

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.8. par periodu no 01.02.2013.g.līdz 30.04.2013.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
Prog.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 MITSTView grupas atskaite	3
1.1 Paveiktais	3
1.2 Īstenotie risinājumi	3
1.2.1 Sistēmas konfigurācijas apakšsistēma	3
1.2.2 Sistēmas datu glabāšanas modulis	3
1.3 Nākotnes perspektīvas	4
2 MITSSen grupas atskaite	5
2.1 Paveiktais	5
2.1.1 Paveiktais pie automašīnas skaitīšanas algoritma implementācijas reālā laika sistēmā	5
2.1.2 Paveiktais bezvadu datu komunikācijas tīkla izveidē	6
2.1.3 Brauktuves stāvokļa noteikšana	6
2.1.4 Ceļa seguma apledošanas detektēšana	7
2.1.5 Magnētiskie sensori	9
2.2 Kopsavilkums un secinājumi	10
2.3 Nākotnes perspektīvas	10
3 MITSimPro grupas atskaite	11
3.1 Paveiktais	11
3.2 Īstenotie risinājumi	11
3.2.1 Mašīnu parametru noteikšanas precizitātes uzlabošana	11
3.2.2 Lieko mašīnu un intervālu dzēšana	12
3.2.3 Mašīnu augstuma noteikšana	13
3.2.4 Automašīnu klasificēšana	15
3.2.5 Atklāšanas līniju automātiska izvietošana	15
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	15
3.4 Nākotnes perspektīvas	15
4 MITSRegNo grupas atskaite	16
4.1 Paveiktais	16
4.2 Īstenotie risinājumi	16
4.2.1 Sistēmas darbības analīze	16
4.2.2 OCR	16
4.2.3 Alternatīvie algoritmi	18
4.3 Eksperimenti un testi	19
4.4 Kopsavilkums un secinājumi	20
4.5 Nākotnes perspektīvas	21

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. Šajā ceturksnī MITSVIEW grupa turpināja iesākto darbu pie sistēmas kodola izveides un veica iestrādes pārējo sistēmas moduļu integrēšanai tajā.

1.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSVIEW veikusi sekojošus darbus:

- Sistēmas kodola pirmā prototipa izstrāde
- Sistēmas konfigurācijas apakšsistēmas izstrāde
- Sākts darbs pie sistēmas datu glabāšanas moduļa

1.2 Īstenotie risinājumi

1.2.1 Sistēmas konfigurācijas apakšsistēma

Izveidots sistēmas konfigurācijas modulis, kas ļauj automatiski atgūt svaigāko sistēmas konfigurāciju no failu sistēmas gadījumos, ja sistēmas kodola darbība tikusi pārtraukta, tādējādi ļaujot sistēmai atgūties no darba pārtraukumiem un turpināt darbu.

Sistēmas konfigurācijas fails tiek glabāts pie katra no sistēmas kodoliem. Ja sistēma darba laikā saņem komandu mainīt konfigurācijas uzstādījumus, tad tā saglabā šos jaunus uzstādījumus šajā failā. Tajā pašā laikā, sistēmas konfigurācijas failus iespējams mainīt arī ārēji, un sistēmas kodols šīs izmaiņas automatiski ielasa un pielieto. Gadījumā ja sistēmas kodols kādu iemeslu dēļ ir pārtraucis darbu, tam darbu atsākot vienmēr ir pieejama svaigākā konfigurācija, kas ļauj darbu operatīvi atsākt zaudējot minimālu laiku un datu apjomu.

1.2.2 Sistēmas datu glabāšanas modulis

Sākts darbs pie izklidēta sistēmas datu glabāšanas moduļa, kas pamatā ļaus katram kodolam svarīgākos datus glabāt lokāli ātrā, uz failu sistēmas bāzētā datubāzē, tajā pašā laikā nodrošinot šiem datiem piekļuvi arī citiem kodoliem pēc pieprasījuma.

Lokālā datu glabāšana realizēta datubāzē SQLite, kura ir īpaši piemērota šiem mērķiem, jo katrai datubāzei ir tikai viens klients - atbilstošais sistēmas kodols, kā arī tā aizņem maz vietas un ir ātrāka lokāliem lietojumiem, kā servera balstītas datubāžu sistēmas.

Nākotnē jāpabeidz moduļa funkcionalitāte, kas ļaus sistēmas kodolam caurspīdīgi pieprasīt datus caur datu glabāšanas moduli no attālināta sistēmas kodola. Šī funkcionalitāte analizēs kāda tipa dati parasti nepieciešami kuriem sistēmas kodoliem, un fonā atbilstošos datus izklidēs pa šo kodolu datu moduļiem. Gadījumos, kad nepieciešamie dati būs pieejami tikai attālināti sistēma abstrahēs fona starpkodolu saziņu un atļaus ērtu piekļuvi šiem attālinātajiem datiem.

Datu glabāšanas modulis uzsākot darbu pārlicinās, vai pieejamas visas darbam nepieciešamās datu struktūras un gadījumos, kad tās trūkst izveido jaunas.

1.3 Nākotnes perspektīvas

Turpmāk grupa MITSView plāno:

- Pabeigt Kodola datu glabāšanas moduļa funkcionalitāti
- Pabeigt komunikācijas abstrakcijas bibliotēkas, tai skaitā starpprocesu komunikācijas moduli, ko pārējās darba grupas integrēs savos programmatūras moduļos
- Turpināt pārējo darba grupu darba integrāciju kopējā sistēmā

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

Anotācija

Projekta 8. pārskata periodā sensoru apstrādes grupa turpināja darbu pie sensoru programnodrošinājuma izstrādes. Galvenie darbi saistīti ar mikrofonu matricu programmnodrošinājumu izveidi reāla laika sistēmām, brauktuves stāvokļa monitoringu (sauss, slapjšs, apledojois ceļš), kā arī magnētisko sensoru izveidi.

2.1 Paveiktais

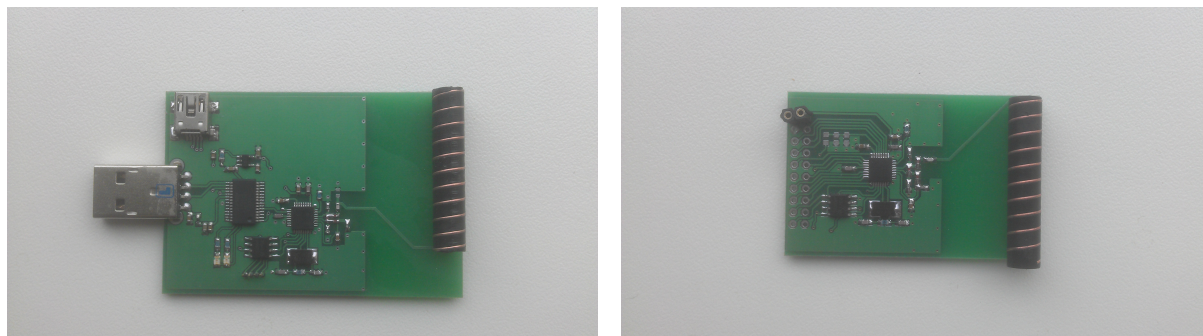
Pārskata periodā grupa MITSSen veikusi sekojošus darbus:

2.1.1 Paveiktais pie automašīnas skaitīšanas algoritma implementācijas reālā laika sistēmā

Iepriekšējā periodā tika veikti darbi saistībā ar automašīnu skaitīšanas algoritma izveidi balstoties uz iepriekš ierakstītu automašīnas radītā trokšņa signāla analīzi. Šajā periodā tika veikti uzlabojumi automašīnas skaitīšanas algoritmā, veikta sliekšņu korekcija, kas rezultātā uzlabo precizitāti. Veikti papildus skaņas ieraksti ar jau esošo datu ierakstu sistēmu, lai pārbaudītu algoritma veikspēju. Tika izanalizēti aptuveni divas stundas skaņas ierakstu, paralēli tam tika veikti arī video ieraksts, lai pārbaudītu precizitāti. Rezultātā ar video ierakstu tika fiksētas 871 automašīnas. Ar skaņas analīzes algoritmu kļūda sastāda 13,66 % 'False positive' un 9,64 % 'False negative'. Lielākais kļūdu avots ir vēja trokšnis un tuvu braucoši transporta līdzekļi. Par iegūtajiem rezultātiem izmantojot iepriekš izveidoto sistēmu tika iesniegta un akceptēta publikācija ar nosaukumu "Vehicle counting and motion direction detection using microphone array" uz konferenci 17th International Conference "Electronics 2013". Šajā etapā tika uzsākts darbs pie reāla laika sistēmas izveides, kura balstās uz ARM Cortex M4 mikrokontroliera izmantošanu skaņas signālu apstrādei. Izveidots programmnodrošinājums priekš datu nolasīšanas no AD1974 analogā -ciparu pārveidotāja izmantojot I2S interfeisu. Veikta nepieciešamā konfigurācija priekš I2S interfeisa komunikācijas nodrošināšanas. Algoritma daļā, kurā tiek realizēta aiztures noteikšana nepieciešams veikt FFT aprēķinus. Tiek izmantotas CMSIS bibliotēkas, ar kuru palīdzību tiek realizēts FFT algoritms. Tika veikta šīs bibliotēkas konfigurēšana un pielāgošana (parametru maiņa) aiztures aprēķiniem. Izmantojot testa signālus, kuri uzģenerēti izmantojot Matlab tika pārbaudīta FFT bibliotēku darbība. Par testa signāliem izmantotas sinusoīdas ar dažādām frekvencēm (20Hz, 50Hz un 1kHz). Pēc tam aprēķinātais signāla spektrs tika salīdzināts ar MatLab aprēķinu rezultātu. Bibliotēku darbība pārbaudīta ar dažādiem signāla logu garumiem. Palielinot analizējamā signāla loga garumu līdz 10000 nolasēm tika novērots ka sāk veidoties pārrāvumi datu plūsmā, kas izskaidrojami ar to, ka datu savākšana no AD1974 notiek cikliskā režīmā izmantojot karogus, kuri norāda jaunu datu esamību saņemšanas buferī. Lai novērstu šo kļūdu tika ieviest pārbaudes karogs, kurš norāda kura kanāla dati ir pienākuši, kā arī ieviesta ieejas buferu izdzēsana un pārtraukuma karogu atkārtota pārbaude. AD1974 datus sūta nepārtraukti 'Master' režīmā. Pēc saņemšanas dati tie tiek pārkopēti uz FFT ieejas buferi tālāko aprēķinu veikšanai. Tiek turpināts darbs pie algoritma pārvešanas uz AMR Cortex M4 mikrokontrolieri.

2.1.2 Paveiktais bezvadu datu komunikācijas tīkla izveidē

Iepriekšējos periodos tika aprakstīts bezvadu sakaru komunikācijas modelis un protokols, kāda veidā tiks nodrošināta datu pārraide no magnētiskā un pasīva infrasarkanā sensora. Šajā etapā tika izveidots universāls risinājums datu savākšanai - izveidota iespiedplate ar FTDI kontrolieri un radio moduli (attēls 2.1), kurš paredzēts pieslēgšanai pie datora un nodrošinās datu savākšanu un nosūtīšanu uz personālo datoru caur USB pieslēgvietu, kā arī radio atsevišķs modulis uz nRF9E5 bāzes pieslēgšanai pie PIR un magnētiskā sensora.

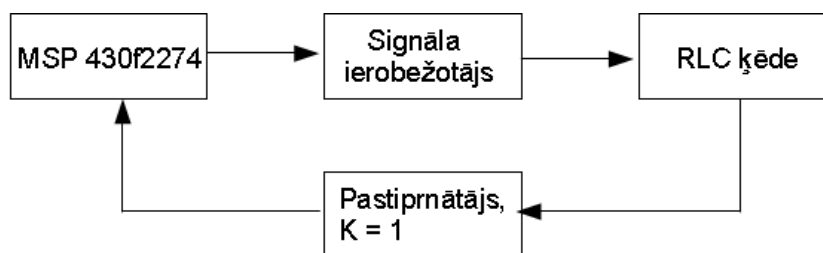


Att. 2.1: Izveidotās iespiedplates datu savācējiekārta ar USB pieslēgvietu un sensora radio modulis

Tika veikta šo moduļu programmu modifikācija, lai pielāgotu tos jau iepriekšējos pārskata periodos aprakstītajām programmām datu savākšanai un sensoru datu sūtīšanai.

2.1.3 Brauktuves stāvokļa noteikšana

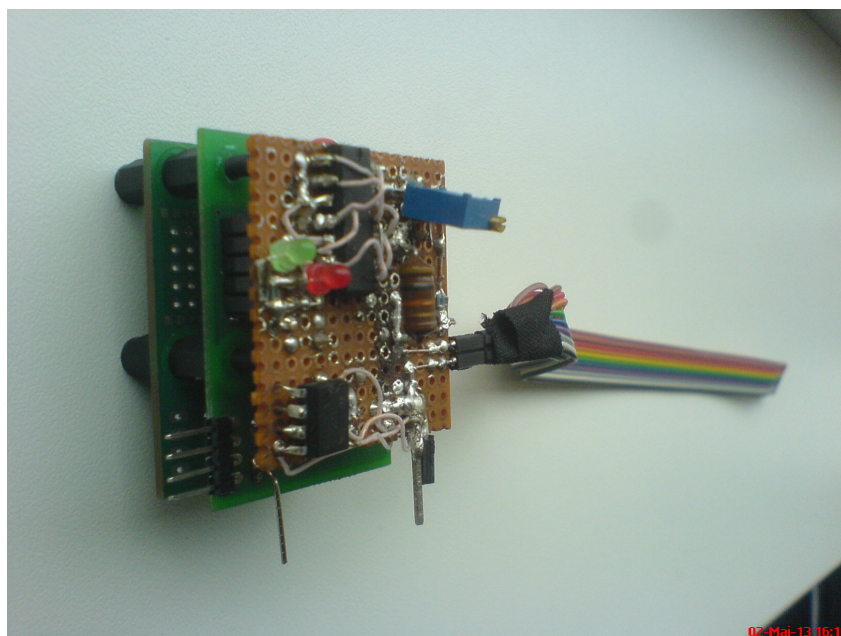
Brauktuves stāvokļa (saulss, slapjš cēla segums) noteikšanai pēc vairākiem iepriekš veiktiem eksperimentiem tika pieņemts lēmums izmantot virknes svārstību kontūru. Iepriekš veikti eksperimenti ar kapacitātes un pretestības mērījumiem nenodrošināja apmierinošu rezultātu eksperimentos uz brauktuves. Ir izveidots makets, kurš sastāv no RLC virknes svārstību kontūra, izolēta vadītāja, kurš kalpo kā kondensators, mikrokontroliera un buferiem, kas nodrošina mikrokontroliera iekšējo ķēžu atsaistīšanu no svārstību kontūra ietekmes. Izveidotā sensora darbības principa pamatā ir ūdens un gaisa dielektriskās caurlaidības starpība. Gaisam dielektriskā caurlaidība ir 1, bet ūdenim aptuveni 80 (atkarībā no temperatūras). Cēla segumam paliekot slapjam, mainās dielektriskā caurlaidība virs izolētā vadītāja, kā rezultātā mainās vadītāja kapacitāte. Sensora elementu paredzēts iestrādāt līdz ar brauktuves virsmu. Sensora darbības principu bloka diagramma redzama 2.2 attēlā.



Att. 2.2: Sauss, slapjš cēla segums sensora blokskāme

Lai izpildītos rezonances nosacījums, mikrokontrolieris ģenerē mainīgas frekvences taisnstūra signālu. MSP430F2274 mikrokontroliera maksimālā iespējamā takts frekvence ir 16 MHz. Takts frekvence tiek samazināta līdz 200 kHz un cikls sākas no jauna. Lai svārstību kontūrs paspētu reaģēt uz frekvences izmaiņām, kā arī būt iespējams noteikt rezonances iestāšanos, vienas frekvences signāls tiek ģenerēts 0,3 sekundes. Rezonanse tiek noteikt veicot signāla vidējās vērtības mērījumus, kas arī ir mikrokontroliera uzdevums. Lai rezonances ķēdi neiespaidotu mikrokontroliera izejas un ieejas kaskādes, mainīgas frekvences signāls no kontroliera izejas tiek laists caur loģikas elementu SN74HC04N, bet starp rezonances ķēdi un kontroliera ieeju tiek izvietots operacionālais pastiprinātājs TS952IN ar

pastiprinājuma koeficientu $K = 1$. Rezonanses frekvences atrašanās vietu frekvenču spektrā nepieciešams nobīdīt pēc iespējas zemāk pa frekvenču asi. Kā jau iepriekš minēts, mikrokontrolis signālu ar mainīgo frekvenci ģenerē ar noteiktu soli. Maksimālā iespējamā mikrokontroliera frekvence ir 16 MHz, nākamā signāla frekvence iespējama tikai 8 MHz, tad 5,33 MHz, 4 MHz Kā redzams, pie relatīvi augstām frekvencēm secīgas izejas signāla frekvence ir ar lielu soli, kas liek noteikt rezonanses frekvences izmaiņas izmantojot minēto mikrokontrolieri. Šo trūkumu iespējams novērst samazinot rezonanses frekvenci, ko savukārt iespējams veikt palielinot induktivitātes vērtību vai kapacitātes vērtību. Par cik mērķis ir mērīt kapacitātes izmaiņu, sensora izstrādē RLC ķēdei tiek palielināta induktivitātes vērtība, kapacitāti atstājot nemainīgi mazu - 0,5 pF. Palielinot induktivitātes vērtību, samazinās ne tikai rezonanses frekvence, bet arī kontūra labums, kā paplašinās rezonanses līkne. Eksperimentu gaitā tika secināts, ka izvēlētajam risinājumam optimālā induktivitātes vērtība ir 10 nH. Ar izvēlēto induktivitātes un kapacitātes vērtību sensora makets darbojas rezonanses režīmā pie frekvences 695 652 Hz. Rezonanses frekvence nedaudz ir atkarīga arī no izvēlēta sensora (vadītāja) tipa, jo induktivitāte un arī kapacitāte ir atkarīga no vadītāja garuma. Laboratorijas eksperimentos tika secināts, ka ūdens ietekmē rezonanses frekvence samazinās līdz 666 666 Hz, kas ir tikai par vienu frekvences izmaiņas vērtību. Ūdens kārtiņas biezumu palielinot līdz 1,5 cm, rezonanses frekvence izmaiņas līdz 640 000 Hz. Izveidotais risinājums nav testēts reāla ceļa apstākļos, kas ir nākamā etapa uzdevums. Izveidotais prototips redzams 2.3 attēlā.



Att. 2.3: Izveidotais RLC ķēdes prototips

Lai sasniegtu plašāku mērāmo parametru diapazonu, izveidoto sensoru jāizmanto kopā ar apkārtējās vides, gaisa mitruma un brauktuves temperatūras sensoriem. Šāds apvienojums ļauj noteikt arī iespējamu ledus esamību uz brauktuves, kā arī reaģenta koncentrāciju. Šāda metode, kas balstīta uz netiešiem mērījumiem, dod aptuvenu brauktuves stāvokļa novērtējumu. Izveidotā sensora darbības efektivitātes paaugstināšanai nepieciešams izmantots mikrokontrolieri ar augstāku takts frekvenci, vismaz 50 MHz. Šāds risinājums ļautu precīzāk noteikt ūdens parādīšanos uz ceļa, kā arī aptuvenu ūdens kārtiņas biezumu.

2.1.4 Ceļa seguma apledojuma detektēšana

Rudens, pavasara un īpaši ziemas periodos autoceļu braucamā daļa mēdz apledot, apdraudot satiksmes dalībnieku drošību. Tāpēc svarīgi veikt nepārtrauktu ceļa seguma monitoringu, paredzēt braukšanai bīstamo apstākļu veidošanos un savlaicīgi veikt preventīvas darbus. Gada aukstajā laikā ceļa posmi ir īpaši bīstami, ja ceļa segums ir apsnidzis vai apledojis. Ar dažādiem sensoriem iespējams noteikt vides parametrus – gaisa un ceļa seguma temperatūru, gaisa relatīvo mitrumu, nokrišņu daudzumu, vēja virzienu un stiprumu, saules starojuma intensitāti u.c., taču ceļa stāvokli noteikt ir grūtāk. Ceļa seguma apledojuma detektēšanai izmanto asfaltā iebūvētus sensorus, kas darbojas uz rezonanses principa vai

kapacitatīvā principa, kā arī bezkontakta sensorus uz spektrometrijas un ultraskaņas principa, taču šie sensori ir salīdzinoši dārgi, un pie dažādiem apstākļiem nespēj precīzi noteikt apledošanas esamību. Tāpēc svarīgi izstrādāt sistēmu, kas spētu paredzēt apledošanas veidošanās risku. Šādas sistēmas parasti izmanto ilglaicīgā laika posmā ierakstītus vides parametru datus, kā arī īpašus mašīnāpmācības algoritmus, lai pēc iespējas precīzāk prognozētu apledošanas veidošanos. Šādu prognozi nepieciešama neliela meteoroloģijas stacija konkrētajā ceļa posmā, kas nosaka ne tikai svarīgākos parametrus – temperatūru, gaisa mitrumu, ceļa seguma temperatūru, bet arī vēja stiprumu un nokrišņu daudzumu. Svarīgākais nosacījums, lai veidotos ceļa apledojums, ir ceļa seguma temperatūra atkarībā pret rasas punkta temperatūru. Jā ceļa seguma temperatūra ir zem ūdens sasaldēšanas temperatūras (zem 0°C) un rasas punkts ir augstāks par šo temperatūru, tad mitrais gaiss pāriet cietajā fāzē un veidojas apledojums. Atmosfēras spiedienam ir minimāla ietekme, to aprēķinos neņem vērā. Rasas punkts ir temperatūra, līdz kurai jāatdziest gaisam, lai tajā esošais mitrums kļūtu piesātināts un sāktos gaisa mitruma kondensācija (rasas izkrišana). Rasas punktu nosaka gaisa relatīvais mitrums — jo tas ir mazāks, jo vairāk gaisam jāatdziest, lai parādītos rasa, tādējādi rasas punkts ir zemāks. Pie lielāka relatīvā mitruma rasas punkts ir augstāks un, ja relatīvais mitrums ir 100%, rasas punkts sakrīt ar gaisa temperatūru. Rasas punktu mēra ar speciāliem kondensācijas higrometriem vai izrēķina no gaisa temperatūras un relatīvā mitruma, kā tas aprēķināts veiktajā eksperimentā. Lai noteiktu ledus veidošanās risku reālos apstākļos, tika veikti vides parametru mērījumi un novērtēts reālais ceļa seguma stāvoklis. Eksperiments veikts 8. un 9. Aprīlī dažādos diennakts laikos. Mērījumi veikti aptuveni 10 minūšu intervālā un aprēķinātas parametru vidējās vērtības. Rasas punkts tiek aprēķināts pēc formulām 2.1 un 2.2.

$$B = \frac{\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{17,27 \cdot T}{237,3 + T}}{17,27} \quad (2.1)$$

$$D = \frac{237,3 \cdot B}{1 - B}, \text{ kur} \quad (2.2)$$

T=gaisa temperatūra(°C), RH=relatīvais gaisa mitrums(%), B=starpiezvērtība, D=rasas punkts(°C).

Eksperimenta laikā tika mērīta ceļa seguma temperatūra, izmantojot Calex PyroUSB 151 infrasarkanā temperatūras sensoru, ar kuru bezkontakta veidā no 1m augstuma ierakstīti dati. Dati tika ierakstīti ar klēpjdatora palīdzību. Tajā pašā laikā gaisa temperatūras, spiediena, gaisa relatīvā mitruma parametri ierakstīti ar Sparkfun USB Weather Board v2 palīdzību, kas, izmantojot iebūvētus sensorus, nosūta datus uz datoru. Temperatūra tiek mērīta gan ar SHT15 kombinēto mitruma sensoru, gan ar SCP1000 kombinēto barometru. Iegūtie dati ir līdzīgi, taču SHT15 ir lielāka precizitāte (±0.3 °C). Iegūtie mērījumi un aprēķinu rezultāti apkopoti tabulā 2.4.

Vides parametri Laiks	Gaisa mitrums, %	Gaisa temperatūra, °C	Spiediens, inHg	Ceļa seguma temperatūra, °C	Rasas punkts, °C	Piezīmes
15:00	78	4.0	29.8	-0.4	0.52	Mitrs, mākoņains, uz asfalta vietām slapjš sniegs
15:30	95	0.9	29.9	-0.6	0.19	Sniegs, uz asfalta slapjš sniegs
18:30	92	1.4	29.8	-4.0	0.25	Sniegs, uz asfalta slapjš sniegs, vietām ledus
21:30	92	-1.3	29.8	-4.4	-2.43	Uz asfalta veidojas ledus kārta
9:00 (09.04.)	82	1.25	30.0	-4.7	-1.47	Asfalts slidens, apledojis

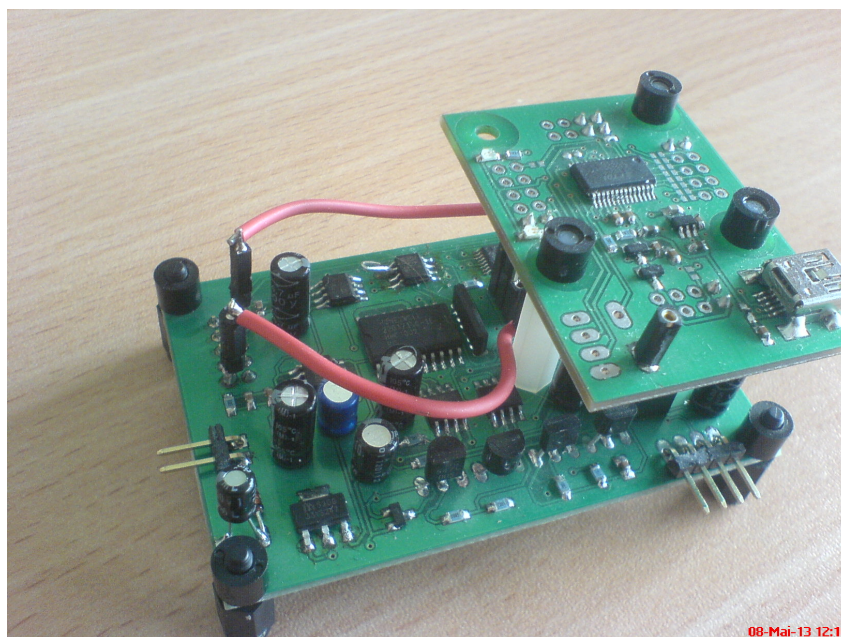
Att. 2.4: Ledus veidošanās eksperimentālo mērījumu rezultāti

Eksperiments veikts pavasarī pie mainīgiem laik-apstākļiem. Pirmā mērījuma veikšanas brīdī gaisa temperatūra un rasas punkts ir krietni virs 0°C, taču asfalta temperatūra ir -0.4°C, jo asfalts ir mitrs

ar nelielu slapja sniega kārtu. Mitrais sniegs tiek dzesēts no apakšas, taču siltais gaiss to kausē ātrāk. Sniega laikā asfalta temperatūra pazeminās, to pazemina sniega kārtā. Tā kā rāsas punkta temperatūra ir augstāka par ceļa seguma temperatūru, kura ir zem ūdens sasalšanas temperatūras, notiek apledojuma veidošanās. Tā kā ceļa segumus apstrādā ar dažādām vielām apledojuma novēršanai, piemēram, sāli, jāņem vērā, ka šīs vielas pazemina ledus veidošanās temperatūru. Arī šie apstākļi jāņem vērā izstrādājot apledojuma detektēšanas sistēmu.

2.1.5 Magnētiskie sensori

Pārskata periodā tika pilnībā salodēts magnētiskā sesora makets, kura izstrāde notika iepriekš. Izveidotie sensori ir notestēti reālas satiksmes apstākļos, datus saņemot caur UART uz datora. Senosra prototips redzams 2.5 attēlā. Datorā no magnētiskā sensora saņemtā signāla vizualizācijai tiek izmantota jau iepriekš izveidotā LabWiev programmatūra, kurā iestrādāta iespēja viegli mainīt sliekšņus transporta līdzekļu detektēšanai.



Att. 2.5: Magnētiskā sensora prototips

Transporta līdzekļu sliekšņu piemēklēšana realizēta identiski mikrokontrolierī implementējamam risinājumam. Etapa laikā veikti testi reāla ceļa apstākļos ar dažādiem pastiprinājumiem magnētiskā sensora signālā otrajā kaskādē. Pirmā pastiprinājuma kaskāde darbojas kā diferenciālais pastiprinātājs, kur optimālais pastiprināšanas sliekšnis tika piemēklēts jau augrāk. Diferenciālās kaskādes pastiprinājumu palielināt nav vēlams (maksimālais iespējamais lielums, ko nodrošina INA 122U ir 10 000 reizes), jo abu abu magnētisko sensoru izejas spriegumi nav vienādi, bet ar dažu milivoltu nobīdi, kas tiek kompensēts vienu no izejām sazemejot caur ciparu potenciometru. Optimālais diferenciālās kaskādes pastiprinājums (noteikts eksperimentāli), kurš arī ir uzstādīts, ir 205 reizes. Magnētiskā sensora izejas signālu līmeņu salāgošanai tiek izmantots MAX5392LAUE+ ciparu potenciometrs ar regulēšanas diapazonu 0 - 10 kOm. Attiecīgi elementa pretestības izmaiņas solis ir 39 Om, kas pēc pirmās kaskādes pastiprinājuma atbilst aptuveni 0,2V sprieguma izmaiņai. Palielinot diferenciālās kaskādes pastiprinājumu, palielināsies arī diferenciālās pastiprinātāja izejas sprieguma starpība, kā arī ciparu potenciometra regulēšanas soļa sprieguma vērtība. Lai izbēgtu no darbības ar peldošo punktu, kas ir laikietilpīgs process, kā arī iegūtais rezultāts aizņem daudz vietas mikrokontroliera atmiņā, mikrokontrolierī apstrādātais signāls pirms sliekšņošanas tiek reizināts ar 80. Šeit ierobežojums ir UART datu pārraide, kas ir 8 biti. Respektīvi signāla vērtība nedrīkst pārsniegt skaitļa 127 decimālo vērtību. Kā minēts augstāk, pašlaik datu pārraidei tiek izmantots UART, taču prototipā paredzēts izmantot bezvadu radio risinājumu. Lai samazinātu sūtāmo datu apjomu, signāla sliekšņošana un parametru noteikšana notiks mikrokontrolierī. Uztvērējām - minidatoram, kurš atrodas ceļa malā tiek sūtīti tikai katra sensora reģistrētie virssliekšņa parametri - impulsa augstums un platums vienā vai vairākos līmeņos.

Pēc šiem parametriem minidators noteiks, kurā no joslām transporta līdzeklis atrodas. Šeit jāmin, ka viena magnētiskā sensora punktā plānots izmantot vismaz divus pretējās ceļa pusēs novietotus sensorus. Šāds risinājums nepieciešams, jo, izmantojot vienu brauktuves malā novietojamu sensoru, nav iespējams noteikt kurā ceļa pusē transporta līdzeklis atrodas (pretējā braukšanas joslā esošs smagais transporta līdzeklis var tikt detektēts kā vieglais transporta līdzeklis tuvākajā braukšanas joslā).

2.2 Kopsavilkums un secinājumi

Šajā etapā tika iesākts darbs pie automašīnas skaitīšanas un kustības virziena noteikšanas algoritma implementēšanas reālā laika sistēmā Cortex M3 mikrokontrolierī, tika veiktas FFT bibliotēku pielāgošana konkrētā uzdevuma veikšanai. Izveidots programnodrošinājums ARM Cortex M4 mikrokontrolierim I2S interfeisa realizēšanai priekš datu nolasīšanas no AD1974 analogā ciparu pārveidotāja. Veikti eksperimenti ar testa signāliem, lai pārbaudītu izveidotās programmas darbību. Veikti darbi, kas saistīti ar pārējo palīgfunkciju pielāgošanu priekš algoritma implementācijas. Bezvadu sakaru nodrošināšanā tika izveidotas divas iespiedplates datu savākšanai no ciparu un analogā magnētiskā sensora, kā arī PIR sensora. Veikti programnodrošinājuma izstrādes darbi saistībā ar sensoru komunikācijas nodrošināšanu. Aplidojuma noteikšanas jomā tika veikti eksperimentālie mērījumi (mitrums(ceļa virsmas un gaisa), temperatūra, gaisa spiediens), lai noteiktu rāsas punktu, pēc kura var spriest par ceļa aplidojuma iespējamību noteiktā ceļa posmā.

2.3 Nākotnes perspektīvas

Jāturpina darbi pie sensoru izstrādes un pilnveidošanas. Galvenais nākamā etapa mērķis ir izveidot magnētisko sensoru tīklu ar 2 līdz 4 sensoriem transporta līdzekļu detektēšanā, nobeigt darbus pie akustiskajiem sensoriem, implementēt visos izveidotajos sensoros bezvadu datu pārraides risinājumus, kā arī izveidot programnodrošinājumu ceļa stāvokļa noteikšanai uz PC (datu savākšana, apstrāde, rezultāta došana uz galveno MITS serveri).

Nodaļa 3

MITSimPro grupas atskaite

Anotācija

Video apstrādes algoritma transportlīdzekļu parametru noteikšanas modulis papildināts ar iespēju noteikt automašīnu augstumu. Uzlabota mašīnas braukšanas virziena un ātruma noteikšanas precizitāte. Izveidots klasifikators, kas, izmantojot noteiktos mašīnu parametrus, nosaka, vai atklātā automašīna ir vieglā vai smagā. Uzlabota arī atklāšanas līniju automātiska izvietošana kadrā, kā arī lieko intervālu dzēšana no mašīnas objekta.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSimPro veikusi sekojošus darbus:

- Modificēta automašīnu ātruma noteikšana, ņemot vērā kadru skaitu, ko automašīna pavada starp katru atklāšanas līniju (nodaļa 3.2.1).
- Uzlabota mašīnu sākotnējā braukšanas virziena noteikšana (nodaļa 3.2.1).
- Īstenota lieko intervālu dzēšana no automašīnas objekta, ja šos intervālus no pārējiem mašīnas intervāliem atdala tukšas (bez intervāliem) atklāšanas līnijas (nodaļa 3.2.2).
- Izveidots algoritms automašīnu augstuma noteikšanai (nodaļa 3.2.3).
- Īstenota automašīnu klasificēšana vieglajās un smagajās, kas balstās uz noteiktajiem mašīnu parametriem (nodaļa 3.2.4).
- Izveidots atklāšanas līniju izvietošanas algoritms, kas automātiski nodrošina tādu līniju izvietošanu, ka pēc projekcijas transformācijas, attālumi starp visām blakus esošām atklāšanas līnijām ir vienādi, kā arī vienādi ir līniju garumi, un, visas līnijas ir perpendikulāras pret pētāmo ceļa apgabalu (nodaļa 3.2.5).

3.2 Īstenotie risinājumi

3.2.1 Mašīnu parametru noteikšanas precizitātes uzlabošana

Iepriekš īstenotā automašīnu ātruma noteikšanas metode balstījās uz kadru skaitīšanu starp divu automašīnai piederošu intervālu parādīšanos. Tika skaitīti kadri starp mašīnai pēdējo un priekšpēdējo pievienoto intervālu parādīšanos. Šādi intervāli visticamāk parādās uz blakus esošām atklāšanas līnijām, jo mašīna kadrā tās secīgi šķērso. Laiks, kas pagājis mašīnai braucot starp tuvākajām atklāšanas līnijām var norādīt uz mašīnas šī brīža ātrumu. Ja tiktu skaitīts laiks, kas pagājis starp savstarpēji tālu esošu līniju šķērsošanu, iegūtais ātrums būtu vidējais mašīnas ātrums apgabalā starp līnijām. Īstenotā metode testos neuzrādīja pietiekami labu rezultātu. Mazā attāluma dēļ (starp blakus esošām atklāšanas līnijām), izskaitītais kadru skaits ir mazs - vidēji 2-3 kadri. Līdz ar to, pārreķinot pagājušo kadru skaitu un līniju attālumu uz ātrumu ($\text{ātrums} = \frac{\text{attālums}}{\text{kadri}}$), tiek iegūts stipri noapaļots rezultāts. Turklāt, atsevišķo līniju mašīnu atklāšanas kļūdu dēļ, novērojami gadījumi, kad uz blakus esošām līnijām intervāli parādās vienlaicīgi, vai pat mašīnas braukšanas virzienam pretejā virzienā. Tas savukārt noved pie kļūdainas ātruma noteikšanas.

Aprakstīto iemeslu dēļ, tika modificēts ātruma noteikšanas algoritms. Jaunajā variantā pie katra jauna intervāla pievienošanas automašīnai, tiek pierakstīts atbilstošais kadra numurs. Kad mašīna

izbrauc no pētāmā apgabala, tiek aprēķināts pagājušo kadru skaits starp visām atklāšanas līnijām. Piemēram, trīs līniju gadījumā tiek iegūts pagājušo kadru skaits starp līnijām 1 un 2, 1 un 3, 2 un 3. Iegūtie ātrumi starp katrām līnijām tiek sakārtoti augošā secībā. Daļa mazāko un lielāko ātrumu tiek atmetta, tādējādi izvairoties no iespējamām nepareizām ekstrēmām rādījumiem. No atlikušajiem lielumiem tiek iegūta vidējā vērtība, kas arī ir noteiktais ātrums. Šīs metodes trūkums gan ir tas, ka tiek atrasts mašīnas vidējais ātrums atklāšanas līniju noklātajā apgabalā.

Papildus ātruma noteikšanas metodes izmaiņām, modificēta arī mašīnas sākotnējā braukšanas virziena noteikšana. Virziens tiek noteikts pēc tā, kurā mašīnas pusē tiek pievienots jauns intervāls. Jaunas mašīnas gadījumā, kad tai pieder tikai divi intervāli, ir svarīgi, lai šie intervāli parādītos pareizā secībā. Kā jau pieminēts pie ātruma algoritma apraksta, testos secināts, ka šis nosacījums ne vienmēr izpildās. Tādēļ tika izmainīts tieši sākotnējais (mašīna tikko atklāta un tai pieder divi intervāli) virziena noteikšanas algoritms.

Jaunajā metodē atklāšanas līnijas tiek sadalītas trīs grupās - augšējās, apakšējās un vidus atklāšanas līnijas. Konkrētas līnijas piederību grupai nosaka kopējais atklāšanas līniju skaits, kā arī tās atrašanās vieta kadrā attiecībā pret pārējām atklāšanas līnijām. Ja līniju skaits ir mazāks vai vienāds ar seši, tad tiek noteikta vidējā atklāšanas līnija, virs kuras (nepāra atklāšanas līniju gadījumā) un zem kuras atrodas vienāds skaits atklāšanas līniju. Tad visas virs vidējās esošās līnijas tiek definētas kā augšējās, kamēr pārējās līnijas ir apakšējās. Šajā gadījumā, kad ir maz atklāšanas līniju, neviena netiek pieskaitīta pie vidus līnijām.

Gadījumos ar vairāk kā sešām līnijām, kopējais līniju skaits tiek dalīts ar 3. Dalījuma un atlikuma summa nosaka cik līnijas no augšas tiek ieskaitītas pie augšējām līnijām - tikpat no apakšas tiek pieskaitītas pie apakšējām. Pārējās līnijas ir vidus līnijas.

Kad kadrā tiek atklāta jauna automašīna, tās sākotnējais virziens tiek noteikts atkarībā no tā, uz kādām līnijām atrodas mašīnas intervāli. Ja mašīna vispirms atklāta uz augšējām līnijām, tiek pieņemts, ka virziens ir no kadra augšas uz leju, savukārt, ja mašīna vispirms parādās uz apakšējām līnijām, virziens tiek pieņemts uz augšu. Šāds algoritms pamatojas uz to, ka mašīna var sasniegt augšējās līnijas pirms apakšējām tikai tajā gadījumā, ja tā kadrā pārvietojas no augšas uz leju. Ja mašīna parādās uz vidējām līnijām, tad vēl netiek noteikts mašīnas virziens.

Turpmāka virziena noteikšana vai koreģēšana konkrētai mašīnai notiek līdzīgi kā iepriekšējā variantā, vadoties pēc jauno intervālu pievienošanas virziena. Tomēr, lai izvairītos no kļūdām, ko var izraisīt viens nepareizā mašīnas pusē pievienots intervāls, tika ieviesta noteiktā mašīnas virziena inerces. Ja šī brīža kadrā mašīnai tiek pievienots jauns intervāls, un, no tā noteiktais virziens sakrīt ar iepriekš noteikto globālo mašīnas virzienu (jaunatklātai mašīnai globālais virziens ir vienāds ar sākotnējo noteikto), par vienu tiek palielināta pārliecība (virziena nemainīšanas koeficients), ka globālais virziens ir pareizs. Ja jaunais intervāls norāda uz pretēju kustības virzienu, par vienu tiek palielināta pārliecība, ka jāmaina globālais virziens. Ja maiņas koeficients pēc vērtības pārsniedz nemainīšanas koeficientu, tiek mainīts automašīnas globālais kustības virziens.

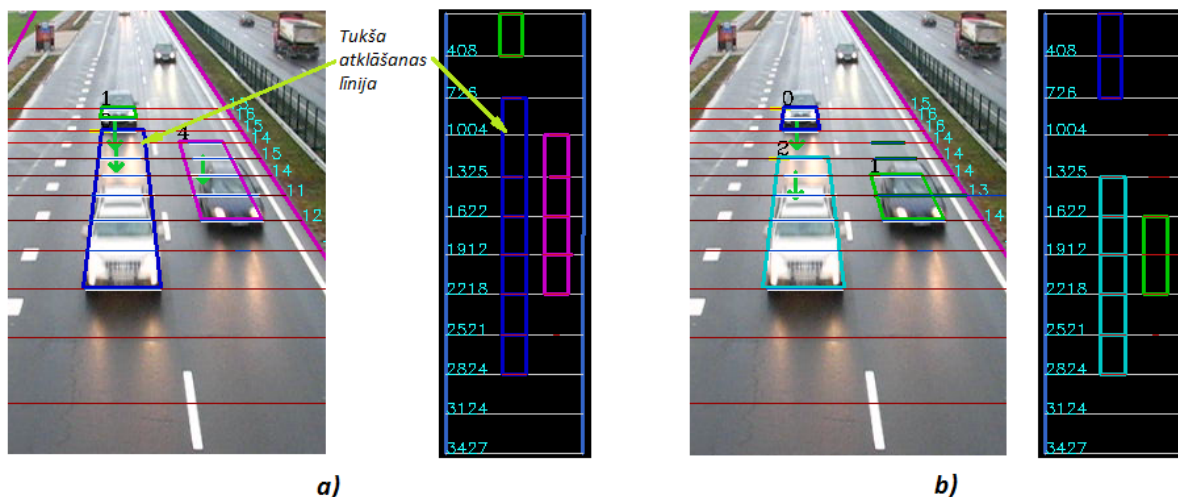
3.2.2 Lieko mašīnu un intervālu dzēšana

Lai palielinātu atklāto mašīnu skaita un noteikto koordinātu precizitāti un samazinātu iespējas tam, ka vairākas tuvu braucošas mašīnas tiktu atklātas kā viena mašīna, tika īstenota metode mašīnai nepiederošu intervālu atmešanai. Ja mašīna atrodas uz vairākām atklāšanas līnijām, ideālā gadījumā uz katras no šīm līnijām jābūt mašīnai atbilstošam intervālam. Tomēr praksē ir gadījumi, ka kāds intervāls netiek izveidots (uz konkrētās līnijas mašīna kļūdaini netika atklāta). Šī iemesla dēļ, mašīnas apgabalā esoša tukša (bez intervāla) līnija nav drošs rādītājs, ka šajā posmā atklātā mašīna būtu jāsadala ar domu, ka patiesībā šeit atrodas divas automašīnas.

Vairāku mašīnu kļūdainas apvienošanas notikums (piemērs parādīts attēlā 3.1.a) ir vairāk ticams, ja tukšā līnija atrodas tuvāk mašīnas aizmugurei, vai arī mašīnā ir vairākas blakus esošas tukšas līnijas. Ar šādu apsvērumu izveidots algoritms, kas sanumurē un augošā secībā sakārto mašīnai piederošo intervālu līnijas pēc to atrašanās vietas vienai pret otru - pirmā līnija ir kadrā pati augstākā līnija, zem tās esošā ir otrā utt. Zinot automašīnas kustības virzienu, sākot no šīs mašīnas paša aizmugurējā intervāla, tiek iegūtas starpības starp blakus intervālu līniju numuriem. Tātad, ja uz divām blakus līnijām ir pa intervālam, starpība būs 1. Ja kāda līnija būs tukša, blakus intervāli atradīsies uz līnijām, kuras nav blakus atklāšanas līnijas. Šādā gadījumā starpība būs lielāka par vienu.

Gadījumos, kad starpība ir viens, tiek palielināts nesadalīšanas koeficients. Ja, iegūstot starpības secīgi pa mašīnas intervāliem, šī starpība pārsniedz nesadalīšanas koeficientu, tiek pieņemts lēmums, ka visi mašīnas intervāli, kas pēc atklāšanas līniju numerācijas atrodas pirms šobrīd apskatāmās (ar

kuru iegūta pēdējā starpība) tiek izslēgti no mašīnas. Šāds algoritms noved pie tā, ka, piemēram, ja mašīnas aizmugurē ir viens intervāls, kas no pārējās mašīnas atdalīts ar vismaz vienu tukšu atklāšanas līniju, tas tiek atņemts. Ja aizmugurē ir divi intervāli, to atņemšana norisinās tikai tad, ja vismaz divas tukšas līnijas tos atdala no pārējās mašīnas. Līdzīgi notiek ar 3 un vairāk intervāliem automašīnas aizmugurē. Starpības iegūšana notiek līdz automašīnas vidējam (pēc skaita) intervālam. Tātad intervāli var tikt atņemti tikai tad, ja tie atrodas mašīnas aizmugurējā daļā. Attēlā 3.1.b parādīts gadījums, kad nošķirtais intervāls ticis atrasts un atņemts no kadrā vizuālāk esošās automašīnas.



Att. 3.1: Lieko intervālu izmešana no automašīnas: a) Zemākajai automašīnai ir pieskaitīts intervāls, kas īstenībā būtu pieskaitāms tuvu aizmugurē braucošai automašīnai, un, gan kadrā gan perspektīvas transformācijas attēlā parādās tukša atklāšanas līnija mašīnas apgabalā; b) Pēc intervālu atņemšanas algoritma pielietošanas.

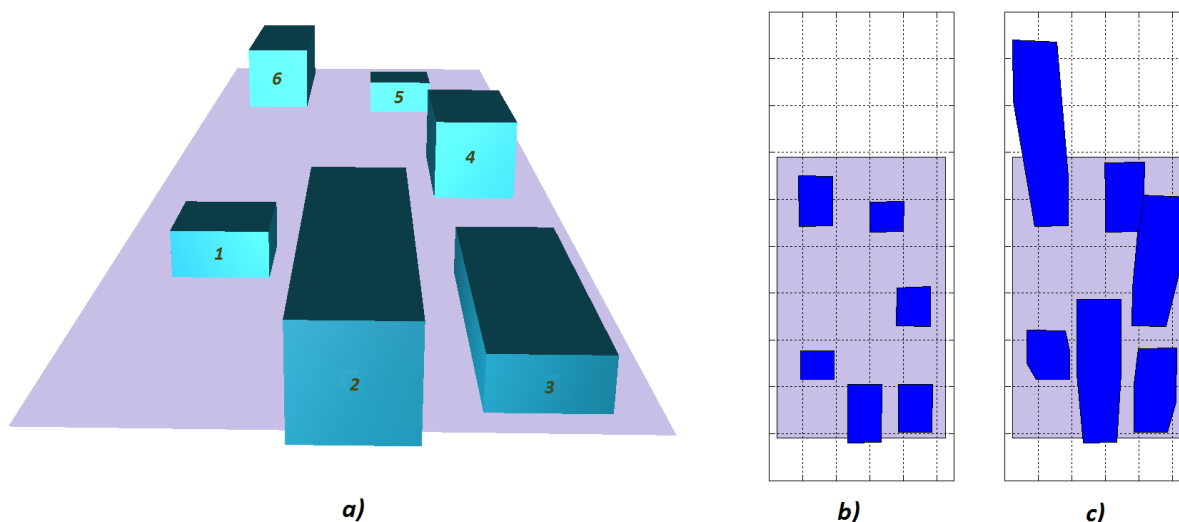
Jau iepriekš kodā tika īstenotas metodes, kas no mašīnas izslēdz pārāk garus vai īsus intervālus (salīdzinot ar intervālu koordinātu mediānas vērtībām pēc projekcijas transformācijas). Tagad kods modificēts, lai intervālu garumu salīdzināšana ar mašīnas vidējiem parametriem notiktu pirms vēl intervāli tiek pievienoti automašīnai, tādējādi nodrošinot, ka šādi ekstrēmi intervāli neietekmē mašīnu vidējos parametrus.

Papildus intervālu dzēšanai, tika uzlabota arī automašīnas objektu dzēšana. Katram intervālam ir koeficients, kas norāda uz šī intervāla pareizības ticamību, atkarībā no tā, cik daudzi parametri (kustības, fonam nepiederošu robežu, intensitāšu un krāsu esamība intervāla apgabalā) noved pie intervāla uzturēšanas. Īstenota metode, kas summē visu mašīnā esošo intervālu ticamības koeficientus, iegūstot skaitli, kas raksturo visas mašīnas esamības ticamību. Ja mašīna sastāv no intervāliem, kuri ar lielu varbūtību ir noteikti kļūdaini, tad arī visai mašīnai ir lielāka varbūtība būt kļūdaini noteiktai. Tādēļ, šādi automašīnas objekti tiek dzēsti. Praksē šis uzlabojums noved pie tā, ka reālālai mašīnai kadrā pamatot atklāšanas līniju aptverto ceļa apgabalu, mašīnas objekts tiek slēgts ātrāk nekā tas notiktu bez šī uzlabojuma.

3.2.3 Mašīnu augstuma noteikšana

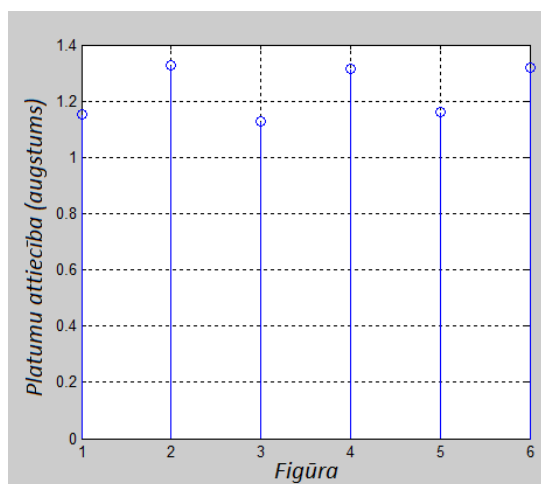
Izmantojot to, ka kamera vērsta slīpi pret ceļu, un, ka mašīnas nav redzamas precīzi no augšas, iespējams iegūt vēl vienu mašīnas parametru - augstumu. Attēlā 3.2.a parādīts simulēts kads ar ceļa plakni un mašīnas reprezentējošiem heksaedriem. Ja kadra projekcijas transformācija dotu ideālu skatu no augšas, tiktu iegūta attēlā 3.2.b parādītā projekcija. Tomēr, tā kā kadrā redzamas arī heksaedru sānu skaldnes, reālā iegūtā projekcija ir 3.2.c.

Ja pieņem mašīnu kustības virzienu no kadra augšas uz leju, tad uz atklāšanas līnijas vispirms nonāk automašīnas priekšējā apakšējā daļa. Pēc laika uz līnijas būs nonācis automašīnas jumts. Jumta daļa būs tuvāk kamerai nekā mašīnas pamats. Ja pieņem, ka automašīnas platums būtiski nemainās no tās pamata līdz jumtam, tad intervāla platuma izmaiņa projekcijas transformācijā starp brīdi, kad uz līnijas bija mašīnas apakšējā daļa un brīdi, kad uz līnijas nonāca jumts, skaidrojama ar jumta tuvāku atrašanos pret kameru. Jo automašīna augstāka, jo lielākai jābūt intervāla platuma izmaiņai. Attēlā 3.2.a ir seši



Att. 3.2: Sintezēts ceļa kadrs a) Heksaedra figūras uz ceļa plaknes; b) Mākslīgā gadījuma augšskats; c) Kadra projekcijas transformācija

heksaedri 1., 3. un 5. ir 1m augsti, savukārt 2., 4., 6. - 2m augsti. Figūru garumi ir (pēc augošanas numerācijas): 2m, 8m, 6m, 4m, 1m, 6m. No iepriekš izteiktā pieņēmuma, projekcijas transformācijā (attēls 3.2.c) katrai figūrai apakšējās daļas platumam attiecībā pret augšējās daļas platumu būtu jānorāda uz mašīnas augstumu. Attēlā 3.3 parādīta katras figūras augšējās un apakšējās daļas platumu attiecības. Neraugoties uz garuma atšķirībām, novērojams, ka mašīnas ar vienādiem augstumiem raksturojas ar līdzīgām intervālu platumu attiecībām pēc projekcijas transformācijas.



Att. 3.3: Attiecība starp figūras projekcijas transformācijas apakšējās daļas un augšējās daļas platumu

Programmas kodā augstuma noteikšana īstenota tādējādi, ka katram izveidotajam intervālam pēc projekcijas transformācijas tiek pierakstītas tā mazākā un lielākā platuma vērtības. Katram intervālam tiek iegūta šo platumu attiecība. Atklātai mašīnai pametot pētāmo kadra apgabalu, tiek vidējotas visu mašīnā ietilpušo intervālu platumu attiecības. Šī vidējā attiecība tiek pieņemta par mašīnas augstumu raksturojošu skaitli. Lai pārveidotu attiecību uz augstuma metriem, jāveic kalibrāciju pie katra kameras novietojuma. Ja video ir zināmi divu dažādu mašīnu augstumi, tad, izmantojot tiem noteiktās intervālu platumu attiecības, var iegūt lineāru sakarību starp attiecību un reālo augstumu.

3.2.4 Automašīnu klasificēšana

Kad ir iegūti dažādi automašīnas parametri, tos var izmantot, lai klasificētu automašīnas vieglajās un smagajās. Izveidotajā klasifikatorā, katrs mašīnas parametrs tiek salīdzināts ar sliekšņa vērtību. Piemēram, ja noteiktais automašīnas augstums ir virs 2.5m, tad šis parametrs norāda, ka ir atklāta smagā automašīna. Līdzīgi sliekšņi tiek pielietoti arī noteiktajiem garumam un platumam. Lai pieņemtu gala lēmumu par mašīnas klasificēšanu, tiek ņemti vērā visi trīs parametri. Automašīna tiek klasificēta kā smagā, ja vismaz divi no parametriem uz to norāda. Tāpat, ja vismaz divi parametri norāda, ka tikusi atklāta vieglā automašīna, tad tāds ir arī gala lēmums par konkrēto transportlīdzekli.

3.2.5 Atklāšanas līniju automātiska izvietošana

Iepriekšējā pārskata periodā tika īstenota iespēja izvietot kadrā atklāšanas līnijas ar nevienmērīgiem savstarpējiem attālumiem. Tagad algoritms uzlabots - līnijas kadra tiek izvietotas tādējādi, lai pēc projekcijas transformācijas starp visām līnijām būtu vienādi attālumi, kā arī, lai tās visas būtu perpendikulāras ceļam. Šāds līniju izvietošums īstenots attēlā 3.1.

Lai automātiski panāktu šādu līniju izvietošumu dažādiem video, izveidots algoritms, kas, izmantojot projekcijas transformācijas koeficientus un pie kalibrācijas iestādītās ceļa koordinātes, aprēķina katras atklāšanas līnijas atrašanās vietu kadrā un to leņķi pret kadra rindām. Katrai līnijai šis leņķis var atšķirties, ja kamera stāv ceļa malā, nevis virs tā.

Kadrā pašas augstākās atklāšanas līnijas sākuma koordināte tiek iestādīta manuāli. Līnijas beigu koordinātei jāatrodas uz ceļa robežas (kas arī jau ir iestādīta). Lai atrastu precīzo rindas koordināti uz iestādītās robežas, līnijas sākuma koordinātei tiek veikta projekcijas transformācija. Sākuma punkta projekcijas transformācijas y (rindas) koordinātei jāsakrīt ar beigu punkta y koordināti, lai līnija būtu paralēla x asij. Ceļa robežas transformācijas projekcija ir paralēla y asij. Tādēļ projekcijas transformācijā atklāšanas līnijas gala punktam tiek piešķirta sākumpunktam atrastā y koordināte, un par x koordināti pieņem ceļa robežas kolonnu. Veicot atrastajam punktam inverso projekcijas transformāciju, tiek iegūts atklāšanas līnijas beigu punkts kadra plaknē. Līdz ar to, kadrā iespējams izvietot ceļam perpendikulāro līniju. Lai iegūtu pārējās līnijas vienādos attālos vienai no otras, projekcijas transformācijas plaknē (reālā ceļa plaknē), nemainot atklāšanas līniju galapunktu x koordinātes, y koordinātem (gan līnijas sākumam gan galam) tiek pieskaitīts vēlmais attālums starp līnijām. Izmainot galapunktu y koordinātes un veicot inverso projekcijas transformāciju, tiek iegūta nākamā līnija kadra plaknē.

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

Pārskata periodā video apstrādes algoritms papildināts ar intelligentai transportēšanas sistēmai būtisku funkciju - automašīnu klasificēšanas iespēju (vieglo un smago mašīnu atšķiršana). Šim nolūkam izveidots algoritms mašīnas augstuma noteikšanai, kā arī uzlaboti citu mašīnas parametru noteikšanas algoritmi. Lai palielinātu gan transportlīdzekļu skaitīšanas, gan klasificēšanas precizitāti, ieviestas metodes, kas izmet no mašīnas objekta (kas sastāv no vairākiem intervāliem) tos intervālus, kas visticamāk pieder citai tuvu braucošai automašīnai. Programmā īstenota arī iespēja dzēst tos mašīnu objektus, kas sastāv galvenokārt no maz uzticamiem intervāliem.

Izveidotā automātiskā atklāšanas līniju vienmērīga izvietošana (vienmērīga projekcijas transformācijas plaknē), ļauj ērtāk un precīzāk darboties ar intervālu apvienošanas algoritmiem, kas, apvienojot uz dažādām līnijām esošus intervālus, veido automašīnas objektus. Tā kā tagad projekcijas transformācijā starp visām līnijām ir vienādi attālumi un leņķi, tad dažādu līniju intervālu apvienošanai gan pētāmā ceļa apgabala augšdaļā, gan apakšdaļā der vienādi attālumu salīdzināšanas sliekšņi.

3.4 Nākotnes perspektīvas

Īstenoto automašīnu klasifikatoru plānots testēt uz dažādiem video. Ja klasificēšanas precizitāte nebūs apmierinoša, testu rezultāti ļaus atrast kļūdu cēloņus, kuriem turpmāk pievērst uzmanību. Savukārt, ja klasifikators testos uzrādīs labus rezultātus, tad algoritmu un testu rezultātus plānots apkopot publikācijā.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupas atskaite

Anotācija

Turpinājumā MITSTRegNo grupas atskaite par pagājušo periodu.

4.1 Paveiktais

Pārskata periodā MITSTRegNo grupa veikusi sekojošus darbus:

- Tika pabeigti darbi, par automašīnu numuru atpazīšanas sistēmas darbību, savākšanas moduļa izstrādes darbi, un veikti vairāki mūsu sistēmas ātrdarbības pētījumi.
- Pieslēgts uz "Tesseract OCR" sistēmas balstīts teksta atpazīšanas modulis.
- Realizēti vairāki alternatīvi valsts reģistrācijas numura zīmes plates atrašanās vietas attēla noteikšanas algoritmi, lai uzlabotu sistēmas darbības kvalitāti un ātrdarbību.

4.2 Īstenotie risinājumi

4.2.1 Sistēmas darbības analīze

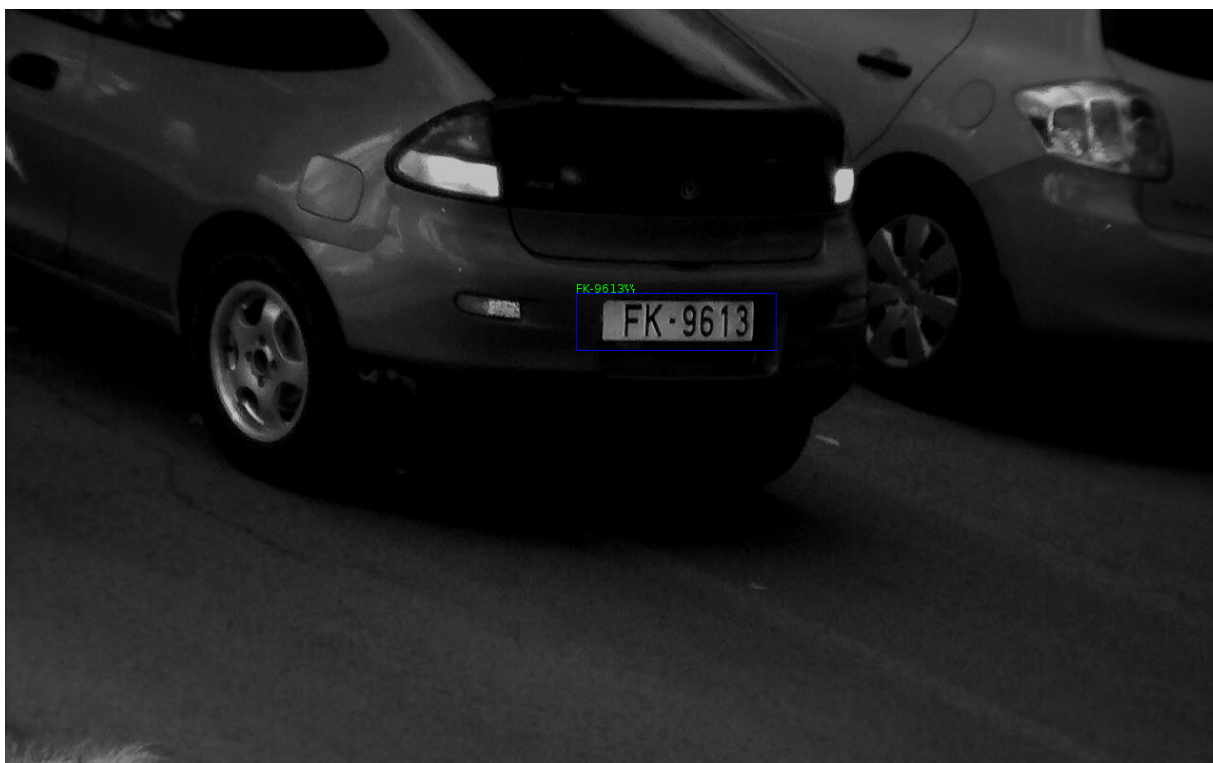
Iepriekšējās atskaitēs tika pieminēta MITSTRegNo sistēmas jaunā moduļu arhitektūra, kā arī datu savākšanas sistēma par tās darbību. Šajā nodaļā mēs detalizētāk aprakstīsim šo arhitektūru, kā arī parādīsim, kā notiek datu par sistēmas darbību savākšana un tam sekojošā datu analīze.

Tika minēts, ka mūsu sistēma sastāv no atsevišķiem moduļiem/mezgliem, kur katrs modulis izpilda to vai citu funkciju. Moduļi izstrādāti programmēšanas valodā ++, kas nodrošina to ātrdarbību. Bez tam katram moduļim ir interfeiss valodai ECMAScript-262, kas pazīstams arī kā Javascript, precīzāk tā realizācija Qt framework, ar nosaukumu QtScript. Qt framework tika izvēlēts dēļ tā ērtā pielietojuma, lai ekonomētu izstrādes laiku. Javascript valodas izmantošana ļauj elastīgi, no mūsu rīcībā esošajiem moduļiem, veidot jebkuru nepieciešamo konfigurāciju, atkarībā no sistēmas raksturlielumu prasībām.

Sistēmas darbības analīzes režīmā katrs no moduļiem veic savas darbības parametru ierakstu datubāzē. Datu saglabāšanai izmantojam PostgreSQL. Izmantojot nelielas programmas Ruby valodā un SQL, varam atlasīt jebkura veida statistisko informāciju no iepriekš savāktajiem datiem.

4.2.2 OCR

Viens no jauniem mūsu sistēmai pievienotajiem moduļiem ir uz Tesseract OCR bāzēta teksta atpazīšanas sistēma. Pašlaik visi attēla apgabali, kuros MITSTRegNo paredz numura zīmes atrašanos, tiek nodoti šim jaunajam moduļim.





Jāpiezīmē, ka Tesseract paredzēts drukāta teksta lappušu atpazīšanai un pilnvērtīgai tā izmantošanai mūsu sistēmā nepieciešama papildus optimizācija.

4.2.3 Alternatīvie algoritmi

Projekta laikā tika izskatīta iespēja izmantot kustības detektēšanu, kā vienu no kritērijiem, lai atrastu automašīnu un līdz ar to noteiktu automašīnas numura zīmes atrašanās vietu attēlā. Tika izskatītas vairākas kustības detektēšanas metodes kadru plūsmā. Neatkarīgi no konkrētā algoritma detaļām, tie visi tā vai savādāk ļauj savstarpēji salīdzināt divus laikā nobīdītus kadrus.

Mūsu jaunais izmantotais algoritms ļauj pa pikselim salīdzināt divus kadrus un ģenerē tā saukto "Kustības masku", kas pēc izmēriem atbilst sākotnējam attēlam. Veicot salīdzināšanu diviem atbilstošajiem attēlu pikseliem, algoritms salīdzina to spilgtuma atšķirību absolūtās vērtības un salīdzina tās ar izvēlēto sliekšni. Ja atšķirība ir mazāka par uzdoto sliekšni, uzskatām, ka šajās attēla koordinātēs kustības nav, un maskas daļu šajās koordinātēs uzskatām par slēgtu. Tas nozīmē, ka maskā tiek ierakstīta noteikta vērtība, piemēram 0. Pretējā gadījumā, ja atšķirības vērtība lielāka par sliekšni, maskas fragments uzskatāms par atvērtu, un ierakstām 1. Šo operāciju veic mūsu izstrādātais mezglis, ar nosaukumu "Kustības maskas ģenerators".

Iegūto masku iespējams nodot citiem mezglēm, kur to var pielietot sekojoši. Masku uzliek apstrādājamajam attēlam un tās slēgtos pikselus attiecīgais algoritms neapstrādā.

Praksē novērots, ka izmantojot šādu tehniku, nedaudz tiek samazināta numura plašu atrašanas precizitāte, toties ievērojami samazinot viltus atklāto plašu gadījumus. Gadījumu skaits, kad MITSRegNo uzrāda potenciālu numura zīmes atrašanos tajos attēla apgabalos, kur to patiesība nav, samazinās aptuveni par trešo daļu.



4.3 Eksperimenti un testi

Kā jau minēts tika veikta sistēmas darbības kvalitātes analīze.

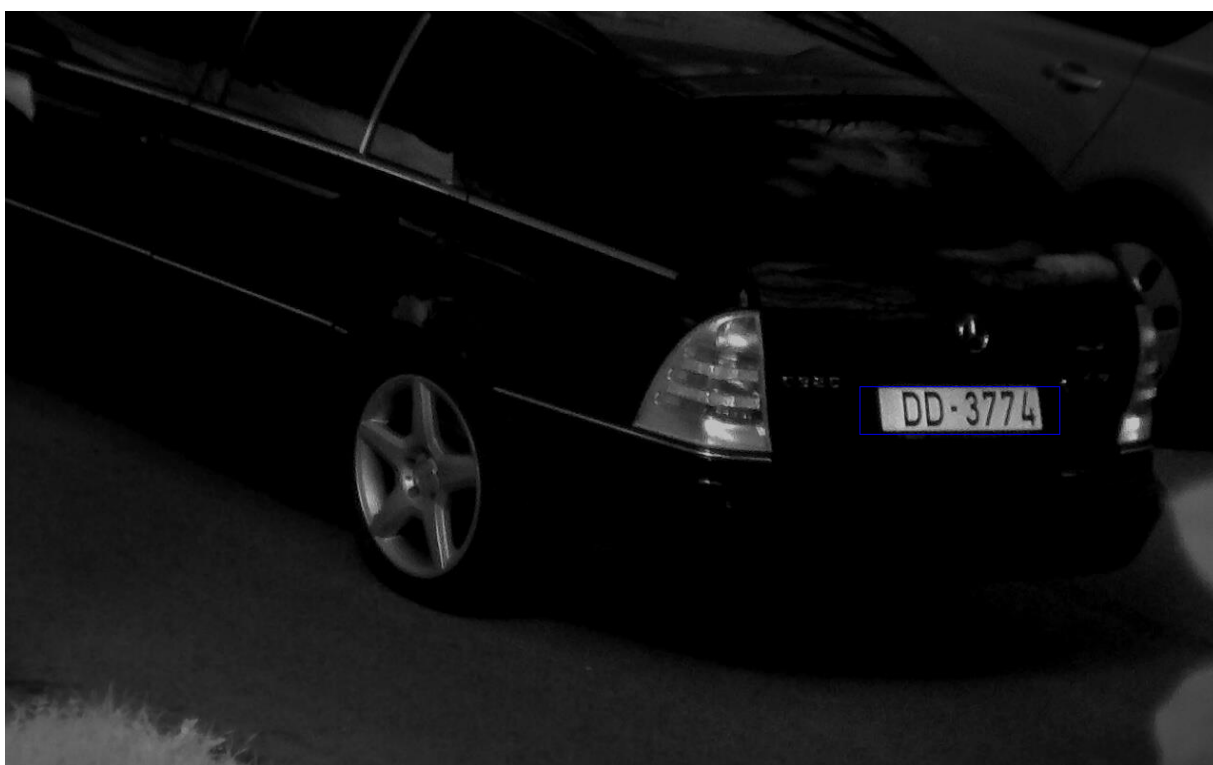
Mūsu eksperimentos izmantoti 200 video fragmenti, kuros automašīnas šķērso kameras redzes loku. Katrai automašīnai atbilst vidēji no 5 līdz 20 kadri. Par kritēriju izmantojam iepriekš sagatavotu numura zīmju koordināšu sarakstu visiem kadriem.

Labākajā gadījuma numura plašu atklāšanas precizitāte nedaudz pārsniedz 80 procentus no kopējā kadru skaita. Numura zīme netiek atklāta 6 mašīnām no 200. Katrā no šiem gadījumiem attēlos ir kādi nevēlami faktori.

4.4 Kopsavilkums un secinājumi

Kopumā ir izveidots automašīnu numuru atpazīšanas sistēmas prototips, kas spējīgs strādāt ar attēliem no dažādiem avotiem, tai skaitā no IP kamerām. Prototipam vēl nepieciešami ievērojami uzlabojumi, bet jau pašlaik var spriest par šīs sistēmas iespējām, kā arī novērtēt nepieciešamo aparātu resursu jaudu tās normālai funkcionēšanai.





4.5 Nākotnes perspektīvas

Turpmāk nepieciešama ievērojama sistēmas darbības optimizācija, kā no numura zīmju detektēšanas kvalitātes, tā arī no ātrdarbības viedokļa. Īpašu uzmanību jāpievērš teksta atpazīšanas sistēmas integrācijai, un tās darbības kvalitātei. Nepieciešams izstrādāt ērtu sistēmas konfigurēšanas mehānismu darbam reālos apstākļos.