

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.2. par periodu no 01.04.2011.g līdz 30.06.2011.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 Ievads	3
1.2 Risinājums	3
1.3 Eksperimenti un-vai testi	6
1.4 Kopsavilkums un secinājumi	8
1.5 Nākotnes perspektīvas	9
2 MITSimPro grupa	10
2.1 Paveiktais	10
2.2 Īstenotās metodes	10
2.2.1 Fona uzkrāšanas paņēmieni	10
2.2.2 Izsekošanas sistēma ar veidņu saldīzināšanu	12
2.3 Eksperimentāli pētījumi	15
2.3.1 Morfoloģisko operāciju pielietojums	15
2.3.2 Veidņu saldīzināšana	16
2.4 Kopsavilkums un secinājumi	17
2.5 Nākotnes perspektīvas	18
Literatūra	18
3 MITSRegNo grupa	19
3.1 Ievads	19
3.2 Eksperimenti un-vai testi	19
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	23
3.4 Nākotnes perspektīvas	23

Ievads

Anotācija

”Multifunkcionāla inteligenta 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 inteligenta 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

MITSSen grupa

Anotācija

MITSSen grupas uzdevums 2. projekta izstrādes cetursnī bija magnētisko sensoru izveide un eksperimentālie mērījumi, kā arī programnodrošinājuma izstrāde magnētisko sensoru signālu apstrādē. Tika veikti darbi pie bezvadu datu pārraides nodrošināšanas sensoru datu sūtīšanai, kā arī informācijas apgūšana akustisko sensoru izstrādei.

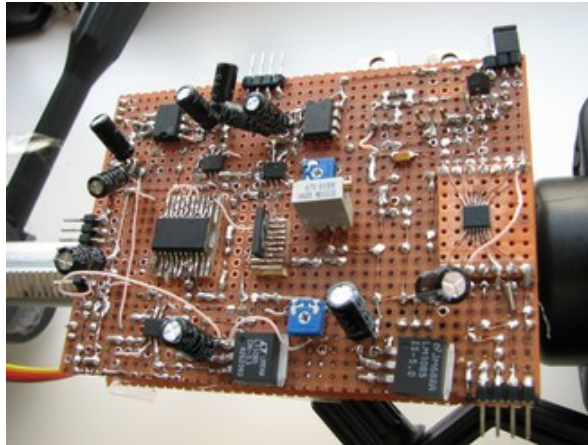
1.1 Ievads

No iepriekšējā pārskata perioda tiek turpināts darbs pie bezvadu datu pārraides nodrošināšanas starp sensoru un apstrādes bloku (PC). Iepriekšējā periodā tika izveidots eksperimentālais paraugs ar mikrokontrolieri un raidzuvērvēža moduli. Šajā periodā tika veikta bezvadu moduļa programmatūras izstrāde un testa mērījumi, kā arī izstrādāts jauns bezvadu modulis (nRF9E5 ar iebūvētu mikrokontrolieri), kurš tiks izmantots gan kā pārraides modulis, gan savācējiekārta, kura pieslēgta datoram izmantojot USB-UART pārveidotāju. Šis risinājums tiks pielietots PIR un magnētiskiem sensoriem datu savākšanai. Bezvadu sistēma darbojas 433MHz frekvenču joslā. Bevadu datu pārraides nodrošināšana starp moduļiem nepieciešama vienkāršai un ātrai multifunkcionālā ITS punkta ustādīšanai reāla ceta apstākļos, nodrošinot pēc iespējas mazus satiksmes traucējumus ustādīšanas laikā. Papildus PIR sensoriem tiek izstrādāti magnētiskie sensori, kas nodrošina transporta līdzekļu detektēšanu jebkuros laika apstākļos.

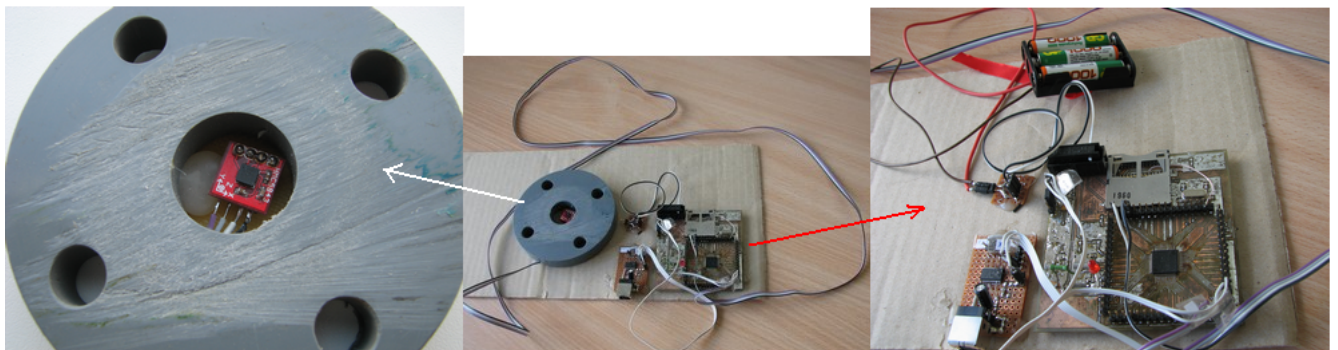
1.2 Risinājums

Ir veikti darbi ciparu (MEMS) un analogo magnētisko sensoru izstrādē. Ir izveidoti divi dažādi maketi transporta līdzekļu reģistrēšanai izmantojot magnētiskos sensorus: analogā sensora makets 1.1 attēlā un ciparu (MEMS) sensora makets 1.2 attēlā. Transporta līdzekļu detektēšana izmantojot MEMS magnētisko sensoru ir realizēta ar HMC5843 ciparu sensoru, kurš nodrošina datu izvadišanu, izmantojot I2C protokolu. Sensora vadīšanai un datu savākšanai ir nepieciešams mikrokontrolieris. Ātrai shēmas realizācijai tika izvēlēts mikrokontrolieris MSP430F1611, kurš nodrošina I2C protokola realizāciju un UART datu pārraidi uz datoru. Pilna maket blokshēma redzama 1.3 attēlā. HMC5843 sensors nodrošina diskretu mērīšanas diapazonu 0,7-6,5 Gausu diapazonā un maksimālo sensora elementa nolasīšanas frekvenci 50 Hz. Eksperimentu rezultātā tika noskaidrots, ka vienmērīga datu lasīšana iespējama līdz 72 Hz frekvencei (datu lasīšanas ātrumu var koriģēt ar mikrokontroliera vadības signāliem), kurā sensors arī tiek darbināts veicot eksperimentus. Ir izveidots programnodrošinājums sensora vadībai un konfigurēšanai, datu tālākai nosūtīšanai uz datoru, kā arī programmatūra Labview vidē datu savākšanai un apstrādei datorā.

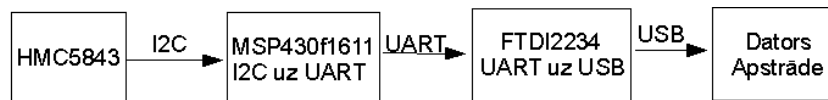
Analogais magnētiskais sensors nodrošina ievērojami lielāku jutību kā MEMS magnētiskais sensors, kas savukārt nodrošina lielāku distanci līdz objektam, kuru nepieciešams detektēt. Ir izstrādāts analogais magnētiskā sensora makets (1.1.attēls) ar magnētiskā lauka izmaiņas detektēšanu 3 asīs. Maketā izmantoti HMC 1002 un HMC 1001 AMR sensori, kā arī MSP430F2003 mikrokontrolieris atmagnetizācijas signāla formēšanai. Datu sūtīšana uz datoru tiek nodrošināta izmantojot TI datu savākšanas iekārtu NI USB 6009. Signāla diskretizācijas frekvence ir izvēlēta 200 Hz, kas ir ievērojami



Att. 1.1: Analogā magnētiskā sensora makets



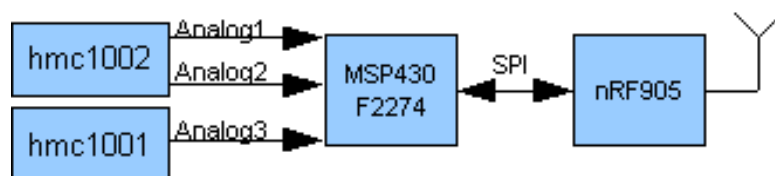
Att. 1.2: MEMS sensora makets



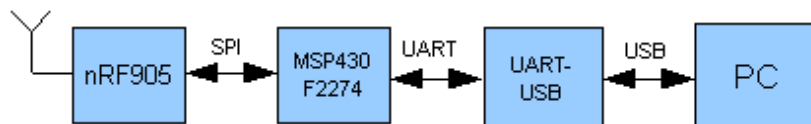
Att. 1.3: MEMS sensora blokskāme

vairāk nekā nepieciešams pēc Naikvista kritērija (transporta līdzekļu radītā magnētiskā lauka izmaiņas frekvence ir līdz 15 Hz diapazonam). Ir izveidots programnodrošinājums Labview vidē datu savākšanai un apstrādei, kā arī programnodrošinājums Matlab vidē savākto datu analīzei.

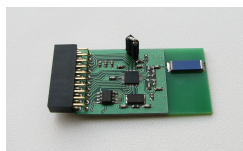
Turpinot darbu pie bezvadu moduļa priekš MSP430F2274 mikrokontroliera tika uzrakstītas programmas raiduztvērēja nRF905 konfigurēšanai un pārraides protokola nodrošināšanai, kā arī tika uzrakstītas funkciju definīcijas, reģistru uzstādījumu fails un komandas SPI komunikācijai (priekš nRF905). Lai notestētu bezvadu datu pārraidi tika uzrakstīta testa programma attāluma mērījumu veikšanai, kur raidītājs ar 500Hz frekvenci sūta 8 bitu garu datu paku, raidītājs to uztverot ar nepārtrauktu skaņas signālu indiciē datu saņemšanu. Mērījumu rezultātā tika panākta datu pārraide 200m attālumā tiešās redzamības apstākļos. Izmantojot izveidotos bezvadu moduļus tika izveidots eksperimentālais testa modulis (?? attēls) magnētisko sensoru (divasus HMC1002 un vienasus HMC1001) mērījumu pārsūtīšanai uz datoru. Abiem magnētiskajiem sensoriem kopā ir trīs analogās izejas, kuru izejas signāli tiek diferenciāli pastiprināti. Signāli tiek pievadīti MSP430F2274 mikrokontroliera iebūvētajās 10 bitu ACP ieejās. ACP darbojas ar 200Hz diskretizācijas frekvenci, kas ir pietiekami pie auto detektēšanas jo frekvenču josla, kurā tiek detektēta auto kustība ir līdz 15Hz, atkarībā no automašīnas kustības ātruma. Pēc signālu saciparošanas tālāk tiek veikta nolašu formēšana datu paketēs tālākai nosūtīšanai pa bezvadu moduli uz savācējiemkartu (1.5 attēls). Mikrokontroliera ACP nokonfigurēts DMA režīmā, kur katra nolase pēc diskretizācijas tiek saglabāta atmiņā, pēc tam no katra



Att. 1.4: Raidītāja ierīces blokshēma



Att. 1.5: Datu savācējierīces blokshēma



Att. 1.6: Raiduztvērēja modulis nRF9E5

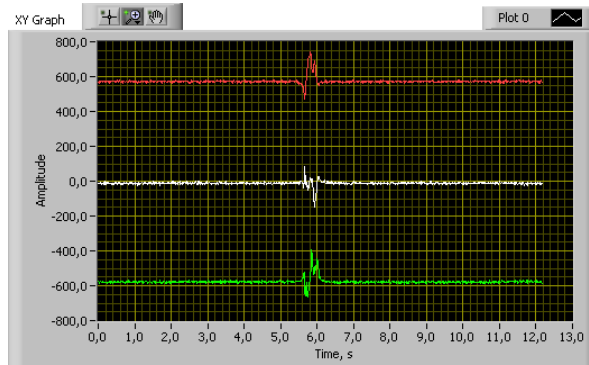
kanāla datiem tiek saformētas datu paketes sūtīšanai uz datoru pa bezvadu sakariem. Dati tiek sūtīti nepārtraukti uz PC ar 200Hz periodu, tādā veidā ar magnētisko sensoru nomērītais signāls tiek attēlots uzreiz, neizmantojot buferi. Lai attēlotu iegūtos signālus tika izveidota LabView programma, kura caur USB- UART pārveidotāju nolasa datus no savācējiekārtas.

Tika izveidota iespiedplate ar nRF9E5 (1.6 attēls) raiduztvērēju ar iebūvētu 8051 kontrolieri. Šāds risinājums izvēlēts ņemot vērā to ka būs nepieciešami testi ar magnētiskajiem sensoriem tos novietojot uz ceļa virsmas. Šādi testi tika veikti ar vadu sakariem, kas der gadījumā ja testi notiek uz slēgta ceļa posma, kur nav lielas plūsmas, bet reālas satiksmes gadījumos, rodas nepieciešamība izmantot bezvadu risinājumu, jo pretējā gadījumā nepieciešams vadus iestrādāt ceļa segumā, kas sadārdzina sensora iestrādāšanas un uzturēšanas izmaksas. Uztaisīts programmatore ārējai EEPROM atmiņai, kura nepieciešama programmas koda ielādēšanai mikrokontroliera atmiņā. Nokompilētas un pārbaudītas testa programmas raiduztvērēja pārbaudei. Par pamatu ņemot iepriekš rakstītās programmas priekš nRF905 tiek rakstīts programmnodrošinājums magnētiskā sensora signālu nolasīšanai un pārsūtīšanu uz PC. Par savācējiekārtu, kura pieslēgta pie PC ar USB – UART pārveidotāju, tiek izmantots izveidotais nRF9E5 raiduztvērēja modulis.

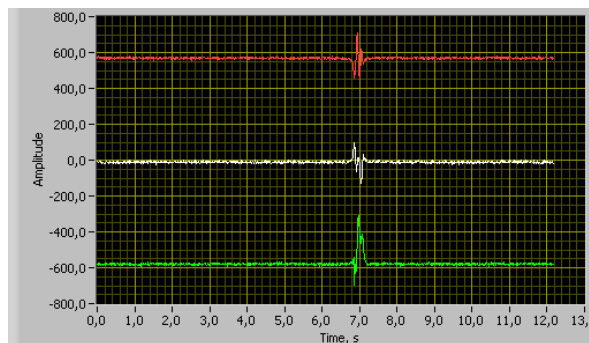
1.3 Eksperimenti un-vai testi

Eksperimenti tikai veikti gan ar MEMS, gan analogo magnētisko sensoru maketiem. Analogais magnētiskais sensors tika testēts, izmantojot bevedu datu pārraides risinājumu. Eksperimenti ar HMC5843 sensoru tikai veikti izmantojot NI 6009 datu savācējiekārtu. MEMS (HMC5843 sensors) gadījumā magnetiskais sensors tika novietots uz brauktuves (automašīnas pārvietošanas pāri sensoram) un eksperiments notika poligona apstākļos. Dati tika iegūti ar frekvenci 72 Hz, kas sastāda aptuveni 6 nolases uz vienu vieglo automašīnu. Šāds nolašu daudzums uz vienu transporta vienību ir nedaudz par mazu kolonas plūsmas detektēšanai, taču atsevišķi braucošu transporta līdzekļu detektēšanai pilnīgi pietiekams. Eksperimenti ar transporta līdzekļu detektēšanu tika veikti pie ātruma 50 km/h (1.7 attēls) un 80 km/h (1.8 attēls).

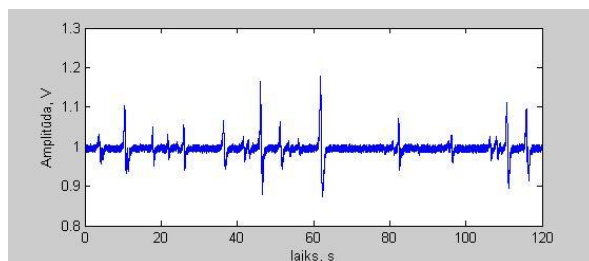
Novietojot HMC5843 sensoru brauktuves malā, transporta līdzeklis netika detektēt. Samazinot attālumu no transporta līdzekļa līdz sensoram līdz 0,2 m, iespējams noteikt objekta esamību sensora tuvumā, izmantojot signāla enerģijas novērtējumu. 0,2 metru attālums līdz sensoram ir pārāk mazs, lai



Att. 1.7: MEMS magnētiskais sensors, transporta līdzekļa ātrums 50 km/h

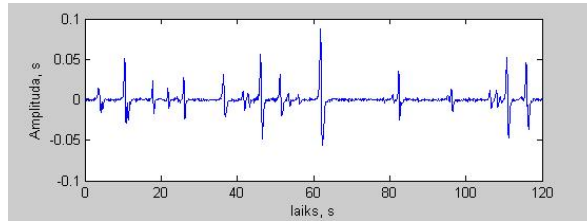


Att. 1.8: MEMS magnētiskais sensors, transporta līdzekļa ātrums 80 km/h

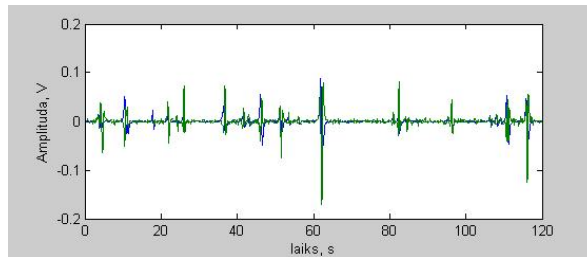


Att. 1.9: Analogā magnētiskā sensora X kanāla signāls

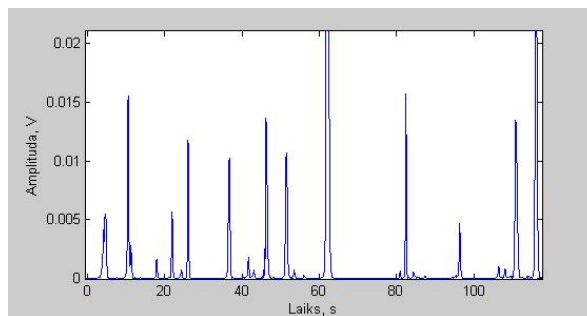
šādu iekārtu droši varētu izmantot intensīvas satiksmes apstākļos, tādēļ HMC5843 sensora izmantošana transporta līdzekļu detektēšanai ir iespējama tikai novietojot sensoru uz ceļa braucamās daļas, kas nozīmē, ka tiek bojāts ceļa segums (magnētiskā sensora invazīvais gadījums). Lai detektēšanu varētu veikt neiejaucoties ceļa segumā, nepieciešams izmantot jūtīgākus magnētiskos sensorus. Šī uzdevuma sasniegšanai tika izvēlēts divu asu magnētiskais sensors HMC 1002 un vienas ass magnētiskais sensors HMC 1001. Abi minētie sensori ir analogā izpildījuma ar diferenciālo signāla izeju katrai asij. Eksperimenti ar HMC1002 un HMC1001 sensoriem notika uz reāla ceļa reālos satiksmes apstākļos, ārpus apdzīvotām vietām. Eksperimentu gaitā tika secināts, ka vieglo transporta līdzekļu detektēšana iespējama, novietojot sensoru 4 metru attālumā no objekta, taču kravas transporta līdzekļus iespējams detektēt līdz 9 metru attālumam. 1.9 attēlā redzams grafiks, transporta plūsmas uz Daugavpils šosejas (divas joslas vienā virzienā). Veicot signāla pārveidojumu uz frekvenču apgabalu (FFT) un pielīdzinot frekvences, kuras lielākas par 10 Hz, nullei, pēc iFFT transformācijas tiek iegūts 1.10 attēlā redzamais signāls. X un Z kanālu signāli pēc filtrācijas redzami 1.11 attēlā. Veicot Z un X kanālu signālu moduļu summēšanu un kāpināšanu kvadrātā, iegūst signālu, pēc kura ir viegli detektēt transporta līdzekļus (1.12 attēls). Pēc šādas operācijas veikšanas zūd iespēja noteikt transporta līdzekļa pārvietošanās virzienu, taču ievērojami samazinās trokšņa līmenis.



Att. 1.10: Analogā magnētiskā sensora X kanāla signāls pēc FFT veikšanas un spektrālo komponentu pielīdzināšanas nullei



Att. 1.11: Analogā magnētiskā sensora X un Z kanālu signāls pēc FFT veikšanas un spektrālo komponentu pielīdzināšanas nullei



Att. 1.12: Analogā magnētiskā sensora X un Z kanālu signālu summēšana un kāpnāšana kvadrātā

1.4 Kopsavilkums un secinājumi

Veicot transporta līdzekļu detektēšanu ar MEMS magnētiskajiem sensoriem, kurus novieto uz ceļa braucamās daļas, iespējama laba transporta līdzekļu detektēšana. Taču šajā gadījumā, uzstādot sensoru, tiek bojāts ceļa segums. Neinvazīva transporta līdzekļu detektēšana iespējama imantojot HMC1001 un HMC1002 sensorus, kurus iespējams uzstādīt brauktuves malā. Uzstādot sensorus brauktuves malā zūd iespēja veikt transporta līdzekļu klasifikāciju, jo nav iespējams noteikt asu skaitu. Pie tam sensora uztvertā zemes magnētiskā lauka izmaiņas lielums, ko rada metāla objekts, ir tieši atkarīgs no objekta augstuma, nevis platuma. Ar šādu sensora novietojumu pastāv iespēja klasificēt tikai vieglos un smagos transporta līdzekļus, pie tam mikroautbusi arī tiek klasificēti pie smagajiem transport līdzekļiem, jo to plaknes laukums, kurš ir perpendikulārs zemes virsmai ir salīdzinoši liels. Ar magnētisko sensoru nav iespējams noteikt attālumu līdz objektam, jo sensora radītā sprieguma amplitūdas izmaiņa ir atkarīga gan no attāluma, gan, pārvietošanās ātruma, gan arī plaknes laukuma, kurš perpendikulārs ceļa virsmai. Objekta pārvietošanās virzienu ar ceļa malā novietotu magnētisko sensoru iespējams noteikt tikai transporta līdzekļiem ar nelielu ātrumu. Uz ceļa virsmas novietota sensora gadījumā šādi eksperimenti nav veikti.

1.5 Nākotnes perspektīvas

Nepieciešams izstrādāt magnētisko sensoru tīklu ar vismaz četriem sensoriem, kur sensori ir novietoti katrā ceļa pusē pa pāriem. Šāda kombinācija ļautu noteikt gan transporta līdzekļa pārvietošanās virzienu, gan arī ātrumu. Nepieciešams veikt vairāk eksperimentus ar MEMS magnētiskajiem sensoriem, jo šo sensoru izmantošana ļautu veikt transporta līdzekļu klasifikāciju. Bevedu datu pārraides jomā nepieciešami uzlabojumi, kuri tisk realiēti izmantojot NRF9E5 raiduztvērēja moduli. Šis bevedu datu pārraides modulis aizstāj iepriekš testu nolūkos izveidoto datu pārraides sistēmu. Jaunajam modulim nepieciešams izstrādāt programmatūru datu ciparošanas un pārraides protokola realizācijai. NRF9E5 datu pārraides modulis ir ievērojami mazāka imēra, kas nodrošina iespēju to novietot uz brauktuves virsmas.

Nodaļa 2

MITSimPro grupa

Anotācija

Grupa MITSimPro izstrādā automašīnu detektēšanas un izsekošanas sistēmu, kas balstās uz video apstrādes metodēm. Efektīvas sistēmas izveidošanai nepieciešams gan dažādu metožu pārskats, gan pielietoto attēlu apstrādes operāciju salīdzinājums, tādēļ kopējā sistēma tiek veidota pa posmiem, kur katrā posmā tiek īstenotas un testētas vairākas metodes, tādējādi cenšoties rast optimālākos un efektīvākos risinājumus. Otrajā gada ceturksnī paveiktais ir turpinājums iepriekšējā ceturksņa atskaitē aprakstītajiem darbiem. Tiek izveidotas papildus metodes kadru segmentēšanas posmā, kā arī tiek veidots un testēts izsekošanas paņēmieni.

2.1 Paveiktais

Otrajā projekta gada ceturksnī turpinās darbs pie atsevišķo automašīnas izsekošanas un detektēšanas posmu izstrādes. Šajā periodā paveiktie punkti:

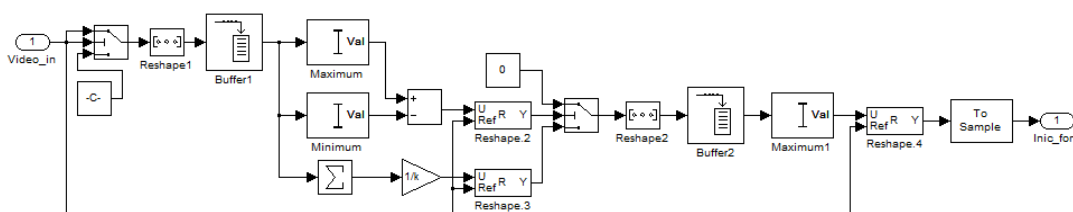
- Īstenota fona uzkrāšana ar iezīmēšanas metodi, kā arī ar atgriezeniskās saites lietošanu;
- Izveidota izsekošanas shēma, kas balstās uz veidņu salīdzināšanu gan telpas, gan frekvenču apgabalā;
- Eksperimentāli salīdzināta morfoloģisko operāciju pielietošana.

2.2 Īstenotās metodes

2.2.1 Fona uzkrāšanas paņēmieni

Iepriekšējā ceturksnī jau tika īstenoti četri paņēmieni fona bildes iegūšanai. MATLAB Simulink vidē tika īstenotas vēl divas metodes – fona uzkrāšana ar iezīmēšanas metodi, kā arī lietojot atgriezenisko saiti.

Avotos [1] un [3] aprakstīti dažādi iezīmēšanas paņēmieni, savukārt attēlā 2.1 parādīta projektā īstenotā iezīmēšanas shēma, kas kustībā esošu apgabalu pikseļus aizstāj ar pikseļiem no citiem kadriem, kuros šajā apgabalā kustība netika detektēta.



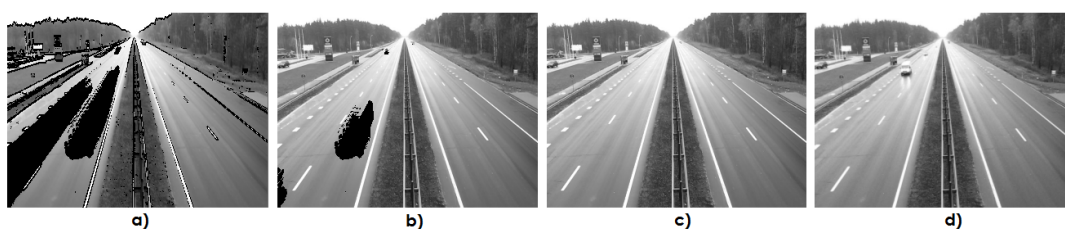
Att. 2.1: Īstenotā fona iezīmēšanas shēma

Shēmas 2.1 ieejā tiek padoti šī brīža kadri. Pirmais buferis saglabā informāciju par K kadriem. Katram pikselim šo K kadru logā tiek noteikta maksimālā un minimālā intensitāte, kuru starpība nosaka,

vai laika logā ir bijusi būtiska intensitātes izmaiņa. Ja izmaiņa ir pārsniegusi shēmā redzamā slēdža sliekšņa vērtību, slēdzis pikseļa vietā tālāk padod 0, preteja gadījumā pikseļa intensitātes vietā tiek tālāk sūtīta tās vidējā vērtība K kadros.

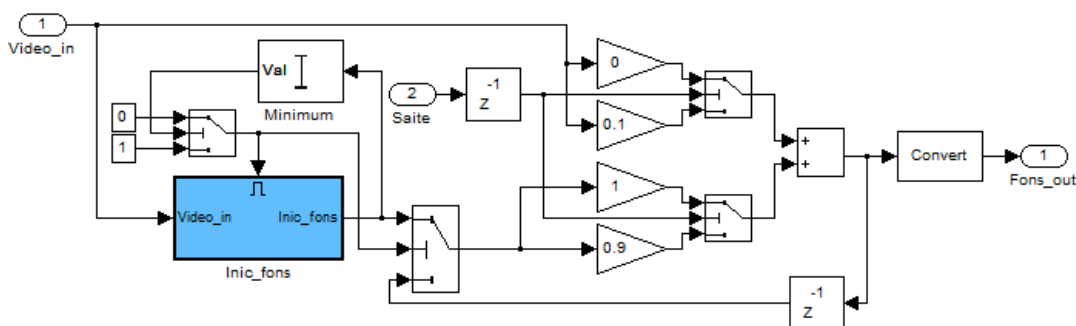
Tālāk kadri nonāk otrajā buferī, kas saglabā H kadrus, kur $H > K$. Bloks Maximum1 nodrošina, ka tālāk tiek sūtīta maksimālā katra pikseļa vērtība H kadros. Līdz ko iepriekš neiezīmētās vietas būs pietiekami ilgi bijušas nemainīgas, lai pirmais buferis piepildītos ar līdzīgām vērtībām, slēdzis nulles vietā šajos apgabalos pados pikseļu vidējās vērtības. Jaunās iezīmētās vērtības būs lielākas par nulli, tāpēc pēc otrā bufera šajās vietās būs jau fona bilde. Pietiekami ilgi darbojoties, shēma iezīmēs visu fona attēlu, ja vien nebūs tādas vietas kadrā, kuras ne vienu brīdi nav stacionāras vismaz K kadros pēc kārtas.

Attēlā 2.2 parādīts fona iezīmēšanas shēmas darbības rezultāts. 2.2.a un 2.2.b. attēlos, kas ir 30. un 52. kadrs pēc sistēmas palaišanas, fona bildē redzams neiezīmēts nospiedums, kas palicis no tikko garām braucošajām automašīnām. 50 kadru laikā neiezīmētais apgabals tiek pilnībā iezīmēts ar ceļam atbilstošajām pikseļu intensitātēm (attēls 2.2.c). Pēc ceļa iezīmēšanas, ieejas kadrā 2.2.d. redzamā automašīna vairāk neveido aiz sevis melnu nospiedumu – ceļa bilde ir izveidota, un tā atjaunojas tikai tajās vietās, kur kādu laiku nav notikusi kustība.



Att. 2.2: Fona uzkrāšana ar iezīmēšanas metodi

Shēma 2.1 var darboties kā pilnvērtīga, adaptīva fona uzkrāšanas sistēma, tomēr attēlā 2.3 tā ir nomaskēta par apakšsistēmu *Inic_fons*, kas veic sākuma fona inicializāciju. Apakšsistēma darbojas tikai tik ilgi, līdz viss fons ir iezīmēts. Līdz galam uzkrātais fons ir pēdējā bilde ko shēmā esošais slēdzis padod uz diviem pastiprinājuma elementiem no savas pirmās (augšējās) ieejas. Visu turpmāko darbības laiku šis slēdzis uz izeju padod trešās ieejas signālu.



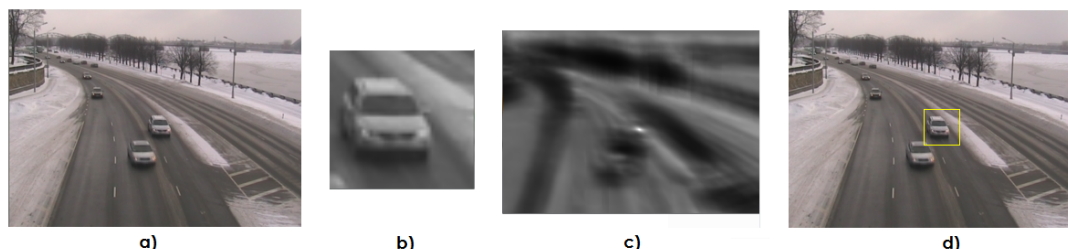
Att. 2.3: Fona uzkrāšana ar atgriezenisko saiti

Fona bilde no shēmas 2.3 tiek izmantota kadra un fona starpības atrašanai tāpat kā iepriekš apskatītajās shēmās, tomēr šoreiz iegūtā starpība tiek padota atpakaļ uz shēmu 2.3 caur 2. ieejas portu Saite, veidojot atgriezenisko saiti. Šis saites signāls regulē divus slēdzus, kas ar četriem pastiprinātajiem izpilda algoritmu fona bildes atjaunošanai. Tiem pikseliem, kuros nav detektēta automašīna, jaunā fona bildes vērtība tiek aprēķināta saskaitot šī pikseļa iepriekšējo vērtību reizinātu ar svara koeficientu 0.9 un pikseļa šī brīža vērtību ar svaru 0.1. Tā tiek nodrošināta fona pielāgošanās mainīgajiem apstākļiem. Savukārt tiem apgabaliem, kuros ir detektēta kustība, fona pikseļu vērtība netiek mainīta, attiecīgi izmantojot svarus 1 un 0. Šāda piegājiena pluss ir tāds, ka var iztikt bez bufera lietošanas kadru saglabāšanai.

2.2.2 Izsekošanas sistēma ar veidņu salīdzināšanu

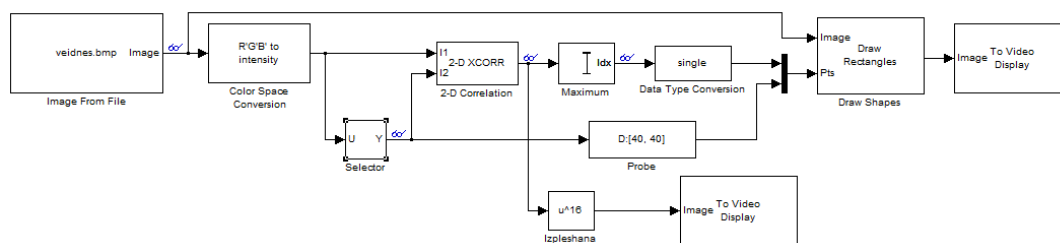
Atrasto automašīnu pārvietojuma izsekošanai kadrā tiek piedāvāts lietot veidņu salīdzināšanas metodi.

Lai noteiktu apgabalu kadrā (attēls 2.4.a), kas visvairāk sakrīt ar iepriekš zināmu veidni (2.4.b), tiek veikta kadra un veidnes korelācija. Rezultātā iegūtajā attēlā (2.4.c), koordinātēs, kas atbilst veidnes atrašanās vietai, būs pikseļu intensitātes maksimums.



Att. 2.4: Veidnes salīdzināšanas soļi

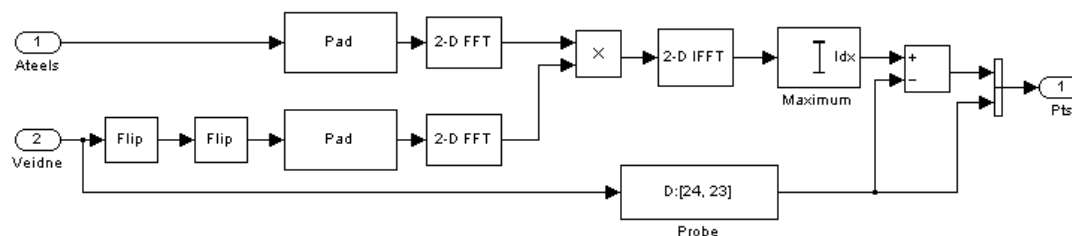
Aprakstīto operāciju veicoša shēma tika izveidota Simulink vidē un tā parādīta attēlā 2.5.



Att. 2.5: Veidnes salīdzināšana telpas apgabalā

Šāda veidnes meklēšana patērē lielus skaitļošanas resursus. Reālos pielietojumos, lielākiem ieejas attēliem jāmeklē veidi, kas ļautu samazināt nepieciešamo reizināšanas operāciju skaitu. Viens no šādiem veidiem ir attēla un veidnes pikseļu skaita jeb izšķirtspējas samazināšana. Simulink šādas operācijas veikšanai var izmantot bloku *Gaussian Pyramid*, kas ļauj gan samazināt, gan arī palielināt attēla pikseļu skaitu. Samazinot attēla izmēru, pirms pikseļu skaita samazināšanas (pārdiskretizācijas), tiek lietots zemo frekvenču filtrs.

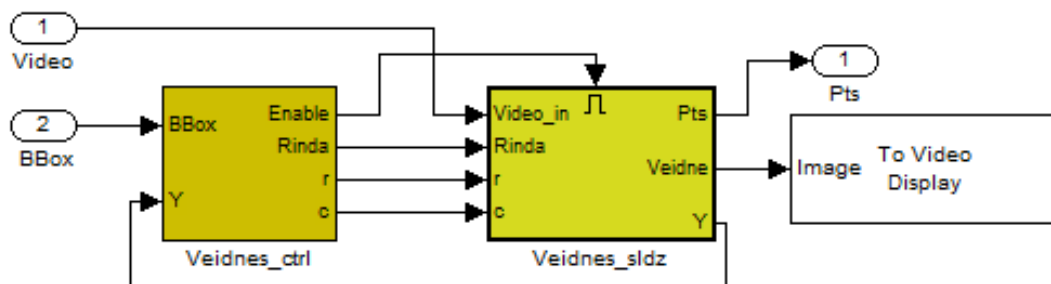
Cits veids, kā risināt skaitļošanas problēmu, ir pāriet uz attēla apstrādi frekvenču apgabalā caur Furjē transformāciju, kuras īpašība nosaka, ka reizināšana telpas apgabalā ir ekvivalenta konvolūcijai frekvenču apgabalā un otrādi. Lietojot ātro Furjē transformāciju iespējams izvairīties no korelācijai nepieciešamajām daudzajām reizināšanām ar katru pikseli, tā vietā veicot vienu vienīgu attēla un veidnes reizināšanu frekvenču apgabalā. Lai no konvolūcijas iegūtu nepieciešamo korelāciju, veidnes attēls pirms reizināšanas jāapmet pa horizontāli un pa vertikāli. Īstenotā shēma veidņu salīdzināšanai frekvenču apgabalā parādīta attēlā 2.6.



Att. 2.6: Veidnes salīdzināšana frekvenču apgabalā

Veidņu salīdzināšanu automašīnu izsekošanai varētu izmantot sekojoši – kad iepriekšējais kopējās sistēmas posms ir detektējis automašīnu, no kadra tiek izgriezta un saglabāta automašīnai atbilstoša

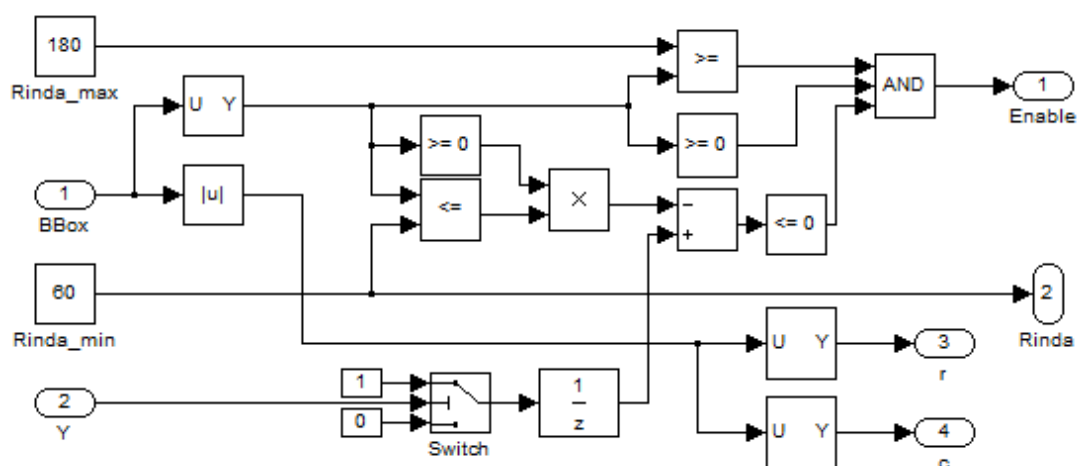
veidne. Šo veidni korelē ar nākamo kadru, iegūstot jauno automašīnas pozīciju. No jaunās pozīcijas tiek iegūta arī jauna, jau nedaudz izmainījies automašīnas bilde, kuru izmantot kā veidni nākamajā kadrā. Tā kā laikā mainās ne tikai mašīnas atrašanās vieta kadrā, bet arī redzamais izmērs un orientācija, nav skaidrs, cik labi varētu darboties tikko minētais algoritms. Tādēļ, testa nolūkam Simulink vidē tika izveidota attēlā 2.7 redzamā sistēma.



Att. 2.7: Veidnes salīdzināšanas testa sistēma

Sistēma sadalīta divās daļās. Pirmais bloks *Veidnes_ctrl*, kura shēma redzama attēlā 2.8, saņem ieejā 1 iepriekš detektēto objektu ierobežojošo taisnstūru (IeT) koordinātes, kuras izdod Simulink bibliotēkas Video and Image Processing Blockset bloks *Blob Analysis*. No šīm koordinātēm, tiek izdalītas pirmā IeT augšējā kreisā stūra rinda un kolonna, kas tiek padotas izejās *r* un *c*. Vēl IeT signālā iekļautā augšējā stūra atrašanās rinda tiek izmantota, lai veidotu izejas signālu *Enable*, kas regulē otrā sistēmas bloka *Veidnes_sldz* darbību. Otrā bloka darbību atļaujošs signāls tiek formēts tajā gadījumā, ja reizē tiek izpildīti sekojoši nosacījumi:

- Ja IeT rindas koordināte nepārsniedz lielumu *emphRinda_max*, kas konkrētajā piemērā kadrā ar izmēru 240×320 ir izvēlēta 180;
- Ja šī pati koordināte ir lielāka par lielumu *Rinda_min* (šeit 60);
- Ja iepriekšējā kadrā izmantotās veidnes augšējā stūra rindas koordināte (2. ieejas signāls *Y*) nepārsniedz kādu noteiktu lielumu (šeit 150).

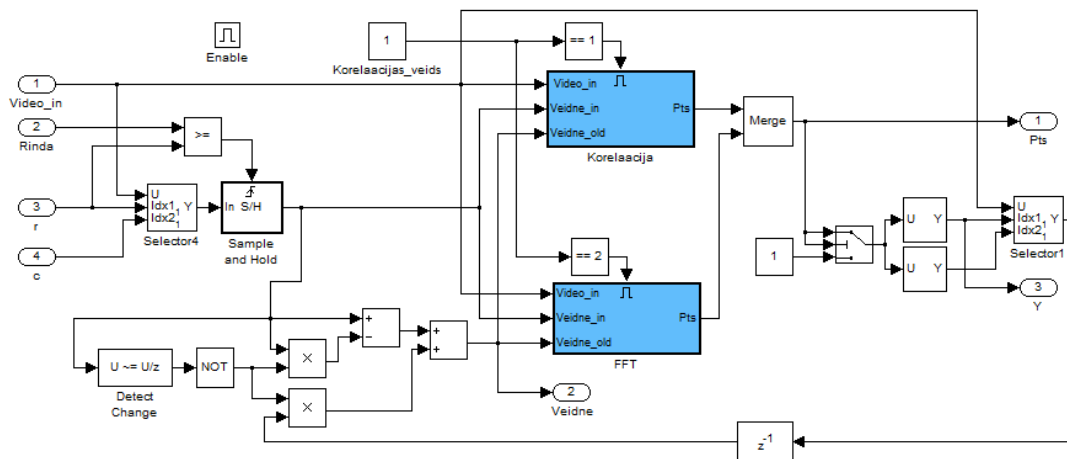


Att. 2.8: Veidnes salīdzināšanas apakšsistēma *Veidnes_ctrl*

Ja nosacījumi tiek izpildīti, sāk darboties otrais sistēmas bloks (attēls 2.9). Ieejas portā *Video_in* ienāk analizējamie kadri. No tiem bloks *Selector4* izgriež veidni, kuras stūra koordinātes nosaka ieejas *r* un *c*, bet izmērs (augstums, platums) tiek ievadīts manuāli. Izgrieztais apgabals nonāk *Sample and Hold* blokā. Šī bloka izeja atbilst ieejai, ja tam tiek padots attiecīgs vadības signāls. Shēmā 2.9 atļaujošais signāls ir 1, kamēr detektētā objekta IeT stūra rindas koordināte ir mazāka par manuāli iestādāmu

vērtību *Rinda*. Tātad, kamēr objekts atrodas kadra augšējā daļā, veidne tiek veidota, balstoties uz objekta detektētajām koordinātēm. Objektam kustoties zemāk, uz izvēles-glabāšanas shēmu tiek padots kontrolējošais signāls 0. Tādā gadījumā shēmas kreisajā apakšējā stūrī esošā ķēde nodrošina, ka turpmāk korelācijā tiek izmantota veidne, kas iegūta pēc iepriekšējā kadra un veidnes korelācijas.

Attēlā 2.9 ir iestrādāta iespēja izvēlēties starp diviem veidņu salīdzināšanas paņēmieniem – korelāciju telpas apgabalā (shēma 2.5) un ekvivalento reizināšanu frekvenču apgabalā (shēma 2.6). Kad noteikta veidnes pozīcija kadrā, iegūtās koordinātes tiek aizvadītas uz izeju *Pts*, kā arī no ieejas video tiek izgriezta jaunā veidne, kas tiek aizturēta par vienu kadru un atkal tiek izmantota korelācijā.



Att. 2.9: Veidnes salīdzināšanas apakšsistēma *Veidnes_sldz*

2.3 Eksperimentāli pētījumi

2.3.1 Morfoloģisko operāciju pielietojums

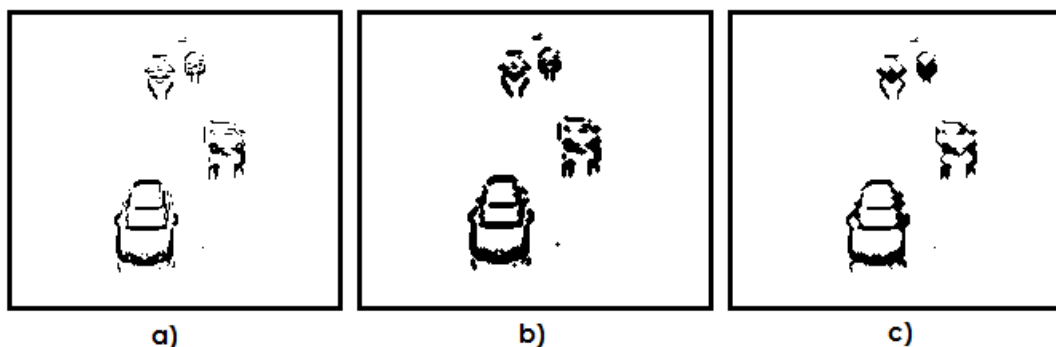
Iepriekšējā ceturkšņa atskaitē tika aprakstīta robežu atrašana kadrā, kā arī tika minēta iespēja lietot morfoloģiskās operācijas, lai savienotu vienas automašinas robežas, kas neveido veselu kontūru. Populāras morfoloģiskās operācijas – paplašināšana, erozija, aizvēršana, atvēršana – ir pieejamas Simulink bibliotēkā Video and Image Processing Blockset. Attēlā 2.10 parādīts eksperimentāls salīdzinājums starp paplašināšanas un aizvēršanas pielietojumu vienam un tam pašam kadrā.

Attēlā 2.10.b. tiek veikta paplašināšana ar 3×3 pikseļu lielu krustiņa formas strukturējošo elementu. Kadra apakšā redzamā automašīna tagad sastāv no vienota kontūra, tomēr otrā mašīna no apakšas vēl joprojām sastāv no daudziem nelieliem apgabaliem. Palielinot strukturējošā elementa izmēru, kontūru apvienošana kļūst efektīvāka, tomēr, jau pie neliela strukturējošā elementa, novērojamas paplašināšanas nepilnības. Piemēram, atsevišķs sliekšni pārvarējis trokšņa pikselis, pa labi no zemākās automašīnas, pēc paplašināšanas kļuvis lielāks – pieņēmis strukturējošā elementa formu. Trokšņu pikselus var nofiltrēt arī pirms morfoloģiskiem pārveidojumiem, piemēram, lietojot mediānas filtru, tomēr automašīnu kontūru paplašināšanās kļūst nevēlama tuvu braucošu automašīnu gadījumā, kādas redzamas attēla 2.10.b. augšā. Palielinot strukturējošo elementu, šīs automašīnas tiks apvienotas vienā objektā, kas novedīs pie automašīnu detektēšanas kļūdas.

Attēlā 2.10.c. rezultāts jau ir labāks – šoreiz tiek izmantota aizvēršanas operācija, turklāt tiek lietots jau lielāks strukturējošais elements – 5×5 pikseļus liels rombs. Trokšņa pikselis, kam iepriekš tika pievērsta uzmanība, nav palicis lielāks. Otrā automašīna tagad sastāv tikai no diviem kontūriem, savukārt starp tālāk esošo divu automašīnu kontūriem tagad ir palicis lielāks attālums nekā lietojot paplašināšanu ar mazāku strukturējošo elementu.

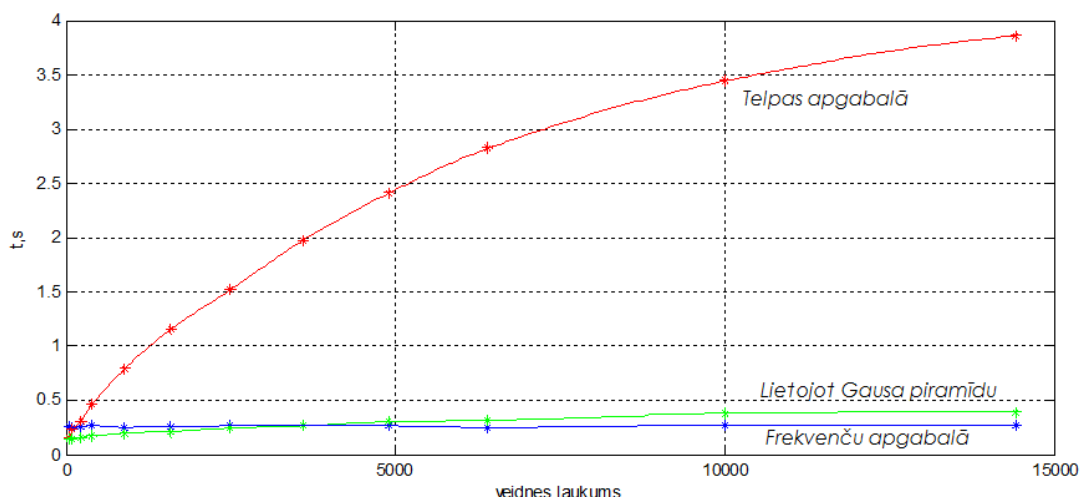
2.3.2 Veidņu saldīdzināšana

Nodaļā 2.2.2 tika īstenotas shēmas attēla korelācijai ar veidni gan telpas apgabalā, gan arī ekvivalentai darbībai frekvenču apgabalā. Atstājot shēmās tikai visnepieciešamākos elementus, kā arī vienu rezultātā iegūtā attēla izvades logu, tika veikts shēmu darbības ātruma salīdzinājums pie dažādiem veidņu



Att. 2.10: Morfoloģisko operāciju pielietošana

izmēriem. Mainot veidnes izmēru, tika iegūtas attēlā 2.11 redzamās līknes. Katrs punkts ir vidējā vērtība no sešiem mērījumiem. Testi tika veikti ar trīs dažādām shēmām – korelācijas shēma telpas apgabalā, tā pati shēma ar attēla un veidnes izšķirtspējas samazināšanu, kā arī korelācijas shēma frekvenču apgabalā. Simulācijas laikā iekļaujas arī attēla ievads, pārveidošana melnbaltajā formātā, kā arī rezultāta izvadīšana, bet pat ar visu to, attēlā 2.2.2 redzama korelācijas metodes ietekme.



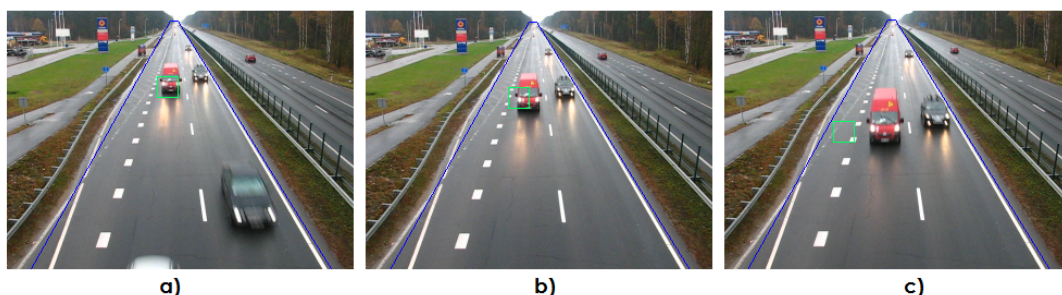
Att. 2.11: Kadra un veidnes korelācijas operāciju ilguma atkarība no veidnes laukuma

Attēlā 2.11 visātrāk augošā līnija atbilst vienkāršai ieejas attēla (241×321 pikseļu liels) korelācijai ar veidni. Kā bija sagaidāms, palielinoties veidnei, simulācijas laiks jūtami pieaug. Zilā līkne atbilst Furjē transformācijas pielietojumam – tā ir praktiski konstanta pie visiem izmantotajiem veidņu izmēriem. Furjē transformācija ir lēnāka par vienkāršu korelāciju pie ļoti mazām veidnēm (zem 10×10 pikseļi), jo papildus spektru reizināšanai jāveic arī trīs transformācijas, veidnes apmešana, transformācijai nepieciešamo nulļu piešķiršana. Tomēr izteikti novērojams metodes pārākums veidni palielinot.

Trešā līkne atbilst korelācijai, pirms tam samazinot gan attēla, gan veidnes izšķirtspēju (līdz ar to arī pikseļu skaitu) par divām reizēm. Šajā gadījumā uz asīm atliktais veidnes izmērs ir pirms izšķirtspējas samazināšanas esošais izmērs. Konkrētā izšķirtspējas samazināšanas pakāpe ļauj modelim darboties ātrāk par Furjē transformācijas shēmu līdz veidnēm ar izmēru 60×60 pikseļi, pēc kura izdevīgāka kļūva korelācija spektra apgabalā. Izšķirtspējas samazināšanas metodes efekts pēc būtības ir ekvivalents mazāku ieejas attēlu un veidņu pielietošanai, tomēr, kopējas automašīnu detektēšanas un izsekošanas sistēmas kontekstā, jāņem vērā, ka detektēšanas posmā precīzākus rezultātus var panākt ar lielākiem attēliem. Tādēļ izšķirtspējas samazināšana tikai pirms izsekošanas posma var būt efektīvs risinājums.

Korelācija ir izsekošanas sistēmas sastāvdaļa - tālāk tika veikti testi ar pašu izsekošanas sistēmu. Testi parādīja, ka īstenotais izsekošanas paņēmieni ir pārāk nestabils. Attēlā 2.12 parādīta mašīnas izsekošana 11 kadru laikā – lai gan rezultāts izvadīts uz krāsaina attēla, veidnes uzņemšana un izsekošana

notika ar melnbaltu attēlu. Pēc detektēšanas izsekošanas rāmis (veidne) kādu laiku seko automašīnai, tomēr tas lēnām no tās nobīdās, līdz attēlā 2.12.c. redzamajai situācijai, kad veidnē neiekļūst vairāk neviens apgabals no mašīnas. Līdzīgs scenārijs atkārtojas lielākajai daļai detektēto automašīnu. Testi ar dažādiem veidņu izmēriem, kā arī veidņu uzņemšana un izsekošana kadriem, kuros atstātas tikai robežas, nedeva būtiski labākus rezultātus. Tātad īstenotā veidnes salīdzināšanas metode izsekošanai nav derīga. Šeit gan paveras iespējas sīkāk pētīt veidņu salīdzināšanas metodes, kas ir nejutīgas pret meklējamā objekta nelielām izmēra un formas izmaiņām.



Att. 2.12: Izsekošana balstoties uz veidņu salīdzināšanu

2.4 Kopsavilkums un secinājumi

Atskaites periodā izveidotās fona uzkrāšanas metodes darbojas veiksmīgi – iespēja izvairīties no buferu lietošanas, kas bija iekļauti iepriekšējās fona ieguves posma versijās, padara nodaļā 2.2.1 aprakstīto shēmu ar atgriezenisko saiti par perspektīvu risinājumu.

Mazāk veiksmīga izrādījās detektēto automašīnu izsekošana ar veidņu salīdzināšanas metodi, kuras izpēte šajā ceturksnī tik un tā dod vērtīgas atziņas un zināšanas turpmākajai projekta attīstībai.

Secināms, ka morfoloģiskā aizvēršanas operācija ir perspektīva kontūru apvienošanai, tomēr joprojām paliek aktuāls jautājums, kā veikt pretējo darbību – sadalīt atsevišķos kontūros mašīnas, kas detektētas kā viens objekts dēļ savstarpējas aizklāšanās kadrā.

2.5 Nākotnes perspektīvas

Tā kā eksperimenti ar veidņu salīdzināšanu parādīja, ka īstenotā metode nav pielietojama izvairīto uzdevumu risināšanā, automašīnu izsekošanā būtu lietojama citāda pieeja. Turpmākos plānos ir veidot izsekošanu, kas balstītos uz automašīnu kustības modelis, kas nosaka, kādā veidā automašīnas jeb detektētie objekti var būt pārvietojušies blakus kadros. Līdzīga pieeja ir avotā [2]. Gadījumā, ja šāds modelis ietvertu nosacījumus, ka automašīnas vienmēr pārvietojas, piemēram, no vienas kadra malas uz citu, zīmīgāki kļūtu testi ar dažādiem iespējamajiem kameras novietojumiem.

Nodaļa 3

MITSTRegNo grupa

Anotācija

Reģistrācijas nummura zīmju atpazīšana ir nozīmīgs satiksmes uzraudzības un kontroles rīks. Tas ir vienīgais veids, kā noteikt transporta līdzekļa īpašuma piederību un vajadzības gadījumā saukt pie atbildības personu - transporta līdzekļa īpašnieku, kurš pārkāpis ceļu satiksmes noteikumus. Nummura zīmju atpazīšana arī nodrošina satiksmes negadījumu izraisījušā transporta līdzekļa atrašanu gadījumā ja tas ir aizbraucis no notikuma vietas.

3.1 Ievads

MITSTRegNo grupas otrā ceturksņa uzdevumi projektā bija attēlu kvalitātes paaugstināšana izmantojot kadru apstrādi (histogrammas paplašināšana, trokšņu filtrācija utt.), kadru apstrādes ātrdarbības paaugstināšana un reģistrācijas nummura (RN) plāksnītes meklēšana kadrā.

3.2 Eksperimenti un-vai testi

Primārai attēla apstrādei šajā etapā jānodrošina minimāls laiks RN plates meklēšanai. Tika veikta analīze, lai noteiktu raksturlielumus, kas raksturo attēla zonu, kurā atrodas plate ar reģistrācijas numuru (PRN) un izvēlēts optimāls pēc kritērija laiks/kvalitāte.

Attēla primārās apstrādes būtība ir samazināt tā izmērus. Tiek veikti sekojoši sākuma attēla pārveidojumi. Sākuma attēls tiek sadalīts mini zonās ar izmēru 20×4 pikseli; katra mini zona tiek aizvietota ar vienu pikseli, kura intensitāte tika noteikta kā mini zonas pikseļu intensitāšu starpība $I_{(max)} - I_{(min)}$. Šāda pārveidojuma rezultātā iegūstam mini kadru, kura izmērs 64 reizes mazāks par sākuma attēla izmēru (Att. 3.2 un 3.4). Jāatzīmē, ka turpmāk nepieciešams veikt papildus pētījumus, kas saistīti, pirmkārt, ar mini zonas izmēra optimālu noteikšanu, otrkārt, ar visefektīvākās formulas atrašanu, lai noteiktu pikseļa intensitāti, kas pārstāvēs mini zonu mini kadrā.

Šo pārveidojumu rezultātā iegūtais mini kadrs tiek analizēts saskaņā ar izstrādāto metodi. Tās būtība ir noteikt plates ar reģistrācijas numuru īpatnības un mini kadra analīze, ar mērķi atrast attiecīgās zonas. Tika izmēģināti vairāki kritēriji, kas raksturo PRN attēlā. Rezultātā, šajā etapā, kā optimālākais tika izvēlēts sekojošs: attēla apgabalam, kurš satur PRN, ir raksturīgs noteikts daudzums melno un balto pikseļu. Nav apskatīti taksometru PRN (ar dzeltenu fonu), diplomātiskie PRN (ar sarkanu fonu) un citi speciālie PRN. Izveidotajā algoritmā vērā ir ņemts fakts, ka zīmes uz PRN tiek attēlotas melnā krāsā, bet PRN fons - baltā. Līdz ar to mini zonas, kurās ir pietiekoši daudz melno un balto pikseļu tiks attēlotas ar augstāku intensitātes vērtības pikseli (gaiši toņi), bet mini zonas ar mazu vai nulles atšķirību $I_{(max)} - I_{(min)}$ raksturīgas viendabīgiem krāsu laukumiem – gaišiem, viendabīgi tumšiem vai pelēkiem toņiem. Tad, izmantojot kādu sliksni, tiek veikta mini kadra binarizācija: visi pikseli ar intensitātes vērtību zemāku par sliksni, tiek pārkrāsoti melnā krāsā, bet visi pikseli ar intensitātes vērtību augstāku par sliksni – baltā. Binarizācijas rezultāti parādīti attēlā 3.5 un 3.6. Baltās zonas norāda uz iespējamo PRN atrašanās vietu.

Tālāk tiek veikta balto zonu papildus filtrācija, kas balstīta uz zināšanām par PRN ģeometriskajiem izmēriem. Ja pieņem, ka kamera fiksē mašīnas parādīšanos, sākot no 30 m attāluma, tad, zinot numura reālos izmērus, (augstumu un platumu) var noteikt kāds daudzums pikseļu attēlo PRN. Līdz ar to visas



Att. 3.1: Testa auto Nr.1

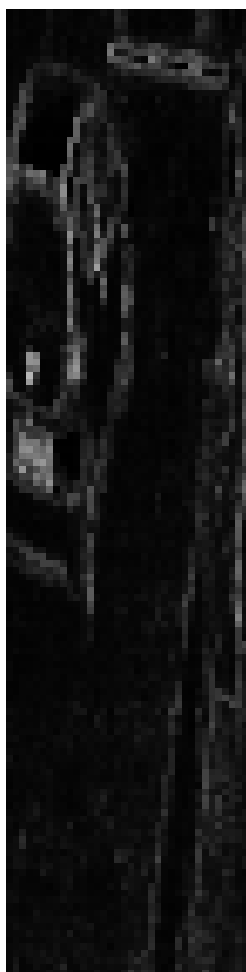
baltās zonas, kuru izmērs mazāks par noteikto, tiek pārkrāsotas melnas un ar to tiek izslēgtas no tālākas analīzes. No atlikušajām baltajām zonām paredzēts izslēgt arī tās, kurām kaut viens izmērs ir mazāks nekā nepieciešams. Šādas filtrācijas rezultātā iegūtie rezultātu kadri parādīti attēlā Att.3.7 un 3.8.

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

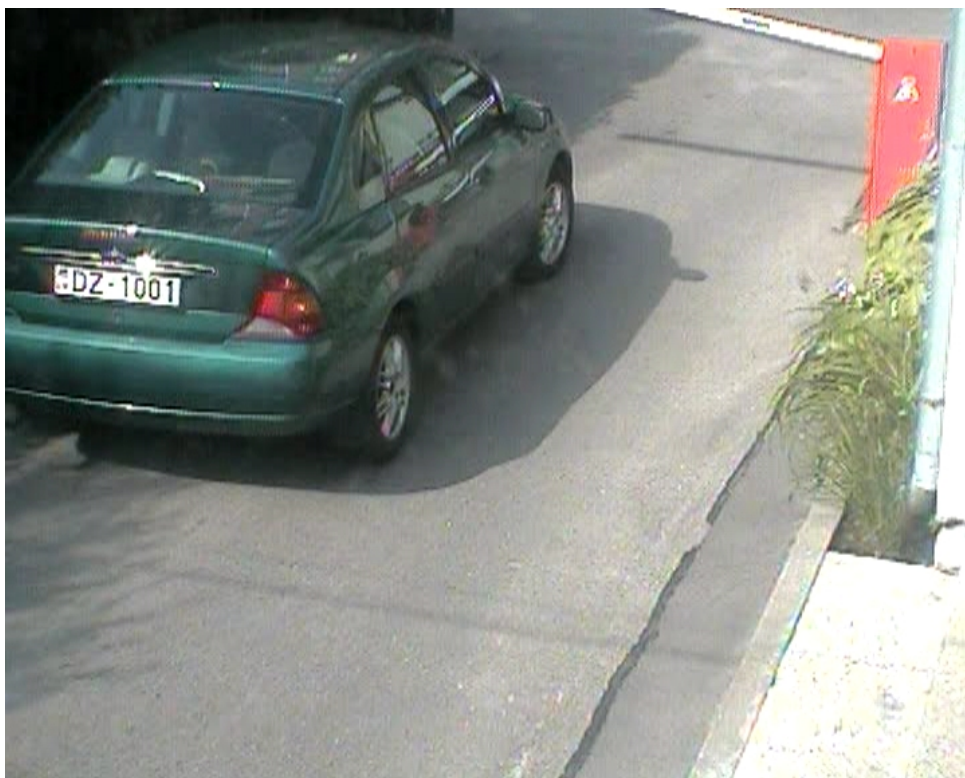
Izmantojot apskatīto metodi, iespējams detektēt transporta līdzekļa reģistrācijas nummura atrašanās vietu. Metodei nepieciešami uzlabojumi potenciālo RN atrašanās vietu precizēšanai un viltus RN laukumu atmešanai. Metode ir izmēģināta uz stacionāriem attēliem.

3.4 Nākotnes perspektīvas

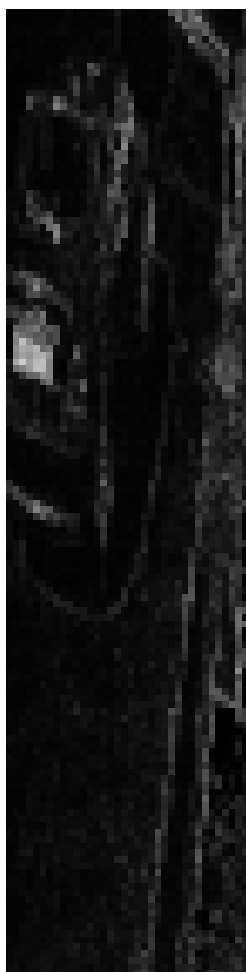
Nepieciešams veikt RN atrašanās vietas precizēšanu un viltus atrašanās vietu dzēšanu. Algoritms jāizmēģina reāla laika datiem - satiksmes plūsmas ierakstītam video failam. Nepieciešams novērtēt RN atrašanas kļūdu biežumu.



Att. 3.2: Testa auto Nr.1 apstrādāts attēls



Att. 3.3: Testa auto Nr.2



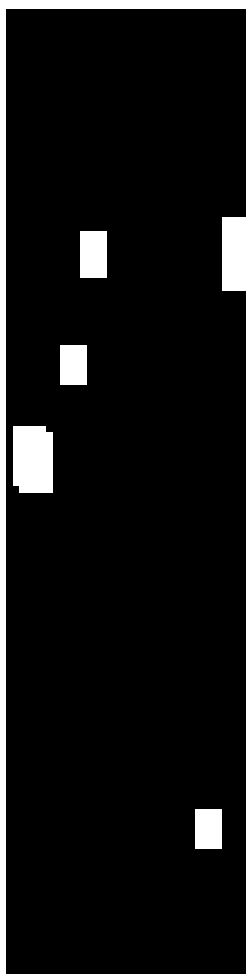
Att. 3.4: Testa auto Nr.2 apstrādāts attēls



Att. 3.5: Binarizēts attēls 1



Att. 3.6: Binarizēts attēls 2



Att. 3.7: Filtrēts attēls 1



Att. 3.8: Filtrēts attēls 2



Att. 3.9: Testa auto Nr.1 potenciālās RN atrašanās vietas



Att. 3.10: Testa auto Nr.2 potenciālās RN atrašanās vietas