

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.7. par periodu no 01.10.2012.g.līdz 31.01.2013.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

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 Paveiktais	3
1.2 Nākotnes perspektīvas	4
2 MITSEN grupas atskaite	5
2.1 Paveiktais automašīnu skaitīšanā un kustības virziena noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu	5
2.2 Brauktuves malā novietojami magnētiskie sensori	6
2.3 Brauktuves stāvokļa noteikšana	7
2.3.1 Brauktuves stāvokļa noteikšana izmantojot impulsu radaru metodi	7
2.3.2 Ūdens agregātstāvokļa noteikšana izmantojot kapacitatīvo un vadītspējas metodes	8
2.4 Kopsavilkums un secinājumi	8
2.5 Nākotnes perspektīvas	8
3 MITSIMPRO grupas atskaite	9
3.1 Paveiktais	9
3.2 Īstenotie risinājumi	9
3.2.1 Automašīnu skaitīšana naktī	9
3.2.2 Projekcijas transformācijas pielietojums	10
3.2.3 Vairāku līniju rādījuma apvienošana	12
3.2.4 Automašīnu parametru noteikšana	13
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	14
3.4 Nākotnes perspektīvas	14
4 MITSREGNO grupas atskaite	15
4.1 Ievads	15
4.2 Sistēmas struktūra	15
4.3 Realizācijas detaļas	16
4.4 Teksta atpazīšanas modulis	16
4.5 Datubāzes struktūra	17
4.6 Iespējamās tabulas	17
4.6.1 Kadru eksemplāru tabula.	17
4.6.2 Kadru avotu tabula.	17
4.6.3 Objektu tabula	18
4.6.4 Transformāciju tabula	18
4.6.5 Objekts/Transformācija tabula	18
4.6.6 Mezglu tabula.	18
4.7 Nākotnes perspektīvas	18

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

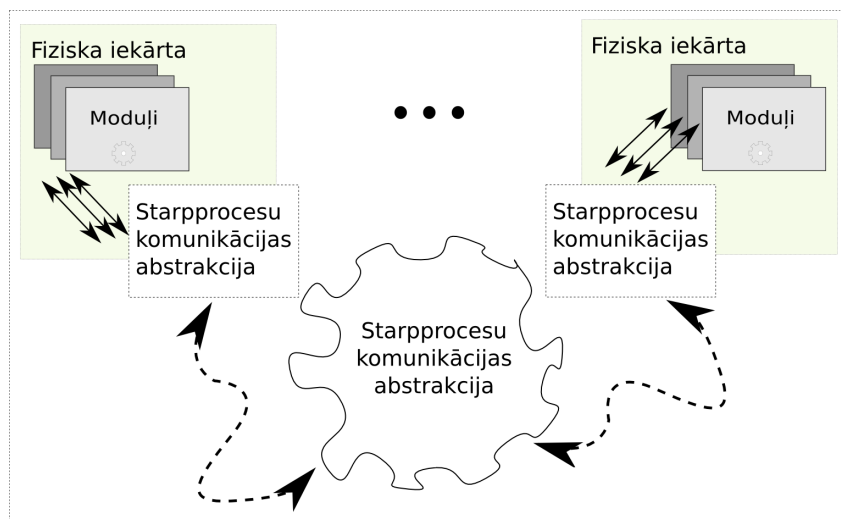
MITSVIEW grupas atskaite

Anotācija

Nodaļa apraksta MITSVIEW grupas paveikto sistēmas arhitektūras un komunikāciju plānošanā un realizācijā. Iepriekšējā ceturksnī MITSVIEW grupa iesāka darbu pie galveno sistēmas sastāvdaļu ieviešanas un starpprocesu saskarnes izveides. Šajā ceturksnī grupas darbs tika uz laiku apturēts, un atsākts ceturksņa beigās, kad pārējie sistēmas moduļi bija pietiekami attīstīti, lai tos varētu sākt integrēt kopējā sistēmā.

1.1 Paveiktais

MITSVIEW grupa šajā ceturksnī atsāka darbu pie pārējo darba grupu izstrādāto moduļu integrācijas kopējā sistēmā. Ņemot vērā sistēmas fizisko uzbūvi, kā arī citu darba grupu vajadzības sistēmas uzbūves plāns tika papildināts ar izklidētu sistēmas kodolu, ļaujot sadalīt aprēķinu darbu uz vairākām fiziskām iekārtām.



Att. 1.1: Komunikācija starp moduļiem, kas izvietoti fiziski izklidētā topoloģijā.

Tas nozīmē, ka katram sistēmas moduļim, sākot no sensoru datu savākšanas moduļa, līdz pat sargsuņa un ārējās komunikācijas moduļiem būs pieejama starpprocesu komunikācijas abstrakcija. Šī abstrakcija (attēls 1.1) tiks ieviesta kā atsevišķa komunikācijas bibliotēka, kuru lietos sistēmas moduļi un kas to vietā parūpēsies par tādām lietām, kā:

- Fiziskā komunikācijas kanāla izvēli starp moduļiem atkarībā no to fiziskā izvietojuma iekārtās;
- Komunikācijas ceļa izvēli atbilstoši komunikācijas kanālu noslodzes sadalījumam

- Vienmērīgu darbu sadalījumu starp moduļiem, kuru darbu iespējams sadalīt atsevišķos uzdevumos, kas veicami paralēli uz dažādām iekārtām, tādējādi uzlabojot kopējo darba ātrumu un sistēmas noturību pret kļūmēm.

1.2 Nākotnes perspektīvas

Nākamajā ceturksnī MITSView grupa plāno:

- Pabeigt komunikācijas abstrakcijas bibliotēkas, kuras pārējās darba grupas integrēs savos programmatūras moduļos
- Izstrādāt izkļiedēto sistēmas kodolu, kas savieno atsevišķo moduļu komunikāciju un nodrošina sabalancētu sistēmas darbību
- Turpināt pārējo darba grupu darba integrāciju kopējā sistēmā

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

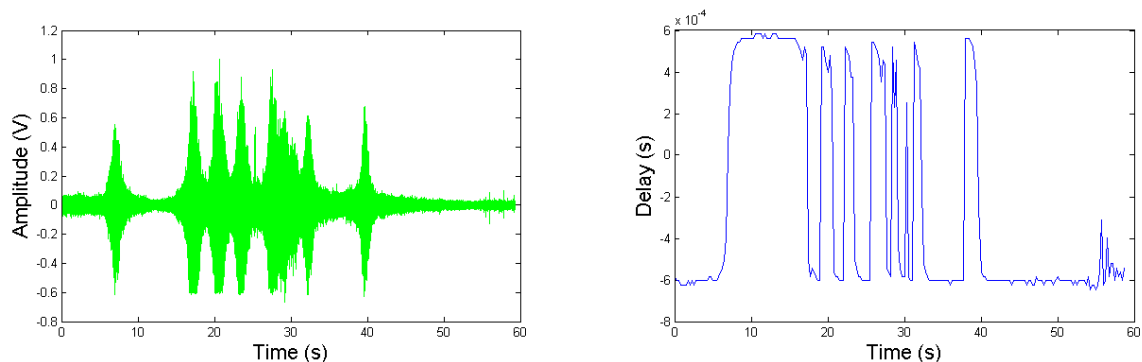
Anotācija

7. pārskata periodā sensoru izstrādes grupas galvenie darbi tika veikti mikrofonu matricu, ceļa stāvokļa noteikšanas un brauktuves malā novietojamo magnētisko sensoru izstrādes jomā. Mikrofonu matricas tika testētas reālos satiksmes apstākļos (transporta līdzekļu skaitīšana un pārvietošanās virziena atpazīšana). Akustiskajiem sensoriem ir izstrādāts un uzlabots programnodrošinājums un skaitīšanas algoritms. Ceļa stāvokļa noteikšanā tika veikti gan teorētiskie aprēķini un novērtējums, gan praktisku risinājumu izstrāde laboratorijas apstākļos. Etapa laikā ir izstrādāta pilnveidota ceļa malā novietojama magnētiskā sensora versija, kā arī veikti darbi programnodrošinājuma uzlabošanai.

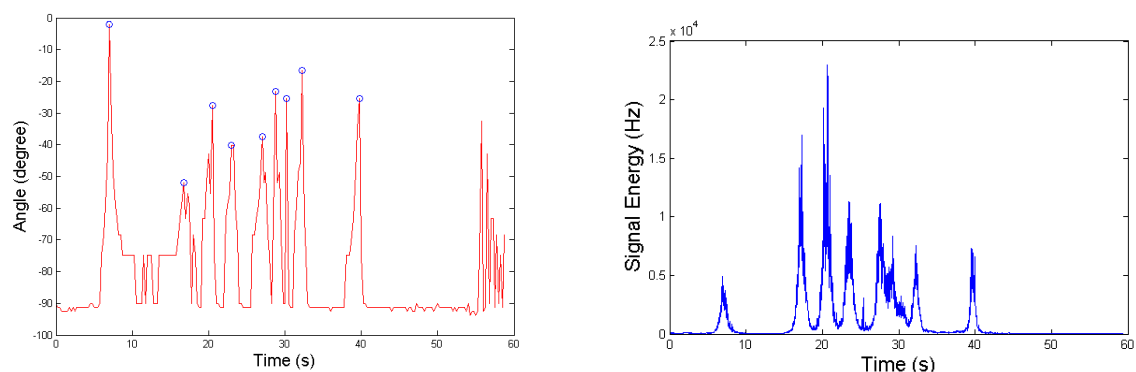
2.1 Paveiktais automašīnu skaitīšanā un kustības virziena noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu

Tika turpināts darbs mikrofonu masīvu pielietojuma auto detektēšanā. Izveidots algoritms automašīnu skaitīšanai izmantojot automašīnas radītās skaņas pienākšanas leņķa aprēķinus. Algoritms balstās uz divu mikrofonu uztverto skaņas viļņu aiztures noteikšanu. Automašīnas pārvietošanās rezultātā radītā skaņa tiek nofiltrēta atdalot vēja radīto troksni, kurš atrodas diapazonā līdz 400Hz. Algoritms iedalās divos etapos: aizturu atrašanas (attēls 2.1) un skaņas pienākšanas leņķa (attēls 2.2) aprēķins pēc atrastajām aizturēm. Skaitīšana balstās uz minimālā leņķa vērtības atrašanu, kura raksturo auto esamību tieši priekšā mikrofonu matricai. Leņķa aprēķins balstās uz pieņēmumu, ka pienākošie skaņas viļņi ir plakani viļņi, kas raksturojas ar skaņas avota 'tālu' atrašanos no mikrofonu matricas. Pieņēmums ļauj pielietot vienkāršus ģeometriskus aprēķinus, lai izskaitļotu automašīnas novietojumu attiecībā pret mikrofonu matricu izejot no mikrofonu savstarpējā attāluma un skaņas viļņu pienākšanas aiztures vērtības. Pēc leņķa aprēķiniem tiek pielietots sliekšnis, kur nākamajos aprēķinu etpos tiek izmantotas tikai vērtības, kuras pārsniedz sliekšni -70 grādi. Sliekšņa vērtība tika atrasta eksperimentāli. Nākošajā solī algoritms atrod visas pīķu vērtības, kuras pārsniedz iepriekš definēto sliekšni (2.2 attēls). Nākošais etaps ir pīķu analīze pielietojot tuvāko kaimiņu vērtību salīdzināšanu. Tiek uzdots diapazons, kur tiek meklētas vērtības, kuras pārsniedz uzdoto meklēšanas diapazonu. Šādā veidā tiek nofiltrētas straujas izmaiņas aprēķināto leņķu masīvā, kuras ir raksturojamams, kā nevēlams troksnis. Tādā veidā aprēķinos atstājot vērtības(pīķus), kuras raksturo automašīnas kustību. Lai pārbaudītu algoritmu tika veikti auto kustības skaņas ierakstu uz ceļa ar vienu braukšanas joslu katrā virzienā, kur atļautais braukšanas ātrums sastāda 90km/h. (attēlā 2.1) parādīts vienas minūtes ieraksts ar 9 fiksētām automašīnām. Papildus tika veikta video ierakstīšana paralēli mikrofonu matricas ierakstam, lai salīdzinātu algoritma precizitāti. Konkrētajā gadījumā (attēls 2.1) izmantojot skaņas pienākšanas leņķa analīzi tika saskaitītas visas 9 automašīnas (attēls 2.2). Aprēķinu rezultāti parāda, ka izmantojot mikrofonu var veikt automašīnas skaitīšanu bastoties uz skaņas pienākšanas leņķa aprēķinu. Problēmas sagādā gadījumi, kad vieglā automašīna brauc tieši aiz smagās, tādā veidā vieglā transporta līdzekļa skaņa tiek nomākta un algoritms to neatpazīst. Tāda pati situācija rodas gadījumos, kad divas pretī braucošas automašīnas aizsedz viena otru. Šo problēmu var atrisināt pielietojot video datu apstrādi.

Tika veikti signāla enerģija aprēķini, lai pārbaudītu vai iespējams veikt auto skaitīšanu. (attēls 2.2) parāda, ka izmantojot signāla enerģijas aprēķinu vietā no 25 -35 sekundeī nav iespējams detektēt tajā laikā esošo 3 automašīnu klātbūtni. Tas izskaidrojams ar to, ka automašīnas brauc salīdzinoši tuvu viena



Att. 2.1: Vienas minūtes garš auto kustības rezultātā radītais trokšņa ieraksts un divu mikrofonu aiztures



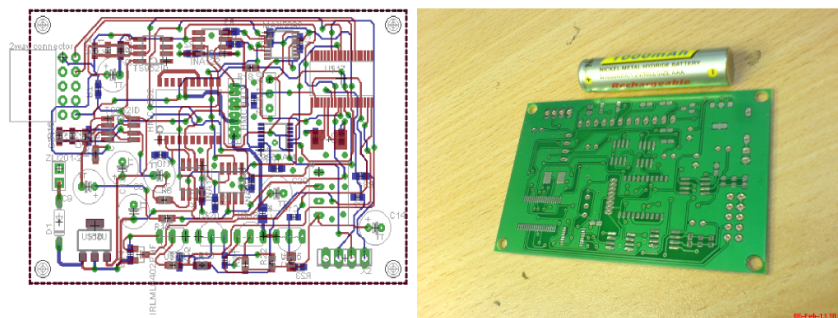
Att. 2.2: Skaņas pienākšasn leņķis attiecībā pret mikrofonu matricu (ar apli iezīmēti saskaitītie transporta līdzekļi) un signāla enerģijas grafiks

otrai, šajā gadījumā labāku detektēšanu uzrāda skaņas pienākšanas leņķa aprēķina algoritms. Tas tika novērots situācijā, kad automašīnas brauc ar mazu distanci ($<10\text{-}12\text{m}$).

Lai noteiktu automašīnas kustības virzienu tikai veikta aprēķināto aizturu apstrāde. Pirmajā etapā tika aprēķināts pirmās kārtas atvasinājums, kurš norāda uz aiztures līknes stāvumu. Nākamais solis ir sliekšņu pielietošana, lai atrastu pīķu lielumus, kuri apraksta kustības virzienu. Pēc tam tiek salīdzinātas atrasto pīķu lielumu starpība. No šīs starpības var noteikt automašīnas kustības virziena izmaiņas. Pielietojot šo pieeju pie reāliem ierakstiem tika novērots, ka pietiekami tuvu ($10\text{-}12\text{m}$) braucošas automašīnas algoritms neatšķir. Precizitāte sastāda aptuveni 68 procenti.

2.2 Brauktuves malā novietojami magnētiskie sensori

Iepriekšējā projekta atskaites etapā tika rekomendēts izstrādāt jaunu ceļa malā novietojama magnētiskā sensora PCB plati (jaunu sensoru). Šī etapa ietvaros atbilstošie darbi ir veikti. Uzlabojumi no iepriekš izstrādātās versijas ir: automatiskā līdzkomponentes kalibrācijas nodrošināšana (iepriekš tika implementēta kā moduļu veidā pievienots elements), samazināts enerģijas patēriņš, kas iegūts optimizējot magnētisko sensoru atmagnetizācijas ķēdes darbību un vadot to ar mikrokontroliera palīdzību, iespēja pievienot radio moduli (paredzēts Nordic NRF9E5) izmantojot UART saskarni, kā arī ievērojami samazināti izmēri. Izstrādātā PCB versija redzama 2.3 attēlā. Kreisajā attēla pusē redzams Eagle spiestās plātes zīmējums (TOP un BOTTOM slāņi), bet labajā pusē izgatavotā PCB plate (TOP slānis). Magnētisko sensoru HMC1001 un HMC1002 diferenciālo izeju līmeņi tiek salāgoti izmantojot ciparu potenciometru MAX5392LAUE+, kura vadība tiek nodrošināta ar mikrokontroliera palīdzību. Diferenciālo izeju salāgošana nepieciešama, lai nodrošinātu pastiprinātāja izejas signāla atrašanos darba diapazonā ($0 - 2,5\text{V}$). Izejas spriegums, mainot vienu no magnētiskā sensora diferenciālai izejai pievienotiem rezistoriem (MAX5392LAUE+), tiek nolīmeņot uz $1,25\text{ V}$ lielumu. Iepriekšējiem sensora variantiem līdzkomponentes kalibrācija tika veikta izmantojot manuāli ar skrūvi regulējamus



Att. 2.3: Magnētiskā sensora PCB

potenciometrus, kas pie katras uzstādīšanas un testēšanas reizes prasīja mērīt diferenciālā pastiprinātāja izejas līdzkomponentes vērtību un attiecīgi to pieskaņot nepieciešamajam diapazonam. No iepriekš veiktajiem eksperimentiem tika secināts (aprakstīts iepriekšējās projekta atskaitēs), ka magnētiskā sensora diferenciālās izejas sprieguma izmaiņas notiek arī temperatūras ietekmē, līdz ar to sensora darbības laikā ik pa laikam bija nepieciešams veikt rezistoru regulēšanu. Jaunajā PCB versijā šī regulēšana notiek automātiski. Datu sūtīšanu plānots nodrošināt ar bezvadu radio palīdzību. Radio plānots pievienot sensoram kā atsevišķu moduli, tādā veidā nodrošinot iespēju dažādu radio risinājumu izmantošanai.

2.3 Brauktuves stāvokļa noteikšana

Brauktuves stāvokļa noteikšanai var tikt izmantotas invazīvas un neinvazīvas metodes. Pie invazīvām metodēm pieder dažādu sensoru (kapacitatīvo, induktīvo, vadītspējas, potenciālu starpības, temperatūras) iestrādāšana ceļa sagumā. Neinvazīvās metodes ir spektrālās analīzes veikšana virsmas apgabalā, radaru izmantošana, kā arī rases punkta noteikšana.

2.3.1 Brauktuves stāvokļa noteikšana izmantojot impulsu radaru metodi

Viens no neinvazīviem veidiem brauktuves stāvokļa noteikšanai ir izmantot augstfrekvences radarus. Šajā projekta etapā tika apskatīta iespēja noteikt ledus esamību uz virsmas izmantojot impulsu radaru metodi. Metodes darbības pamatā ir raidītāja antenas izstaroto impulsu atstarošanās laika pret vides izmaiņām mērījumi. Daļa antenas izstarotā elektromagnētiskā viļņa atstarojas no ledus vai ūdens kārtiņas virsmas, kura ir uz ceļa seguma, bet daļa iziet cauri šai kārtiņai un atstarojas jau no paša seguma. Svarīgi ir noteikt abu šo atstarošanās laiku starpību. Lai to noteiktu, tika veikta teorētiska analīze nepieciešamās frekvences noteikšanai ledus kārtiņa biezuma mērījumiem uz ceļa seguma. Rādio viļņu izplatīšanās frekvenci raksturo formula:

$$v = \frac{v}{\lambda} \quad (2.1)$$

kur:

f – frekvence, Hz

v – viļņa izplatīšanās ātrums, m/s

λ – viļņa garums, m

Viļņa izplatīšanās ātrumu var izteikt arī izmantojot vides (materiālu) dielektrisko un magnētisko caurlaidību:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r \epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.2)$$

kur :

ϵ_0 - dielektriskā caurlaidība gaisā

μ_0 - magnētiskā caurlaidība gaisā

ϵ_r – relatīvās dielektriskās caurlaidības konstantes

μ_r - relatīvā magnētiskās caurlaidības konstante

Vides dielektriskā caurlaidība ledum ir 9. Pārsvārā gadījumu ledus biezums uz ceļa virsmas svārstās no 0,1 līdz 1 cm. Visbiežāk un arī visbīstamākais ir melnais ledus, kura biezums nav lielāks par 0,1 – 0,2 cm. Ņemot vērā šo aspektu, raidītāja un uztvērēja frekvencei pie šādiem objektu detektēšanas nosacījumiem jāsadāda no 10 līdz 100 GHz (jo plānāku ledus kārtiņu nepieciešams nomērīt, jo augstākai jābūt raidītāja un uztvērēja frekvencei). Minētā frekvence ir ļoti augsta un grūti sasniedzama ar lētām tehnoloģijām. Dēļ šī iemesla nerekomendējam ceļa stāvokļa noteikšanai (ledus vai ūdens) izmantot impulsu radaru metodi. Šīs metodes pielietojums ir efektīvs, ja ledus biezuma noteikšanu nepieciešams veikt, piemēram, ezerā vai jūrā, kur ledus kārtas biezums ir ievērojami lielāks, līdz ar to nepieciešamā frekvence ievērojami zemāka.

2.3.2 Ūdens agregātstāvokļa noteikšana izmantojot kapacitatīvo un vadītspējas metodes

Šajā projekta etapā tika veikti eksperimenti ceļa stāvokļa noteikšanai izmantojot invazīvos sensorus. Viena no iepriekš minētām metodēm ir ūdens agregātstāvokļa noteikšana izmantojot vides vadītspēju. Eksperimenti tika veikti telpā un ārā apstākļos (ūdens sasaldšana). Kā sensors tika izmantots makets ar diviem vadītājiem starp kuriem attālums ir 2,54 mm. Eksperimenta laikā tika noskaidrots, ka izmantojot konkrēto sensoru, ūdenī bez NaCl piemaisījumiem sensora pretestība ir 0,13 – 0,5 MΩ, -9C temperatūrā pretestība pakāpeniski palielinās līdz 2 – 5 MΩ (ciets agregātstāvoklis). Turpretī sausam sensoram pretestība ir bezgalīgi liela. Pievienojot ūdenim NaCl, +20C sensora pretestība nokrīt līdz 4,8 kΩ. Novietojot NaCl šķīdumu -9C, sensora pretestība sasaldšanas procesā palielinās līdz 44 kΩ (eksperimenta šķīdums pilnībā nesasalst). Eksperimenti tika veikti ar dažāda daudzuma NaCl piejaukumu. No vairākiem eksperimentiem secināms, ka ūdens vadītspēja atkarīga no NaCl koncentrācijas: jo lielāka koncentrācija, jo augstāka vadītspēja. Otrs eksperiments tika veikts izmantojot sensora, kurš ievietots ūdenī, kapacitātes mērījumus. Izmantotais sensora veids ir identisks augstāk minētajam eksperimentam – divi paralēli novietoti vadītāji, kas konkrētajā gadījumā veido kondensatoru. Kondensatora kapacitāte mainās atkarībā no vides dielektriskās caurlaidības – ledus, ūdens, sausa vide. Veicot eksperimentus, tika konstatēts, ka ūdenī bez NaCl ievietota sensora kapacitāte +20 C ir 1,3 uF. Ūdenim sasaldot kapacitāte samazinās līdz 2,2 nF, bet sausam sensoram kapacitāte samazinās līdz 0,042 nF. Eksperimenti tika veikti arī ar no sniega iegūta ūdens, kam šķidrā stāvoklī kapacitāte ir 0,29 uF, bet sasalušā stāvoklī – 0,33 nF. No kapacitātes mērījumiem redzams, ka dažādā veidā iegūtā ūdens kapacitāte var atšķirties par kārtu gan šķidrā gan cietā agregātstāvoklī. Pievienojot ūdenim NaCl +20C sensora kapacitāte ir 70uF, bet -10C kapacitāte samazinās līdz 12 uF. Sausa sensora gadījumā kapacitāte samazinās līdz 0,048 nF. Veiktie eksperimenti pierādā, ka vienkārša sensora izmantošana ļauj aptuveni noteikt ūdens agregātstāvokli. Ceļa stāvokļa noteikšanai ieteicams izmantot divus mērījumus vienlaicīgi (vadītspēja, kapacitāte).

2.4 Kopsavilkums un secinājumi

Veiktie darbi ir solis tuvāk projekta rezultātu sasniegšanai - prototipa izstrādei. Līdz šim izstrādātie risinājumi ļauj veikt transporta līdzekļu skaitīšanu reālā laikā (magnētiskie sensori, PIR sensori) un ar pēcaprēķinu veikšanu (akustiskie sensori). Izmantojot mikrofonu matricu iespējams veikt automašīnu skaitīšanu, precizitāte sastādā aptuveni 68 procentus. Izveidotais algoritms uzrāda labu precizitāti automašīnu skaitīšanā, ja transporta līdzekļu distance atbilst satiksmes noteikumiem, kurai jābūt aptuveni pusei no automašīnas pārvietošanās ātruma. Izmantojot mikrofonu matricu tika detektēti visi transporta līdzekļi gadījumos, kad autovadītāji ievēro pieļaujamo distance starp diviem transporta līdzekļiem.

2.5 Nākotnes perspektīvas

Nākamajā etapā nepieciešams izstrādāt reāla laika akustisko sensoru prototipu. Kā risinājumu var minēt ARM procesoru izmantošanu aprēķinu veikšanai. Nepieciešams salodēt un notestēt izveidotos brauktuves malā novietojamos magnētiskos sensorus, kā arī uzlabot programaturu transporta līdzekļa sakaitīšanai. Brauktuves stāvokļa noteikšanai jāizstrādā prototipa modulis, kurš, ņemot vērā projekta kapacitātes iespējas, būs invazīvs attiecībā pret ceļa segumu.

Nodaļa 3

MITSimPro grupas atskaite

Anotācija

Automašīnas atklāšanas algoritms papildināts ar iespēju darboties nakts apstākļos. Tiek apskatītas dienas apstākļu algoritma modifikācijas, kas ļauj skaitīt automašīnas pēc to lukturiem. Apvienojot rādījumus no vairākām atklāšanas līnijām un lietojot projekcijas transformāciju, skaitīšanas algoritms papildināts ar iespēju noteikt mašīnu parametrus.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSimPro veikusi sekojošus darbus:

- Automašīnu atklāšanas algoritma modifēšana darbībai nakts laikā (nodaļa 3.2.1).
- Īstenota projekcijas transformācija, ar kuru koordinātes no kadra plaknes tiek pārnestas uz ceļam atbilstošu plakni (nodaļa 3.2.2).
- Veidots algoritms, vairāku atklāšanas līniju rādījumu apvienošanai, kas spēj noteikt aptuvenu atklāto automašīnu platumu, garumu un ātrumu (nodaļa 3.2.4).
- Piedalīšanās konferencē ICSIP 2012, kurā prezentēta publikācija „Efficient video processing method for traffic monitoring combining motion detection and background subtraction.”

3.2 Īstenotie risinājumi

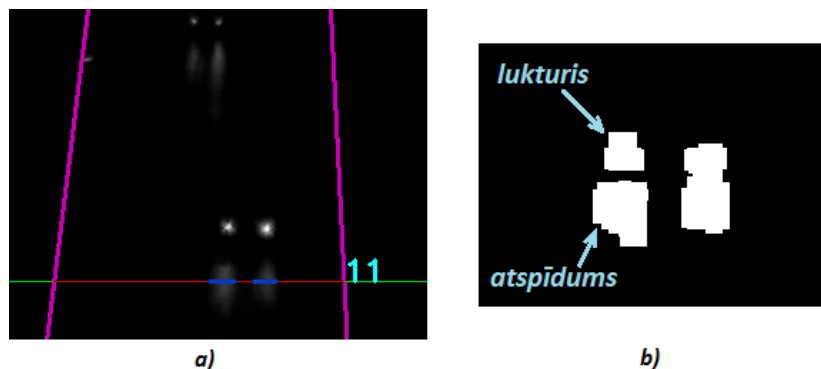
3.2.1 Automašīnu skaitīšana naktī

Iepriekšējā pārskata periodā tika izvēlēti un notestēti izmantotās kameras parametri, kas ļauj nakts režīmā iegūt kadrus, kuros gan sausā, gan slapjā laikā pārsvarā vienīgie redzami objekti ir automašīnu lukturi. Šajā periodā, balstoties uz šādiem ieejas kadriem, automašīnu atklāšanas algoritms tika modifēts, ļaujot skaitīt automašīnas naktī.

Intervālu atklāšana uz līnijas paliek tāda pati kā dienā ar atsevišķām izmaiņām. Naktī tiek saskaitīti arī īsāki intervāli (minimālais intervāla platums, kas jau var atbilst automašīnai ir 3 pikseļi). Lai atklātu uz līnijas kustību vai fonam nepiederošus objektus, naktī tiek lietoti mazāki sliekšņi. Tā kā fons ir melns lielā kameras aizvara ātruma dēļ, un, laikā fons praktiski nemainās, tas tiek pieņemts par nemainīgu, kā arī tiek lietota nemainīga sliekšņa vērtība. Eksperimentāli izvēlēta sliekšņa vērtība 5 tiek lietota gan kustības, gan objektu atklāšanai pēc dažādiem parametriem.

Slēdzot kādu no intervāliem, tā koordinātes vēl tiek saglabātas vairākus kadrus, un, tās tiek salīdzinātas ar citu slēgto intervālu koordinātēm šajos kadrus. Tādējādi tiek meklēti lukturi pāri, kas raksturīgi automašīnām. Pāri veido tie slēgtie intervāli, kuri tika slēgti ar nelielu laika atšķirību, un, kuru koordinātes ir pietiekami tuvas, lai iespējamās automašīnas (abu intervālu apvienojuma) platums nepārsniegtu iestādītu sliekšni. Pāris tiek izskaitīt kā viena automašīna. Ja intervāls ir bijis slēgts pirms vairāk kā 10 kadriem, un, nav ticis atrasts pāris, tiek atklāts un kā transportlīdzeklis saskaitīts viens lukturnis - šādā veidā var skaitīt motociklus.

Kameras aizvara ātruma palielināšana ne visos gadījumos pilnībā atrisina lukturnu atspīduma problēmu, kas var parādīties uz slapjiem ceļiem (attēls 3.1.a). Tas tiek ņemts vērā mašīnu skaitīšanas algoritmā. Ja dažus kadrus pēc intervāla slēgšanas uz tām pašām atklāšanas līnijas koordinātēm tiek



Att. 3.1: Automašīnu skaitīšana naktī, pie traucējoša lukturu atspīduma uz ceļa

izveidots vēl viens intervāls, tiek pieņemts, ka iepriekš slēgtais intervāls ir bijis atspīdums, un kļūdaini palielinātais automašīnu skaits tiek samazināts par vienu. Algoritms balstās uz pieņēmumiem, ka lukturu atspīdums uz mašīnas braukšanas virzienam perpendikulāras atklāšanas līnijas atrodas tajā pašā apgabalā kur pats lukturis, un, ka attālums starp lukturi un tā atspīdumu ir mazāks, kā starp vienai aiz otras braucošu automašīnu lukturiem. Atklātais un pie mašīnām nepieskaitītais lukturu atspīdums parādīts attēlā 3.1.b., kas ir laika-telpas attēls, un, kas atbilst vairākiem kadriem, kuros bildē 3.1.a parādītā automašīna ir pilnībā šķērsojusi atklāšanas līniju. Attēlā redzamais kreisā luktura atspīdums tiek izskaitīts kā automašīna, tomēr, pēc paša luktura intervāla slēgšanas un pieskaitīšanas, tiek atklāts, ka pirmais intervāls atbilst atspīdumam, tādēļ atklāto automašīnu skaits tiek par vienu samazināts. Attēla labās puses intervālā atspīdums un lukturis ir saplūduši par vienu atklātu objektu, tādēļ nenotiek nedz lieka mašīnas pieskaitīšana, nedz arī to labojošā atskaitīšana.

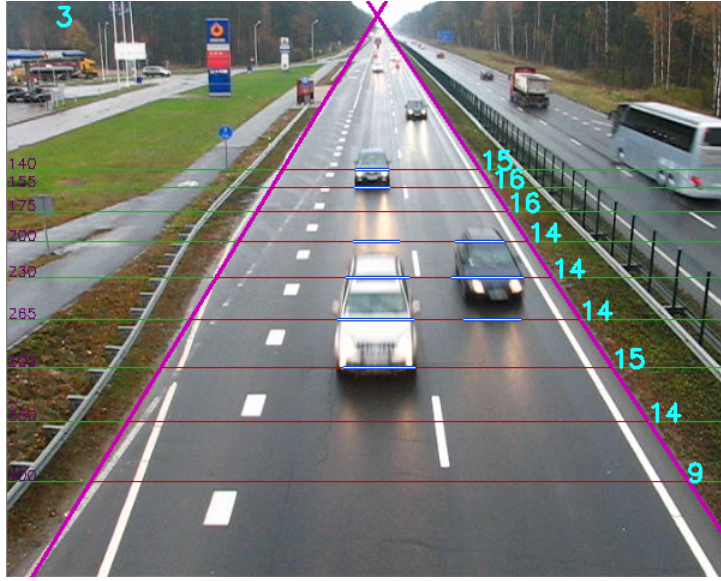
Lai automātiski noteiktu nakts režīma iestāšanos (kad kamerai tiek uzstādīts maksimālais aizvara ātrums), tiek pārbaudīts katrs melnbaltais kadrs. Tiek iegūta kadra pikseļu intensitāšu summa, un, tā tiek dalīta ar kadra pikseļu skaitu. Ja šis dalījums pārsniedz noteiktu sliekšņa vērtību, tiek pieņemts lēmums, ka pētāmajā kadrā ir pietiekoši daudz gaišu pikseļu, un, tiek novērota dienas aina. Piemēram, kadrā ar izmēru 800×600 pikseļu ir 5 automašīnas. Ņemot vērā, ka nakts režīmā pārsvarā redzami tikai mašīnu lukturi, un par piemēru pieņemot, ka lukturu diametrs ir 18 pikseļi un maksimālā iespējamā intensitāte ir 255, tiek iegūta aptuvena attiecība:

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot 9^2 \cdot 10 \cdot 255}{800 \cdot 600} \approx 2.7, \quad (3.1)$$

Attiecības 3.1 rezultāts ir lielāks salīdzinot ar to, kas biežāk parādās praksē, jo lukturiem pieņemta maksimālā intensitāte 255 - reāli intensitāte būs mazāka, jo kameras aizvara ātrums ir pieskaņots tam, lai lukturi kadrā nebūtu pārgaismoti. Dienas laikā visbiežāk katram no 480000 pikseļiem būs ne nulle vērtība, līdz ar to, pat ja katra pikseļa intensitāte ir tikai 10 (kas dienas laikā nav reālistiski), tad attiecība jau būs 10. No šiem apsvērumiem, par sliekšņa vērtību, kas nosaka dienas/nakts režīmu pieņemts 10.

3.2.2 Projekcijas transformācijas pielietojums

Automašīnu atklāšanas algoritms ļauj izvietot kadrā vairākas atklāšanas līnijas. Attēlā 3.2 parādīta deviņu atklāšanas līniju izvietošana kadrā. Virs katras līnijas, pa labi no kadrā redzamā ceļa, norādīts automašīnu skaits, kas iegūts uz šīs līnijas. Skaitot no kadra augšas, 2. un 3. līnija ir atklājušas 16 automašīnas. Nākošās līnijas ir atklājušas tikai 14. automašīnas, jo divas no tām vēl nav izbraukušas no zemākām atklāšanas līnijām (šo mašīnu intervāli vēl nav slēgti uz zemākām līnijām). 7. līnija uzrāda 15 atklātas automašīnas, kas nozīmē, ka skaitīšanā ieviesusies kļūda, izskaitot vienu automašīnu par daudz. Uz pirmās līnijas ir notikusi pretēja kļūda - viena automašīna ir palaista garām bez pieskaitīšanas. Secināms, ka apvienojot rādījumus no vairākām līnijām, iespējams palielināt kopējo skaitīšanas precizitāti, jo var tikt atklātas atsevišķu līniju kļūdas, salīdzinot to rādījumus ar pārējām līnijām. Zemākā no atklāšanas līnijām ir pieļāvusi daudz kļūdu - palaidusi garām 5 no 14 automašīnām. Secināms, ka tik zemu kadrā, kur automašīnu redzamais ātrums ir liels un kontūras izplūdušas, atklāšanas līniju izvietot nav ieteicams.



Att. 3.2: Vairāku atklāšanas līniju izvietošana kadrā

Lai noteiktu automašīnu parametrus, plānots apvienot dažādo līniju intervālus, noskaidrojot, kuri intervāli pieder vienam un tam pašam transportlīdzeklim. Taisna ceļa gadījumā var izmantot priekšzināšanas, ka vienas mašīnas intervāli atrodas viens zem otra uz blakus esošām atklāšanas līnijām. Tomēr, perspektīvas dēļ, intervālu garumi atšķiras - uz augstākām līnijām izveidotie intervāli ir īsāki par uz zemākām līnijām izveidotajiem. Šī perspektīva arī jāņem vērā mašīnas parametru iegūšanai, jo kadrā augstāk esošās automašīnas izskatās mazākas un lēnāk braucošas nekā tās pašas automašīnas pie tā paša ātruma kadra lejasdaļā, kas atbilst tuvāk kamerai esošajam ceļa apgabalam. Šādu apsvērumu dēļ, tika izvēlēts projekcijas transformācijas lietojums, kas kadra plakni transformētu uz ceļam atbilstošo plakni. Jaunā transformācija atbilstu gadījumam, kad kamera novietota perpendikulāri virs ceļa, un, automašīnas būtu redzamas precīzi no augšas.

Projekcijas transformācijai no vienas plaknes uz citu, jāatrod pirmās plaknes punktu koordinātes (x,y) otrajā (u,v) . Jaunās koordinātes iegūstamas pēc formulām 3.2, 3.3

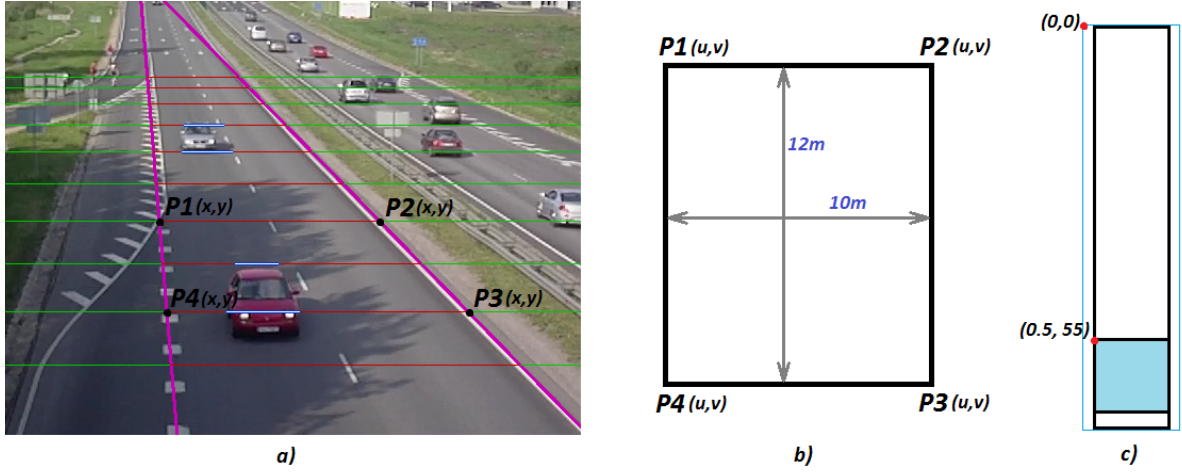
$$u = \frac{a \cdot x + b \cdot y + c}{g \cdot x + h \cdot y + 1}, \quad (3.2)$$

$$v = \frac{d \cdot x + e \cdot y + f}{g \cdot x + h \cdot y + 1}, \quad (3.3)$$

Transformācijas koeficientus a, b, c, d, e, f, g, h var atrast, ja ir zināma vismaz četru punktu atbilstība starp divām plaknēm. Tātad katram interesējošam kameras novietojumam vispirms ir jāveic kalibrācija - vismaz četriem punktiem kadrā manuāli jāiestāda atbilstošās vērtības vēlamajā ceļa plaknē. Piemēram, ja attēlā 3.3.a pieņem, ka redzamais ceļš ir taisns un līdzens, tad punkti $P1, P2, P3$ un $P4$ transformētajā plaknē veido taisnstūri (attēls 3.3.b). Šis taisnstūris ir ceļa apgabals starp trīs atklāšanas līnijām. Lai nokalibrētu sistēmu, būtu jāizmēra attālumi dabā starp šiem četriem punktiem. Pirmajiem testiem tika pieņemti aptuveni attālumi - 10 metri starp punktiem $P1$ un $P2$ un 12 metri starp $P1$ un $P4$. Transformācija tiks veikta visam pētāmajam ceļa apgabalam, tādēļ par koordinātēm punktam $P1(u, v)$ šajā piemērā tiek pieņemtas vērtības $u = 0.5m$ (ceļa kreisā mala sāksies 0,5m attālumā no jaunās plaknes pirmās kolonnas) un $P1 = 55m$ (pieņemta pietiekama rezerve ceļa posmam virs punkta $P1$). Kalibrācijā izmantotā četrstūra atrašanās vieta transformācijas plaknē visam ceļam attēlota 3.3.c.

Pēc kalibrācijas, transformācijas koeficientu vērtības iegūstamas ar vienādojumu sistēmu:

$$\begin{aligned} ax_1 + by_i + c &= gx_i + u_i + hy_i u_i + u_i \\ dx_1 + ey_i + f &= gx_i + v_i + hy_i v_i + v_i \end{aligned} \quad (3.4)$$



Att. 3.3: Sistēmas kalibrēšana, lai pēc projekcijas transformācijas iegūtu plakni, kurā interesējošais ceļa apgabals ir taisnstūris

Sistēmā 3.4 ievietojot zināmos x, y, u, v , iegūst atrisināmu sistēmu:

$$\begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0 u_0 & -y_0 u_0 \\ 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 & -x_0 v_0 & -y_0 v_0 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 u_1 & -y_1 u_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1 v_1 & -y_1 v_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n-1} & y_{n-1} & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_{n-1} u_{n-1} & -y_{n-1} u_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & x_{n-1} & y_{n-1} & 1 & -x_{n-1} v_{n-1} & -y_{n-1} v_{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \\ u_1 \\ v_1 \\ \vdots \\ u_{n-1} \\ v_{n-1} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Koeficientu aprēķins īstenots kodā, un, tagad pirmais solis ko veic automašīnu atklāšanas algoritms ir projekcijas transformācijas koeficientu aprēķins. Kodā īstenota arī metode, kas (x, y) plaknē uzdotās koordinātes pārveido uz (u, v) plaknes koordinātēm. Lai pārietu no ceļa plaknes koordinātēm atpakaļ uz katra plaknei atbilstošajām vērtībām, veic inverso projekcijas transformāciju. Šajā gadījumā vienādojumu sistēmā 3.4 var apmainīt vietām (x, y) un (u, v) koordinātes. Tomēr kodā īstenota cita inversās transformācijas koeficientu $a_{inv}, b_{inv}, c_{inv}, d_{inv}, e_{inv}, f_{inv}, g_{inv}, h_{inv}$ atrašanas metode, kas balstās uz atrastajiem tiešās transformācijas koeficientiem:

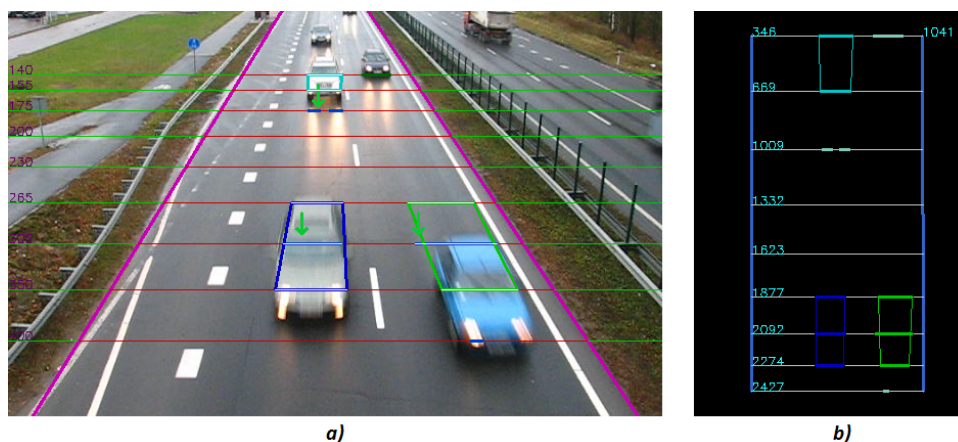
$$\begin{aligned} a_{inv} &= \frac{e-f \cdot h}{a \cdot e - b \cdot d} \\ b_{inv} &= \frac{c \cdot h - b}{a \cdot e - b \cdot d} \\ c_{inv} &= \frac{b \cdot f - c \cdot e}{a \cdot e - b \cdot d} \\ d_{inv} &= \frac{f \cdot g - d}{a \cdot e - b \cdot d} \\ e_{inv} &= \frac{a - c \cdot g}{a \cdot e - b \cdot d} \\ f_{inv} &= \frac{d - c - a \cdot f}{a \cdot e - b \cdot d} \\ g_{inv} &= \frac{a \cdot e - b \cdot d}{d \cdot h - e \cdot g} \\ h_{inv} &= \frac{b \cdot g - a \cdot h}{a \cdot e - b \cdot d} \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.2.3 Vairāku līniju rādījuma apvienošana

Automašīnu atklāšanas algoritmā, projekcijas transformācija tiek pielietota pēc tam, kad ir atklāti intervāli uz līnijas. Transformācija nav prasīga pret skaitļošanas jaudām, jo katram intervālam tiek transformētas tikai gala koordinātes. Jaunās intervālu koordinātes tālāk tiek apstrādātas, ar mērķi noteikt intervālus, kuru veidošanos izraisījusi viena un tā pati automašīna. Ja tas ir noteikts, intervāls tiek pievienots *Vehicle* klases objektam. Šīs klases objekti ir automašīnas, kuru mainīgie ir mašīnu veidojošie intervāli, mašīnas koordinātes, parametri.

Kad uz līnijas parādās jauns intervāls, tas nepieder nevienai automašīnai, ka arī netiek uzskatīts par pirmo izveidojušos intervālu jaunai automašīnai. Intervāls tiek salīdzināts ar jau esošo automašīnu intervāliem. Ja intervāls atrodas uz atklāšanas līnijas, kas ir blakus citai līnijai, uz kuras ir mašīnai piederošs intervāls, un, ja šo intervālu gala koordināšu starpību absolūtās vērtības nepārsniedz sliekšņa vērtību, tiek pieņemts lēmums, ka jaunais intervāls ir pievienojams jau eksistējošai automašīnai. Savukārt, ja tuvumā jaunajam intervālam nav nevienas derīgas mašīnas, tad intervāls tiek uzskatīts par iespējamu automašīnu. Nākamreiz, kad parādīsies jauns intervāls, tas tiks salīdzināts gan ar automašīnām, gan ar intervālu, kas ir iespējamā automašīna. Ja jaunais intervāls tiek pievienots iespējamai automašīnai, tā kļūst par pilnvērtīgu mašīnu ar diviem intervāliem.

Attēlā 3.4.a parādīti vairāki intervāli uz atklāšanas līnijām un attēlā 3.4.b ir šo līniju un uz tām esošo intervālu projekcijas transformācijas rezultāts. Vienas un tās pašas automašīnas intervāli transformācijas attēlā ir vienā krāsā, tātad šobrīd algoritms ir saskaitījis 3 mašīnas un vienu iespējamu mašīnu ar līnijām noklātajā kadra apgabalā. Automašīnas objektam ir arī četras stūru koordinātes, starp kurām novilkta taisnes, kas veido attēlos redzamo automašīnas rāmi. Mašīnas stūru koordināšu aprēķinā tiek ņemtas vērā visu mašīnā esošo intervālu koordinātes.



Att. 3.4: Ceļš un automašīnas ar projekcijas transformāciju atjaunotajā ceļa plaknē

Attēlā 3.4.a atklāšanas līnijas kadrā ir izvietotas ar nevienmērīgu attālumu, jo tiek ņemts vērā, ka perspektīvas dēļ, kadra augšdaļā redzamais ceļš ir vairāk saspiests kadra plaknē, nekā kadra apakšā. Šī īpašība pamanāma arī transformācijas attēlā, kur starp augšējam līnijām ir lielāks attālums nekā starp apakšējām. Programmā arī iestrādāta metode, kas, pirms izvietot kadrā atklāšanas līnijas, izrēķina, vai sākotnēji uzdotais atklāšanas līniju skaits un uzdotais attālums starp tām nenoved pie mēģinājuma izvietot vienu vai vairākas līnijas ārpus kadra. Šādā gadījumā programmas izpildē rastos kļūda, tādēļ programma automātiski samazina atklāšanas līniju skaitu, līdz maksimāli pieļaujamajam pie uzdotajiem attālumiem starp līnijām.

3.2.4 Automašīnu parametru noteikšana

Pārskata periodā īstenota arī metode, kas izslēdz no mašīnas neiederīgus intervālus. Ja kāds no mašīnas intervāliem ir būtiski garāks nekā pārējie šīs mašīnas intervāli, tiek pieņemts lēmums šo intervālu izņemt no konkrētās mašīnas intervāliem. Ir iespējami gadījumi, kad blakus joslās braucošu automašīnu izveidotie intervāli uz vienas atklāšanas līnijas var saplūst un izveidot kopēju garu intervālu, kas tagad tiek izņemts no abu automašīnu intervāliem. Zinot automašīnu koordinātes, īstenota metode, kas garo intervālu sadala divos, kas var tikt atkal pievienoti attiecīgajām mašīnām.

No automašīnā ietilpstošajiem intervāliem tiek iegūts automašīnas platums. Konkrētā kadrā mašīnas platums ir mediānas vērtība starp visiem šobrīd mašīnai piederošajiem intervāliem. Kad mašīna izbraukusi no līniju apgabala, tiek atrasts tās kopējais vidējais platums, kas ir mediānas vērtība starp visos kadrus mašīnai aprēķinātajiem platumiem.

Kad eksistējošai, vai iespējamai automašīnai tiek pievienots intervāls, tiek noteikts automašīnas braukšanas virziens - mašīna brauc kadrā uz leju, ja jaunais intervāls atrodas jau atklātas mašīnas apakšā, uz augšu, ja jaunā intervāla līnija ir virs mašīnas. Noteiktie virzieni mašīnām parādīti ar zaļām bultām attēlā 3.2.a. Zinot virzienu, tiek atrasts arī automašīnas ātrums, ko iegūst izdalot attālumu

starp līnijām ar kadru skaitu starp blakus līniju intervālu parādīšanos. Pēc ātruma iespējams noteikt arī mašīnas garumu, ko iegūst mašīnas intervāla pastāvēšanas laiku izdalot ar šī intervāla mašīnas ātrumu.

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

Pārskata periodā tika strādāts pie video apstrādes sistēmas iespēju paplašināšanas. Viens no svarīgajiem papildinājumiem ir sistēmas spēja atklāt un skaitīt automašīnas nakts apstākļos. Skaitļošanas jaudu ziņā nakts atklāšana ir efektīvāka par darbību dienā, jo nav nepieciešams iegūt adaptīvus fonus un sliekšņu vērtības.

Tiek īstenota arī algoritma spēja noteikt automašīnu parametrus. Pirms video apstrādes kalibrējot kameru, iespējams noteikt automašīnu platumu, braukšanas virzienu, garumu un ātrumu. No sākotnējiem testiem ar iepriekš ierakstītiem video secināms, ka pēdējie divi parametri vēl netiek iegūti ar pietiekami labu precizitāti.

3.4 Nākotnes perspektīvas

Īstenotā atklāšana nakts laikā ir testēta uz video ar mazu satiksmi. Turpmākiem testiem plānots ierakstīt nakts video ar algoritmam nepieciešamajiem kameras uzstādījumiem, kurā būtu redzama intensīvāka satiksme vairākās joslās.

Vairākas līnijas ļauj iegūt mašīnas parametrus - platumu, ātrumu, garumu un braukšanas virzienu. Ātrums un garums netiek iegūti pietiekoši precīzi pēc šobrīd īstenotā algoritma, tādēļ paredzēts, līdzīgi kā gadījumā ar platumu noteikšanu, apvienot dažādos kadrus atrastos ātrumus un garumus kopējā vidēja rezultātā. Kameras slīpā (pret ceļu) novietojuma dēļ, ir plānots īstenot arī automašīnas augstuma noteikšanu - ja kamera būtu novietota perpendikulāri pret ceļu, augstums būtu nenosakāms parametrs.

Informācija par automašīnas koordinātēm iegūstama tikai uz atklāšanas līnijām. Interpolējot automašīnas koordinātu kustību apgabalos starp atklāšanas līnijām, būtu iespējams iegūt vienmērīgāku automašīnas kustības novērtējumu (ne vairs ar lēcieniem, kas vienādi ar attālumu starp atklāšanas līniju attālumiem). Šādā veidā tiktu arī precīzāk iegūtas atklāto automašīnu trajektorijas.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupas atskaite

Atskaites periodā tika izstrādāts automašīnu numuru atpazīšanas sistēmas arhitektūras fināla variants. Tika nolemts pielietot moduļu arhitektūru, kas ļaus veikt elastīgu sistēmas konfigurēšanu, kā arī nākotnē paplašināt tās funkcionālās iespējas.

4.1 Ievads

- **Objekts** - jebkurš taisnstūris, kas nosaka attēla (kadra) apgabalu. Kadrs ir sākuma objekts, kuram ir maksimālais izmērs.
- **Transformācija** - atpazīšanas sistēmas operācija. Transformācija paredz manipulācijas ar objektiem viena kadra kontekstā. Katra transformācija ieejā saņem vienu vai vairākus objektus un veido nulle, vienu vai vairākus jaunus objektus.
- **Avots** - ieved sistēmā jaunus objektus, bet nepieņem nekādus objektus ieejā. Piemēram, līdz ar katru kadru, sistēmā ienāk objekts, kas apraksta tā robežas.
- **Apstrāde** - izpilda apstrādi objektā, bet neveido jaunus objektus. Piemēram, teksta atpazīšanas sistēma analizē attēla daļu, veic kadra binarizāciju, kadra tīrīšanu u. c.
- **Mezglis** - Avots, apstrāde vai transformācija.

4.2 Sistēmas struktūra

Atpazīšanas sistēmu var attēlot grafa veidā, kur katrs mezgls var būt avots, apstrādātājs vai veikt vienu no transformācijām. Avots vienmēr ģenerē vismaz vienu objektu. Katras transformācijas rezultāts - nulle, viens vai vairāki objekti. Pašlaik tika izmantotas sekojošas transformācijas:

- **“Kustības detektors horizontālās līnijās”** - atrod **“kustību”** horizontālās līnijās. Izmanto iepriekšējā kadra kopiju. Salīdzinot pašreizējo kadru ar iepriekšējo, nosaka kadra apgabalus, kur ir kustība un veido šiem apgabaliem atbilstošus jaunus objektus.
- **“Zonu ģenerators”** - rada virkni objektu (zonu) kadrā, turpmākai kontrasta noteikšanai.
- **“Zonas pārveidotājs”** - objekta izmēra mainīšana.
- **“Kontrasta detektors”** - veido jaunus objektus kadru apgabalos ar augstu kontrastu.
- **“Pārklājušos objektu apvienošana”** - apvieno objektus kas savstarpēji pārklājas. Pārbauda ienākušo objektu pārklāšanos. Uz pārklājušos objektu bāzes ģenerē jaunus objektus, un nosūta uz izeju. Objekti, kas ne ar ko nepārklājas arī tiek nosūtīti uz izeju.
- **“Teksta detektors (OCR)”** arī ir viens no sistēmas mezgliem.
- *Iespējami citu veidu mezgli.*

Iespējamās dažādas konfigurācijas, atkarībā no pieejamajiem skaitļošanas resursiem, kā arī no atpazīšanas uzdevuma nostādnes aspekta.

Sistēma darbojas iteratīvi un vienlaicīgi apstrādā vienu kadru. Katrs mezgls var piekļūt pašreizējam kadram, kā arī var glabāt kadru kopijas, ja tas nepieciešams. Objekti tiek nodoti no mezgla uz mezglu bez nosacījumiem, vai arī saskaņā ar kādu kritēriju. Mezgli var glabāt objektu kopijas un apkopo noteiktu objektu skaitu, ja tas nepieciešams. Mezgli un citi sistēmas elementi var ģenerēt notikumus, un reaģēt uz notikumiem, šādi tiek realizēts grafa mehānisms.

4.3 Realizācijas detaļas

Sistēma realizēta programmēšanas valodā "c++", izmantojot Qt freimvorku. Tiek izmantota arī valoda "ecmascript262(QtScript)". Skriptu valodas izmantošana ļauj viegli īstenot elastīgu sistēmas konfigurāciju.

4.4 Teksta atpazīšanas modulis

Kā teksta atpazīšanas modulis tiek izmantota sistēma Tesseract-OCR. Tālāk doti sistēmas darbības rezultātu piemēri, izmantojot šo OCR moduli. Katrā no gadījumiem dots teksts, kas tika iegūts no vairākiem, laikā nobīdītiem kadriem, kuros redzama automašīna. Mūsu agrāk izstrādātais modulis kadrā atrod vairākus apgabalus, kuri, iespējams, satur numuru. Tad katrs no šiem apgabaliem tiek nodots apstrādei uz Tesseract. Katra rinda satur apstrādes rezultātus kādam no iepriekšminētajiem objektiem.

- AF7770

```
iii
AFâ777i-|
43;â
--5Â»
/.
I AF 7770]
~17
.12
I AF-7770'
/4//''
AF'7'/70'
_.-.-.-an
5.
JOâ
7.
E.Â»
T1
```

- EF2875

```
EF-2875'
â&.
mlâ
5:
Â»1*
41
A3
I EF-2875
v;
IEEE
Q.
VÂ»?
~Iâ
```

```
#5
Tenn:
-Iâ
#2
-IIâ
£3
```

Jāatzīmē, ka šie rezultāti iegūti, izmantojot sistēmas noklusējuma parametrus, kas nav optimāli. Ir iespēja optimizēt Tesseract darbību ar konkrētu alfabētu.

4.5 Datubāzes struktūra

Lai turpmāk veiktu automašīnu numura zīmju atpazīšanas sistēmas darbības analīzi un optimizāciju apstrādes procesā radušos notikumu reģistrācijai tiek veidota un izmantota datubāze. Datubāzes struktūrai jāatbilst algoritma elastīgajai struktūrai. Jābūt iespējai izsekot katru sistēmas veikto operāciju. Notikumu reģistrāciju darbojoties veic katrs mezgls.

4.6 Iespējamās tabulas

4.6.1 Kadru eksemplāru tabula.

Jauns kadra eksemplārs tiek veidots ar katru atpazīšanas algoritma iterāciju.

FrameInstances

- **id** (pk)
- **FrameSources.id** (fk) - Atsaucas uz kadru avotu tabulu.
- *kadra numurs*
- *kadra laiks*

4.6.2 Kadru avotu tabula.

Lauks “type” norāda uz to, kādā veidā iegūts kadrs. Lauks “name” maina savu jēgu, atkarībā no lauka “type” vērtības.

Iespējami vairāki varianti:

- Kadrs iegūts no video. Lauks “name” satur faila nosaukumu.
- Kadrs iegūts no atsevišķa faila(png, jpg, ...). Lauks “name” satur faila nosaukumu.
- Kadrs iegūts no IP kameras. Lauks “name” satur kameras URL.
- MITS kopējā sistēmā plānota sava iekšējā kadru izsūtīšana apakšsistēmām. Iespējams, kadru nosūtošās programmas nosaukums.

FrameSources

- **id** (pk)
- type
- name

4.6.3 Objektu tabula

Koordinātes: top,left,right un bottom apraksta tieši pašu objektu.

Objects

- **id** (pk)
- left
- top
- right
- bottom

4.6.4 Transformāciju tabula

Lauks Nodes.id norādīs uz grafa mezglu, kurš veicis apstrādi.

Transformations

- **id** (pk)
- Nodes.id (fk) - mezgls, kurš veicis šo transformāciju.
- FrameInstance.id (fk) - kadra eksemplārs, ar kuru veikta transformācija.

4.6.5 Objekts/Transformācija tabula

Saista transformāciju ar objektiem, kas tajā piedalījušies, kā ieejas objekti, vai kā rezultāts.

TransformationsToObjects

- Transformations.id (fk) - Atsauce uz transformāciju.
- Objects.id (fk) - Atsauce uz vienu no objektiem, kas piedalījušies šajā transformācijā.
- object_role - Norāda uz objekta lomu transformācijā (ieejas objekts /rezultāta objekts).

4.6.6 Mezglu tabula.

Lauks “type” apraksta mezgla tipu. Lauks “settings.id” atsaucas uz ierakstu vienā no parametru tabulām. Katram mezgla tipam ir sava parametru tabula, tā kā katram apstrādes algoritmam ir savi parametri. Ir pieņemts, ka darbības laikā mezgla parametri nemainīsies.

Nodes

- **id** (pk)
- type
- settings.id (fk)

4.7 Nākotnes perspektīvas

Nākotnē iespējams pievienot arī citas tabulas. Šī datubāze ļaus mums izsekot un optimizēt sistēmas darbību.