



Eiropas Reģionālās attīstības fonds

Prioritāte: 2.1. Zinātne un inovācija

Pasākums: 2.1.1. Zinātne, pētniecība un attīstība

Aktivitāte: 2.1.1.1. Atbalsts zinātnei un pētniecībai

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.

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

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

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.1. par periodu no 01.01.2011.g līdz 31.03.2011.g.

<i>Projekta zinātniskais vadītājs:</i>	Leo Sejāvo, Ph.D. datorzinātnēs.
<i>Pētījuma projekta izpildītāju saraksts:</i>	Mārtiņš Liepiņš, Mg. Elektronikā.
	Aivars Ševerdaks, Mg. Elektronikā.
	Kārlis Freivalds, Dr.sc.comp.
	Mihails Broitmanis, Dr.sc.comp.
	Normunds Šilinskis
	Viktors Jengovatovs
	Uldis Grunde, Mg. fizikā.
	Artis Mednis, doktorants.
	Andris Gordjušins, maģistrants.

ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS
Rīga, Latvija
2011.gads

Saturs

Ievads	2
MITS	2
1 MITSVIEW grupa	3
1.1 Ievads	3
1.2 Risinājums	3
2 MITSSen grupas atskaite	4
2.1 Ievads	4
2.2 Saistītie risinājumi	5
2.3 Risinājums	5
2.4 Eksperimenti un-vai testi	10
2.5 Rezultāti	11
2.6 Kopsavilkums un secinājumi	11
2.7 Nākotnes perspektīvas	11
Literatūra	11
3 MITSimPro grupa	12
3.1 Ievads	12
3.2 Paveiktais	13
3.3 Saistītie risinājumi	13
3.4 Realizētās attēlu apstrādes metodes	13
3.4.1 Robežu atrašana	14
3.4.2 Fona izdalīšana	14
3.5 Uzlabota algoritma projektēšana	16
3.6 Eksperimentāla realizēto algoritma posmu pētīšana	17
3.7 Nākotnes perspektīvas	18
Literatūra	18
4 MITSRegNo grupas atskaite	20
4.1 Risinājums	20

Ievads

Anotācija

”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS) ir ERAF atbalstīts projekts ”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS). Šis projekts nodarbojas ar modulāra sensoru informācijas savācēja, analīzes un komunikācijas punkta izstrādi. Tas palīdz drošas un efektīvas satiksmes organizēšanā to monitorējot, komunicējot ar luksoforiem atkarībā no satiksmes stāvokļa, kā arī ziņo par detektētajiem notikumiem vadības punktam.

Projekta ietvaros ir sekojošas apakšgrupas: MITSView – sistēmas arhitektūra un komunikācijas, MITSSen – sensoru sistēmu pielietojumi, MITSImPro – attēlu analīze, MITSRegNo – automobiļa reģistrācijas numura noteikšana,

Šajā dokumentā izklāstītas zinātniskās pētniecības aktivitātes un rezultāti augšminētajās grupās. Projektu atbalsta Eiropas Savienības fondi, 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 nodrošinājumam. Konkrētāk, Tiek izstrādāts modulārs un multifunkcionāls punkts, kas savāc sensoru datus, veic informācijas sapludināšanu un analīzi, kā arī pieņem lēmumus par potenciālas avarijas situācijas un notikumu konstatēšanu un komunikāciju 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 grupa

1.1 Ievads

MITSVIEW sistēma ir balstīta uz modulāru arhitektūru, kas nosaka kādi moduļi ir iekļaujami sistēmā atkarībā no tās funkcionalitātes nodrošināšanas. Funkcionalitāte iekļauj informācijas savākšanu par satiksmi, tās analīzi un proaktīvu komunikāciju predefinētu notikumu, piemēram, konstatētas avārijas situācijas gadījumā.

1.2 Risinājums

Sistēmas arhitektūra sastāv no sensoru un attēlu ievākšanas moduļiem, informācijas apkopotāja un attiecīgiem analīzes moduļiem, tai skaitā attēlu apstrādei un reģistrācijas numura noteikšanai. Analīzes rezultāti tiek padoti lēmumu pieņemšanas modulim, kas savukārt veic funkcijas atbilstoši tā konfigurācijai. Tai skaitā, satiksmes plūsmas novērtējuma saglabāšana un ziņošana, potenciālu avārijas situāciju atpazīšana un ziņošana, reģistrācijas numuru salīdzināšana ar meklētiem numuriem datubāzē, kā arī satiksmes drošības un efektivitātes izvērtēšana un lēmumu pieņemšana par luksofora darbības režīma korekcijām. Visbeidzot sistēmas sastāvā ir arī paredzami komunikācijas moduļi, kas spēj pārsūtīt attiecīgu informāciju un komandas pa dažādiem kanāliem, tai skaitā mobilo telefonu datu kanālu, vītā pāra tīkla kanālu, realizē ārējo iekārtu, tai skaitā luksofora kontroliera saskarni un komunikāciju ar to.

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

Anotācija

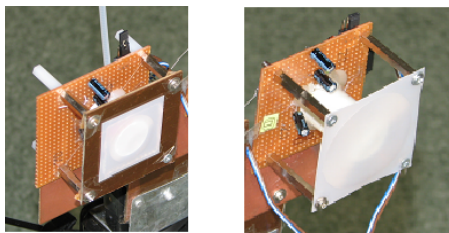
Palielinoties transporta līdzekļu daudzumam uz ielām optimālai un efektīvai satiksmes organizācijai rodas vajadzība pēc adaptīvas satiksmes vadības, vai arī braukšanas joslu skaita palielināšanas. Otrais variants ir efektīvs transporta plūsmas caurlaides palielināšanas līdzeklis, taču arī finansiāli ļoti dārgs un darbietilpīgs process. Pie tam ne visās vietās iespējams palielināt joslu skaitu dēļ tur jau esošās infrastruktūras – ēkas, komunikācijas u.c. Adaptīvas satiksmes vadības izveide ir ekonomiski izdevīgs risinājums, pie tam tiek saglabāta esošā ceļa infrastruktūra. Adaptīva satiksmes vadība iespējama divos veidos:

- katru satiksmes līdzekli aprīkojot ar raidītāju un īpašu identifikācijas nummuru
- veicot pasīvu brauktuves novērošanu un transporta līdzekļu detektēšanu izmantojot sensorus.

Projekta mērķis ir izveidot uz sensoriem balstītu adaptīvu satiksmes vadības modeli. MITSSen grupas uzdevums ir izveidot un izpētīt dažādus sensorus (piemēram PIR, Induktīvās cilpas, magnētiskie sensori, mikroviļņu sensori, laika apstākļu sensori, ceļa seguma stāvokļa sensori), kurus iespējams pielietot satiksmes līdzekļu reģistrēšanai. Izmantojot vairākus sensoru tipus, no katra atsevišķā sensoru tipa iegūtie dati pārklājas, taču pie konkrētiem laika apstākļiem katrs sensors dod rezultātu ar savu ticamības pakāpi, kura tiek noteikta ņemot vērā meteo sensoru sniegto informāciju. Mērķis ir izveidot sensoru kopumu, kurš būtu maksimāli neinvazīvs pret ceļa segumu un kura uzstādīšana prasītu pēc iespējas mazāku satiksmes kavējumu izraisīšanu.

2.1 Ievads

Pirmajā projekta izpildes ceturksnī MITSSen grupā tika veikta transporta līdzekļu detektēšanas iespēju izpēte izmantojot PIR sensorus (pasīvie infrasarkanie sensori), kā arī darbi sensoru un iekārtu bezvadu komunikācijas nodrošināšanai. Tika arī veikti priekšdarbi gaisa sastāva analīzes jomā - izveidots CO sensora prototips. Tika izveidoti dažādi maketi PIR sensoriem, kā arī izveidots programmnodrošinājums datu apstrādei un savākšanai Matlab un Labview vidēs. Ar sensoriem tika veikti eksperimenti dažādos laika apstākļos.



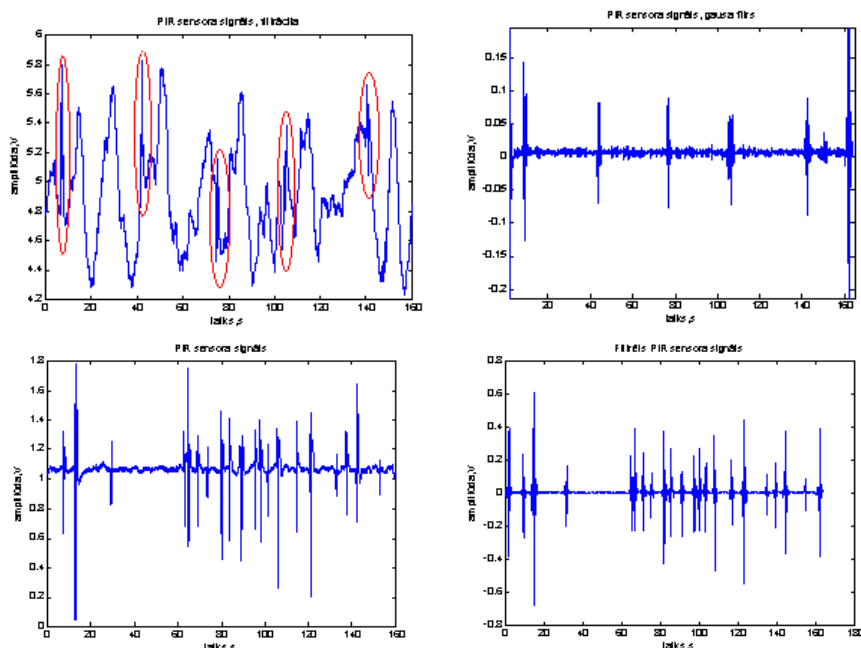
Att. 2.1: PIR sensoru makets a) ar fokusa attālumu 16,5 mm, b) ar fokusa attālumu 35 mm

2.2 Saistītie risinājumi

Transporta līdzekļu monitoringam un reģistrācijai tiek izmantoti dažādi sensori

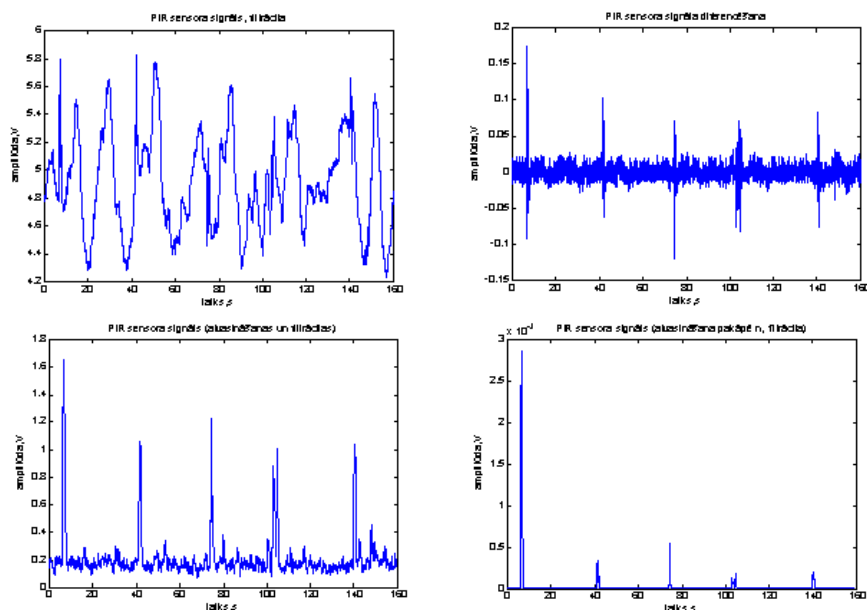
2.3 Risinājums

PIR (Passive Infrared Sensor) sensors reģistrē no objekta izstarotā siltuma izmaiņu. Transporta līdzekļa detektēšanai tika izmantoti Murata IRA-E7000 sērijas PIR sensori ar diviem iebūvētiem elementiem. Datu ieguvei ir izveidots makets (2.1 attēls). Siltuma staru fokusešanai izmanto viendimensionālu Freneļa lēcu, jo nepieciešams iegūt informāciju par siltuma izmaiņām šaurā joslā. Datu ciparošana un sūtīšana uz datoru tiek realizēta izmantojot NI-USB 6009 datu savācejiekārtu. Šāds risinājums izvēlēts, jo primārais uzdevums ir izveidot transporta līdzekļu reģistrēšanas algoritmus, neiedziļinoties elektronikas risinājumu izstrādē. Ņemot vērā izvēlēto algoritmu sarežģītību un datu apstrādes apjomu, pēc programnodrošinājuma izveides uz personālā datora tiks lemts par mikrokontrolera izvēli datu apstrādei (mikrokontrolieris ietver ADC funkciju, kā arī datu sūtīšanu izmantojot UART, I2C vai citu protokolu). PIR sensora datu ciparošana tiek veikta ar 50 Hz frekvenci, kas ir pilnībā pietiekams lielums, jo transporta līdzekļu radītais siltuma starojums ir joslā 3-16 Hz. Datu apstrādes programmnodrošinājums tiek realizēts izmantojot Matlab un Labview programmēšanas vides. Izmantojot Matlab tiek veikta algoritmu izstrāde un testēšana. Izveidotie algoritmi tiek implementēti Labview reāla laika auto skaitīšanas modelī. Transporta līdzekļu detektēšana tiek nodrošināta realizējot FIR filtru ar nogriešanas frekvencēm 3 Hz un 16 Hz. Izmantojot Matlab filtru aprēķināšanas rīku FdatTool tiek aprēķināti filtra koeficienti. Lai nodrošinātu nepieciešamos filtrēšanas nosacījumus, nepieciešamas izmantot filtras ar visai augstu kārtu. 2.2 a attēlā redzams no PIR iegūtais signāls, kas uzņemts pavasarī, saulainā un mēreni vējainā dienā (vēja ātrums 4 - 9m/s). Reģistrējamie transporta līdzekļi apvilkti ar sarkanu apli. Pārējās svārstības ir silto gaisa masu radītais gaisa plūsmas. Izmantojot 200 kārtas Gausa filtru ar nogriešanas frekvencēm 3 un 16 Hz, troksnis (vēja radītās gaisa masu svārstības) tiek nofiltrēts, ļaujot detektēt transporta līdzekļus izmantojot līmeņa šķērsošanas metodi (2.2 b attēls). Laika apstākļos, kad laiks ir apmācies, ir nokrišņi, gaisa masu svārstības ir necīgas un transporta līdzekļu detektēšana ir iespējama bez papildus apstrādes (2.2 c attēls), bet veicot papildus signāla apstrādi ar Gausa filtru, trokšņu līmeni iespējams samazināt (2.2 d attēls). Šāda veida



Att. 2.2: PIR sensora signāli a) no PIR sensora iegūtais signāls; b) signāls filtrēts ar 200 kārtas Gausa filtru; c) sensora signāls mākoņainā dienā d) Ar 200 kārtas Gausa filtru filtrēts PIR sensora signāls mākoņainā dienā

PIR signāla apstrāde dod labu rezultātu. Taču, veicot filtra implementāciju mikrokontrolierī, nepieciešams veikt daudzas reizināšanas operācijas, kas aizņem laiku. Izmantojot 200 kārtas filtru, lai iegūtu vienu filtra izejas vērtību, uz vienu ieejas nolasi nepieciešams veikt 200 reizināšanas operācijas un 200-1 saskaitīšanas operāciju. Šāds matemātisko darbību apjoms prasa zināmus resursus. Lai mazinātu apstrādājamo datu apjomu, tika apskatīta nedaudz savādāka pieeja signāla filtrācijai un transporta līdzekļu izdalīšanai. Augstfrekvences trokšņa noņemšanai izmantojot vienlīmeņa filtrāciju ar logu, kura garums 2 nolases (2.3 a attēls) tiek filtrēts 2.2 a attēlā redzamais signāls, kurš ir sliktākais gadījums ar lielām svārstībām, kuras nav transporta līdzekļu izraisītas. Filtrētajam signālam veic pirmās kārtas atvasinājumu (2.3 b attēls). Transporta līdzekļu kustība izraisa lielāku signāla izmaiņas straujumu nekā apkārtējo gaisa masu plūsmas. Veicot diferencēšanas operāciju, lēno gaisa masu izmaiņas rada “troksni”, kuru nepieciešams atdalīt. Signāla filtrāciju veic ar viendimensionālu loga filtru, kura garums ir 25 nolases (2.3 c attēls) iespējams precīzi noteikt transporta līdzekļu esamību uz brauktuves. Loga garumam jābūt saskaņotam ar transporta līdzekļu siltuma radīto signāla garumu. Lai samazinātu trokšņa lielumu pirms loga filtrācijas PIR signāla atvasinājumu var celt n pakāpē. Pēc šādas operācijas veicot filtrāciju iegūst ievērojami augstāku interesējošo pīķu izšķiršanu (2.3 d attēls). Filtrējošā loga platums nosaka transporta līdzekļu radīto pīķu platumu apstrādātajā signālā. Jo šaurāki pīķi, jo lielāka iespēja detektēt tuvu braucošus transporta līdzekļus. Aprakstītās PIR signāla apstrādes operācijas veikšana



Att. 2.3: PIR signāla filtrācija ar loga filtru a) signāls pēc AF trokšņa noņemšanas b) signālā atvasinājums c) signāls filtrēts ar 25 nolašu loga filtru d) signāla atvasinājuma filtrācija veicot kāpināšanu ceturtajā pakāpē.

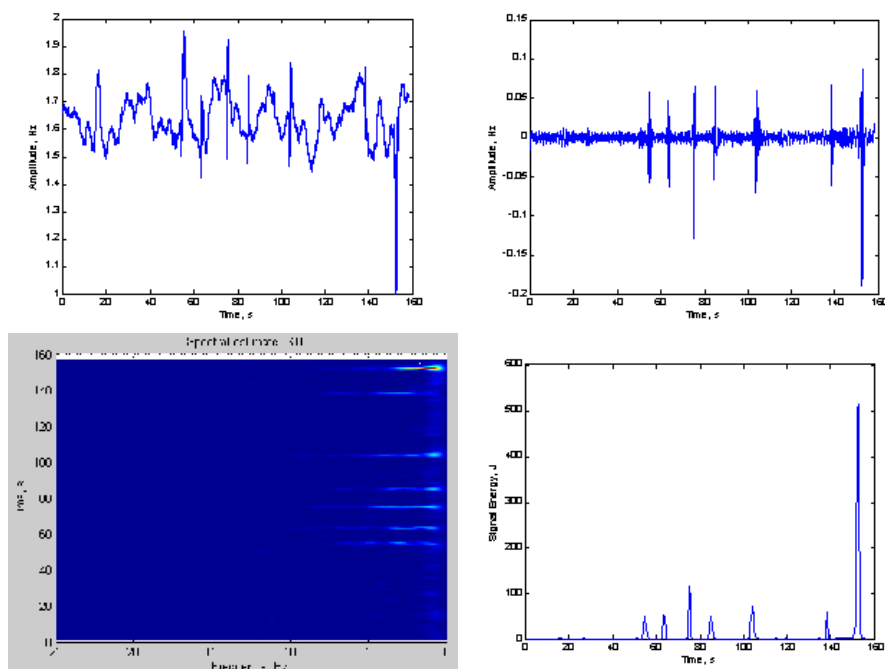


Att. 2.4: PIR signāla apstrādes blokshēma izmantojot loga filtru

prasa ievērojami mazāku matemātisko operāciju skaitu kā Gausa filtrācijas gadījumā. 1.4 attēlā redzama iepriekš aprakstītā algoritma blokshēma, kuru iespējams implementēt MSP430 mikrokontrolierī.

Tansporta līdzkļu radītā siltuma starojuma signāla apstrāde tika veikta arī izmantojot īsintervāla Furjē transformāciju (STFT) un signāla enerģija novērtējumu. 2.5 a attēlā redzams apstrādājamais signāls, kurš tiek filtrēts, izmantojot ideālu filtru (veicot FFT un troksni veidojošās harmonikas pielīdzinot nullei). Nofiltrētais signāls redzams 2.5 b attēlā. Veicot signāla STFT, iegūst 2.5c attēlā redzamo spektrālo novērtējumu. Transporta līdzekļu atpazīšana tiek veikta summējot koeficientu moduļu kvadrātus un veicot sliekšņošana tiek veikta transporta līdzekļu detektēšana (2.5 d attēls). Apskatītais risinājums dod labu rezultātu, taču veicamas daudzas reizināšanas un saskaitīšanas operācijas. Operāciju skaits atkarīgs no loga garuma un pārvietošanas soļa. Taču, jo mazāks pārvietošanas solis, jo lielāka spektra komponentu izšķiršana signāla spektrā un līdz ar to arī precīzāka satiksmes intensitātes novērtējuma iespēja.

PIR signāla apstrādei tika pielietota arī vilnišu analīze. Metode balstās uz signāla izvirzīšanu koeficientu bāzē un filtrēšanu ar sliekšni pēc līmeņa. Vilnišu

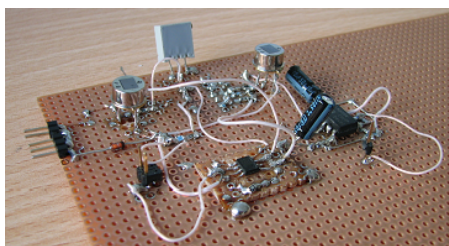


Att. 2.5: 1.PIR signāla apstrāde izmantojot STFT a) PIR signāls, b) filtrēts PIR signāls, c) STFT novērtējums, d) PIR signāla enerģijas novērtējums

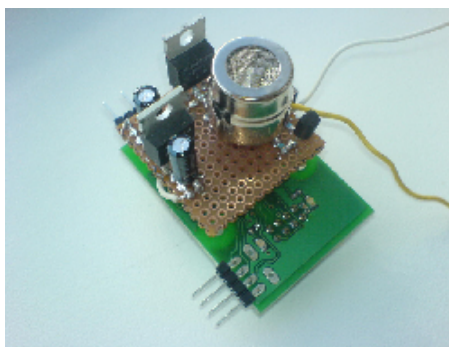
analīze nedeva gaidīto rezultātu un tika atmesta.

Veicot signāla starpības pastiprināšanu (diferenciālā pastiprināšana), iespējams iegūt lielāku signāla izšķiršanu. Šim mērķim tika izveidots makets ar diviem vienādiem PIR sensoriem (2.6 attēls). Veicot eksperimentus tika konstatēts ka katram PIR sensoram ir sava līdzkomponentes vērtība, kas, veicot signāla diferenciālo pastiprināšanu, ir jākompensē. Veicot kompensāciju tika konstatēts, ka līdzkomponentu vērtību saskaņošana ir jāveic mainoties vides temperatūrai. Pie tam katra PIR elementam siltuma starojuma radītās sprieguma svārstības ir atšķirīgas dažādu mV robežās, taču, veicot vairākus simtu reižu pastiprinājumu, šī nelielā atšķirība ievieš ievērojamu kļūdu. Pēc eksperimentiem tika konstatēts, ka diferenciālā pastiprinājuma iegūšanai nepieciešams izmantot vienu PIR sensoru ar četriem elementiem un 2 signāla izvadiem, piemēram IRA-E940ST1.

Gaisa piesārņojuma noteikšanai tika izveidots iespiedplates makets (2.7 attēls) par CO jutīgo elementu izmantojot HS134 sensoru. Sensora jutīgais elements maina pretestību atkarībā no gāzu vides, kurā tas atrodas. Uz maketa atrodas barošanas elementi un MSP430 mikrokontrolieris, kurš veic gāzu jutīgā sensora vadību. Datu savākšana notiek izmantojot TI DAQ karti un LabView programmatūru. TI DAQ iekārta datoram pieslēgta izmantojot USB. Testa modulis notestēts laboratorijas apstākļos, bet lai mērījums būtu derīgs nepieciešama kalibrēšana, kuru var veikt izmantojot nopērkamus balonus ar zināmu CO koncentrāciju, kas sastāda 100ppm. Otrs variants ir veikt kalibrēšanu balstoties uz kādu citu CO mērinstrumenta mērījumu tajā pašā



Att. 2.6: PIR sensoru diferenciālā pastiprinājuma makets



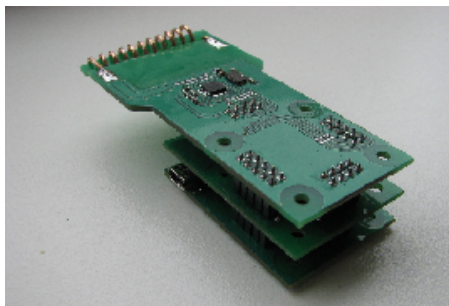
Att. 2.7: CO sensora makets

vidē.

Bezvadu datu pārraidei no sensora uz datoru izmantots NordicSemi raiduztvērējs nRF905, kurš darbojas brīvajā 433MHz frekvenču diapazonā. Izveidotā bezvadu pārraides sistēma tiks izmantota datu komunikācijai ar sensoru moduļiem, kuri tiks izvietoti uz ceļa(auto detektēšana un meteoroloģiskie apstākļi). Kā galvenais aspekts izvēlei ir tā darbības attālums, teorētiski līdz 1km. Mūsu gadījumā nepieciešamais attālums datu pārraidei svārstās robežās līdz dažiem simtiem metru. Datu pārraides ātrums ir līdz 50kb/s, kas pietiekami pie izvēlēto sensoru(PIR, CO, magnētiskie sensori u.c.) mērījumu datu apjoma. Par vadības mikrokontrolieri ņemts MSP430F2274, kas arī nodrošina datu pārsūtīšanu uz datoru izmantojot UART-USB pārveidotāju (FT232RL). Tika izstrādāta principiālā shēma nRF905 raiduztvērējam un UART-USB pārveidotājam, kā arī izveidota iespiedplate abiem moduļiem. 1.8 attēlā redzama izveidotā bezvadu pārraides sistēma, kura sastāv no trim daļām:

- 1.nRF905 raiduztvērējs;
- 2.MSP430F2274 mikrokontrolieris;
- 3.USB-UART pārveidotājs.

Mikrokontroliera iespiedplate ņemta kā gatavs modulis, šī projekta ietvaros izstrādātas pārējas abas iespiedplates. Mikrokontrolieris nodrošina raiduztvērēja konfigurāciju, datu nolasīšanu un sūtīšanu, kā arī komunikāciju ar datoru izmantojot USB-UART pārveidotāju. USB-UART pārveidotājs tiek izmantots arī kā mikrokontroliera programmators IAR vidē uzrakstītās un nosimulētās programmatūras raiduztvērēja konfigurēšanai, kā arī pārbaudīta

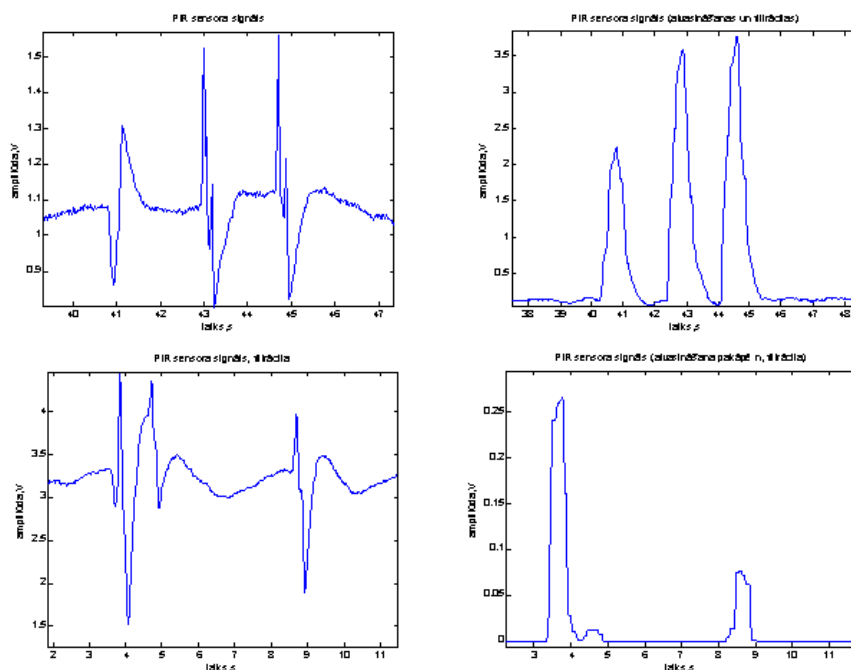


Att. 2.8: Bezvadu datu pārraides modulis ar MSP430 mikrokontrolieri un USB-UART pārveidotāju

datu komunikācija starp USB-UART pārveidotāju un mikrokontroliera plati. Notestēta izveidotā USB-UART pārveidotāja darbība BSL režīmā priekš mikrokontroliera programmēšanas. Uz datora ir izveidota LabView aplikācija iegūto rezultātu attēlošanai. Lai pārbaudītu reāli nRF905 raidzvērināja darbību (bezvadu datu pārraidi) nav nepieciešamo RF elementu, kuri būs pieejami pēc iepirkuma beigām.

2.4 Eksperimenti un-vai testi

Transporta līdzekļu detektēšana tika veikta novietojot sensorus brauktuves malā kā arī perpendikulāri brauktuves virsmai (novietojot sensorus virs brauktuves). Tipisks transporta līdzekļa siltuma “paraksts” redzams 2.9 a attēlā. Sensors ir novietots brauktuves malā. Eksperiments tiek veikts uz 4 joslu ceļa (divas joslas katrā virzienā) ar atdalošo joslu starp pretējo virzienu brauktuvē. Tiek reģistrēti 3 transporta līdzekļi: 41. sekundē vieglais transporta līdzeklis pārvietojas no labās puses, 43. un 45. sekundēs no kreisās puses. Veicot signāla apstrādi ar loga filtrāciju, nav iespējams noteikt, no kuras puses transporta līdzeklis ir pārvietojies, tiek tikai konstatēts fakts par objekta esamību sensora tuvumā (2.9 b attēls). 2.9 c attēlā redzams gadījums, kad gar sensoru kustību veic 4 objekti – divi 4. sekundē pretējos virzienos un divi 9. sekundē pretējos virzienos. Pēc apstrādes ir iespējams izšķirt tikai trīs objektus (2.9 d attēls). Ja PIR sensors ir novietots virs katras joslas, tiek detektēti visi četri transporta līdzekļi, pie tam tiek iegūta informācija, par joslu, uz kuras konkrētais objekts atrodas. Novietojot sensoru brauktuves malā, iespējams noteikt tikai objekta esamību sensora tuvumā, bet ne atrašanās vietu. Kravas transporta līdzekļu detektēšana var reducēties uz vairāku transporta līdzekļu izšķiršanu, jo siltumu rada ne tikai dzinējs, bet arī riepas, kas, izstiepjot objekta “parakstu” laikā, veido vairākas svārstības. Dēļ iepriekš minētajiem iemesliem ieteicamais sensoru novietojums ir perpendikulāri brauktuvei (virs brauktuves, orientējot uz katru joslu savu sensoru). Šāds sensoru novietojums paceļ objektu reģistrēšanas precizitāti, jo visi objekti pārvietojas vienā virzienā un vairāku joslu gadījumā nav iespējama situācija, ka viens transporta līdzeklis “aizēno” citu.



Att. 2.9: PIR sensora signāli pirms un pēc apstrādes a) transporta līdzekļu raksturīgais “paraksts” kustībai no dažādiem virzieniem b) signāls pēc apstrādes c) objektu pārvietošanās pretējos virzienos vienlaicīgi c) signāls pēc apstrādes

2.5 Rezultāti

2.6 Kopsavilkums un secinājumi

PIR sensorus var labi izmantot transporta līdzekļu detektēšanai. Ievērojami labāki rezultāti sasniedzami, novietojot sensoru virs brauktuves (uz katru joslu atsevišķs sensors), nevis brauktuves malā. Labi detektēšanas rezultāti sliktos redzamības apstākļos (intensīvs lietus, sniegs, migla) un diennakts tumšajā laikā.

2.7 Nākotnes perspektīvas

Nepieciešams izveidot PIR sensoru moduli, signālu apstrādi implementējot mikrokontrolerī un datu sūtīšanu uz datoru realizējot ar radio pārraidi. Nepieciešams veikt CO sensora kalibrāciju un eksperimentālos mērījumus.

Literatūra

Nodaļa 3

MITSimPro grupa

Anotācija

Nodaļa apraksta MITSimPro grupas paveikto attēlu apstrādes sistēmas izstrādē. Sistēmai jāspēj no tiešā laikā iegūta satiksmes videomateriāla noteikt automašīnu skaitu, izsekot automašīnu pārvietojumam, noteikt dažādus automašīnu parametrus (ātrums, izmērs), kā arī detektēt negadījumus uz ceļa.

3.1 Ievads

Informācija par satiksmes plūsmu uz ceļa ļauj plānot un organizēt optimālāku transporta kustību, samazinot cilvēku pavadīto laiku ceļā. Šis faktors, kā arī iespēja pilnvērtīgāk izmantot jau esošo transporta infrastruktūru, nozīmē arī ekonomisku izdevīgumu.

Pirmais solis satiksmes novērtēšanā ir automašīnu skaita noteikšana uz konkrētā ceļa, noteiktā virzienā. Šāda informācija ļauj, piemēram, pārslēgt luksofora signālus atbilstoši esošajai situācijai krustojumā, nevis fiksētos laika sprīžos, kā tas visbiežāk notiek šobrīd. Automašīnu saskaitīšanai lietoto dažādus sensorus - induktīvās cilpas, pneimatiskos un pjezoelektriskos sensorus, sonārus, mikroviļņu diapazonā darbojošos sensorus, kā arī kameras. Pēdējo priekšrocības ir lēta uzstādīšana un apkalpošana, kā arī paplašinātas iespējas dažādu parametru noteikšanai. Video apstrāde ļauj noteikt gan braucošas gan stāvošas automašīnas, iespējams novērtēt to ātrumu, aptuvenos izmērus, kā arī iespējams iegūt aptverošāku informāciju par situāciju uz ceļa. Papildus informācija ļauj uzkrāt statistiku, tādējādi nodrošinot ar nozīmīgiem datiem transporta plūsmas planotājus. Ceļa situācijas nepārtraukta analīze ļauj uzlabot cilvēku drošību.

Video apstrādes risinājuma trūkums ir attēlu apstrādes augstās prasības pret skaitļošanas jaudu. Ta kā mūsdienās šī jauda kļūst arvien lielāka un lētāka, video apstrāde satiksmes novērtēšanai kļūst arvien populārāka. Algoritmi, kas tiek izmantoti video apstrādē, ir daudzveidīgi, tomēr pētniecība šajā jomā arvien turpinās - tiek meklētas jaunas metodes, kas atbilst vienmēr mainīgajām, pretrunīgajām prasībām pret darbības precizitāti un pieejamajiem skaitļošanas resursiem. MITSimPro grupas mērķis ir, apvienojot, uzlabojot, papildinot esošās metodes, izveidot uzticamu video apstrādes sistēmu transporta plūsmas

novērtēšanai. Tā kā kameras nav uzticams sensors stipra lietus, sniega vai miglas apstākļos, tad kopējā MITS sistēmā video apstrāde un citi sensori efektīvi papildinās viens otru.

3.2 Paveiktais

Sistēmas izstrāde norisinās posmos - tiek projektēts algoritms, kas sastāv no atsevišķiem mezgliem. Tālāk notiek atsevišķo mezglu modeļošana un testēšana. Pirmā projekta gada ceturksņa laikā tika paveikti sekojoši punkti:

- Tika veikts literatūras apskats, izpētot esošos risinājumus (nodaļa 3.3);
- Simulācijas vidē tika realizēta robežu atrašana kadrā (nodaļa 3.4.1);
- Realizētas vairākas metodes fona bildes iegūšanai (nodaļa 3.4.2);
- Tika projektēts uzlabots algoritms (nodaļa 3.5) automašīnu detektēšanai,

kurš kā apakšpunktus iekļauj 3.4.1 un 3.4.2 nodaļās apskatītos attēlu apstrādes paņēmienus.

3.3 Saistītie risinājumi

Literatūras izpētes rezultātā tika apkopotas dažādas metodes, algoritmi automašīnu detektēšanai. Pilnvērtīgs dažādu metožu pārskats piedāvāts publikācijā [3]. Secināms, ka metožu dažādība ir plaša, tādēļ izvēlēties vienu konkrētu pieeju uzdevuma risināšanai vadoties tikai no literatūras bez eksperimentāliem testiem nebūtu optimāli.

Pirmais uzdevums, ko veiks sistēma, ir mašīnu detektēšana. Tika apskatītas vairākas publikācijas un patenti, kuros piedāvāti algoritmi konkrētā uzdevuma risināšanai, kā arī grāmatas par ciparu attēlu apstrādi, kuros šie algoritmi aprakstīti sīkāk.

Avotos [7] un [5] piedāvāts samērā vienkāršs paņēmieni kustīgu objektu nodalīšanai no ceļa - izmantojot blakus kadru starpību, kas atstāj apstrādātajā kadrā tikai izmainījušos pikseļu vērtības. Tā kā metode ļauj detektēt tikai kustībā esošas automašīnas, tad lielāka uzmanība tiek vērsta uz nevis blakus kadru starpības izmantošanu, bet gan uz kadra un fona bildes starpības iegūšanu. Lai algoritms efektīvi darbotos mainīgajos āra apstākļos, fona attēlam jābūt adaptīvam. Publikācijas [6] un [2] piedāvā vairākas metodes adaptīva fona attēla iegūšanai.

Fonam nepiederošs objekts var arī nebūt automašīna, tādēļ algoritmam izdalītajā objektā jāmeklē arī kādi transporta līdzekļi raksturojoši parametri (piemēram, izmērs), kas ļaus to klasificēt kā mašīnu. Rakstos [1], [4] par šādu parametru tiek piedāvāts automašīnas kontūrs, kā arī blakus pikseļu intensitāšu vērtību veidotas robežas automašīnai atbilstošajā kadra apgabalā. Robežas ir parametrs, kas saglabājas maz mainīgs pie dažāda apgaismojuma (neskaitot nakts stundas) un dažādos laikapstākļos, tādēļ, veidojot mūsu risinājumu, šim parametram tika pievērsta uzmanība.

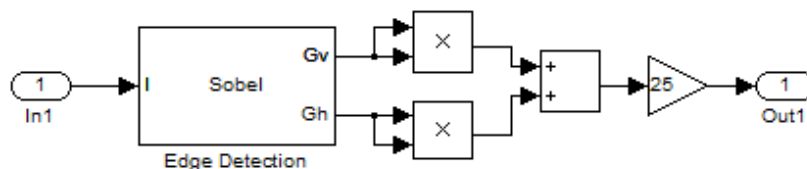
3.4 Realizētās attēlu apstrādes metodes

Sistēmas izstrāde notiek MATLAB Simulink vidē, kas ļauj ērti simulēt izveidoto shēmu un simulācijas laikā mainīt dažādus sistēmas parametrus.

Visi turpmākie algoritmi tika pielietoti nekrāsainam video, pirms tam konvertējot krāsainu materiālu. Šādā gadījumā katram pikselim piemīt tikai viena skaitliska vērtība – intensitāte.

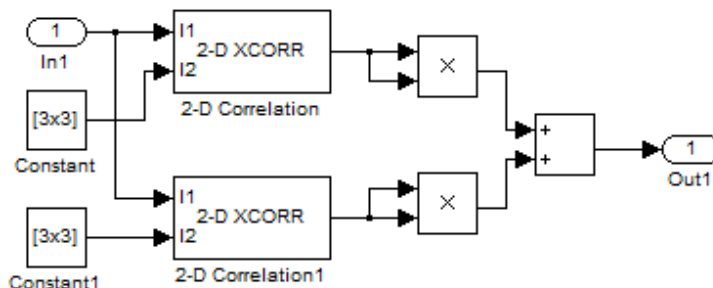
3.4.1 Robežu atrašana

Tika realizēta robežu atrašana katrā kadrā, pielietojot vairākus Video and Image Processing Blockset (VIPB) iestrādātus, attēlu apstrādē bieži lietotus operatorus robežu atrašanai – Sobel, Prewitt, Roberts un Canny. 3.1 attēlā redzama realizētā shēma. Ieejā tiek padots ieejas video. Ar divu Sobel masku un video kadra korelāciju tiek iegūti divi jauni attēli, kuros attēloti ieejas attēlu pikseļu intensitāšu gradienti vertikālā un horizontālā virzienā. Tālāk abi gradientu attēli tiek savienoti kopējā kadrā, iegūstot 3.5.b attēlā redzamo rezultātu.



Att. 3.1: Shēma robežu atrašanai kadrā ar Sobel masku

Lai paplašinātu robežu meklēšanai lietoto masku klāstu, tika izveidota 3.2 attēlā redzamā shēma, kas veic ieejas kadra korelāciju ar brīvi izvēlētu masku. Šādi, piemēram, iespējams pielietot Sobel masku diagonālu robežu atrašanai.



Att. 3.2: Robežu meklēšana ar patvaļīgi ievadāmu masku

3.4.2 Fona izdalīšana

Robežu noteikšanas algoritms atrod ne tikai automašīnu, bet arī dažādu citu objektu robežas – piemēram, ceļa joslas atdalošās līnijas. Laikā maz mainīgas, fonam atbilstošas robežas var atņemt no interesējošā kadra, ja ir zināmas šo robežu atrašanās vietas un intensitātes vērtības. Vairākas metodes ļauj laikā uzkrāt informāciju par šiem nemainīgajiem objektiem. Uzkrāšanas laiks nevar

būt pārāk garš, jo tam jāspēj pielāgoties izmaiņām, piemēram, mākoņainā laikā fona apgaismojums var mainīties diezgan bieži.

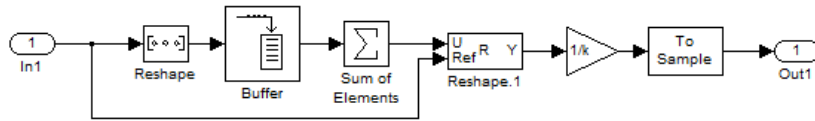
Iepriekš minētajās publikācijās, atšķirībā no šeit realizētā, fona uzkrāšanas metodes tiek lietotas bez sākotnējās robežu atrašanas. Tādējādi galā tiek izveidots nevis nemainīgu robežu attēls, kuru atņemt no pilnā robežu attēla, bet gan tukša ceļa attēls, kuru atņemt no ieejas video kadriem.

Simulink vidē tika realizētas vairākas metodes fona uzkrāšanai:

- Kadra aizturēšana par vienu kadra nolasi;
- Vidējās vērtības atrašana N kadru skaitā;
- Mediānas noteikšana N kadru skaitā;
- Modas noteikšana N kadru skaitā.

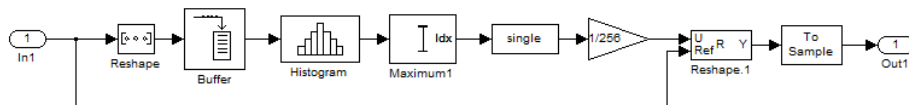
Aizturot kadru un atņemot to no sekojošā kadra, nemainīgās pikseļu intensitātes izejā kļūs par nullēm, savukārt braucošas automašīnas un citi kustīgi objekti paliks. Šāda metode gan neļauj detektēt apstājušās automašīnas.

Vidējās vērtības atrašanas realizācija parādīta attēlā 3.3. Vairāki kadri tiek uzkrāti bufera blokā, tad katram pikselim atbilstošās intensitātes tiek summētas, tad izdalītas ar kadru skaitu. Iegūtais vidējās vērtības attēls tālāk tiks atņemts no ieejas attēla. Metode balstās uz pieņēmumu, ka vidējā vērtība pikselim laika logā būs tuva ceļa intensitātes vērtībai – tātad tā ir precīza, kad satiksmes intensitāte nav pārāk blīva.



Att. 3.3: Pikseļu intensitātes vidējās vērtības laikā atrašana

Precīzākas, bet ar lielākām prasībām pret skaitļošanas jaudu ir mediānas un modas atrašanas metodes. Attēlā 3.4 parādīta realizētā modas atrašanas shēma, kurā tiek izmantota histogramma, lai sagrupētu pikseļu intensitātes pēc to parādīšanās biežuma. Histogrammas maksimums ir meklētā moda jeb vērtība, kas konkrētajam pikselim piemīt visbiežāk.



Att. 3.4: Intensitātes modas noteikšana laika logā

Visas šīs metodes iespējams izmantot arī kā kustības detektēšanas sistēmu, nosakot, kuros apgabalos, un kādā laikā notiek kustība. Šo informāciju var izmantot, lai piešķirtu aktīviem apgabaliem nevis kādu vidējo vērtību, mediānu vai modu, bet gan tādu vērtību, kas šajā apgabalā parādās, kad tajā nenotiek izmaiņas. Šāda aktīvo apgabalu aizkrāsošana jeb iezīmēšana arī tika realizēta.

3.5 Uzlabota algoritma projektēšana

Paralēli atsevišķu posmu realizēšanai Simulink vidē, tiek projektēts uzlabots algoritms, kas apkopo apskatāmās attēlu apstrādes metodes kopēja sistēmā. Algoritms sastāv no sekojošiem punktiem:

Algoritms uztur redzamā ceļa fona robežu modeli. To atjauno pēc katra kadra apstrādes.

1. Priekšapstrāde

- 1.1. Veic izpludināšanu (Gaussian Blur), lai atbrīvotos no nebūtiskajām detaļām. Izpludināšanas maskas izmērs jāņem apgriezti proporcionāls attālumam līdz mašīnai uz ceļa.

- 1.2. Interesējošā apgabala izgriešana.

2. Līniju noteikšana

- 2.1. Nosaka objektu robežas dotajā kadrā ar Sobela operatoru (Canny algoritma pirmo soli).

- 2.2. Lai novērstu kameras vibrācijas, veido paplašināto fona robežu modeli, pielietojot pelēko toņu morfoloģiskās operācijas fona robežu modelim (maksimuma filtrs).

- 2.3. Atņem no dotā kadra robežām paplašinātās fona robežas. Atstāj tikai pozitīvās vērtības.

- 2.4. Pielieto Canny algoritma pārējos soļus ar modifikāciju, ka sliekšņus katram punktam izvēlas atkarībā no attāluma līdz potenciālajai mašīnai.

- 2.5. Tagad mums ir dotā kadra robežas kā laužas līnijas. To galus savienojam, kur iespējams, iegūstot līniju grafu.

3. Līniju salīdzināšana

Mašīnu raksturo 2 parametri – to sastādošās līnijas ir tuvu un līniju pārvietojuma vektori no viena kadra uz otru apmēram atbilst ceļa ģeometrijai perspektīvā.

- 3.1. Lai iegūtu pārvietojuma vektorus ir jāsalīdzina līniju grafa fragmenti no blakus esošiem kadriem.

- 3.2. Sadala pēdējā kadra grafu pa fragmentiem. Katra fragmenta izmērs ir apmēram vienāds (vēlams ņemt apgriezti proporcionāli attālumam līdz objektam), fragmenti drīkst pārklāties.

- 3.3. Katram fragmentam meklē iepriekšējā kadrā līdzīgus fragmentus. Prioritāte ja blakus fragmentiem ir līdzīgi pārvietojumi.

- 3.4. No fragmentiem sakombinē mašīnas. Mašīna ir tāds fragmentu kopums, kas atrodas ģeometriski tuvu un ir ar līdzīgu pārvietojumu (ņemot vērā perspektīvu).

- 3.5. Varbūt būs vajadzīgs papildu pazīmes ļoti tuvu stāvošu mašīnu labākai sadalīšanai, piemēram mašīnas krāsa.

4. Fona modeļa atjaunošana

- 4.1. Rēķina svarotu summu iepriekšējam fona attēlam ar izdalīto robežu attēlu, ignorējot apgabalus, kur ir atrastas mašīnas. Svari varētu būt 0.95 iepriekšējam fonam un 0.05 jaunajam attēlam.

- 4.2. Sistēmas darbības sākumā fonu inicializē, pa pikseļiem. Ja konkrētā pikselī 30 sek. nav būtisku izmaiņu, tad uzskata to kā fona vērtību.

5. Iespējamie papildinājumi

- 5.1. Sākotnēji algoritmu var pielietot pelēko toņu attēlam, vēlāk jāizdomā kā to vispārināt krāsainiem attēliem.

5.2. Ignorēt tās attēla vietas, kur fonā nepārtraukti notiek izmaiņas, neatkarīgi no mašīnām.

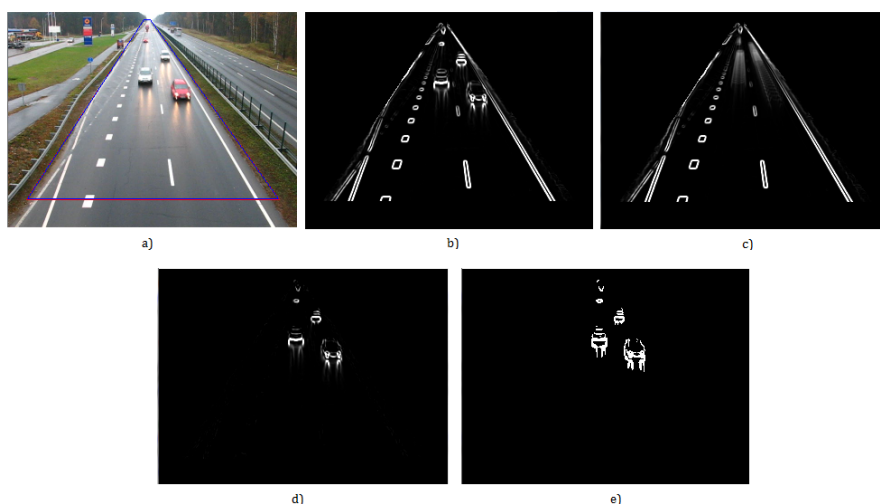
5.3. Līniju noteikšanai var izmantot arī koru un ieplaku noteikšanas algoritmus.

5.4. Varētu salīdzināt līniju grafus ar iepriekš uzkrātiem mašīnu modeļiem. Tā varētu noskaidrot mašīnas tipu kā arī precīzāk sadalīt līnijas pa mašīnām.

3.6 Eksperimentāla realizēto algoritma posmu pētīšana

Pirmie testi, galvenokārt sistēmas izstrādes laikā, tiek veikti nevis ar reālā laika video, bet jau ar iepriekš nofilmētiem satiksmes videomateriāliem. Šim nolūkam tika uzsākta videomateriālu datu bāzes veidošana, filmējot satiksmi Rīgā, kā arī izmantojot brīvi pieejamos videomateriālus internetā. Datubāzei jābūt pietiekoši plašai, jo detektēšanas sistēmai jāspēj darboties dažādos apstākļos, tādēļ materiāli tika filmēti gan diennakts gaišajā, gan tumšajā laikā.

Iepriekš nodaļās 3.4.1 un 3.4.2 apskatītie atsevišķie attēlu apstrādes posmi ir vienas lielākas sistēmas sastāvdaļa. Veidojot kopējo sistēmu, tā nemitīgi tiek testēta, kas ļauj novērtēt, kādas vēl izmaiņas nepieciešamas, lai uzlabotu automašīnu detektēšanu. Piemēram, novērojot trokšņu traucējošo ietekmi robežu noteikšanas fāzē, pirms robežu noteikšanas tiek izvietots gludināmais filtrs.



Att. 3.5: Realizētie video kadra apstrādes etapi

3.5.a attēls ir ieejas dati – ierāmētais apgabals ir manuāli iestādāms ceļa joslas apgabals – turpmāk ārpus rāmja esošie apgabali tiek pielīdzināti nullei, tādējādi izvairoties no viltus rezultātiem, kurus var sniegt lieku apgabalu apstrāde. Attēlā 3.5.b ir atrastas robežas ar Sobel operatoru, 3.5.c parādīta uzkrātā fona bilde 30 kadrus, 3.5.d ir pēc 3.5.b un 3.5.c starpības iegūtais kads. 3.5.e attēlā redzams rezultāts pēc sliekšņa pielietošanas - tie pikseļi, kuru

intensitāte nepārsniedz uzstādāmu sliekšņa vērtību, pieņem vērtību 0 (melns), savukārt sliekšni pārsniegušie pikseli pieņem vērtību 1 (balts). Tādējādi ir iegūta bināra bilde ar divām iespējamām pikseļu vērtībām. Bināro attēlu iespējams izmantot savienotu objektu atrašanai, aprakstīšanai un izsekošanai.

3.7 Nākotnes perspektīvas

Nākamais solis būtu dažādu automašīnu jeb objektu aprakstīšana iegūtajā binārajā kadrā. Izmantojot VIPB bloku Blob Analysis, iespējams nosaukt par atsevišķu objektu savienotus (blakus esošus) baltos pikselus. Izpētot 3.5 attēlos redzamo rezultātu, secināms, ka pat vienai automašīnai piederošas līnijas ne vienmēr ir savienotas, kas nozīmē, ka Blob Analysis šīs līnijas uztvers par dažādiem objektiem, nevis vienu automašīnu. Viens no iespējamajiem risinājumiem varētu būt attēlu apstrādes morfoloģisko operāciju pielietošana, kuras efektivitāte tiks eksperimentāli pārbaudīta.

Kad objekti tiks aprakstīti, tie būs jāizseko laikā. Potenciāls izsekošanas paņēmieni ir neliela automašīnas attēla iegūšana, kuru tālāk izmantot kā veidni, tās pašas automašīnas atrašanai turpmākajos kadrus. Tā kā automašīna, mainot pozīciju uz ceļa, maina arī kadrā redzamo izmēru un novietojuma leņķi pret kameru, veidnei jābūt adaptīvai - par veidni varētu kalpot iepriekšējā kadrā pēc veidnes atrastās automašīnas bilde.

Ne visas apzinātās problēmas var atrisināt ar daļēji realizēto piedāvāto algoritmu, piemēram, grūtības varētu sagādāt viena otru daļēji aizklājušās automašīnas, kuru kontūri savienosies un veidos kopēju objektu, kas tiks detektēts kā viena automašīna. Tādēļ, paralēli konkrēto algoritmu realizācijai, notiek darbs pie precīzāka algoritma izstrādes.

Literatūra

- [1] E. Atkočiūnas, R. Blake, A. Juozapavičius, and M. Kazimianec. Image processing in road traffic analysis. *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 10:315–332, 2005.
- [2] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. Prati. Statistic and knowledge-based moving object detection in traffic scenes. In *Proceedings of IEEE Int'l Conference on Intelligent Transportation Systems*, pages 27–32, 2000.
- [3] V. Kastrinaki, M. Zervakis, and K. Kalaitzakis. A survey of video processing techniques for traffic applications. In *Image and Vision Computing*, pages 359–381, 2003.
- [4] X. Li, Z.-Q. Liu, and K.-M. Leung. Detection of vehicles from traffic scenes using fuzzy integrals. *Pattern Recognition*, 35:967–980, 2002.
- [5] R. Rad and M. Jamzad. Real time classification and tracking of multiple vehicles in highways. *Pattern Recognition Letters*, 26:1597–1607, 2005.
- [6] H. T. Thi. A robust traffic surveillance system for detecting and tracking vehicles at nighttime, 2007.

- [7] L. Vibha, C. Hegde, P. D. Shenoy, K. Venugopal, and L. M. Patnaik. Dynamic object detection, tracking and counting in video streams for multimedia mining. *IAENG International Journal of Computer Science*, 35:328–391, 2008.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupas atskaite

4.1 Risinājums

Atskaites periodā tika izpildīti sekojoši darbi:

- izpētītas automobiļu numura zīmju atpazīšanas License Plate Recognition (LPR) sistēmu izvirzītās prasības videokamerām; - izpildīta tirgū pieejamo videokameru parametru salīdzinoša analīze un izvēlētas vispiemērotākās izmantošanai LPR sistēmās; - LPR sistēmas izstrādes etapu plānošana; - izskatīti vairāki LPR izstrādes etapu programmu realizācijas līdzekļi.

Videokameru, kuras paredzēts izmantot LPR sistēmā, prasību analīze parādīja, ka līdzās ar kopējām, pastāv arī rinda specifisku prasību, kas saistītas ar LPR attiecīgo aplikāciju īpatnībām. Pie vispārējām prasībām pieskaitāmas, piemēram, līniju skaits kadrā (vēlams ne mazāk, kā 480 līniju), darbība arī sliktā apgaismojumā, darbība «āra» apstākļos, t.i. temperatūras diapazonā no +50 līdz -35. Specifiskās prasības nosaka LPR konkrētais pielietojums. Ja sistēmu paredzams izmantot, lai noteiktu numurus automašīnām, kas pārvietojas pa ceļu, tad ņemot vērā automašīnu pārvietošanās ātrumu, attiecīgajām videokamerām nepieciešama iespēja uzstādīt fiksētu slēdža «shutter» ātrumu, kura vērtība ir vismaz 1/1000s, bet vēlams vēl ātrāku. Vēl efektīgākas šim pielietojumam ir videokameras ar „rolling shutter” vai „global shutter”. Ātri kustīga objekta iegūstamie attēli, izmantojot dažāda veida slēdžus, parādīti attēlā 4.1.



Att. 4.1: Ātri kustīga objekta attēli.

Diemžēl, pašlaik tirgū vēl ir ļoti maz kameru, kas attēlu iegūšanai izmanto

„global shutter”. Viena no pirmajām tāda veida kamerām ir firmas IqinVision kamera IQeye510. Tā kā numuru atpazīšana jāveic kā dienā tā arī naktī, t.i. pie laba apgaismojuma un tumsā, tad vienīgais risinājums ir infrasarkano staru prožektora izmantošana, kā arī atbilstošu kameru izvēle, kas, spējīgas darboties infrasarkanajā diapazonā un aprīkotas ar parastās gaismas filtru, lai novērstu attēla pārgaismošanu, piemēram, ar automašīnas gaismām. Ja nav iespējams izmantot videokameru ar „global shutter”, tad nepieciešama prasība ir vismaz fiksēta slēdža konfigurēšanas iespēja. Automašīnu numuru atpazīšanas procedūrā var izdalīt vairākus neatkarīgus etapus:

- kameras sūtītā kadra saņemšana; - kadra apstrāde, lai paaugstinātu attēla kvalitāti atbilstoši LPR darbības uzlabošanai (histogrammas paplašināšana, trokšņu filtrācija utt.); - reģistrācijas numura (RN) plāksnītes meklēšana kadrā; - RN plāksnītes attēla apstrāde un iespējamo numura zīmes simbolu atrašanās zonu izdalīšana; - grafisku attēlu atpazīšanas līdzekļu OCR (optical character recognition) izmantošana lai noteiktu konkrētus RN simbolus. Iepriekšminētie etapi atkārtojas ar visiem kadriem, kuros tiek atrasts RN. Katram atpazītajam simbolam OCR dod atpazīšanas ticamības novērtējumu. Tad pēc visu vienādo RN kadru apstrādes tiek veikti sekojoši etapi: - iegūto rezultātu statistiska analīze un visvarbūtīgāko simbolu izvēle; - iegūtās informācijas – RN un to pavadošās informācijas (laiks, labākais kadrs utt.) saglabāšana datubāzē.

RN atpazīšanas procedūras programmas realizācijai paredzēts izmantot MatLab funkcijas, piemēram, `imadjust()`, `medfilt2()` u.c. Bez tam RN plāksnītes atrašanai kadrā, paredzēts izmantot funkcijas «Blob detection», kas izmanto „convolution” operācijas.

Atkarībā no aplikācijām, kas izmanto LPR, iespējams Online režīmā salīdzināt iegūtos numurus ar iepriekš ievadītu RN sarakstu, un nosūtīt dienesta informāciju, ja aizbraukušās automašīnas RN sakrīt ar numuru no saraksta. Dienesta informācija var tikt nosūtīta SMS vai MMS veidā ar GSM modema vai analogisku mobilo iekārtu palīdzību.