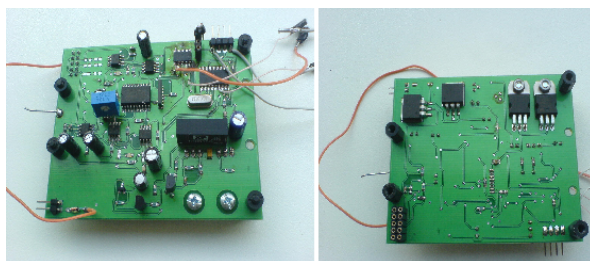
2.2.2 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot magnētiskos sensorus

Iepriekšējā etapā tika izveidota brauktuves malā novietojama magnētiskā sensora shēmas PCB risinājums. Šajā etapā iepriekš izveidotais risinājums tiek realizēts. Ir izveidots maketa prototips un notiek darbi mikrokontroliera programēšanā. Konkrēti, tiek izstrādāts programmnodrošinājums analogā signāla ciparošanai, kā arī programējama rezistora vadības risinājumi. Prototipā tiek izmantots AD5263 programējams rezistors ar 4 programējamu rezistoru kaskādēm. Programējamā



Att. 2.1: PIR sensora makets

rezistora vadībai ir izvēlēta I2C saskarne, kas nodrošina ne tikai datu sūtīšanu, bet arī saņemšana apstiprinājumu vai noraidījumu datu saņemšanā. Konkrētā rezistoru matrica ir pašlaik vienīgais tirgū pieejamais risinājums ar 4 programējamām ieejām. Eksperimentālās izstrādes laikā tika konstatēts, ka izvēlēta komponente neatbalsta 3,5V signālu loģikas ieejās. Lai gan komponentes datu lapā teikts, ka ciparu daļas ieejas spriegums var būt robežās no 2,7 līdz 5 V, reāli nepieciešamais sprieguma lielums tuvinās 5V (sazinoties ar komponentes ražotāju Analog device, rekomendācija bija palielināt sprieguma lielumu). Šajā sakarā svarīgi atzīmēt, ka MSP430f2274 kontroliera izejas maksimālais spriegums ir 3,7 V (konkrētajā risinājumā 3,3 V), kas nespēj nodrošināt programējamā rezistora darbību. Konkrētā risinājuma izstrādē rekomendēju izmantot MAX5932 programējamu rezistoru, kura barošanas spriegumu ir zemākā diapazonā. Testa kalibrācijas programmatūras izveidei tika izmantots AD5172 programējams rezistors. Magnētiskā sensora prototips redzams 2.2 attēlā.



Att. 2.2: magnētiskā sensora makets

Ar magnētiskā sensora prototipu nav veikti testi reālos ceļa apstākļos. Lai to izdarītu, nepieciešams pilnībā izstrādāt automatiskās kalibrācijas programmatūru, kā arī atmagnetizācijas signālu vadības programmatūru. Šos darbus iepļānots veikt nākamajā etapā.

2.2.3 Paveiktais operatīvā transporta kustības noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu

Turpinot iepriekšējā perioda darbu saistībā ar auto kustības virziena noteikšanu tika sākts darbs pie operatīvā transporta līdzekļa detektēšanas(esamības auto plūsmā) izmantojot akustiskos sensorus(mikrofona masīvs). Tika veikta virkne skaņas ierakstu ar operatīvā transporta līdzekļa piedalīšanos satiksmē ar ieslēgtām skaņas sirēnām izmantojot iepriekš izveidoto iekārtu ar 3 mikrofoniem. Ieraksti veikti mikrofonu masīvu novietojot ceļa malā 6m no brauktuves, uz Dunties ielas pie ātrās palīdzības dienesta depo izbauktuves ar 48kHz diskretizācijas frekvenci. Sirēnas radītais troksnis atrodas frekvenču joslā 600-1500kHz. Sirēnas troksnis raksturojas ar lineāri mainīgu, kāpjošu un krītošu frekvenci (chirp signāls). Izmantojot Matlab realizēts joslas filtrs sirēnas radītās skaņas atdalīšanai. Operatīvā transporta detektēšanas algoritms balstās uz jaudas spektrālā blīvuma aprēķinu noteiktam signāla loga garumam, kas atbilst vienam pilnam sirēnas skaņas signāla periodam un sastāda 4,4 sekundes. Tiek uzdots noteikts sliekšnis, pie kura pārsniegšanas tiek aprēķināta vidējā frekvence, ja vidējā frekvence pārsniedz 1000Hz, tad algoritms 'nolemj', ka uz ceļa atrodas operatīvais transporta līdzeklis. Apstrāde tiek veikta izmantojot reālus sirēnas signālus satiksmes kustības apstākļos. Ar šo metodi iespējams iegūt informāciju tikai par operatīvā transporta esamību, bet neļauj noteikt kustības virzienu. Tapēc tika pielietota laika aiztures aprēķinu metode starp diviem mikrofoniem, lai noteiktu operatīvas transporta līdzekļa kustības virzienu. Šī metode jau tika izmantota iepriekšējā periodā nosakot auto kustība virzienu. Tika veikti eksperimenti ar dažādiem loga garumiem, lai pielāgotu laika aiztures algoritmu operatīvā

transporta gadījumam. Optimālais loga garums sastāda 1000 nolases, kas izvēlēts pamatojoties uz eksperimentiem ar vairākiem pašu veiktiem skaņas ierakstiem.

2.2.4 Paveiktais darbs pie ceļa iestrādājamā ciparu magnētiskā sensora

Iepriekšējā periodā tika veikta ciparu magnētiskā sensora ar bezvadu raidzvēvēja nRF9E5 moduļa shēmas un spiestās plates izstrāde. Šajā periodā tika veikti iekārtas salodēšanas darbi, mehāniskās konstrukcijas izstrāde un sensora testēšana. Sensors redzams 2.3. Šo sensoru paredzēts izmantot iestrādāšanai ceļa segumā vai arī uz ceļa seguma virsmas, tapēc tā konstrukcijai jābūt pēc iespējas izturīgākai, lai varētu izturēt automašīnu radīto mehānisko spiedienu uz sensoru.



Att. 2.3: Ciparu magnētiskais sensors ar ietvaru un barošanas elementu

Sensors pagaidu testa režīmā ievietots plastmasas ietvarā, lai to varētu vienkāršāk izjaukt pēc nepieciešamības (nomainīt barošanas elementus un pārprogrammēt). Par sensora datu savācējiekārtu tiek izmantota jau iepriekšējos etapos izstrādāts modulis. Tika veikti vairāki testa mērījumi sensora datu pārraides attāluma mērījumiem, pēc kuriem tika veiktas korekcijas uztvērējmoduļa antenas salagošanas kontūrā, izgriežot zemes poligonu apkārt tam. Pēc korekcijas tika uzlabots datu pārraides attālums par 60m. Tika veikti sensora testi, to novietojot starp tramvaja sliedēm, ierokot zemē, ar mērķi pārbaudīt sensora pārraides attālumu un noteikt tramvaja sastāva kustību un vagonu skaitu pēc magnētisko svārstību izmaiņas tramvajam parbraucot pāri sensoram. Rezultātā tika konstatēti bezvadu komunikācijas pārtraukumi brīžos, kad tramvajs brauc pāri sensoram, tas izskaidrojams ar to ka sensors ierakts zemē un atrodas starp sliedēm, kas būtiski vājina pārraidīto signālu, kā arī tas ka tramvaja elektro dzinēji izstaro lielu magnētisko lauku. Datu komunikācijas pārrāvumus var kompensēt ieviešot komunikācijas protokolā datu saglabāšanu uz kontroliera, lai pēc sakaru atjaunošanās nosūtītu mērījumus uz savācējiekārtu. Turpmāk nepieciešams veikt mērījumu signālu analīzi un apstrādi, daļēji apstrādi implementējot uz paša sensora, lai samazinātu pa bezvadu sakariem pārsūtāmo datu apjomu.

Nodaļa 3

MITSimPro grupas atskaite

Anotācija

MITSimPro grupa turpinājusi automašīnu atklāšanas algoritma uzlabošanu, īstenojot vairākus papildinājumus, kas gan uzlabo algoritma precizitāti, gan paplašina tā iespējas. Līdz šim projektā paveiktais apkopots publikācijā, kā arī par izstrādāto metodi iesniegts patenta pieteikums.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā īstenoti vairāki jauni algoritma posmi:

- Iespēja detektējošo līniju kadrā novietot slīpi, nevis tikai horizontāla virzienā (nodaļa 3.2.1).
- Iespēja kadrā izvietot vairākas atklāšanas līnijas (nodaļa 3.2.1).
- Mašīnām atbilstošo intervālu sašaurināšana gadījumos, kad mašīna uz līnijas paliek šaurāka par intervālu (nodaļa 3.2.2).
- Automašīnu aizklāšanās gadījumu atklāšana (nodaļa 3.2.2).
- Mašīnu ēnu atklāšanas metode (nodaļa 3.2.3).
- Veikti eksperimenti, lai atrastu metodes darbībai nakts laikā piemērotākos kameras parametru uzstādījumus (nodaļa 3.3.1).
- Pēc algoritma uzlabojumu īstenošanas veikti papildus testi (nodaļa 3.3.2).

Iepriekšējos pārskata periodos īstenotie risinājumi un iegūtie rezultāti video apstrādei transporta plūsmas monitorēšanā apkopoti sekojošos rakstos:

- Patenta pieteikums par izgudrojumu „System and method for video-based vehicle detection”.
- Publikācija „Efficient video processing method for traffic monitoring combining motion detection and background subtraction” (autori Roberts Kadiķis un Kārlis Freivalds).
- Šobrīd sasniegtie rezultāti video apstrādes jomā automašīnu skaitīšanai prezentēti referāta formā „LU un LMT Datorzinātņu dienās”.

3.2 Īstenotie risinājumi

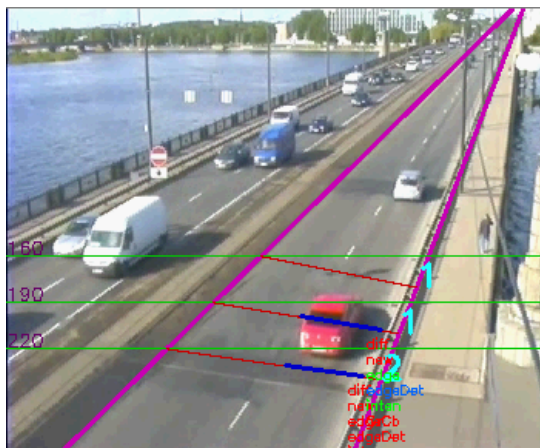
3.2.1 Atklāšanas līniju izvietošanas iespēju paplašināšana

Līdz šim automašīnu atklāšanas algoritmā tika izmantota atklāšanas līnija, kas ir horizontāla attiecībā pret kadru. Šāda veida līniju iespējams samēra vienkārši nodefinēt un izdalīt kā apgabalu no kādas kadra rindas. Tomēr, ne visos gadījumos šāda līnija ir perpendikulāra ceļam, jo kadrā ceļš var būt redzams slīpi. Tādēļ algoritmā tika iestrādāta iespēja izvietot kadrā slīpu atklāšanas līniju.

Lai izvēlētos slīpās līnijas pikselus, var izmantot līnijas vienādojumu. Šādā gadījumā nāktos pielietot reizināšanas un dalīšanas operācijas, kas nav efektīvākās darbības attiecībā pret skaitļošanas jaudām. Lai turpinātu automašīnu atklāšanas algoritmu veidot efektīvu, slīpās līnijas izveidošanai pielietots Bresenhama algoritms, kas ļauj izvairīties no reizināšanas un dalīšanas operācijām.

Programmā iestrādāta iespēja izmantot vairākas atklāšanas līnijas vienlaicīgi. Katra no līnijām darbojas kā atsevišķs detektors, katru no tām atklāj un skaita automašīnas. Izmantojot informāciju

Vairāku atklāšanas līniju ērtu izvietojanu atļauj algoritma īstenošana objektorientētā kodā. Katra līnija ir detektoru klases objekts, kurš iekļauj visas nepieciešamās metodes un mainīgos. Līdz ar to, atliek nedefinēt vēlamo detektoru skaitu un attālumu starp tiem – tālāk katra atklāšanas līnija tiek apstrādāta pēc viena un tā paša algoritma. Attēlā 3.1 parādīts piemērs ar vairāku slīpu atklāšanas līniju izvietojanu kadrā.

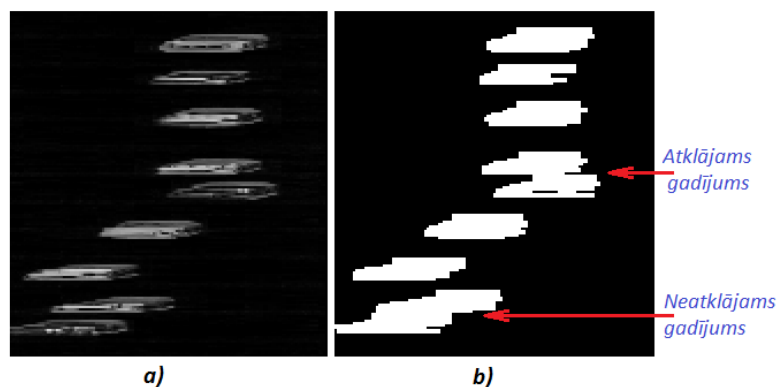


3.2.2 Aizklāšanās atklāšana

Kopīgs intervāls var tikt izveidots arī mašīnām, kas kadrā ir tuvas, bet neaizklāj viena otru. Tā kā iepriekšējā algoritma versijā intervāls pastāvēšanas laikā var palikt tikai plātāks, tad, mašīnai izbraucot no atklāšanas līnijas, intervāls var būt lielāks par apgabalu, kas uz līnijas atbilst automašīnas beigu posmam. Šādam intervālam ir lielāka iespējamība apvienoties ar citai, tuvu braucošai mašīnai atbilstošo intervālu. Lai samazinātu šo iespējamību, algoritms modificēts, ļaujot intervālam palikt šaurākam, ja mašīnas plātākais posms līniju jau ir šķērsojis.

Informāciju par platuma izmaiņu var izmantot specifisku mašīnu aizklāšanās gadījumu atklāšanai. Mašīnai pamatot atklāšanas līniju, atbilstošais intervāls bieži paliek šaurāks. Ja vairākas pēdējās intervāla platuma izmaiņas ir bijušas sašaurināšanās, bet tad intervāls ir pēkšņi palicis platāks, un, gan pirms, gan pēc paplašināšanās intervāls ir pastāvējis gana ilgi un bijis gana plats, lai atbilstu atsevišķām automašīnām, tad tiek pieņemts lēmums, par aizklāšanās esamību. Šādā gadījumā algoritms pieņem lēmumu, ka mašīnu skaits jāpalielina par divām. Šāda aizklāšanās gadījuma piemērs parādīts attēlā 3.2, kurā attēlotas uz atklāšanas līnijas izveidoto intervālu platumu izmaiņas 150 kadru laikā. Šajā pašā attēlā parādīts arī aizklāšanās gadījums, kuru pēc aprakstītā algoritma nevar atklāt. Attēlos x asij atbilst pikseli uz atklāšanas līnijas, y asij atbilst laiks – augšējā attēlu rinda atbilst šī brīža kadrām, pēdējā rinda atbilst pikseliem uz atklāšanas līnijas pirms 150 kadriem.

9



Att. 3.2: Aizklāšanās gadījumi a) intensitātes izmaiņas uz līnijas 150 kadros; b) intervālu platuma izmaiņas 150 kadros

3.2.3 Mašīnu ēnu atklāšanas metode

Automašīnām atbilstošie intervāli uz atklāšanas līnijas var nesakrist ar automašīnas platumu, ja kadrā redzamajām mašīnām uz sāniem (perpendikulāri līnijai) ir izteikta un gara ēna, kuru algoritms uzskata par kustīgā objekta sastāvdaļu. Ēnu piemēri uz intensitātes līnijas 150 kadros parādīti attēlā 3.3.a. Papildus nepatiesam mašīnas platuma novērtējumam, šāda ēna var novest pie dažādām mašīnām atbilstošo intervālu apvienošanās, jo mašīnas mestā ēna var pārklāties ar blakus braucošu mašīnu. Tādēļ tika izstrādāts paņēmieni ēnu atklāšanai.

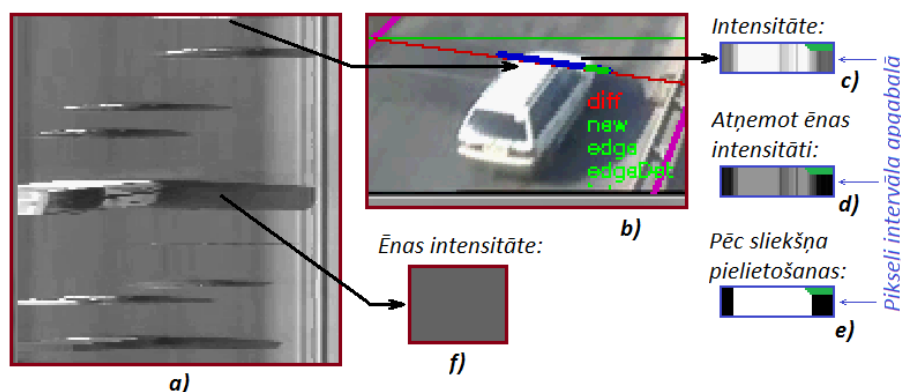
Metodē tiek noteikta ēnai atbilstošā vidējā pikseļu intensitāte un ēnas virziens (kurā pusē mašīnai ēna atrodas). Mašīnai atbilstošā intervāla apgabalā (attēls 3.3.b) tiek skatītas pikseļu intensitātes vērtības – no melnbaltās atklāšanas līnijas tiek izgriezts intervālam atbilstošais apgabals (attēls 3.3.c). Tālāk algoritms darbojas dažādi, atkarībā no tā, vai jau ir zināma ēnai atbilstošā intensitāte un virziens.

Ja ēnas parametri vēl nav noteikti, intensitātes intervāls tiek sliekšņots izmantojot Otsu metodi automātiskai sliekšņu noteikšanai. Sliekšņota intervāla piemērs parādīts attēlā 3.3.e. Gadījumos, kad intervāla apgabalā ir gan mašīna, gan arī tās mestā ēna, tiek pieņemts, ka ēnas intensitāte ir mazāka par mašīnas pikseļu intensitāti (tumšu mašīnu gadījumā pieņemums var neizpildīties). Šādā gadījumā automātiskais sliekšnis, atdalot gaišākus priekšplāna pikseļus no tumšākiem fona pikseļiem var izveidot baltus pikseļus automašīnas apgabalā un melnus pikseļus ēnas apgabalā, kā parādīts attēlā 3.3.e. Ja baltajā apgabalā ir nelieli melni pārrāvumi, tos var aizpildīt lietojot morfoloģiskās aizvēršanas operāciju, kurā par masku izmantota $1 \times n$ izmēra matrica, kur no n lieluma atkarīgs, cik pikseļu plati pārrāvumi tiks aizvērti.

Pēc sliekšņa pielietošanas intervālā tiek meklēti platakie nepārtrauktie baltie un melnie apgabali, kas var potenciāli atbilst automašīnai un ēnai. Gan baltais, gan melnais apgabals tiek salīdzināti ar platuma konstanti (minimālo iespējamo automašīnas platumu). Ja abi apgabali pārsniedz minimālo platumu, tiek pieņemts lēmums, ka šī brīža kadrā intervāla apgabalā atrodas gan automašīna, gan ar tās platumu salīdzināma (tātad vērā ņemama) ēna. Mašīnai un ēnai atbilstošo apgabalu sākuma un beigu koordinātes tiek saglabātas. Šādā veidā ēna tiks atklāta tikai gadījumos, kad mašīna ir gaišāka par ēnu, tādēļ šī metode tiek pielietota tikai, kamēr nav noteikta ēnas vidējā intensitāte un virziens. Attēlos 3.3.b, 3.3.c, 3.3.d, 3.3.e atklātais ēnai atbilstošais apgabals atzīmēts ar biezu, zaļu līniju

Kad atrasti plati ēnas un mašīnas apgabali, tiek noteikta ēnas vidējā intensitāte. Vispirms, ja tas iespējams, sliekšni nepārvarējušais ēnas apgabals tiek sašaurināts par 5 pikseļiem no abiem galiem, lai izvairītos no ēnas apgabalā iekļuvušām tumšākām mašīnas vai daļēji apēnota ceļa daļām. Sašaurinātā apgabala pikseļiem tiek aprēķināta pikseļu vidējā intensitāte. Šādas intensitātes piemērs, kas iegūts no ieejas kadriem 3.3.a, parādīts attēlā 3.3.f. Ēnas virziens tiek atrasts, salīdzinot plato baltā un melnā apgabalu sākuma koordinātes – ja baltais apgabals sākas ātrāk par melno apgabalu, ēna atrodas pa labi no mašīnas.

Kad zināms ēnas virziens, tiek skatīts, vai sliekšņotajā apgabalā aiz ēnas neparādās vēl kāds neliels balts apgabals. Šāds apgabals var atbilst ceļa apgabalam aiz ēnas, kas ietilpst eksistējošā intervālā uz atklāšanas līnijas. Apgabals intervālā var būt iekļauts, piemēram, ja mašīnas intervāls nav ticis sašaurināts, kad tas būtu bijis nepieciešams. Ja šāds neliels apgabals aiz ēnas tiek atklāts, tiek pieņemts lēmums sašaurināt mašīnai atbilstošo intervālu, neiekļaujot lieko apgabalu.



Att. 3.3: Ēnu atklāšanas posmi

Atrastie ēnas parametri (intensitāte un virziens) netiek uzreiz izmantoti turpmāko ēnu atklāšanai. Vispirms tiek uzkrāta informācija par vairākām atklātajām ēnām. Kad ēna tikusi detektēta noteiktam skaitam automašīnu, no visām ēnu intensitātēm un virzieniem tiek aprēķinātas vidējās vērtības. No šī brīža algoritms turpmākajām automašīnām ēnu detektēšanai ir atšķirīgs no iepriekš aprakstītā.

Pie zināmiem ēnu parametriem, no intervāla apgabalā esošo pikseļu intensitātes pirms sliekšņošanas tiek atņemta ēnas vidējā intensitāte – attēla 3.3.c un intensitātes 3.3.f starpības absolūtā vērtība attēlota 3.3.d. Starpības absolūtās vērtības būs mazākas tiem pikseļiem, kas pēc intensitātes mazāk atšķiras no ēnas vidējās intensitātes, tādējādi par ēnu tumšāku mašīnu pikseļi pēc sliekšņošanas arī ir atšķirami no ēnas.

Pēc sliekšņa pielietošanas vairs netiek meklēts lielākais melnais apgabals intervālā, bet gan melns apgabals zināmajā intervāla pusē, kas turpmāk tiek pieņemts par ēnu, un, kura koordinātes tiek saglabātas. Nākamajos intervāla pastāvēšanas kadrus šis ēnas apgabals tiek modificēts, salīdzinot saglabātās koordinātes ar jaunajām, kas jaunajos kadrus atrastas ar to pašu sliekšņošanas metodi. Saglabātās ēnas sākuma vai beigu koordinātes tiek mainītas tikai tad, ja šī izmaiņa blakus kadrus nav pārāk liela, tātad tiek ņemts vērā, ka ēnas izmērs konkrētai automašīnai var mainīties, bet tas nevar izmainīties par pārāk lielu vērtību blakus kadrus. Ja kādā kadrā parādās plats, balts apgabals aiz ēnas apgabala (pretējā pusē mašīnas apgabalam), tas var liecināt par vēl vienas mašīnas iekļaušanu intervālā. Ja, savukārt, aiz ēnas apgabala ir īss balts apgabals, kam atkal seko melns apgabals, tiek pieņemts, ka ticamāks ēnai atbilstošais apgabals ir tas, kurš atrodas tuvāk tai intervāla malai, uz kuru norāda zināmais ēnas virziens.

Katrā kadrā tiek atrasta arī aktuālā ēnas vidējā intensitāte. Šis lielums tiek izmantots, lai pārrēķinātu jau zināmo ēnas intensitāti, kas ļauj ēnas intensitātei pielāgoties mainīgajiem āra apstākļiem kadrā. Tāpat kā iepriekš, tiek arī atklāti un no intervāla izslēgti nelieli, mašīnai un ēnai nepiederoši apgabali aiz ēnām, kas varētu būt nevajadzīgi iekļauti intervālā

Ja vairākām automašīnām pēc kārtas netiek atklātas ēnas ne vienu brīdi, kamēr tās šķērso atklāšanas līniju, tiek pieņemts lēmums, ka ēnu šobrīd kadrā nav. Šajā gadījumā tiek arī atvesta informācija par ēnas intensitāti un virzienu. Turpmāk ēnas tiek atklātas pēc iepriekš aprakstītā algoritma, kas neizmanto informāciju par ēnas intensitāti un virzienu, līdz šie lielumi atkal tiek noteikti.

3.3 Eksperimenti un testi

3.3.1 Kameras parametru pielāgošana automašīnu atklāšanai naktī

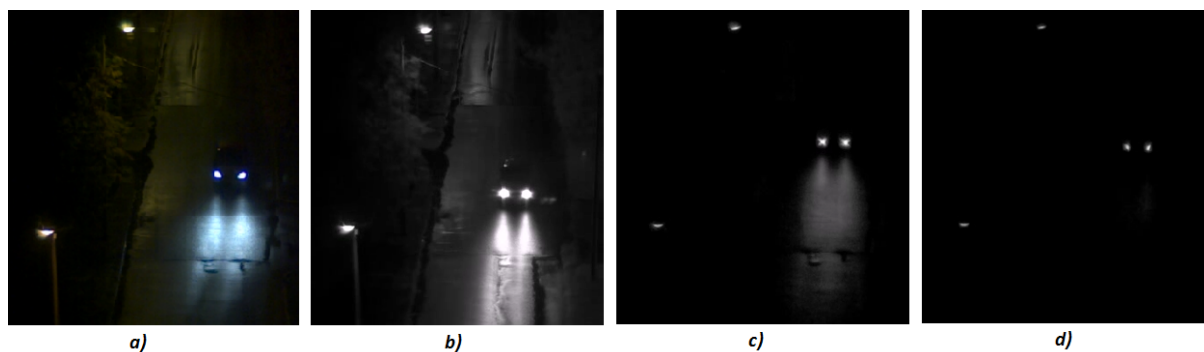
Nakts laikā kadrā redzamākie objekti ir automašīnu lukturi, to atspīdums uz ceļa, kā arī gaismas ceļa malā vai citi gaismas avoti. Mašīnas korpuss nav labi saskatāms, ja vien ceļš nav labi apgaismots. Tā kā mašīnu lukturu atstarojumi uz ceļa ir ar lielāku intensitāti kadrā nekā pati mašīna, var rasties problēmas ar esošo algoritma pielietošanu nakts režīmam. Algoritms jāpielāgo lukturu atklāšanai, bet, lai lukturi būtu vienīgais redzamais objekts, tika veikti eksperimenti, lai atrastu nakts apstākļiem piemērotus kameras parametrus.

Attēlā 3.4.a parādīts krāsainais ieejas kads, kad kameras parametri nav mainīti. Gan mašīnas lukturi, gan lampas ceļa malā šajā attēlā ir pārgaismoti – atbilstošajiem pikseļiem attēlā ir maksimālā

intensitātes vērtība 255. Tātad, mainot kameras parametrus iespējams samazināt kameras jutīgumu pret gaismu tādējādi, ka citiem objektiem kļūstot tumšākiem, lukturiem joprojām atbildīs liela intensitāte.

Tikla kamerā AXIS P1344 ir iestrādāts nakts režīms, kurā tiek atslēgts gaismas infrasarkanās spektra daļas filtrs – šāda režīma piemērs parādīts attēlā 3.4.b Šajā režīmā zūd informācija par krāsām, kas naktī tāpat nav aktuāla. Ar izslēgtu IR filtru joprojām gaismas avoti kadrā, kā arī lukturu atspīdums uz ceļa ir pārgaismoti.

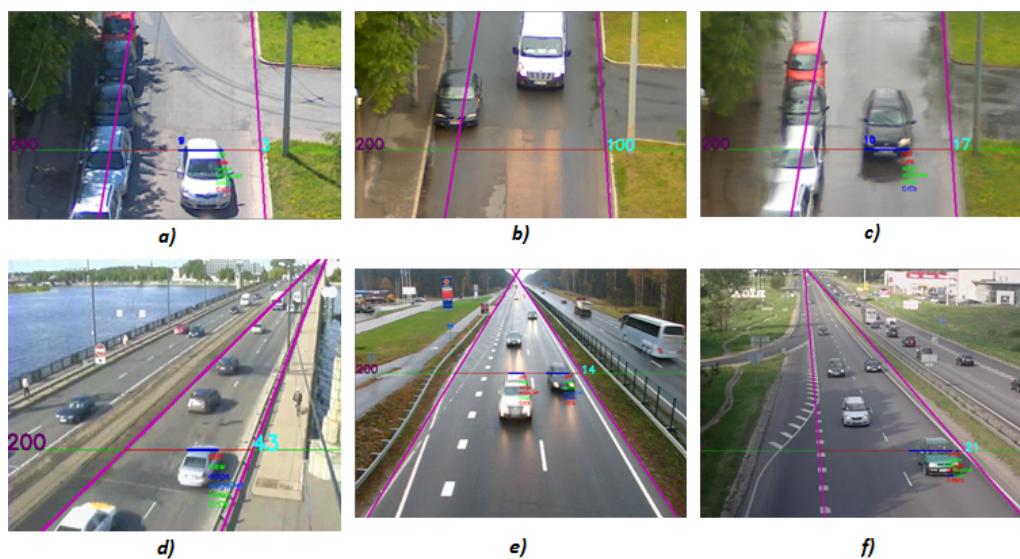
Lai samazinātu kameras uztvertās gaismas daudzumu, tika mainīti kameras aizvara ātrumi. Jo mazāk laika aizvars ir atvērts, jo mazāk gaismas nokļūst uz kameras sensora. Noklusētais maksimālais aizvara ātrums ir 1/60 sekundes. Tika veikti eksperimenti, samazinot šo ātrumu. Attēlos 3.4.c un 3.4.d parādīti piemēri ar aizvara ātrumu 1/6000 un 1/24500 sekundēm. Secināms, ka ar mazāko aizvara ātrumu lukturi kadrā vairs nav pārgaismoti. Citi objekti kadrā vairs nav saskatāmi, tādēļ šāds kameras režīms turpmāk tiks izmantots, lai naktīs skaitītu automašīnas, atklājot to lukturus.



Att. 3.4: Kameras parametru maiņa nakts režīmā

3.3.2 Testi ar uzlaboto algoritmu

Papildinātā algoritma mašīnu skaitīšanas precizitāte pārbaudīta uz vairākiem video, dažādos laika apstākļos un pie dažādas satiksmes plūsmas intensitātes. Testi veikti uz attēlā 3.5 parādītajiem video. Gadījumos 3.5.a, 3.5.b un 3.5.c testi ir veikti uz reālā laikā pienākošiem video dažādos laika apstākļos, kur gadījumā b ceļš ir slapjš un uz tā ir intensīvs lukturu atspīdums, savukārt c gadījumā ir stiprs lietus. 3.5.d, 3.5.e un 3.5.f ir testi ar lielāku satiksmes plūsmu.



Att. 3.5: Algoritma testēšanai izmantotie video

Testu rezultāti apkopoti tabulā 3.6, kurā algoritma atklāto automašīnu skaits salīdzināts ar reālo atklāšanas līniju šķērsojušo automašīnu skaitu. Video *c* gadījumā skaita precizitāte ir uzrādīta 100%, lai gan algoritms ir pieļāvis 6 kļūdas – šeit kļūdas ir izslēgušas viena otru, līdz ar to iegūtais automašīnu skaits atbilst reālajam. Lielākais kļūdu skaits ir *d* video gadījumā, ko nosaka vairākas šī video īpašības. Video *d* automašīnām ir izteiktas ēnas, un, tā kā tiek skatītas divas braukšanas joslas, ēnu dēļ blakus braucošām mašīnām var tikt izveidots kopīgs intervāls. Aizklāšanas šajā video veicina arī kameras slīpais novietojums – ja pa labo joslu brauc autobuss, tas pilnībā aizsedz skatam blakus joslu, līdz ar ko atkal parādās aizklāšanās, kas šajā video bija visbiežākais kļūdu iemesls. Bez aizklāšanas un apvienošanas bija sastopami arī retāki kļūdu iemesli, piemēram, ceļu šķērsojoši cilvēki, vai gar kameru lidojoši putni.

Video	Reālais mašīnu skaits	Atklātais mašīnu skaits	Kļūdas			Skaitīšanas precizitāte
			Aizklāšanās	Izskaitīta kā divas	Citas	
a)	100	105		5		95%
b)	100	105		4	1	95%
c)	100	100	3	3		100%
d)	77	71	7	3	2	91%
e)	42	44			2	95%
f)	48	46	2			96%

Att. 3.6: Testu rezultāti

3.4 Kopsavilkums un secinājumi

Algoritma iespējas ir paplašinātas, ļaujot atklāšanas līniju pielāgot dažādiem kameras novietojumiem, kā arī, ļaujot kadrā izvietot vairākas atklāšanas līnijas. No veiktajiem algoritma testiem secināms, ka ne pārāk intensīvas satiksmes gadījumā, dienas laikā algoritms jau ir praktiski lietojams. Lietus vai pat stiprs lietus maz ietekmē atklāšanas precizitāti, lielāka problēma ir mašīnu ēnas, kurām šajā pārskata periodā tikusi pievērsta uzmanība. Īstenotais ēnu atklāšanas paņēmieni vēl nedod vēlamo precizitāti, tādēļ turpmāk tiks strādāts pie tā pilnveidošanas, vai alternatīva paņēmiena izveides.

Lielākie skaitīšanas kļūdu iemesli ir mašīnu aizklāšanās, kā arī pretēja veida kļūda – vairāku intervālu izveidošana vienai automašīnai (šajā gadījumā intervāls tiek slēgts pirms automašīna pametusi atklāšanas līniju). Īstenotā aizklāšanās atklāšana ļauj samazināt kļūdas, tomēr atpazīti tiek tikai specifiski aizklāšanās gadījumi. Lielāku efektu kļūdu samazināšanā dod labāks kameras novietojums – testos ar pret ceļu slīpi novietotu kameru ir vairāk aizklāšanās kļūdu, jo par vienu intervālu saplūst arī blakus joslās tuvu braucošas automašīnas. Intervālu sašaurināšana ir veiksmīgs algoritma uzlabojums, kas arī samazina aizklāšanās biežumu.

3.5 Nākotnes perspektīvas

Izveidotā mašīnu atklāšanas līnija var tikt izmantota, lai noteiktu gadījumus, kad automašīna šķērso krustojumu pie sarkanā luksofora signāla. Lai šo iespēju īstenotu, nākotnē paredzēts apvienot luksofora signāla rādījumus ar līnijas rādījumiem par mašīnām, kas šo līniju šķērso.

Šobrīd kadrā iespējams izvietot patvaļīgu skaitu atklāšanas līniju – nākamais solis būtu vairāku līniju rādījumu apvienošana. Ja uz divām samērā tuvām līnijām esošie intervāli varēs tikt atpazīti kā atbilstoši vienai un tai pašai automašīnai, tad būs iespējams veikt automašīnu garuma novērtējumu, kas ir būtisks parametrs automašīnu tipa klasificēšanai. Vairākas līnijas var sniegt informāciju par plašāku ceļa apgabalu, analizējot datus no detektoriem varētu izslēgt atsevišķu līniju kļūdas.

Mašīnu skaitīšanai naktī ir izvēlēti kameras parametri, turpmākais darbs šajā jomā ir algoritma modificēšana. Dienas laikā algoritms meklē mašīnas platuma objektus mainīgā vidē. Pie izvēlētajiem kameras uzstādījumiem nakts režīmā, algoritmam ir jāmeklē lukturu lieluma objekti vidē, kurā praktiski nav citu objektu – tukša ceļa fons praktiski ir nemainīgs un melns. Nakts laikā gan jāņem vērā, ka vienai mašīnai atbilst divi atdalīti objekti – lukturi.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupas atskaite

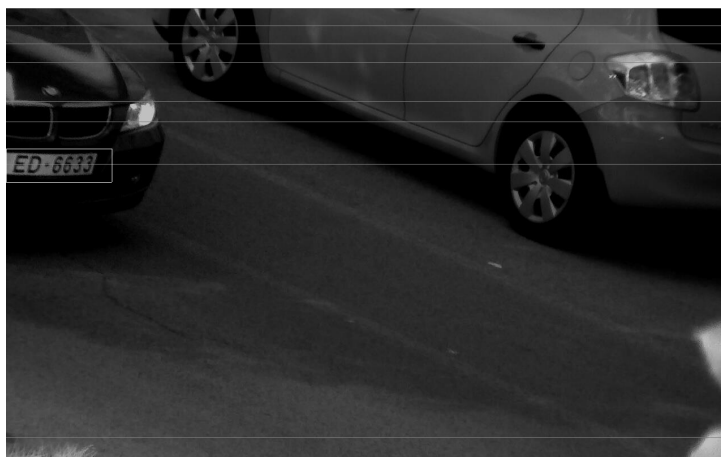
4.1 Ievads

Atskaites periodā tika veikti darbi, ievērojami uzlabojot automobiļu numuru optiskās atpazīšanas sistēmu RegNo. Kā iepriekš, automobiļu numuru atpazīšanas algoritms sadalīts divos etapos: Attēla objektu detektēšana. Te un turpmāk par objektiem tiek uzskatīti tie attēla apgabali, kuri pēc saviem raksturlielumiem var atbilst automobiļa reģistrācijas numura zīmei; Teksta detektēšana uz automašīnas reģistrācijas numura zīmes. Tālāk aprakstītas jaunās un modernizētās procedūras, kas izmantotas abos etapos, kā arī ar tām iegūtie rezultāti.

4.2 Uzlabotā attēla objektu detektēšanas metode

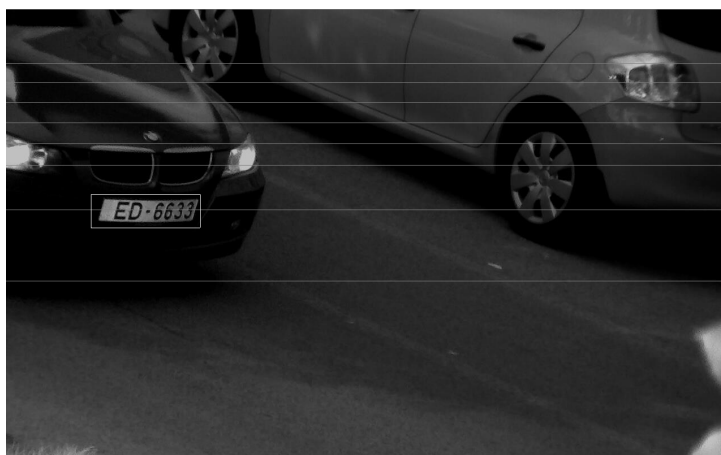
Objektu detektēšanas metodes darba principi ir aprakstīti iepriekšējās atskaitēs, tādēļ šajā atskaitē atzīmēsim tikai jauninājumus, kas dod iespēju uzlabot objektu atpazīšanas kvalitāti un uzlabot sistēmas ātrdarbību. Pats galvenais jauninājums ir objektu kustības detektēšana kadrā.

Tā tiek veikta sekojoši. Tiek analizēti divi kadri (Att. 4.1 un 4.2), kas ir iegūti no videokameras un seko laikā viens aiz otra (apzīmēsim tos ar K un K_1). Katrs kadrs nosacīti tiek pārklāts horizontālām līnijām Y_j , $j = 1, N$ ar noteiktu un mainīgu attālumu starp tām.



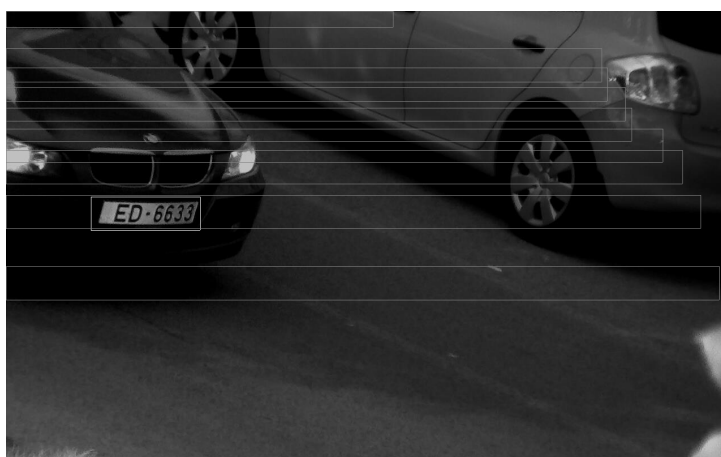
Att. 4.1: Pirmais no diviem konsekventiem kadriem (K)

Pēc tam pa pāriem, kadros K un K_1 , tiek salīdzināta pikseļu $P_{xy_i}(K)$ un $P_{xy_i}(K_1)$, kas atrodas uz līnijas Y_i un kuras X koordināta ir vienāda abos kadrus, intensitāte. Ja pikseļu $P_{xy_i}(K)$ un $P_{xy_i}(K_1)$ intensitātes starpība ir lielāka par noteiktu sliekšņa vērtību (parametrs diff_threshold), tad kustības apjoma skaitītājs tiek palielināts par vienu vērtību. Pēc visu līnijas Y_i pikseļu pāru intensitātes salīdzināšanas kadrus K un K_1 , skaitītāja count_threshold_i vērtība tiek salīdzināta ar noteiktu kustības apjoma sliekšni (motion_threshold). Ja tiek konstatēts, ka $\text{count_threshold}_i > \text{motion_threshold}$, tad tiek uzskatīts, ka kadra K_1 līnijā Y_i ir kustība. Attēlā 4.2 ir parādītas tādas līnijas. Rezultātā automobiļa



Att. 4.2: Otrais no diviem konsekventiem kadriem (K_1).

reģistrācijas numura zīmes plates var meklēt nevis pa visu kadra laukumu, bet tikai tajos apgabalos, kuros ir konstatēta kustība. Tādējādi samazinās kadra apstrādes laiks un samazinās apgabalu ar zemu kustības apjomu analīzes nepieciešamība, ko var radīt, piemēram, koku lapu kustība vai nelielu objektu (cilvēku, dzīvnieku u.tml.) kustība. Attēlā 4.3 ir parādīti taisnstūra kadra apgabali, kuros turpmāk tiek veikta automobiļa numura zīmes plates meklēšana.



Att. 4.3: Kadrs ar noteiktajiem meklēšanas apgabaliem.

Taisnstūri tiek veidoti sekojoši:

1. pie K_1 kadra līnijas Y_i koordinātas, kurā konstatēta „kustība” sākumā tiek pieskaitīta vērtība `padding_bottom` (pielaide uz leju) no līnijas Y_i . Rezultātā tiek iegūta YB vērtība kas ir taisnstūra apakšējā robeža;
2. pie K_1 kadra līnijas koordinātas Y_i tiek atņemta vērtība `padding_top` (pielaide uz augšu) no līnijas Y_i . Rezultātā tiek iegūta vērtība YT augšējai taisnstūra robežai;
3. tiek atrasts līnijas Y_i pirmais pikseli pa labi un pirmais pa kreisi kuros konstatēta kustība pēc augstāk noteiktā kritērija un attiecīgi šo pikselu X koordinātas XL un XR ;
4. taisnstūris, ko veido koordinātas YB , YT , XL un XR , nosaka reģistrācijas numura plates meklēšanas apgabalu.

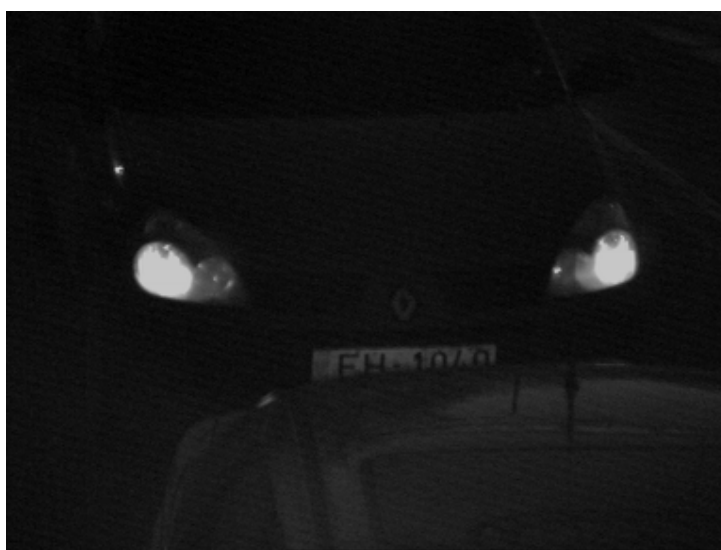
Analogiski tiek noteikti un tālāk analizēti taisnstūru apgabali visām kadra līnijām, kurās ir detektēta „kustība”. Mēs izmantojam tādas `padding_bottom` un `padding_top` parametru vērtības, kuras ir lielākas

vai vienādas ar intervāla vērtībām starp kadra blakus līnijām. Šādā gadījumā taisnstūra apgabali, kas nosaka numura plates meklēšanas zonu, blakus līnijām, pārklājās. No vienas puses, tas rada zināmu redundanci, no otras, nodrošina lielu numura plates atrašanās varbūtību, sakarā ar gadījumiem, kad numura plate atrodas precīzi starp kadra līnijām. Tā kā `padding_bottom` un `padding_top` vērtības pārsniedz intervāla vērtību starp blakus līnijām ne vairāk, kā 1.3 reizes, tad pārklājuma apjoms un, attiecīgi, papildus analīzes laiks - neievērojami. Attēlā 4.3 parādīta apstrādājamā kadra daļa. Šādas pieejas izmantošana rada priekšnoteikumus situācijai, kad viena un tā pati numura plate ar noteiktu nobīdi tiek noteikta analizējot divus blakus taisnstūra laukumus. Lai minimizētu šādu situāciju sekas, tiek pielietots speciāls algoritms, blakus apgabalos atrasto objektu apvienošanai. Jāatzīmē, ka piedāvātās metodes nodrošina kadra primāro analīzi, kā rezultātā var tikt atrasti uzreiz vairākas potenciālās numura plates atrašanās vietas (kadrā apvilktas ar taisnstūriem) (Att. 4.4).



Att. 4.4: Kadrs ar vairākām potenciālajām numura plates atrašanās vietām.

Tālāk katrs šāds apgabals tiks analizēts ar OCR algoritma palīdzību, precīzai numura zīmes plates atrašanās vietas un reģistrācijas numura noteikšanai. Izmantojot iepriekš aprakstītās metodes, izdevās iegūt pietiekami augstu automobiļa numura zīmes plates atrašanās varbūtību kadrā. Eksperimentā izanalizēti aptuveni 1500 kadru, kuros ir numura plate. Ar varbūtību 0.975 apgabals ar numura zīmes plati tika atrasts. Kadru analīze, kuros netika atrasts numura plates apgabals, parādīja, ka dažos no šiem kadriem numurs redzams nepilnīgi, jo to aizsedz cita mašīna vai tas parādās kadrā tikai daļēji (Att. 4.5 un 4.6).



Att. 4.5: Kadrs, kurā numura plati aizsedz cita mašīna.



Att. 4.6: Kadrs, kurā numura plate redzama nepilnīgi.

4.3 Darbu plāns

- Izstrādāt numura plates simbolu dalīšanas algoritmu
- Izstrādāt speciālu Simbolu Atpazīšanas Algoritmu (OCR - optical character recognition).
- Salīdzināt izstrādāto un zināmo OCR efektivitātes.