

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.10. par periodu no 01.09.2013.g.līdz 31.12.2013.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. Georgijs Kanonirs

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 MITSVIEW grupas atskaite	3
1.1 Paveiktais	3
1.1.1 Sistēmas lēmumu pieņemšanas algoritms	3
1.1.2 Sistēmas lietotāja saskarne	4
1.1.3 Sistēmas demonstratora prototips	4
2 MITSSen grupas atskaite	6
2.1 Paveiktais	6
2.1.1 Magnētiskie sensori	6
2.1.2 Lāzera sensora mote	6
2.1.3 Laika apstākļu un ceļa stāvokļa noteikšana	8
3 MITSimPro grupas atskaite	10
3.1 Paveiktais	10
3.2 Avārijas situāciju atklāšana	10
3.2.1 Avāriju atklāšana pēc mašīnu apstāšanās	10
3.2.2 Avāriju atklāšana pēc mašīnu trajektoriju analīzes	11
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	14
4 MITSRegNo grupas atskaite	15
4.1 Paveiktais	15
4.2 Īstenotie risinājumi	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.

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

Šajā nodaļā atrodams grupas MITSVIEW padarītais projekta pēdējā ceturksnī.

1.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSVIEW veikusi sekojošus darbus:

- Sistēmas lēmumu pieņemšanas algoritma izstrāde
- Sistēmas lietotāja saskarnes izstrāde
- Sistēmas prototipa noformēšana

1.1.1 Sistēmas lēmumu pieņemšanas algoritms

Tika izstrādāts sistēmas lēmumu pieņemšanas algoritms.

Lai būtu iespējams pieņemt lēmumus par to kā regulēt satiksmi krustojumā, ir nepieciešams sistēmā uzturēt informāciju par to kuru sensoru dati nāk no kuras brauktuves, kā arī kurš no ceļiem krustojumā ir galvenais.

Tā kā ne vienmēr apstākļi ir pietiekami lai automātiskā sistēma droši pieņemtu lēmumus par satiksmes vadību, tad gadījumos, kad pieņemt drošu lēmumu nav iespējams sistēma pārslēdz luksoforus noklusētajā laika sadalījuma režīmā, kādā tie darbojas bez intelligentās vadības sistēmas iejaukšanās.

Lēmumu pieņemšanas moduļa ievaddati ir visu pieejamo sensoru dati, kā arī dati par to, kādi šobrīd ir luksoforos degošie signāli katrā no braukšanas virzieniem krustojumā.

Lēmumu pieņemšanas moduļa izvaddati ir vēlamais luksoforu stāvoklis - dubultai drošībai šo vēlamo stāvokli pārbauda luksoforos iebūvētie drošības kontroles mehānismi un korektuma gadījumā (nav konfliktējoši signāli, signālu pārslēgšana nav pārāk strauja) veic signālu atbilstošu pārslēgšanu. Pat gadījumos, ja sistēma pārtrauc darboties luksoforu kontrolieri paši spēj nodrošināt sadalītā laika regulēšanas mehānismu tā kā tas notiek jau tagad krustojumos bez intelligentā satiksmes vadības mezgla.

Satiksmes regulēšanas algoritms divu ceļu krustojumā ir šāds:

1. No meteoroloģiskajiem sensoriem nosaka vai laika apstākļi ir piemēroti satiksmes regulēšanai balstoties uz video analīzi - tas nozīmē:
 - (a) Ir diennakts gaišais laiks
 - (b) Nav miglas, spēcīga lietus vai citu redzamību apgrūtināšu apstākļu
2. Gadījumā, ja video analīze nesniegs vēlamus rezultātus sistēma pāriet analīzes režīmā - savāc datus no pieejamajiem sensoriem vēlākai analīzei un brīdina par bīstamām situācijām, tomēr tiešu satiksmes regulēšanu neveic dēļ nepietiekamas informācijas drošai satiksmes regulēšanai - tiek ieslēgts noklusētais laika sadalījuma režīms.
3. Pretējā gadījumā - ja video analīze ir iespējama, sistēma balstoties uz kameru video analīzi nosaka automašīnu skaitu katrā no brauktvēm (video analīzes algoritms aprakstīts turpmākā nodaļā)

4. Pēc noklusējuma zaļā gaisma vienmēr ir galvenā ceļa virzienā
5. Ja uz mazākas nozīmes šķērsojošās brauktuves tiek noteikts auto, atkarībā no situācijas tiek izvēlēta viena no šīm darbībām:
 - (a) Ja galvenā brauktuve ir brīva, mazākās nozīmes brauktuvei tiek dota zaļā gaisma nekavējoties palaižot piebraukušo transporta līdzekli
 - (b) Gadījumā, ka galvenā brauktuve ir aizņemta tiek gaidīts līdz izpildās viens no trijiem kritērijiem, lai ieslēgtu zaļo gaismu mazākas nozīmes brauktuvei apturot satiksmi uz galvenā ceļa:
 - Kopš pirmā auto noteikšanas uz mazākās nozīmes ceļa ir pagājušas 3 minūtes (Laiks uzstādāms atkarībā no konkrētā krustojuma specifikas)
 - Uz mazākās nozīmes ceļa stāv jau vismaz 3 (skaits maināms atkarībā no konkrētā krustojuma specifikas) transporta līdzekļi
 - Galvenais ceļš tiek atbrīvots
6. Kad automašīna no mazākās nozīmes ceļa ir izbraukusi sistēma atjauno zaļo gaismu galvenā ceļa braukšanas virzienā.
7. Gadījumos, kad no mazākās nozīmes ceļa ir nepārtraukta transporta līdzekļu plūsma, šo plūsmu aptur pēc 1 minūtes, vai cita laika posma atkarībā no konkrētā krustojuma specifikas.
8. Sistēma atgriežas sākotnējā stāvoklī un algoritms atsākas.
9. Izņēmuma gadījums algoritmā - ja kādā brīdī uz kādas no brauktuvēn tiek noteikta operatīvā transporta tuvošanās (izmantojot skaņas analīzi no mikrofonu matricas, par ko aprakstīts tālākā nodaļā), abos krustojuma virzienos tiek ieslēgta sarkanā gaisma apturot satiksmi krustojumā un ļaujot operatīvajam transportam krustojumu šķērsot bez starpgadījumiem (operatīvais transports drīkst šķērsot arī luksofora sarkano signālu).

1.1.2 Sistēmas lietotāja saskarne

Lai varētu novērot sistēmas demonstratora darbu tik izveidota sistēmas demonstratora lietotāja saskarne (Attēls 1.1). Šajā saskarnē ir pieejami divi skati:

- Neapstrādāto datu skats un
- Sistēmas pieņemto lēmumu skats

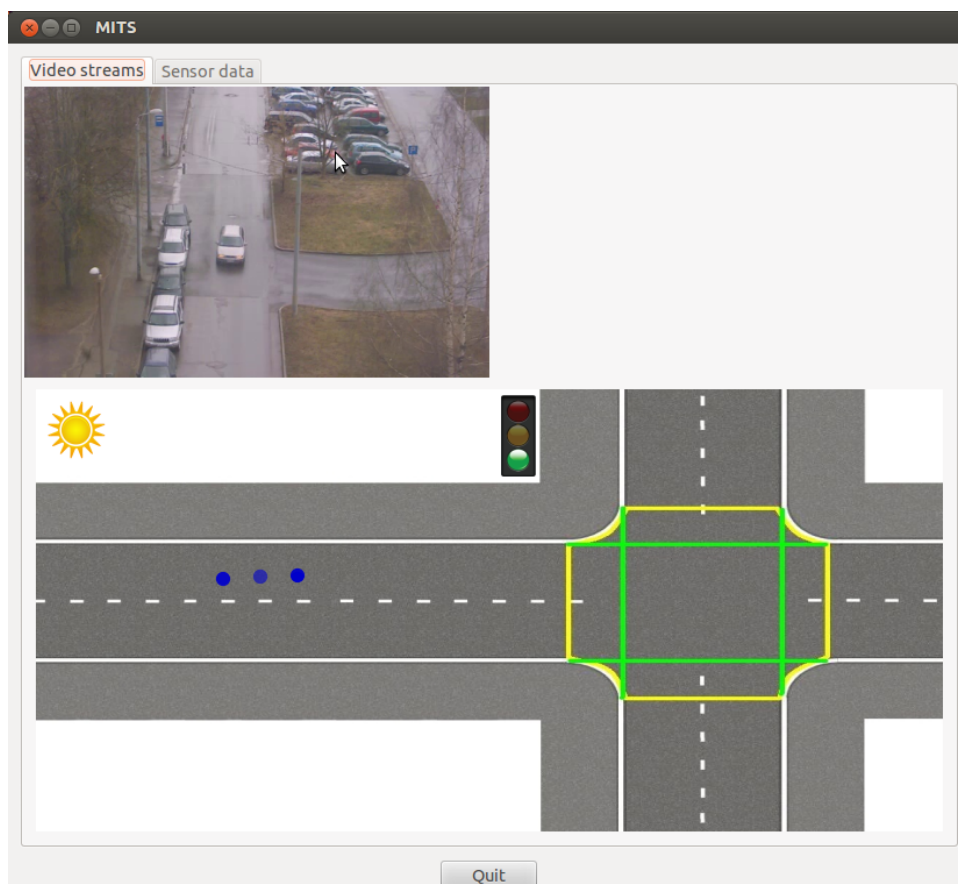
Neapstrādāto datu skatā ir iespējams sistēmas darbības laikā aplūkot datus no dažādiem sistēmas sensoriem, kas ļauj novērtēt vai sistēma darbojas korekti.

Sistēmas pieņemto lēmumu skatā redzams, kā sistēma ir novērtējusi kopējos ceļa apstākļus, atpazinusi automašīnas un pieņēmusi lēmumu par satiksmes regulēšanu.

1.1.3 Sistēmas demonstratora prototips

Savienojot visu grupu paveikto tika izveidots sistēmas demonstratora prototips (Attēls 1.2), kas sastāv no

- trīs mini-ITX formas datoriem aprīkoti ar 3.4 GHz Intel core i5 procesoru, 8 GB RAM, kā arī vadu un bezvadu tīkla savienojumiem;
- astoņiem Raspberry PI B iegultajiem datoriem aprīkoti ar 700 MHz ARM 11 procesoru un 512 MB RAM, kā arī ar bezvadu tīkla savienojumu;
- Bezvadu tīkla maršrutētāja, kas atbalsta standartus 802.11g/n;
- Citu darba grupu lietotajām kamerām un citiem sensoriem.



Att. 1.1: Sistēmas lietotāja saskarne



Att. 1.2: Sistēmas demonstratora prototips

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

Anotācija

Projekta 10. pārskata periodā sensoru grupa strādāja pie magnētisko sensoru programmnodrošinājuma uzlabošanas, laika apstākļu sensoru un cēla stāvokļa sensoru izveides, kā arī lāzera attāluma mērītāja motes izveides, ietverot programmnodrošinājuma izveidi, shēmatehniskos risinājumus un mērījumus reāla cēla apstākļos.

2.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSSen veikusi sekojošus darbus:

2.1.1 Magnētiskie sensori

Izveidots programmnodrošinājums uz Raspberry pi mini datora. Iepriekšējais risinājums paredzēja datu apstrādi uz personālā datora, izmantojot Labview programmas risinājumu. Šāds risinājums nav derīgs iegultā sistēmā. Izveidotais programmnodrošinājums ir identisks Labview risinājumam un ir aprakstīts iepriekšējo periodu atskaitēs.

2.1.2 Lāzera sensora mote

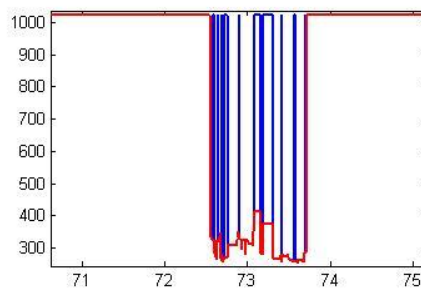
Etapā laikā izveidota lāzera sensora mote transporta līdzekļu reģistrācijai un klasifikācijai. Lāzera sensora mote darbojas uz radara principa. Tiek raidīts gaismas impulss, kuram atstarojoties no virsmas un atnākot atpakaļ uztvērējā, tiek noteikts attālums līdz objektam. Projektā tiek izmantoti SICK DT35 lāzera sensors, kurš darbojas infrasarkanajā diapazonā. Lāzera darbības attālums ir līdz 12 metriem, atstarojošas virsmas var tikt detektētas līdz 35 metru attālumam. Transporta līdzeklis nevar tikt uzskatīts kā atstarojoša virsma, atšķiras transporta līdzekļu krāsas, līdz ar to arī atstarošanas koeficienti. Izmantotais lāzera sensors redzams 2.1 attēlā. Dati no sensora tiek saņemti izmantota analogā signāla izeja ar mainīgu spriegumu, kurš mainās no nulle līdz barošanas spriegumam (12V). Datu apstrāde tiek veikta izmantojot mikrokontrolieri. Lai sensora izejas spriegums būtu apstrādājams ar mikrokontrolieri, nepieciešams veikt sprieguma pazemināšanu proporcionāli visā diapazonā. Maksimālais mikrokontroliera darba spriegums ir 3,6V, taču, lai analogais signāls tiktu korekti ciparots, ieteicams izmantot atbalsta spriegumu (tiek ģenerēts mikrokontrolierī) ar maksimālo vērtību 2,5V.

Mikrokontrolierī signāla ciparošanai tiek izmantots 10 bitu ADC (iespējami 1024 signāla līmeņi). Samazinot sensora izejas sprieguma diapazonu vairāk kā 4 reizes, samazinās arī distances izšķirtspēja. Konkrētā sensora izšķirtspēja ir 0,05 līdz 5 mm, kas ir salīdzinoši augsts rādītājs. Lai veiktu transporta līdzekļu reģistrāciju un klasifikāciju, pietiek ar izšķirtspēju 0,05 - 0,1 m. Līdz ar to samazinot izejas sprieguma vērtību, transporta līdzekļu detektēšana netiek traucēta. Pēc signāla ciparošanas ADC, lai noteiktu transporta līdzekļa esamību uz brauktuves, nepieciešams veikt signāla apstrādi. Ne no visām virsmām signāls tiek atstarots (nav iespējams nomērīt attālumu), piemēram, transporta līdzekļa vējstikls, virsmas, kas nav perpendikulāras lāzera motes signālam. Ja virsma ir melna un matēta, lāzera stars arī netiek atstarots. Šāds gadījums iespējams, ja vieglajam transporta līdzeklim ir uzstādīts jumta bagāžnieks, vai arī tiek vesta kāda krava (piemēram piekabē). Ja izpildās minētie apstākļi viens transporta līdzeklis var tikt detektēti kā vairāki. Tipisks piemērs, kad motes uztvertais signāls



Att. 2.1: Lāzera sensors transporta līdzekļu reģistrēšanai un klasifikācijai

ir ļoti saraustīts, redzams 2.2 attēlā. Ar zilu krāsu atzīmēts smagā transporta līdzekļa (balķvedējs ar pilnu kravu) paraksts. Redzams, ka signāls ir ļoti saraustīts un ir daudz gadījumu, kad atstarošanās nenotiek un signāls pieņem maksimālo vērtību (t.i. transporta līdzeklis nav motes redzamības zonā). Izveidotās motes darbības princips ir balstīts uz īpašību, ka asfalta segums absorbē lielu daļu no krītošā lāzera stara, līdz ar to laika momentos, kad transporta līdzekļi nepārvietojas motes darbības zonā, attālums līdz ceļa virsmai ir maksimālais, t.i. 10 metri. Kā iepriekš minēts, šāda signāla "lēkāšana" iespējama dēļ transporta līdzekļa (vai tā kravas) virsmas lāzera stara absorbcijas vai atstarošanas īpašībām. Lai novērstu signāla "lēkāšanu" ir izstrādāts algoritms, kurš seko līdz transporta līdzekļa lāzera sensora parakstam, kā rezultāta tiek iegūts signāls kurš attēlā 2.2 attēlots ar sarkano krāsu. Veicot signāla izsekošanu laikā, tiek pieņemts, ka signāla absorbcija, gadījumā, ja transporta līdzeklis ir motes redzamības zonā, nevar būt ilgāk kā 60 nolases. Ja absorbcija ir ilgāku laiku, tiek pieņemts lēmums par viena transporta līdzekļa reģistrēšanu.



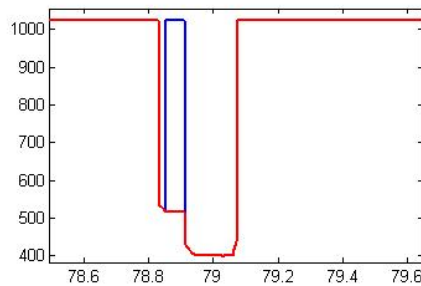
Att. 2.2: Lāzera sensora motes signāls reģistrējot smago transporta līdzekli

2.3 attēlā redzams vieglā transporta līdzekļa lāzera sensora paraksts. Arī šajā grafikā ar sarkano līniju ir atzīmēts izsekotais paraksta signāls, bet ar zilu - no transporta līdzekļa atstarotais signāls. Par cik vieglajam transporta līdzeklim ir daudz mazāk pārejas virsmu, kā smagajam transporta līdzeklim (balķvedējam ar kravu), signāl ir ievērojami mazāk saraustīts kā 2.2 attēlā redzamajā gadījumā.

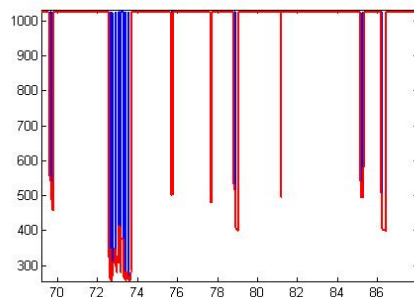
Vairāku transporta līdzekļu plūsma redzama 2.4 attēlā. Šeit var redzēt transporta līdzekļu atšķirību pēc augstuma, kas arī tiek ņemts vērā, veicot klasifikāciju. Transporta līdzekļi tiek klasificēti sekojošās klasēs:

- vieglais transporta līdzeklis
- paaugstinātas caurejamības transporta līdzeklis (SUV)
- mikroautobuss
- smagais transporta līdzeklis
- liels smagais transporta līdzeklis

Klasifikācija tiek veikta mērot attālumu no sensora motes līdz transporta līdzeklim. Vieglā transporta gadījumā attālums būs vislielākais, bet smagā transporta līdzekļa gadījumā - vismazākais. Dati par transporta līdzekļu klasificēšanu tiek nosūtīti MITS punktam. Lai veiktu transporta plūsmas klasifikāciju, lāzera sensora motei jāveic kalibrācija attiecībā pret transporta līdzekļiem. Ja mote tiek



Att. 2.3: Lāzera sensora paraksts vieglajam transporta līdzeklim



Att. 2.4: Lāzera sensora motes signāls dažādiem transporta līdzekļiem

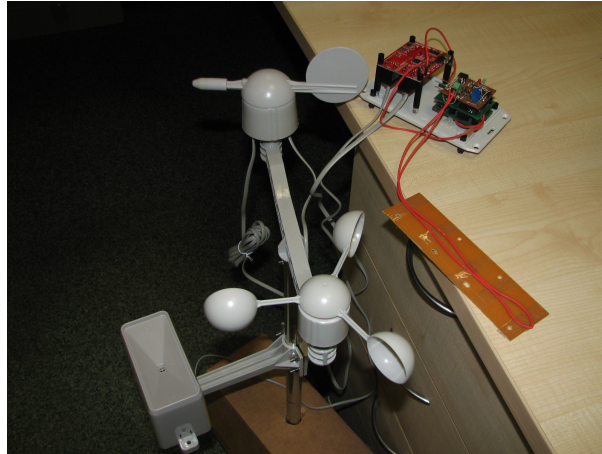
novietota citā augstumā, kā veicot kalibrāciju, klasificējot transporta līdzekļus, rezultāts būs kļūdainš. Vajadzības gadījumā kalibrāciju iespējam veikt īsā laikā. Lāzera sensora mote paredzēta novietot virs ceļa braucamās daļas, katrā joslā pa vienam sensoram. Motes darbības precizitāte sasniedz 98% transporta līdzekļu detektēšanai un 95% transporta līdzekļu klasifikācijai. Veicot detektēšanu, kļūdas galvenokārt izraisa transporta līdzekļu tumša krāsa (matēta). Veicot klasifikāciju, nekorekts lēmums var tikt pieņemts gadījumā, ja smagais transporta līdzeklis pārvietojas ar piekabi bez kravas vai arī gadījumā ja smagais transporta līdzeklis velk piekabi bez kravas.

2.1.3 Laika apstākļu un ceļa stāvokļa noteikšana

Etapā laikā veikti darbi pie ceļa stāvokļa noteikšanas RLC kontūra pielāgošanas darbam reālos ceļa apstākļos. Iepriekš izveidoto risinājumu testējot reālos apstākļos, tika konstatēts, ka kontūram pie rezonanses labums līdzinās 1 un nav iespējams noteikt frekvenci. Kā risinājums tika izvēlēts pārrēķināt kontūru, ņemot vērā zemes induktivitātes un kapacitātes ietekmi uz mērījumu. Etapā tika veikti darbi saistībā ar laika apstākļu noteikšanas sensora pievienošanu ceļa stāvokļa noteikšanas sensoram. Attēlā 2.5 ilustrēts ceļa stāvokļa noteikšanas un laika apstākļu noteikšanas sensoru kopskats. Laika apstākļu mote sastāv no sekojošiem sensoriem:

- temperatūras un mitruma sensors(SHT15)
- atmosfēriskā spiediena sensors(BMP085)
- gaismas sensors(TEMT6000)
- vēja virziena sensors
- vēja stipruma sensors(anemometrs)
- nokrišņu daudzuma sensors

Temperatūras un mitruma, gaismas un atmosfēras spiediena sensori izvietoti vienkopus uz vienas iespiedplates. Savukārt vēja stipruma, virziena un nokrišņu daudzuma sensori atrodas uz atsevišķa moduļa, kurš savienots ar laika apstākļu moti izmantojot vadu pieslēgumu. Laika apstākļu sensors izmantojot UART saskarni tiek pievienots pie ceļa stāvokļa motes, kura tika izstrādāta iepriekšējā etapā. Lai nodrošinātu datu savākšanu no laika apstākļu sensora tika veikta programmatūras izstrāde uz ceļa stāvokļa motes. Ceļa stāvokļa mote nodrošina visu datu savākšanu un pārsūtīšanu uz MITS punktu.



Att. 2.5: Laika apstākļu noteikšanas sistēma

Laika apstākļu mēte veic visu sensoru datu nolasīšanu ar 5 sekunžu periodu. Pēc nolasīšanas datus apstrādā un nosūta uz ceļa stāvokļa moti pa UART saskarni. Ceļa stāvokļa mēte datus saglabā atmiņā un pievieno klāt ceļa stāvokļa lēmumu (slapjš, sauss, ledus, mitrs). Pēc šīs operācijas seko datu pārsūtīšana uz MITS punktu. Sūtīšana notiek izmantojot USB-UART pārveidotāju. Izmantojot laika apstākļu un ceļa stāvokļa mētes kombinācijā tiek iegūta informācija par ceļa seguma stāvokli, tiek aprēķināts rasas punkts, noteikts nokrišņu daudzums, gaisa temperatūra, mitrums, gaisa spiediens, vēja stiprums un virziens. Lai noteiktu vai uz ceļa ir uzbērts pretapledošanas reaģents tiek veikta ceļa virsmas temperatūras mērīšana izmantojot Calex PU151 infrasarkanā temperatūras mērītāju. Vadoties no nomērītās ceļa temperatūras un ceļa stāvokļa mētes mērījumiem tiek nolemts par reaģenta esamību. Ceļa virsmas temperatūru nepieciešams noteikt, jo tā parasti ir atšķirīga no gaisa temperatūras par vairākiem grādiem. Līdz ar to, ja ceļa stāvokļa sensors dod informāciju par to, ka ceļa segums ir mitrs un ceļa temperatūras mērījums norāda uz temperatūru zem nulles, tas nozīmē, ka uz ceļa virsmas ir uzkaisīta sals. Lai noteiktu ledus esamību uz ceļa tiek salīdzināti rādījumi no mitruma sensora, ceļa temperatūras sensora un ceļa stāvokļa sensora.

Nodaļa 3

MITSimPro grupas atskaite

Anotācija

Pārskata periodā MITSimPro grupa izstrādājusi algoritmu automašīnu trajektoriju ieguvei un saglabāšanai. Trajektorijas un automašīnu apstāšanās noteikšana izmantota, lai īstenotu negadījumu atklāšanu video.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSimPro veikusi sekojošus darbus:

- Īstenots algoritms avāriju noteikšanai pēc mašīnu apstāšanās (nodaļa 3.2.1).
- Izveidots algoritms, kas pieraksta un apstrādā automašīnu nobrauktās trajektorijas pētāmajā ceļa apgabalā (nodaļa 3.2.2).
- Īstenots algoritms avāriju noteikšanai pēc mašīnu trajektoriju izvēles izmaiņām (nodaļa 3.2.2).
- 16-17. novembrī dalība konferencē 2013 The 6th International Conference on Machine Vision ar raksta "Vehicle classification in video using virtual detectors" (autori Roberts Kadiķis un Kārlis Freivalds) prezentāciju.
- 26. novembrī dalība seminārā Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering ar referātu "Vehicle detection and classification using virtual detection lines".
- 11. decembrī dalība projekta seminārā "Multifunkcionālas inteliģentās transporta sistēmas punkta tehnoloģijas seminārs" ar prezentāciju "Transporta plūsmas analīze izmantojot video apstrādi".
- Veidots apraksts MITS bukletam un mājas lapai par MITSimPro grupas paveikto projekta laikā.

3.2 Avārijas situāciju atklāšana

Algoritms spēj noteikt avārijas situācijas uz ceļa pēc divām pazīmēm – netipisku apstājušos automašīnu esamība uz ceļa, kā arī netipiska mašīnu braukšanas trajektoriju izvēle.

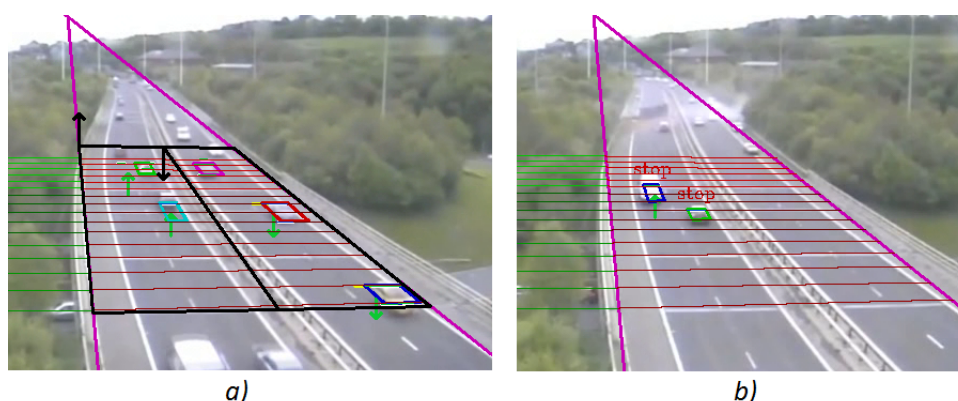
3.2.1 Avāriju atklāšana pēc mašīnu apstāšanās

Automašīnu apstāšanās tiek atklāta, ja vismaz kādu iepriekš noteiktu laiku (piemēram, pēdējos 20 kadrus) nav mainījušies mašīnā ietilpstošie intervāli. Ja šajā laikā nav nācis klāt un nav dzēst neviens automašīnas intervāls, šis automašīnas objekts tiek uzskatīts par apstājušos, līdz brīdim, kad tam tiek pievienots jauns vai dzēst kāds no esošajiem intervāliem. Ja uz pētāmā ceļa mašīnām nav paredzēts apstāties, tad apstājušos automašīnu atklāšana var norādīt uz netipisku satiksmes notikumi. Automašīnu izsekošanas algoritms var nosegt samērā plašu ceļa apgabalu, atkarībā no atklāšanas līniju izvietojuma. Uztādot kameru, iespējams manuāli iestādīt apgabalus uz ceļa, kuros ir iepriekš definēts normāls automašīnu kustības virziens, kā arī tas, vai šajā apgabalā mašīnu apstāšanās ir normāla. Apgabaliem programmas kodā tiek izveidota jauna apgabalu klase „DirectionRegion”.

Kustības virzienu apgabalu piemērs parādīts attēlā 3.1.a. Piemēra kadrā ir manuāli iestatīti divi ceļa apgabali ar pretējiem braukšanas virzieniem. Pirmajā apgabalā ir atklātas divas automašīnas, kas kustas šim apgabalam normālā virzienā (norāda bultas pie automašīnu objektiem). Otrajā apgabalā atklātas trīs

automašīnas, no kurām vienai vēl nav noteikts virziens. Automašīnas objektu apraksta četrstūra stūri. Katrs braukšanas virziena apgabals arī tiek aprakstīts ar četrstūri. Lai noteiktu, kurā apgabalā atrodas mašīna, tās stūru koordinātes tiek salīdzinātas ar visu apgabalu koordinātēm. Ja vismaz trīs mašīnas stūri atrodas apgabala četrstūrī, tiek pieņemts, ka mašīna atrodas attiecīgajā apgabalā. Ja mašīnas virziens nesakrīt ar apgabalam iepriekš uzstādīto normālo virzienu, mašīnas objektam tiek pierakstīta īpašība: brauc nepareizā virzienā.

Ja iestādot ceļa apgabalu norāda, ka tajā mašīnām nav paredzēts apstāties, līdzīgi kā ar braukšanas virzienu noteikšanu, iespējam atrast, kuras mašīnas ir netipiski apstājušās. Piemērā 3.1.b algoritms ir noteicis, ka pētāmajā apgabalā atrodas divas apstājušās automašīnas. Iemesls šajā gadījumā ir avārija, kas notikusi ārpus apgabala, un, kuru algoritms netieši atklājis caur apstājušos mašīnu noteikšanu. Kad atklāta šāda netipiska situācija, algoritms var dot signālu, lai neilgs (dažas pēdējās minūtes) video posms tiktu saglabāts MITS punkta atmiņā. Šim nolūkam jālieto atmiņas buferis, kurā glabājas nesensais video materiāls. Saglabātais materiāls var noderēt vēlākai avārijas iemeslu noskaidrošanai.



Att. 3.1: Nepareizā virzienā braucošu un avarējušu mašīnu noteikšana

3.2.2 Avāriju atklāšana pēc mašīnu trajektoriju analīzes

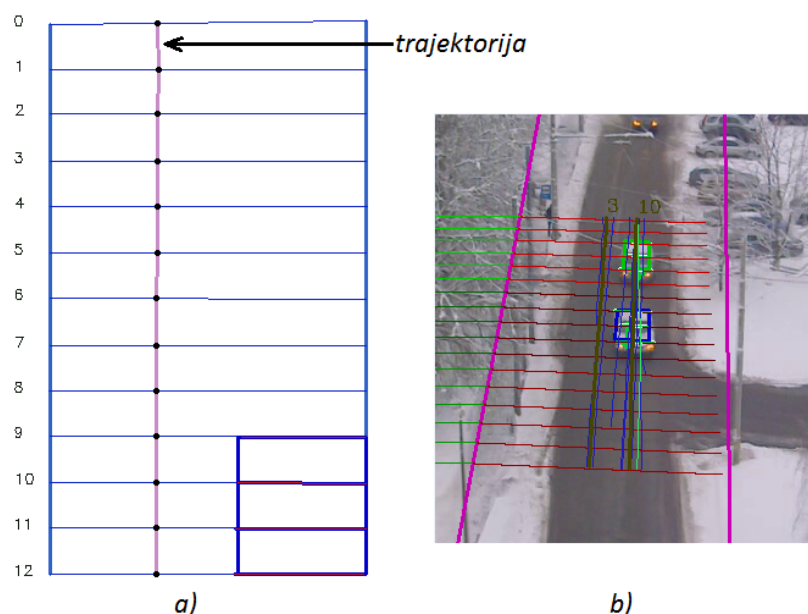
Papildus parametrs, kas norāda uz iespējamās avārijas esamību uz ceļa, ir mašīnu braukšanas trajektoriju izvēles izmaiņas attiecībā pret tipiskām trajektorijām. Mašīnu trajektorijas tiek iegūtas izsekojot automašīnu kustībai caur atklāšanas līnijām. Trajektoriju pierakstam un apstrādei kodā tiek izveidota jauna trajektorijas objektu klase „Trajectory”.

Trajektorija sastāv no vairākiem punktiem – pa vienam punktam uz katras atklāšanas līnijas, kuru šķērsosusi automašīna. Šis punkts uz katras līnijas ir šīs līnijas mašīnas intervāla viduspunkts. Tā kā intervāla platums un viduspunkts laikā var mainīties, šis viduspunkts tiek atrasts katrā intervāla pastāvēšanas kadrā. Kad intervāls tiek slēgts, no tā visiem saglabātajiem viduspunktiem tiek atrasta apcirta vidējā vērtība, kas arī tiek pieņemta par mašīnas trajektorijas punktu uz konkrētas atklāšanas līnijas.

Kad mašīna pamet atklāšanas apgabalu, tās trajektorijas punkti ir iegūti uz katras no šķērsotajām atklāšanas līnijām. Vizualizācijas nolūkiem šie punkti var tikt savienoti (attēls 3.2.a) iegūstot nepārtrauktu mašīnas trajektorijas līniju atklāšanas apgabalā.

Programma saglabā kādu skaitu no pēdējo mašīnu trajektorijām. Trajektoriju klasē īstenota metode, kas ļauj savā starpā salīdzināt saglabātās trajektorijas. Salīdzināšanā tiek skatīts cik tāli savā starpā ir dažādo trajektoriju punkti, kas atrodas uz vienas un tās pašas atklāšanas līnijas. Ja lielākā daļa salīdzināmo trajektorijas punktu ir savā starpā tuvi, tiek secināts, ka dažādās mašīnas braukušas pa vienu un to pašu trajektoriju, ar nelielām atšķirībām. Uzkrājot un salīdzinot vairākas pēdējās mašīnu trajektorijas, algoritms atrod izteiktas normālas trajektorijas pētāmajā ceļa apgabalā. No savstarpēji tuvām trajektorijām tiek aprēķināti normālu trajektoriju punkti, vidējojot normālo trajektoriju veidojošo atsevišķo trajektoriju punktus uz katras atklāšanas līnijas.

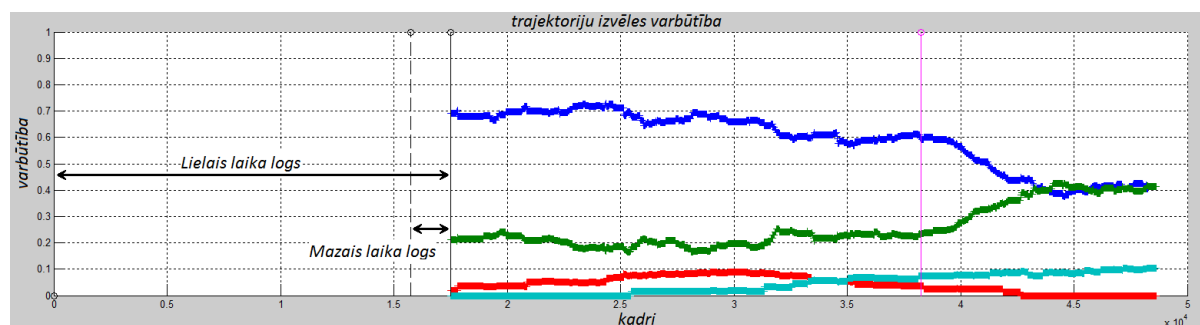
Attēlā 3.2.b parādītas pēdējās 10 trajektorijas, kā arī divas atklātās normālās trajektorijas. Kad ir izveidota normālā trajektorija, tā tiek salīdzināta ar jaunām tikko iegūtām mašīnu trajektorijām. Ja jaunā trajektorija ir tuva normālajai, tad normālās trajektorijas punkti tiek pārreķināti, ņemot vērā pēdējo pievienoto, kā arī visas iepriekšējās trajektorijas, kas atbilda par šīs normālās trajektorijas



Att. 3.2: Noteiktās mašīnu trajektorijas a) viena trajektorija pasaules koordinātu plaknē; b) 10 pēdējās un divas vidējās noteiktās trajektorijas

izveidi. Tiek skaitīts un pierakstīts, kuros kadros normālajai trajektorijai atbilst jauna pagaidām pēdējā trajektorija, jeb pa kuru normālu trajektoriju ir izbraukusi pēdējā mašīna. Attēlā 3.2.b virs trajektorijām ir skaitļi 3 un 10, kas atbilst mašīnu skaitam, kas pa attiecīgajām trajektorijām ir izbraukušas.

Skaitot pa katru no normālajām trajektorijām izbraukušu automašīnu kādā laika logā (piemēram 5 minūtes), un dalot šo skaitu ar kopējo laika logā atklāto automašīnu skaitu, iegūst varbūtību, ar kādu mašīnas šajā laikā ir izvēlējušās braukt pa katru no tipiskajās trajektorijām. Ja mazākā laika logā (piemēram minūti) šī varbūtība kādai no trajektorijām stipri atšķiras, mašīnu trajektoriju izvēle ir izmainījusies, kas, savukārt, var norādīt uz avārijas situācijas esamību uz ceļa. Attēlā 3.3 parādīta trajektoriju izvēles izmaiņa laikā 3.2.b parādītajā video. Trajektoriju izvēles varbūtība tiek rēķināta vairāku minūšu garā laika logā. Attēlā novērojamas četras normālas trajektorijas, no kurām divas ir izteiktas, un, divas ir reti gadījumi, kad mašīnas braukušas kā savādāk nekā kadrā esošās divas ceļa joslas. No grafika secināms, ka attiecībā uz divām būtiskajām trajektorijām, ilgākā laika posmā ir vienmērīgi mainījusies mašīnu braukšanas varbūtība pa katru no tām.



Att. 3.3: Mašīnu trajektoriju izvēles varbūtība, rēķinot vairāku minūšu garā laika logā

Ir zināms, ka konkrētajā video, ap kadru 38250 noticis simulēts ceļa nāgadijums – divas automašīnas apstājušās ceļa malā un stāv tur dažas minūtes (attēls 3.4), liekot pārejām automašīnām biežāk izvēlēties ierpeikš mazāk populāru trajektoriju, lai apbrauktu cietušos.

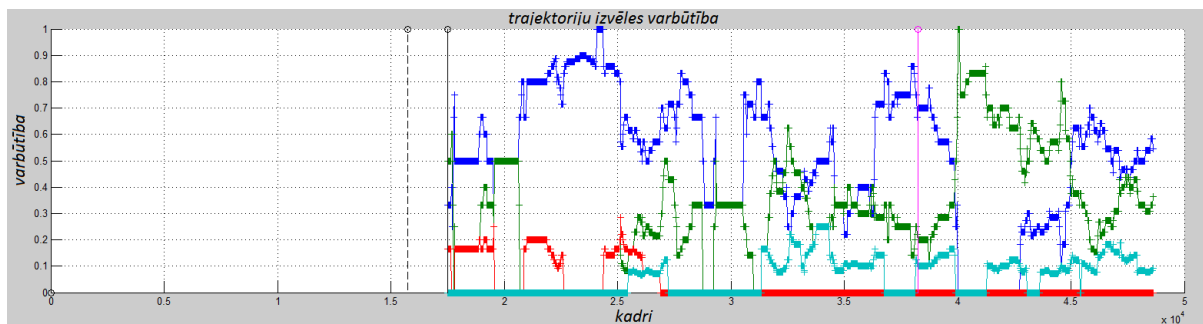
Līdzienā varbūtības izmaiņa grafikā 3.3 iegūta pētot varbūtības pietiekami lielā laika logā. Lai iegūtu informāciju par strujāku mašīnu izvēles varbūtības izmaiņu, tiek pētīts īsāks laika logs. Varbūtības



Att. 3.4: Simulētas avārijas gadījums

izmaiņa īsākā logā parādīta attēlā 3.5.

Algoritmā uz avārijas gadījumu norādīs mazā laika loga un lielā laika loga varbūtību salīdzinājums. Ja notikumi mazajā laikā logā ir līdzīgi ar lielo, tad mazā loga datus var uzskatīt par lielā laika loga datu apakškopu. Šādā gadījumā mašīnu uzvedība uz ceļa nav būtiski mainījusies, un, algoritms neceļ trauksmi par ārkārtas gadījumu. Ja varbūtības būtiski sāk atšķirties, konstatējama avārija.



Att. 3.5: Mašīnu trajektoriju izvēles varbūtība, rēķinot īsākā laika logā

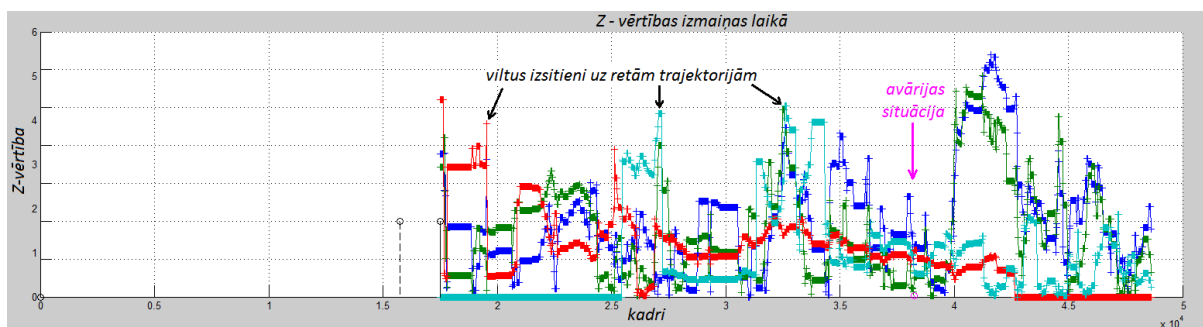
Laika logu varbūtības algoritmā tiek salīdzinātas. Lielais laika logs $V_{lielais}$ ir matrica, kas sastāv no 0 un 1. Laika momentos, kad mašīna ir izvēlējusies konkrēto trajektoriju, matricā tiek ierakstīts vieninieks. Kad atklāta mašīna, kas ir izvēlējusies kādu citu braukšanas trajektoriju, matricā tiek ierakstīta nulle. Līdzīgi tiek izveidota mazā laika loga matrica V_{mazais} . Abas matricas tiek salīdzinātas ar statistiskās hipotēzes testu, atrodot kopu līdzības parametru z :

$$z = \frac{abs(mean(V_{lielais}) - mean(V_{mazais})) \cdot \sqrt{n}}{\sigma}, \quad (3.1)$$

kur $mean(V_{lielais})$ - lielā logā esošo vērtību vidējā vērtība; σ - lielā loga vērtību standarta novirze; n - konkrētās trajektorijas izvēlēšanās skaits mazajā laika logā.

Par nulles hipotēzi tiek pieņemts, ka mazais laika logs ir lielā laika loga apakškopa. Jo lielāka ir iegūtā z vērtība, jo mazāka iespējamība, ka nulles hipotēze izpildās. Tātad pie lieliem z ir notikušas būtiskas izmaiņas uz ceļa. Pirms algoritma darbināšanas, iestādot sliekšni, algoritms var dot trauksmes signālu un saglabāt pēdējos notikumus video, kad z vērtība iestādīto sliekšni pārsniedz.

Video no attēla 3.4 iegūtas sekojošas līknes (3.6) tipiskajām trajektorijām uz ceļa. Grafikā novērojami vairāki viltus izsitieni, kas neatbilst avārijas situācijām. Šie izsitieni pārsvarā rodas uz ļoti retām trajektorijām, jo laika logi statistiski ļoti atšķiras, ja pēdējās 10 minūtes (lielais laika logs) pa kādu retu trajektoriju ir braukusi tikai viena automašīna, kas noticis pēdējās minūtes laikā (mazais laika logs).



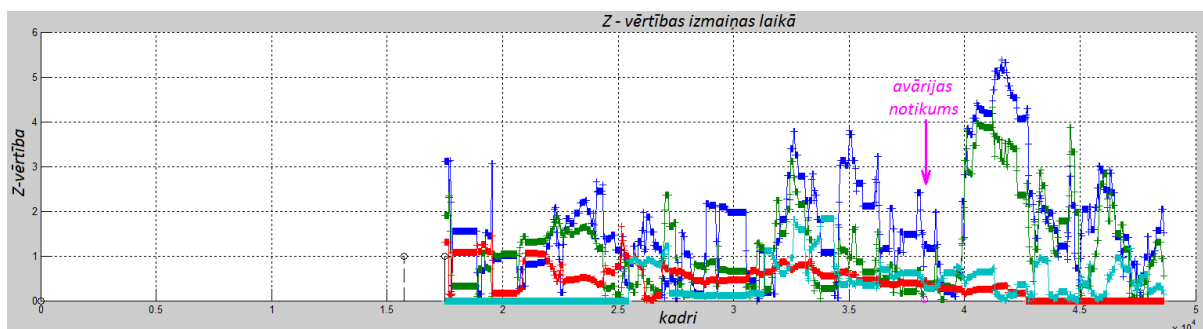
Att. 3.6: Z-vērtība salīdzinot lielo un mazo laika logus

Lai novērstu šos viltus izsitienus z vērtības grafikā, hipotēzes testa formula tika modificēta, lai z vērtība tiktu mazināta gadījumos, kad pa tipisko trajektoriju ir braukušas ļoti maz automašīnu:

$$z_{fix} = \frac{z \cdot \text{sum}(V_{lielais})^{\frac{1}{3}}}{2}, \quad (3.2)$$

kur $\text{sum}(V_{lielais})$ - matricas $V_{lielais}$ elementu summa, kas atbilst mašīnu skaitam lielajā logā, kas šo trajektoriju izvēlējušās.

Pēc formulas modificēšanas tiek iegūts jauns z vērtības grafiks konkrētajam gadījumam (attēls 3.7). Šajā grafikā lielākais izsitienis ir palicis laikā, kad video tiešām tika novērota avārijas situācija. Pielietojot sliekšni, piemēram, kad z vērtība lielāka par 4, algoritms var dot signālu par atklātu negadījumu.



Att. 3.7: Z-vērtība pēc formulas modifikācijas

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

Pārskata periodā īstenota algoritma funkcija negadījumu atklāšanai uz ceļa ar video apstrādi. Negadījumi tiek noteikti pēc netipiskas automašīnu apstāšanās un pēc normālo braukšanas trajektoriju izvēles maiņas.

Līdz ar negadījumu atklāšanu ir noslēgts darbs pie video apstrādes algoritma intelligentajam transporta punktam. Projekta laikā ir izveidots un kodā īstenots pret skaitļošanas jaudām efektīvs un pret apgaismojuma un laika apstākļu maiņu noturīgs algoritms, kas no video kameras datiem spēj atklāt automašīnas. Atklāto mašīnu kustība kadrā var tikt izsekota. Algoritms spēj noteikt mašīnu parametrus – augstumu, garumu, platumu, ātrumu, kustības virzienu. Pēc noteiktajiem parametriem automašīnas tiek klasificētas vieglajās un smagajās. Nakts apstākļos algoritms var skaitīt automašīnas, bet to parametri netiek noteikti. Algoritms spēj noteikt pār sarkano gaismu braucošas automašīnas, pat ja interesējošais apgabals, kuru mašīnas nedrīkstētu šķērsot pie attiecīgā signāla, ir gājēju pāreja.

Ņemot vērā algoritma iespējas un projekta laikā veiktos testus, apstākļos, kad video kamera ir uzticams sensors (ne biezas miglas, sniegpuetņa vai spēcīga lietus apstākļos), algoritms ir būtisks un noderīgs posms multifunkcionālā intelligentā transporta sistēmas punktā.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupas atskaite

Anotācija

4.1 Paveiktais

Pārskata periodā MITSTRegNo grupa veica darbus, kas saistīti ar iepriekš izstrādātās automašīnu numuru atklāšanas sistēmas pilnveidošanu, paralēli veicot sistēmas darbības testēšanu reālos apstākļos. Šim nolūkam izstrādāta, nokomplektēta un testa režīmā uzstādīta numuru noteikšanas sistēma virs auto maģistrāles. Veikti darbi, kas saistīti ar automašīnu numuru noteikšanas sistēmas integrāciju kopējā sistēmā MITS, kā arī izstrādāts informatīvu datu izsūtīšanas modulis izmantojot GSM SMS.

4.2 Īstenotie risinājumi

Lai veiktu tālāku programmatūras pilnveidošanu, kā arī kvalitatīvi analizētu tās darbības rādītājus dažādos diennakts laikos un vides laika apstākļos, tika nokomplektēta un uzstādīta automašīnu numuru noteikšanas sistēma, kura ilustrēta ?? . Šim nolūkam tika sagatavota āra apstākļiem piemērota video kamera un infrasarkanā (IR) staru prožektors ??, bet daturs un pārējās komponentes ievietotas atbilstošā āra izpildījuma skapī ?? . Šim nolūkam izgatavoti visi nepieciešamie stiprinājuma elementi. Par uzstādīšanas vietu izvēlēta auto maģistrāle ar samērā intensīvu satiksmi.



Att. 4.1: Automašīnas numuru noteikšanas sistēma

Testos izmantotā kamera tika aprīkota ar 850nm gaismas filtru, lai, izmantojot papildus IR apgaismojumu, iegūtu, no numuru atpazīšanas viedokļa kvalitatīvus attēlus jebkurā diennakts laikā. Šāds risinājums ļauj samazināt laika apstākļu ietekmi uz numura noteikšanu. Kamera un IR prožektors stiprināts virs auto maģistrāles uz tur jau esošās konsoles. Kamera vērsta pret brauktuvi aptuveni 30 grādu leņķī. Tas ir sava veida kompromiss. No vienas puses, lai iegūtu attēlus ar iespējami maziem ģeometriskiem kropļojumiem, bet no otras puses, lai automašīna atrastos ne pārāk tālu no kameras un nodrošinātu numura zīmes kvalitatīvu izgaismošanu un redzamību, piemēram, stipra lietusa laikā. IR prožektors novietots zem kameras. Tā raksturlielumi izvēlēti tā, lai nodrošinātu pietiekošu numura zīmes izgaismošanu ne tikai krāsas stundās vai tumsā, bet arī samazinātu uz numura zīmi mestās ēnas kontrastu saulainā laikā.



Att. 4.2: Video kamera ar IR prožektoru



Att. 4.3: Dators ar komponentēm, kurš izvietots āra apstākļiem atbilstoša ietvarā

Testa laikā izmantota kamera ar izšķirtspēju 1280x800 un slēdža ātrumu ne mazāku par 1/1000 s, ātrumam līdz 90 km/h un 1/2000 ātrumam līdz 180 km/h. Nepieciešams atslēgt kamerā integrētās attēlu kontroles un apstrādes funkcijas, tādas, kā Dynamic Contrast un Backlight compensation. IR prožektora nepārtrauktai izmantošanai, jāatslēdz kamerā iebūvētais IR bloķēšanas filtrs. Izveidotās numuru noteikšanas apakšsistēmas integrācijai kopējā MITS sistēmā izstrādāts un notestēts sadarbības interfeiss, kas ļauj centralizēti saņemt attēlus apstrādei no kopēja attēlu ieguves avota. Realizēta šo attēlu apstrādes rezultātā iegūtās informācijas nodošana atpakaļ MITS vadības programmai, nodrošinot attēlu un ar to saistītās informācijas integritāti. Izstrādāts datu sūtīšanas modulis. Tā uzdevums nodrošināt MITS sistēmas kodolam iespēju nosūtīt informāciju izsiņas formā. Lēmumu par izsiņas sūtīšanu pieņem MITS centrālā vadības programma, bet izstrādātā programma komunicē ar GSM modemu, kas pieslēgts datoram, izmantojot USB->COM portu. Risinājumā izmantotas AT komandas izsiņas nosūtīšanai teksta režīmā.