

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.3. par periodu no 01.07.2011.g līdz 31.10.2011.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
Progr.inž. Viktors Jengovatovs
Progr.inž. Normunds Šilinskis

Pētnieks Uldis Grunde /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Zin.asist. Artis Mednis /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

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

Saturs

Ievads	2
MITS	2
1 MITSSen grupa	3
1.1 Paveiktais magnētisko sensoru izstrādē	3
1.2 Paveiktais bezvadu sakaru nodrošināšanā	4
1.3 Paveiktais automašīnas kustības virziena noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu	5
1.4 Kopsavilkums un secinājumi	6
1.5 Nākotnes perspektīvas	7
2 MITSimPro grupa	8
2.1 Paveiktais	8
2.2 Īstenotie risinājumi	8
2.2.1 Objektu izsekošana ar ierobežojošo taisnstūru kustības modeli	8
2.2.2 Pret skaitļošanas jaudām efektīvs algoritms automašīnu atklāšanai	9
2.3 Eksperimenti un testi	13
2.3.1 Atklāšanas un izsekošanas metožu testa sistēmas izveide	13
2.3.2 Testi ar jauno algoritmu automašīnu atklāšanai	14
2.4 Kopsavilkums un secinājumi	15
2.5 Nākotnes perspektīvas	15

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.

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. Uzdevuma sasniegšanai tiek veikti darbi gan attēlu apstrādes jomā, kas ietver transporta līdzekļa atpazīšanu, gan sensoru izstrādes jomā, kas ietver darbus elektronikas un programmnodrošinājuma izstrādē, kā arī bezvadu datu pārraides risinājumu izstrādē. Turpmākajās zinātniskās atskaites nodaļās ietverts apraksts par projekta trešā ceturksnī sasniegtajiem rezultātiem un veiktajiem darbiem.

Nodaļa 1

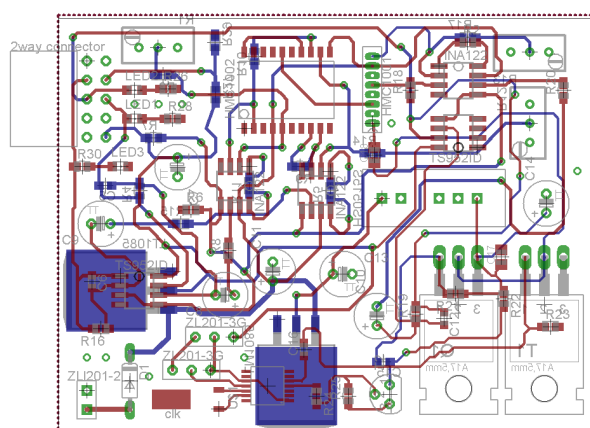
MITSSen grupa

Anotācija

Turpinot darbu pie iepriekš iesāktajiem uzdevumiem, MITS projekta sensoru izstrādes grupa projekta 3. pārskata periodā nodarbojās ar analogo magnētisko sensoru izstrādi un pilnveidošanu, programmnodrošinājuma izstrādi bezvadu sakaru nodrošināšanai, testēšanu un transporta līdzekļu detektēšanu izmantojot akustisko signālu. Darbs tika veikts gan pie sensoru programmnodrošinājuma izstrādes, gan shēmtehnikas izstrādes.

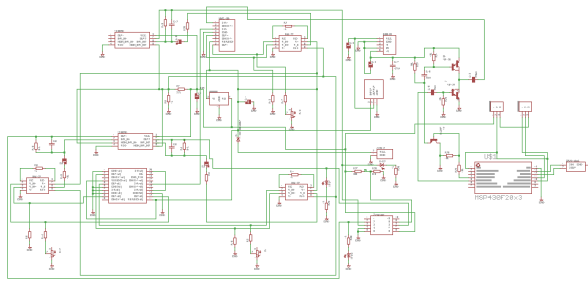
1.1 Paveiktais magnētisko sensoru izstrādē

Iepriekš izveidotais programmnodrošinājums magnētisko sensoru datu apstrādei Labview vidē papildināts ar transporta līdzekļu klasifikāciju: vieglais, smagais transporta līdzeklis. Klasifikācija tiek veikta ņemot vērā transporta līdzekļa magnētiskā "paraksta" nolašu skaitu (signāla amplitūda un ilgums, kādu transporta līdzeklis pavadījis sensora darbības zonā). Ja nolašu skaits pārsniedz noteiktu sliekšņa vērtību, transporta līdzeklis tiek detektēts kā smagais transporta līdzeklis. Pretējā gadījumā tas tiek detektēts kā vieglais transports. Šajā gadījumā problēma ir vairāku joslu brauktuve, kur no sensora tālākajā joslā braucošais smagais transporta līdzeklis var tikt detektēts kā vieglais transporta līdzeklis. Risinājums šīs problēmas novēršanai varētu būt divu sensoru izmantošana pretējās brauktuves pusēs. Iepriekš izveidotā Labview programmatūra papildināta un pārveidota magnētisko sensoru datu iegūšanai izmantojot bezvadu datu pārraides sakarus. Realizētais bevvadu datu pārraides risinājums tika aprakstīts iepriekšējā MITS projekta atskaitē. Šajā etapā bezvadu datu pārraidei tika pielāgots izveidotais magnētiskā sensora makets un jau iepriekš izveidotais programmnodrošinājums.



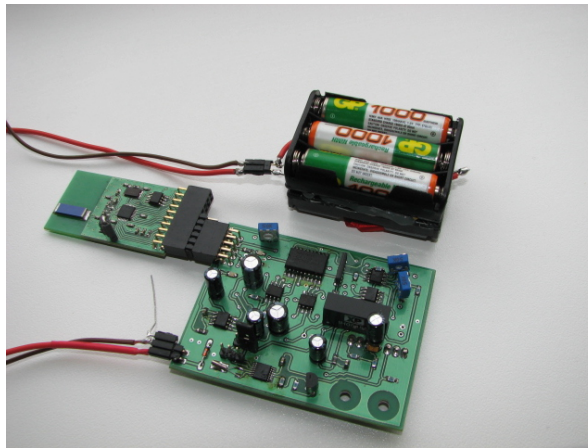
Att. 1.1: Analogā magnētiskā sensora PCB

Iepriekš izveidotā Labview programmatūra papildināta un pārveidota magnētisko sensoru datu iegūšanai izmantojot bezvadu datu pārraides sakarus. Realizētais bevvadu datu pārraides risinājums



Att. 1.2: Analogā magnētiskā sensora shēma

tika aprakstīts iepriekšējā MITS projekta atskaitē. Šajā etapā bezvadu datu pārraidei tika pielāgots izveidotais magnētiskā sensora makets un jau iepriekš izveidotais programmnodrošinājums. Relatīvi ātrai vairāku magnētisko sensoru izveidei, radās nepieciešamība projektēt PCB, kas arī tika izdarīts (1.1 attēls 1.2 attēls). Izveidotā PCB plate ir salodēta un tiek testēta izmantojot bezvadu datu pārraides moduli (1.3 attēls). Pašlaik izveidotā magnētiskā sensora kalibrācija jāveic, izmantojot oscilogrāfu vai voltmetru ikreiz, ja tiek mainīta sensora pozīcija, vai arī mainās temperatūras režīms. Anizotropiskā



Att. 1.3: Analogā magnētiskā sensora PCB ar bezvadu datu pārraides moduli

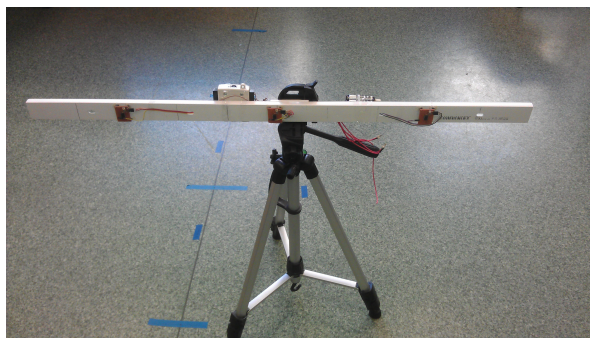
magnētiskā sensora magnētiskā lauka izmaiņu raksturojošais sprieguma lielums jāiestāda abiem tilta pleciem vienādā vērtībā. Pretējā gadījumā dēļ lielā signāla pastiprinājuma signāls "aizpeld" ārpus diapazona, kas ir 2,5 V, un uztvērējā transporta līdzeklis netiek reģistrēts. Pašlaik magnētiskā sensora izejas signāla kalibrēšana tiek veikta izmantojot potenciometru.

1.2 Paveiktais bezvadu sakaru nodrošināšanā

Turpināts darbs pie iepriekšējā periodā izveidotā nRF9E5 raiduztvērēja moduļa bezvadu sakaru nodrošināšanai starp magnētisko sensoru un datoru. Šāds bezvadu risinājums izvēlēts lai varētu magnētisko sensoru novietot uz ceļa virsmas bez papildus kabeļa iestrādes. Izvēlētais radio čips nRF9E5 ir raiduztvērējs ar iebūvētu 8051 mikrokontrolieri. Raiduztvērējs nokonfigurēts datu pārraidei 433MHz joslā. Magnētisko sensoru analogo izejas signālu pārveidošana ciparu formā tiek realizēta izmantots 8051 kontrolierī ievēvētu 12bitu ACP. C valodā tika uzrakstītas programmas raiduztvērēja konfigurēšanai un datu komunikācijas nodrošināšanai. Šis pats radio modulis kaplo arī kā savācējiekārta, kur pieslēgta datoram caur UART. Magnētiskā sensora mērījumu dati tiek sūtīti nepārtrauktā režīmā. Pēc katras ACP nolasīšanas tiek formēta datu pakā, kuru tālāk pa bezvadu kanālu pārsūta uz savācējiekārtu. Tika izveidota programma, kura veic pakas formēšanu. Savācējiekārta saņemtos datus pārsūta uz datoru izmantojot UART nepārtrauktā režīmā pēc katras datu pakas saņemšanas ar 57,6kb/s ātrumu. Izveidots LabView grafiskais lietotāja interfeiss mērījumu datu attēlošanai. Izveidotais bezvadu modulis tika pārbaudīts reālos mērījumos ar magnētisko sensoru, kurš tika novietots ceļa malā.

1.3 Paveiktais automašinas kustības virziena noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu

Troksnim, kuru rada automašīna ir divi avoti, dzinēja troksnis un skaņa, kura rodas dēļ riepu kontaktam ar ceļa virsmu. Šo auto radīto skaņu var izmantot transporta līdzekļu reģistrācijai. Skaņas avota kustību un pienākšanas virzienu var noteikt izmantojot vairākus mikrofonus (mikrofonu matricu). Pielietotais princips balstās uz skaņas pienākšanas aiztures noteikšanu starp diviem blakus mikrofoniem pielietojot kross korelācijas metodi. Līdz ar to pielietojot mikrofonu matricas var noteikt automašīnas radītā trokšņa pienākšanas virzienu, kā arī ātrumu un automašīnas un kustības virzienu. Dažādām automašīnām riepu un dzinēju radītais troksnis ir atšķirīgs, to raksturo gan automašīnas izmēri (garums, augstums, arī masa) gan dzinēja tilpums un

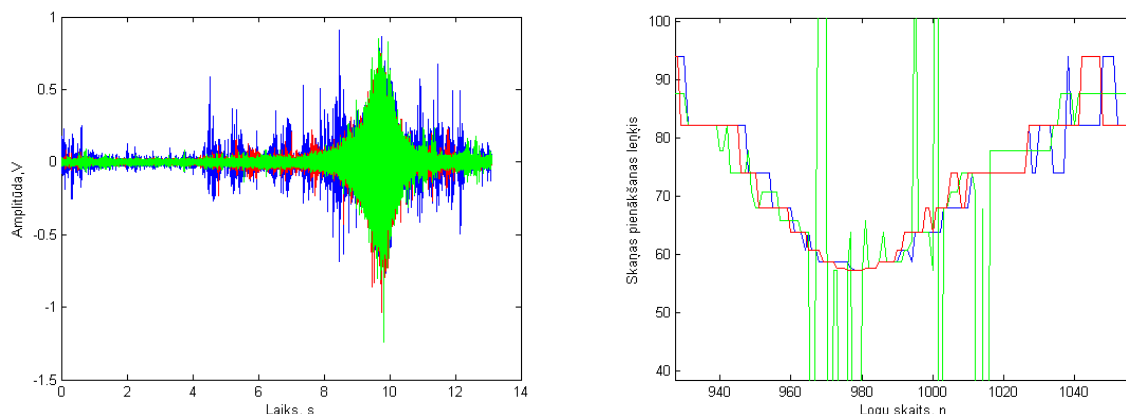


Att. 1.4: Izveidotais mikrofonu matricas makets no 3 MEMS mikrofoniem

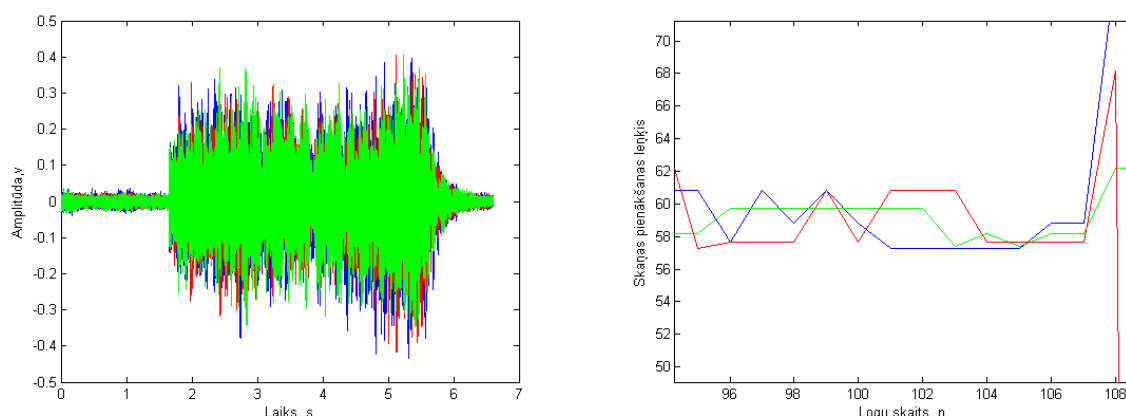
tips (dīzels, benzīns), gan arī izmantotās ripas (ziemas, vasaras, ar radzēm vai bez). Tika veikts testa mērījums ar vienu mikrofonu, lai noteiktu kādā frekvenču diapazonā atrodas automašīnas raksturīgais troksnis. Veicot iegūto datu apstrādi tika konstatēts, ka transporta līdzekļu radītā skaņa ir diapazonā no dažiem desmitiem Hz līdz 2,5 kHz. Balstoties uz veiktās skaņas apstrādes rezultātiem ir izveidots mikrofonu matricas eksperimentālais makets, kurš sastāv no 3 MEMS mikrofoniem (WM7110). Mikrofonu ir novietoti lineāri horizontālā plaknē ar savstarpējo attālumu 30 cm (attēls ??). Mikrofona radīto elektrisko svārstību pastiprināšanai izveidota maketplate, kura sastāv no mikrofona un pastiprinātāja, kurš veidots no divām kaskādēm. Kopējais skaņas pastiprinājums ir 200 reizes. Par datu savācējkārtu, kā arī analogā signāla diskretizācijai, tiek izmantots NI 6009 DAQ. Datu savācējkārtai izmanto 3 analogās ieejas ar diskretizācijas frekvenci 10 kHz katram kanālam, kas ir divas reizes vairāk, kā pieprasa Naikvista kritērijs. Ar izveidoto maketu tiek ierakstīts automašīnas kustības rezultātā radies troksnis un saglabāts datorā izmantojot LabView vidē izveidoto programmatūru. Matlab vidē tika izveidots algoritms, kurš aprēķina aizturi starp diviem mikrofonu ierakstītajiem signāliem. Ierakstītie trīs mikrofonu signāli un aprēķinātais automašīnas radītās skaņas pienākšanas leņķis attiecībā pret mikrofonu matricu redzams attēlā ?? . Eksperiments tika veikts uz lauku ceļa ar vienu braukšanas joslu ar mērķi noteikt automašīnas kustības virzienu. Mikrofonu matrica tika novietota ceļa malā paralēli brauktuvei, vieglās automašīnas kustības ātrums eksperimenta laikā bija 50 km/h.

Kā redzams no grafika, aprēķinātā leņķa vērtība ir mainīga (trokšņaina). Eksperimentu gaitā tika izteikts pieņēmums, ka skaņas leņķa novirzes no reālās rodas dēļ nepietiekami augstas diskretizācijas frekvences. Par cik skaņas avots (automašīna) ir kustīgs objekts, skaņas pienākšanas leņķi nosaka pa soļiem, izmantojot loga bīdīšanas funkciju. Katra loga robežās tiek aprēķinātas divu blakus esošo mikrofonu signālu aizture. Aizture tiek noteikta no kross korelācijas funkcijas maksimuma. Pēc tam tiek aprēķināts skaņas pienākšanas leņķis dotā loga robežās. Šī operācija tiek veikta

katram mikrofonu pārim (kombinācijas 1-2, 2-3, 1-3). Attēlā ?? labais grafiks parāda aprēķināto leņķi, lēcieni izskaidrojami ar nepietiekamu savācējkārtas ACP diskretizācijas frekvenci, kas šajā gadījumā ir 10 kHz. Izmantotās iekārtas maksimālā diskretizācijas frekvence izmantojot 3 analogās ieejas ir 15 kHz, kas ir nepietiekami. Tika veikti vairāki mērījumi arī ar nekustīgu skaņas avotu. Attēlā ?? redzams eksperimenta rezultāts, kur skaņas avots novietots 69 grādu leņķī pret mikrofonu matricu. Ar Matlab aprēķinātais leņķis un reāli nomērītais skaļruņa novietojums attiecībā pret mikrofonu aptuveni sakrīt, lai gan izsitieni kļūda ir ap 10 grādiem. Daļu "izlecieni" grafikā varēja radīt arī tas, ka eksperiments tika veikts telpā, kur skaņa no sienām atstarojas, taču tika izvirzīts pieņēmums, ka galvenais neprecizitātes cēlonis ir nepietiekama diskretizācijas frekvence. Lai pārbaudītu teoriju, ka izmantotā diskretizācijas



Att. 1.5: Ierakstītie 3 mikrofonu signāli un aprēķinātie leņķi braucošai automašīnai ar ātrumu 50 km/h



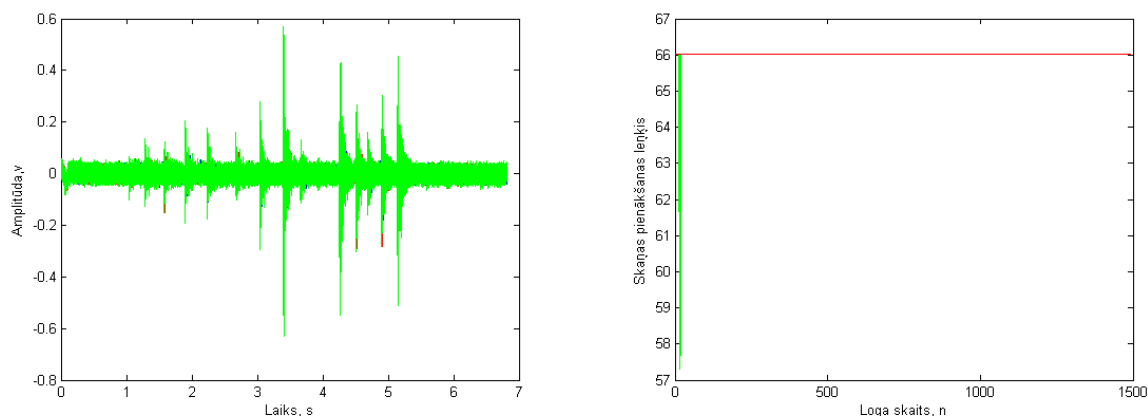
Att. 1.6: Ierakstītie 3 mikrofonu signāli un aprēķinātie leņķi stacionāram skaņas avotam

frekvence ir pārāk zema izvēlētajam algoritmam, tika veikts eksperimentāls ieraksts izmantojot vienu mikrofonu. Eksperimentā tika izmantots jau iepriekš pieminētais NI datu savākšanas rīks, taču tā kā

tiek izmantots tikai viens ADC kanāls, analogā signāla diskretizācijas frekvenci var pacelt līdz maksimālai, tas ir 44 kHz. Zinot nepieciešamās aiztures, kuras rodas starp vairākiem mikrofoniem, ja tie novietoti zināmā attālumā, uz datora tika veikta skaņas signāla nobīde imitējot trūkstošo mikrofonu signālus. Eksperimenta gaitā ierakstītais signāls redzams ?? attēlā, bet aprēķinātais skaņas pienākšanas leņķis redzams ?? attēlā. Kā redzams, šajā gadījumā aprēķinātajā skaņas pienākšanas leņķi nav redzami trokšņi un izlēcieni. Jāņem vērā fakts, ka imitējot iztrūkstošo mikrofonu ierakstītos signālus netika izmantots baltais troksnis (troksnis visos mikrofonos ir vienāda rakstura - kā ierakstīts ar vienu mikrofonu). Šis veiktais eksperiments parāda, ka, izmantojot mikrofonu matricas, nepieciešams ievērojami pacelt diskretizācijas frekvenci.

1.4 Kopsavilkums un secinājumi

Magnētisko sensoru izstrādē ir izveidots PCB risinājums. Iespēju roežās (izmantojot esošos elementus) ir salodētas 2 plates. Optimālai magnētisko sensoru izmantošanai nepieciešama esošā risinājuma pilnveidošana un uzlabošana (piemēram ar automātiskā sprieguma līmeņa iestādīšana). Izveidots programmnodrošinājums bezvadu sakaru nodrošināšanai viena sensora izmantošanas gadījumā. PCB risinājums radio pārraides nodrošināšanai ir neatkarīgs no izvēlēto sensoru skaita, tādēļ palielinot



Att. 1.7: Skaņas ieraksts veicot mikrofona matricas simulāciju

ezvadu moduļu skaitu, nepieciešams uzlabot tikai programmatūras daļu. Automašīnas kustības virziena noteikšanā tika izmantota laika aiztures metode, kas raksturojas ar samērā lielu datu apjomu apstrādi, kuru veikt reālā laikā var būt visai problemātiski, taču izmantojot konkrētus risinājumus neiespējami.

1.5 Nākotnes perspektīvas

Plānots izstrādāt programmatūru vairāku sensoru bezvadu datu sūtīšanas nodrošināšanai, kas nepieciešams lai nodrošinātu eksperimentus ar vismaz diviem (ideālā gadījumā četriem) magnētisko sensoru moduļiem. Uzlabojot izveidotus magnētiskos sensorus, nepieciešams veikt automātisku sensora izejas sprieguma kalibrāciju. Mikrofonu matricu pielietojumam nepieciešams izgatavot savācējiekārtu, kurai katra kanāla diskretizācijas frekvence ir vismaz 44 kHz. Turpmāk plānots izmēģināt jūtības virziendarbības maiņas metodi izmantojot aiztures. Šī metode atšķiras ar to, ka iepriekš ar savstarpēju mikrofonu aizturu palīdzību tiek panākta mikrofonu jūtības "pagriešana" noteiktā virzienā, tādā veidā pārklājot kādu notektu laukumu, kurā tiek detektēta automašīnas kustība.

Nodaļa 2

MITSimPro grupa

Anotācija

MITs grupa MITSimPro turpina darbību pie sistēmas, kas ar video kameras palīdzību spētu atklāt uz ceļa esošas automašīnas. Trešajā gada ceturksnī, uz iepriekš īstenotās automašīnu detektēšanas sistēmas bāzes, tiek izveidots un uz atsevišķiem video failiem testēts automašīnu izsekošanas paņēmieni. Izsekošanas pamatā ir sistēmā iepriekš iestrādāti noteikumi, par atklāto objektu iespējamo kustību.

Tiek piedāvāts jauns algoritms automašīnu atklāšanai un skaitīšanai, kas būtu stabilāks par iepriekš īstenotajiem, kā arī izvirzītu mazākas prasības pret skaitļošanas jaudām. Algoritma pirmais posms – automašīnu atklāšana un saskaitīšana dienas laikā, ne intensīvos satiksmes apstākļos tiek īstenots MATLAB Simulink vidē, un ar to veikti testi.

2.1 Paveiktais

Ceturksnī norisinājās darbs pie iepriekš īstenotās automašīnu atklāšanas sistēmas papildināšanas Matlab Simulink vidē:

- Izveidota shēma vairāku automašīnu vienlaicīgai izsekošanai kadrā, izmantojot modeli par objektus ierobežojošā taisnstūra (IoT) pārvietošanos blakus kadrus (nodaļa 2.2.1).

Iesākts darbs pie jauna automašīnu atklāšanas paņēmiena:

- Automašīnu detektēšanas un saskaitīšanas algoritma projektēšana (nodaļa 2.2.2).
- Algoritma īstenošana Simulink vidē.
- Īstenotās sistēmas testēšana ar iepriekš ierakstītiem video failiem (nodaļa 2.3.2).

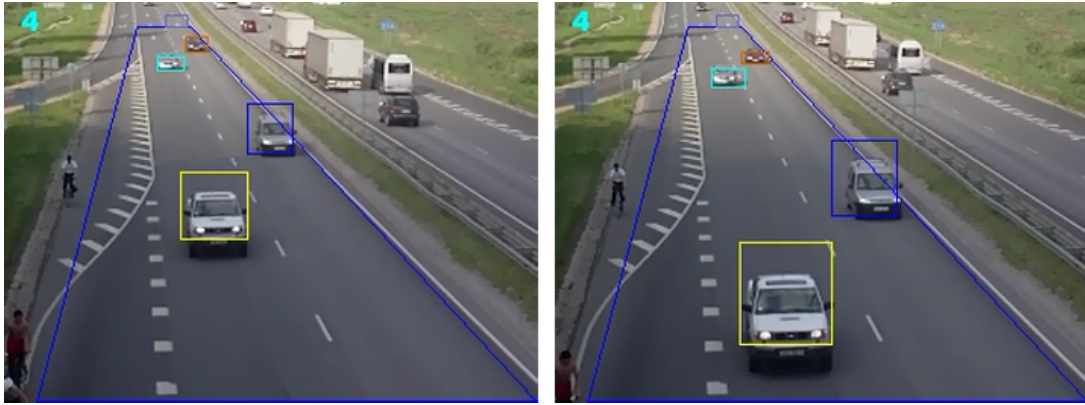
2.2 Īstenotie risinājumi

2.2.1 Objektu izsekošana ar ierobežojošo taisnstūru kustības modeli

Ar iepriekš izveidoto atklāšanas sistēmu kadrā tiek noteikti savienoti objekti – automašīnas. Šos objektus iespējams aprakstīt ar tos ierobežojošo taisnstūri (attēls 2.1) – katram objektam tiek piekārtots 4 elementu vektors, kura elementi ir taisnstūra kreisā augšējā stūra rindas un kolonnas koordināte, kā arī taisnstūra augstums un platums pikseļos.

Vektoru elementi laikā mainās, attēlojot gan objektu pārvietojumu, gan to redzamo izmēru. Visi vektori var tikt izkārtoti $4 \times N$ izmēra matricā, kur N ir šī brīža kadrā atrastie objekti. Mašīnu izsekošanu var veikt, ja katram vektoram matricā atrod atbilstošo objekta vektoru iepriekšējā kadra matricā. Ja šādu vektoru neatrod, tad var pieņemt, ka tiek detektēta jauna automašīna. Šāda vektoru izsekošana, salīdzinājumā ar visa objekta vai tā robežu veidnes izsekošanu kadrā, var būt pret skaitļošanas resursiem saudzīga alternatīva.

Lai noteiktu viena objekta aprakstošos IoT dažādos kadrus, tiek izmantoti pieņēmumi par to, kā četru elementu vektors var būt izmainījies blakus kadrus. Sistēmā izmantots sekojošs automašīnu kustības modelis:



Att. 2.1: IeT izsekošana

- Automašīnas parādās kadra augšējā daļā un izbrauc no tā apakšā. Tās nevar pēkšņi parādīties kadra vidū.
- Automašīnas nevar blakus kadros izmainīt savu stāvokli vai izmēru par pārāk lielu vērtību.

IeT matricas elementu pārkārtošanas algoritms konkrētas mašīnas izsekošanai Simulink vidē:

1. Izejas matricā, kurā konkrētai automašīnai atbilst noteikta kolonna, tiek iestādītas sākuma vērtības – vektori $[r, c, h, w]$, kas aptuveni atbilst pozīcijai un izmēram automašīnas parādīšanās brīdī.
2. Visas ieejas IeT matricas četru elementu kolonnas tiek salīdzinātas ar izejas matricas vērtībām, aprēķinot starpību absolūtās vērtības no iniciētā vektora un katra ieejas ierobežojošā taisnstūra.
3. Pirmajā solī ieejas IeT kolonna būs vienādi līdzīga visām izejas kolonnām, jo tām ir vienādas iniciējošās vērtības, tādēļ izejas kolonnām tiek piešķirtas prioritātes - pirmajai kolonnai ir lielākā prioritāte, tad otrai utt. Tiek atrasts ieejas IeT, kas ir vislīdzīgākais prioritārajam izejas IeT.
4. Līdzīgākā ieejas IeT kolonna tiek pārbaudīta atbilstībai vairākiem kritērijiem:
 - (a) Vai starpība starp atbilstošajām ieejas un izejas IeT kolonnām ir lielāka par kādu konkrētu vērtību?
 - (b) Vai ieejas IeT rindu norādošais elements r pārsniedz noteiktu lielumu (tādā gadījumā tiek uzskatīts, ka automašīna ir sasniegusi kadra galu un tūlīt no tā izbrauks)?
5. Ja atbildes uz abiem 4. punkta jautājumiem ir apstiprinošas, konkrētā ieejas IeT kolonna tiek ierakstīta atbilstošajā izejas IeT kolonnā, kur tā paliks nākamā kadra apstrādes laikā. Pretējā gadījumā izejas kolonnā tiek ierakstītas iniciējošās vērtības.
6. Punkts 4 tiek izpildīts visām izejas IeT matricas kolonnām, ar to atšķirību, ka, ja kāda no ieejas kolonnām ir tikusi piešķirta prioritārākai izejas kolonnai, tad šo ieejas IeT vektoru vairāk nesalīdzina ar mazāk prioritārajiem izejas matricas kolonnām.
7. Punkti 2-6 tiek izpildīti katram jaunam kadram, tādējādi nodrošinot, ka izejas matricā visu laiku, līdz automašīna ir kadrā, tās IeT atrodas vienā un tajā pašā matricas kolonnā.

2.2.2 Pret skaitļošanas jaudām efektīvs algoritms automašīnu atklāšanai

Iepriekš realizētie automašīnu atklāšanas paņēmieni pārsvarā ir jau citur pētītas metodes – ar izveidoto sistēmu gan var pētīt jaunas to kombinācijas. MITSImPro grupa piedāvā citu pieeju automašīnu atklāšanai, pētot nevis visu kadru, cenšoties nodalīt kustīgus objektus no tukša ceļa, bet gan pētot tikai dažas ceļam perpendikulāras līnijas (attēls 2.2). Šāds algoritms būtu zīmīgi mazāk prasīgs pret skaitļošanas jaudām. Turklāt, izveidojot algoritmu, kas pēc iespējas vairāk derīgas informācijas var iegūt no līnijas, perspektīvā iespējams to paplašināt par daudzu mērījumos precīzu līniju sistēmu ar augstu precizitāti automašīnu atklāšanā.

Tika projektēts līnijas algoritma pirmais posms, kas saskaita līniju šķērsojušās mašīnas un nosaka aptuvenu objekta ātrumu (pikseļu skaitu, par kuru objekts pārvietojas kadra laikā).

Piedāvātais algoritms:



Att. 2.2: Mašīnām atbilstošo intervālu noteikšana uz ceļam perpendikulāras līnijas

1. Ieejā pienāk video kadri. Atkarībā no video materiāla, tiek ievadītas konstantes - nepieciešamās vērtības gala algoritmam būs jāievada uzstādot iekārtu – veicot kalibrēšanu:

- Kadra *platums* un *augstums*;
- Pētāmās līnijas atrašanās rinda $L_{līnijasR}$;
- Pētāmās apgabals uz līnijas (No , $Līdz$), kas iekļaus tikai to ceļa apgabalu no kadra, kurā automašīnas brauc vienā virzienā;
- Mašīnai atbilstošais minimālais un maksimālais intervāla garums uz līnijas $IntGarMin$ un $IntGarMax$;
- Slietņu vērtības $Sl1$, $Sl2$;
- Kadru skaits, pēc kuriem pārbauda intervālu nemainīgumu un salīdzina robežas (k).

Vairākas nepieciešamās vērtības algoritms varētu noteikt pats – līdz ar to, tās būtu arī adaptīvas:

- Mašīnām atbilstošais vidējais intervālu garums;
- Mašīnām atbilstošais vidējais intervālu dzīves ilgums;
- Vidējais pikseļu skaits, ko nobrauc automašīna kadra laikā pētāmās līnijas apkārtnē. Skatoties šo lielumu katrai mašīnai atsevišķi, var spriest arī par mašīnas aptuveno ātrumu, ja pirms tam iekārta attiecīgi nokalibrēta.

2. Video tiek konvertēts uz melnbaltu. Melnbalto attēlu bez automašīnu skaitīšanas var izmantot arī kameras noraustīšanās detektēšanai:

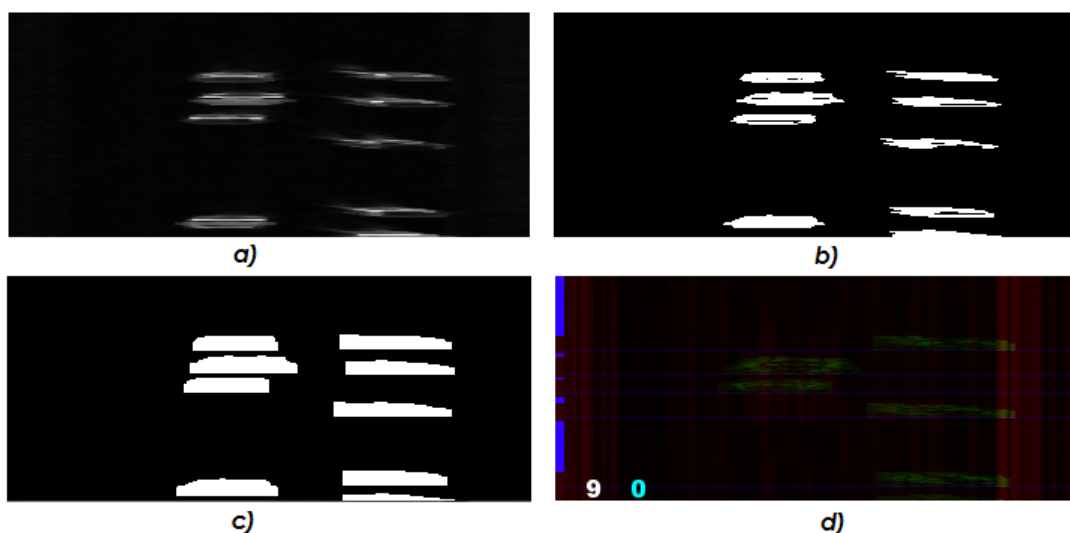
- 2.1. Kadrs tiek aizturēts par diviem kadriem.
- 2.2. Aizturētais kadrs tiek atņemts no šī brīža kadra.
- 2.3. Starpībai tiek ņemta absolūtā vērtība.
- 2.4. Tiek iegūta visu starpības pikseļu summa.
- 2.5. Ja summa pārsniedz noteiktu vērtību, tiek pieņemts lēmums, ka kamera ir noraustījusies.

Ja kameras noraustīšanās netiek noteikta, tad nepieciešamās skaitīšanas jaudas samazināšanai pirms konvertēšanas uz melnbaltu attēlu no video varētu izgriezt interesējošo apgabalu – pētāmo līniju un dažas apkārt esošās līnijas. Tālāk tālāk būtu jāapstrādā tikai šis nelielais apgabals.

3. Tiek izdalīta interesējošā līnija, ar iespēju ņemt vērā arī kādu skaitu L blakus esošu līniju.

- 3.1. Izdalītās līnijas, tiek aizkavēta par vienu vai vairākiem kadriem (koeficients *aizture*). Koeficients varētu būt atkarīgs no video kadru skaita sekundē un mašīnu vidējā ātruma (no tā, cik kadru laikā mašīna pārbrauc pāri līnijai).
- 3.2. Aizkavētās vērtības uz līnijām tiek atņemtas no šī brīža vērtībām.
- 3.3. Starpībai tiek ņemta absolūtā vērtība, iegūstot izejā līniju ar starpības absolūtajām vērtībām.

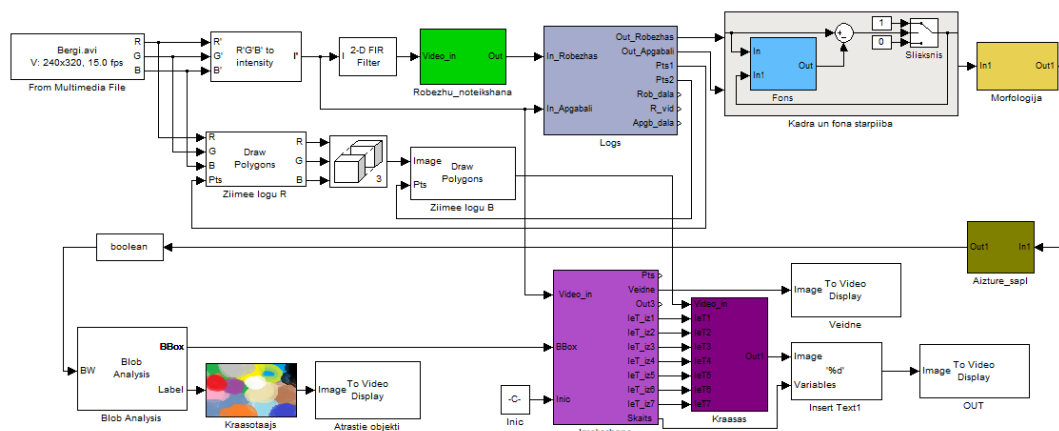
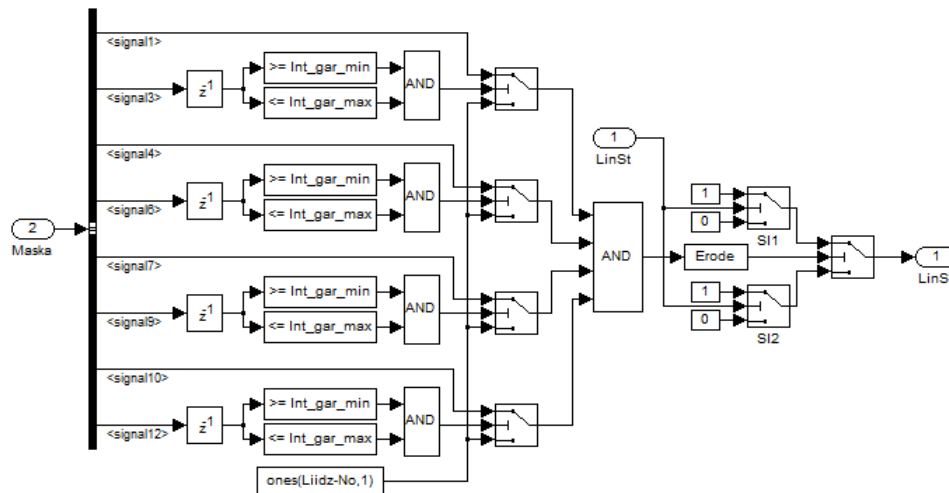
- 3.4. Vairāku līniju gadījumā, katram izejas līnijas pikselim piešķir maksimālo no L atbilstošajām starpības absolūtajām vērtībām. Attēlā 2.3.a parādītas laikā uzkrātas starpības līnijas vērtības. Attēla augšējā rinda atbilst iegūtajai līnijai pirms 150 kadriem, otrā – pirms 149 utt. Pēdējā rinda ir šī brīža kadrā iegūtā starpības līnija.
4. No starpību līnijas tiek izgriezts pētāmais ceļam atbilstošais intervāls *No-Līdz*.
5. Starpības līnijai tiek pielietots mediānas filtrs, lai samazinātu liekus pārrāvumus starp mašīnai atbilstošajiem intervāliem.
6. Starpības līnija tiek sliekšņota – rezultāts parādīts attēlā 2.3.b. Tiek izmantotas divas sliekšņa vērtības $Sl1$ un $Sl2$, kur $Sl2 < Sl1$.
- 6.1. Šī brīža starpības līnijai tiek pielietots lielais sliekšnis $Sl1$.
- 6.2. Iegūtajā binārajā līnijā tiek noteiktas visu savienoto balto intervālu sākuma Sak_x un beigu $Beig_x$ koordinātes.
- 6.3. Tiek pārbaudīts, vai starp kādiem diviem intervāliem reizē izpildās sekojošas sakarības:
- 6.3.1. $|(Beig_{x_1} - Sak_{x_1}) - (Beig_{x_2} - Sak_{x_2})| < Sl_{līdzīgs}$ // Intervāli ir līdzīgi pēc garuma (domāti lukturi), to starpība nepārsniedz kādu sliekšņa vērtību.
- 6.3.2. $Beig_{x_2} - Sak_{x_1} > IntGarMin$ // Intervāli savienojot būs pietiekami lieli automašīnai.
- 6.3.3. $Beig_{x_2} - Sak_{x_1} < IntGarMax$ // Intervāli savienojot nebūs pārāk lieli automašīnai.
- 6.5. Tiek noteikti sliekšni pārvarējušo intervālu garumi.
- 6.6. Ja uz iepriekšējā kadra atbilstošās līnijas tiek atklāts $(Beig_x - Sak_x) > IntGarMin$ un $(Beig_x - Sak_x) < IntGarMax$, tad šī brīža kadrā intervāla apņemtajā apgabalā un tā apkārtne (plus 10 pikseļi uz abām pusēm no intervāla gala koordinātēm) tiek lietots mazais sliekšnis $Sl2$.
7. Tālāk notiek iegūto intervālu apstrāde:
- 7.1. Uz līnijas iegūtie intervāli tiek aizkavēti par kadru.
- 7.2. Ja šī brīža kadrā kāds intervāls daļēji pārkļājas ar iepriekšējā kadra intervālu, tie tiek apvienoti kopējā intervālā.
- Tiek panākts, ka laikā intervāli tiek apvienoti. Piemēram, vairāki mazāki intervāli, kas sākotnēji atbilda atsevišķām automašīnas detaļām, šādā veidā dod ieguldījumu nākamajos kadrus veidojot kopīgo automašīnas intervālu. Attēlā jau ir arī pielietota vēlāk sistēmā iegūstamā informācija, kad intervāli jāslēdz.
- 7.3. Ja kāds no iegūtajiem intervāliem atbilst punkta 6.6. prasībām, tas tiek uzskatīts par iespējamu mašīnai atbilstošu intervālu.
- 7.4. Ja kāds no intervāliem ir pārāk garš (pārsniedz vidējo automašīnām atbilstošu intervālu pareizinātu ar koeficientu), tas jāsadala sīkākos intervālos:
- 7.4.1. Garais intervāls $(Sak_{gar}, Beig_{gar})$ tiek salīdzināts ar iepriekšējā kadrā uz līnijas esošajiem intervāliem $(Sak_{vec}, Beig_{vec})$, pēc sekojošas sakarības: $Sak_{gar} \leq Sak_{vec} \vee Beig_{vec} \leq Sak_{gar}$.
- 7.4.2. Tas intervāls, kurš iepriekšējā kadrā bijis lielā intervāla robežās, pie tam, ir pārsniedzis lielumu $IntGarMin$, un atrodas vistuvāk kreisajai lielā intervāla malai, tiek ņemts par atskaites intervālu dalīšanai.
- 7.4.3. Atskaites intervāla gala koordināte (labajā galā) tiek ņemta par atdalīšanas koordināti, kura kļūst par melnu pikseli starp sadalītajiem intervāliem.
8. Ja mašīna aizbraukusi – intervāls jāslēdz.
- 8.1. Intervāla gala koordinātes tiek salīdzinātas ar iepriekšējo k kadru intervāliem.
- Ja intervāls ir bijis nemainīgs šo k kadru laikā, tiek pieņemts lēmums, ka intervālu jāslēdz, ja arī tālāk algoritma izpildēsies slēgšanas nosacījums pie robežu noteikšanas. Apvienotie un pēc automašīnas aizbraukšanas slēgtie intervāli parādīti attēla 2.3.d.
9. Uz pētāmās līnijas interesējošā apgabala tiek noteiktas arī robežas.
- 9.1. Līnijai tiek pielietots nogludinošais gausa filtrs.
- 9.2. Tiek iegūta katru blakus pikseļu starpība, šī starpība veido robežu līniju.



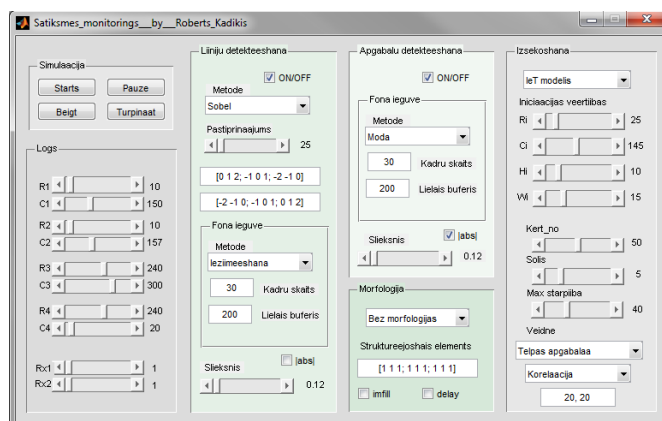
Att. 2.3: Agloritma darbības posmi: a) blakus kadru starpība; b) līnija pēc divu sliekšņu pielietošanas; c) apvienotie intervāli; d) fona robežas (sarkanās) un robežas uz līnijas(zaļās)

- 9.3. Robežu līnijai tiek ņemta absolūtā vērtība.
- 9.4. Ja uz šī brīža pētāmās līnijas neeksistē neviens intervāls (pat īss), šī līnija tiek saglabāta un tiek ņemta vērā pie tukša ceļa robežu līnijas.
- 9.5. Fona robežu līnijas ieguvei, katram pikselim tiek ņemta moda no 10 saglabātajām līnijām.
- 9.6. Ja ieejā ir mašīnas izmēram atbilstoši intervāli, šo intervālu atstāj nemainīgu robežu līnijā – pārējo, intervālam nepiederīgo apgabalu pielīdzina nullēm.
- 9.7. Robežu līniju aiztur par k kadriem.
- 9.8. No izdalītās, aizkavētās robežu līnijas atņem uzkrāto fona līniju.
- 9.9. Starpības pikseliem tiek pielietots sliekšnis.
- 9.10. Tiek izskaitīts, cik pikseļu ir pārvarējuši sliekšni.
- 9.11. Ja sliekšni pārvarējuši mazāk kā noteikts skaits pikseļu, tas nozīmē, ka intervāla apgabalā nav pietiekami daudz ceļam neatbilstošu robežu, un konkrētais intervāls jāslēdz (ja izpildās arī nosacījums 8.2.). Attēlā 2.3.d sarkanās līnijas ir maz mainīgās, uzkrātās fona robežas - zaļā krāsā ir fonam nepiederošu objektu robežas. Zilās horizontālās līnijas parāda momentus, kuros intervāla slēgšanas lēmuma pieņemšanai tikuši skaitīti sliekšni pārvarējušie robežas pikseļi. Baltais skaitlis rāda cik šādu pikseļu ir šī brīža kadrā, gaiši zila - cik šādu pikseļu bijis pēdējā lēmuma pieņemšanas brīdī. Biezā vertikālā līnija kreisajā attēla malā parāda, kuros brīžos ir atjaunojies fona robežas uzkrājošais buferis.
10. Tiek atklāta automašīna, ja intervāls tiek slēgts un slēgšanas brīdī tas atbilst sekojošiem parametriem:
 - 10.1. Intervāls nav nedz par platu, nedz par šauru: $Beig_x - Sak_x > IntGarMin$ un $Beig_x - Sak_x < IntGarMax$. Intervāls ir pastāvējis vismaz noteiktu skaitu kadrus.
11. Pie atbilstošo intervālu slēgšanas tiek saglabāti intervālu garumi. No vairākiem šiem garumiem tos summējot un izdalot ar skaitu iegūst vidējo intervālu garumu.
12. Iespējams noskaidrot aptuveno pikseļu skaitu, ko automašīna nobrauc pētāmās līnijas apkārtnē viena kadra laikā.
 - 12.1. Intervālam, kas pēc izmēriem atbilst mašīnai, tiek saglabātas pikseļu vērtības – aizturētas par kadru.
 - 12.2. Nākamajā kadrā aizturētais intervāls tiek korelēts ar tāda paša izmēra intervāliem, kas atrodas zem pētāmās līnijas.

12.4. Šo informāciju var izmantot pie aptuvenas mašīnu ātruma noteikšanas, kā arī apstāšanās gadījumu detektēšanas.



Ērtākai sistēmas parametru un metožu maiņai, shēmas pārvaldīšanai tika izveidota grafiskā lietotāja saskarne (attēls 2.6).



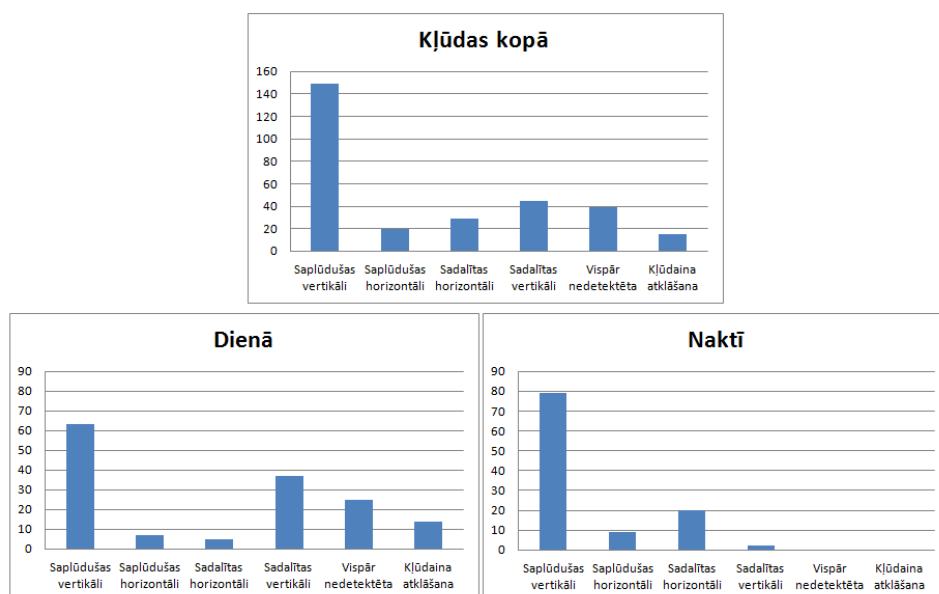
Att. 2.6: Grafiskā lietotāja saskarne kopējās sistēmas vadībai

Izejas video sistēma apvelk krāsainus IeT apkārt atklātajām automašīnām (attēls 2.1), un par izsekošanas shēmas darbību var spriest pēc tā, ka vienai un tai pašai automašīnai laikā neizmainās apvilktā taisnstūra krāsa. Ar atsevišķiem, iepriekš ierakstītiem video failiem tika izmēģinātas dažādas metožu kombinācijas, kā arī dažādas konstantes – sliekšņi, pastiprinājumi, fona uzkrāšanas laiki u.c.

2.3.2 Testi ar jauno algoritmu automašīnu atklāšanai

Piedāvātajā atsevišķas līnijas pētīšanas algoritmā ir vairāki iepriekš uzstādāmi lielumi, kas var būtiski ietekmēt metodes precizitāti. Ar vairākiem ierakstītiem video tika veikti testi, meklējot konstanšu un parametru kombinācijas, kas dotu vismazāk kļūdu katram konkrētajam video. No labākos rezultātus uzrādījušajiem lielumiem tika ņemtas vidējās vērtības, ar kurām vēlreiz veikti testi visiem video.

Testu laikā tika sekots līdzī notiekošajam, tādējādi iegūts ne tikai kļūdu skaits, bet arī katras kļūdas veids, kas ļauj secināt, kādā virzienā algoritmam visvairāk nepieciešami uzlabojumi. Kopējais kļūdu skaits eksperimentos, kā arī sadalījums pa kļūdu veidiem redzami attēla 2.7. Kopējais automašīnu skaits bija 2064.



Att. 2.7: Kļūdu skaits un veids visos testos kopā, kā arī sadalīts dienas un nakts gadījumos

Absolūti lielākais kļūdu skaits ir vertikāla automašīnu saplūšana (tuvu viena aiz otras braucošas automašīnas tiek detektētas kā viena). Tas bija sagaidāms, jo šī problēma algoritma šī brīža versijā netiek risināta. Neskaitot šo problēmu, dienas laikā būtiskāko kļūdu skaitu veido vertikāli sadalītas automašīnas - gadījumi, kad viena automašīna tiek detektēta kā vairākas, joatbilstošais intervāls noslēdzies pirms automašīna pilnībā pabraukusi garām līnijai. Šo problēmu daļēji risina intervālu platuma izmaiņas analīze un fonam neatbilstošu robežu noteikšana uz līnijas. Tomēr, gadījumos ar garām, vienmērīgām automašīnu daļām, piemēram, smago automašīnu piekabēm, šie paņēmieni nav pietiekami.

Vēra ņemamu kļūdu rada arī automašīnu nepemanīšana, kas rodas situācijās, kad mašīnu intensitāte kadrā ir līdzīga ceļa intensitātei. Šajā situācijā būtu jāizmanto mazāks sliekšnis pēc blakus kadru līniju starpības, tomēr tas novestu pie lielāka skaita viltus atklāšanas. Tādēļ algoritmā izmantota divu sliekšņu metode.

Lai gan algoritma izstrādē bija ņemta vērā tikai darbība dienas laikā, tas testēts arī uz nakts video, gūstot labus rezultātus. Naktī visintensīvākās vietas kadrā ir automašīnu lukturi un to atspīdums uz ceļa. Kļūdu attēlā redzams, ka bez vertikālas saplūšanas lielākā problēma ir gadījumi, kad viena automašīna tiek detektēta kā divi atsevišķi intervāli. Divi automašīnas lukturi tiek detektēti kā atsevišķi, nesaistīti objekti. Šo problēmu nāksies risināt pielāgojot algoritma darbību nakts apstākļiem, mainot iegūto intervālu interpretācijas noteikumus. Intensīvo lukturu un tumšā fona apstākļos praktiski nepastāv problēma, ka mašīna ar ieslēgtiem lukturiem netiktu pamanīta vispār.

2.4 Kopsavilkums un secinājumi

Analizēt iepriekš īstenoto metožu kombināciju darbību ļauj izveidotā apvienotā sistēma ar grafiskās lietotāja saskarnes vadību. Īstenotā objektu izsekošana pēc IeT kustības modeļa darbojas, šī brīža versijā spējot vienlaicīgi izsekot līdz septiņām automašīnām. Tomēr sistēmas darbība nav pietiekami stabila, ik pa laikam pazaudējot izsekojamo automašīnu, sākot izsekot citu, pirms iepriekš izsekotā ir pametusi kadru. Iespējami risinājumi ir modeļa paplašināšana ar jauniem noteikumiem par IeT iespējamo uzvedību.

Lai gan IeT izsekošanā darbības tiek veiktas ar 4 elementu vektoriem, kas patērē mazus skaitļošanas resursus, tomēr, lai nonāktu līdz šiem vektoriem tiek veiktas prasīgākas operācijas automašīnu atklāšanas posmā. Iepriekš projektā piedāvātās detektēšanas metodes veic vairākas operācijas ar visiem vai ar lielāko daļu (pēc ceļa apgabala nodalīšanas no apkārtnes) kadra pikselim, vai tā būtu kadru atņemšana, fona bildes uzkrāšana, filtrēšana u.c. Nepieciešamo informāciju iespējams iegūt arī bez visa kadra izpēti, tādēļ tiek izstrādāts cits atklāšanas variants - pētot atsevišķas līnijas kadrā. Uz līnijas tiek iegūti laikā mainīgi, automašīnām atbilstoši intervāli - divu elementu vektori. Būtiski samazinot skaitļošanas jaudu atklāšanas posmā, iespējams ietaupīto izmantot vēlākos sistēmas posmos, piemēram, sarežģītākos situācijas analīzes paņēmienos.

Pirmie testi ar piedāvāto algoritmu izrādījušies daudzsoļīgi, no tā izriet turpmākais MITSImPro grupas darbības virziens.

2.5 Nākotnes perspektīvas

Simulink vidē īstenotais atklāšanas algoritms pēc testiem ar atsevišķiem video failiem izrādījies perspektīvs kandidāts nopietnākiem testiem ar reālā laikā iegūtiem video uz ceļa. Lai apstrādātu reālā laikā pienākošos datus, tiek izvirzīts mērķis padarīt algoritmu ātrāku, atbrīvojot procesoru no vajadzības darbināt MATLAB programmu līdz ar izstrādāto algoritmu. Tādēļ nākamais solis ir projektēto algoritmu īstenot C++ valodā, kura būs arī MITS projektā izstrādājamās kopējās iekārtas pamatā.

Nodaļā 2.2.2 aprakstītais algoritms ir tikai pirmais posms attēlu apstrādes izmantošanā mašīnu atklāšanai. Algoritms jāpapildina un jāuzlabo – tuvākie mērķi ir izveidot metodi, kas ļautu atšķirt vienu aiz otras tuvu braucošas automašīnas. Algoritms jāpielāgo arī darbībai tumšajā diennakts laikā.