

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.9. par periodu no 01.05.2013.g.līdz 31.08.2013.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļāvo, Ph.D., vad. pētnieks.

Projekta izpildītāju saraksts: Vad.pētn. Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds
Vad.pētn. Dr.sc.comp. Mihails Broitmans
Zin.asist. Mārtiņš Liepiņš
Zin.asist. Aivars Ševerdaks
Zin.asist. Roberts Kadiķis
Prog.inž. Krišjānis Nesenbergs
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 MITSTView grupas atskaite	3
1.1 Paveiktais	3
1.2 Īstenotie risinājumi	3
1.2.1 Zinātniskā publikācija	3
1.2.2 Kodola prototipa papildināšana un testēšana	3
1.2.3 Komunikācijas protokola prototips	3
1.2.4 Fiziskā konfigurācija	4
1.3 Nākotnes perspektīvas	4
2 MITSSen grupas atskaite	5
2.1 Paveiktais	5
2.2 Automašīnu skaitīšana un kustības virziena noteikšana reālā laikā pielietojot mikrofonu masīvu	5
2.3 Magnētisko sensoru izstrāde	6
2.4 Nākotnes perspektīvas	6
3 MITSimPro grupas atskaite	7
3.1 Paveiktais	7
3.2 Testi un eksperimenti ar vairāku atklāšanas līniju algoritmu	7
3.2.1 Automašīnu atklāšana	7
3.2.2 Automašīnu izmēru parametri	8
3.2.3 Automašīnu klasificēšana	10
3.2.4 Atklāšanas līniju izvietošana uz gājēju pārejām	10
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	11
3.4 Nākotnes perspektīvas	11
4 MITSRegNo grupas atskaite	12
4.1 Paveiktais	12
4.2 Īstenotie risinājumi	12
4.2.1 Numura zīmes atklāšanas sistēmas optimizācija	12
4.2.2 Tesseract OCR trenēšana	13
4.2.3 Speciāla simbolu atpazīšanas sistēma	13
4.3 Nākotnes perspektīvas	14

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

1.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSVIEW veikusi sekojošus darbus:

- Sistēmas arhitektūras aprakstīšana zinātniskā publikācijā.
- Sistēmas kodola prototipa papildināšana un testēšana
- Komunikācijas protokola prototipa izveide
- Sistēmas fiziskās puses uzstādīšana un konfigurēšana

1.2 Īstenotie risinājumi

1.2.1 Zinātniskā publikācija

Grupas MITSVIEW plānotā sistēmas arhitektūra aprakstīta zinātniskā publikācijā ar nosaukumu 'A distributed data processing architecture for real time intelligent transport systems' (Izkliedēta datu apstrādes arhitektūra reāla laika intelligentām transporta sistēmām). Šī publikācija iesniegta un pieņemta publicēšanai starptautiskā konferencē 'The Second International Conference on Informatics and Applications (ICIA2013)', kas norisināsies 23. - 25. septembrī Polijā, Lodzā (<http://sdiwc.net/conferences/2013/icia2013>).

1.2.2 Kodola prototipa papildināšana un testēšana

Kodola funkcionalitāte papildināta ar izkliedētu datu glabāšanu starp vairākiem kodoliem balstoties uz katra asevišķa kodola (un tā saistītās fiziskās iekārtas) noslodzi. Katrs no sistēmas mezgliem regulāri paziņo citiem par savu noslodzes apjomu procentos. Kad kāds no moduļiem vēlas sistēmā kopumā iesūtīt vai saņemt no tās datus, šis modulis veršas pie tam tuvākā sistēmas kodola. Šis sistēmas kodols savukārt izvērtē kopējā tīkla noslodzes datus un izvēlas piemērotāko sistēmas mezglu ar kurumoduliem šo datu apmaiņu veikt maksimāli izkliedējot sistēmas noslodzi un uzlabojot datu piekļuves ātrumu.

Izkliedētās datu glabāšanas koncepcijas pārbaudīšanai izveidota testa programmatūra - testa moduļi kas sūta un pieprasa datus, kā arī sistēmas kodola testa programmatūra, kas ļauj praksē pārbaudīt, ka šī izkliedētā datu glabāšanas pieeja strādā.

1.2.3 Komunikācijas protokola prototips

Lai sistēma varētu nodrošināt savu izkliedēto darbību, starp sistēmas moduļiem un kodoliem ir nepieciešams komunikācijas abstrakcijas līmenis. Šajā līmenī noris nepieciešamā komunikācija, lai izstrādājot atsevišķus moduļus nebūtu jāuztraucas par sistēmas izkliedēto dabu.

Izveidots šī komunikācijas protokola prototips, kas ietver metodes sistēmas ziņojumu, kā arī datu nosūtīšanai. Prototipā komunikācijai tiek lietotas datu paketes ar šādiem laukiem:

- START - paketes sākums (ir vienāds ar vērtību 0x03)

- LENGTH - paketes izmērs (ieskaitot galveni un datus)
- CMD - komanda
- DST - paketes saņēmējs
- SRC - paketes sūtītājs
- SQN - paketes kārtas numurs
- DATA - dati
- CRC - kontrolsumma

Prototipā ieviestas šādas komunikācijas komandas:

- Datu saņēmēja pieprasījums un atbilstošā atbilde - ar šo modulis noskaidro uz kuru kodolu sūtīt datus.
- Datu pieprasījums un atbilstošā atbilde - ar šo modulis noskaidro no kura kodola iegūt nepieciešamos datus.
- Sveiciens - ar šo komandu mezgli paziņo citiem mezgliem par savu esamību tīklā.
- Noslodze - ar šo komandu mezgli informē viens otru par savu noslodzi, kas nepieciešams izklaidētai slodzes dalīšanai.

1.2.4 Fiziskā konfigurācija

Projekta vajadzībām nokonfigurētas datu apstrādes iekārtas, uz kurām uzliktas atbilstošas operētājsistēmas un pakalpojumi, kas nodrošina bezvadu komunikāciju un citus iekārtu pakalpojumus, kas nepieciešami sistēmai. To skaitā ir trīs jaudīgas datu apstrādes iekārtas, kas paredzētas resursietilpīgāku signālu apstrādei un savākšanai, piemēram, video signāliem, kā arī astoņas iegultas datu apstrādes sistēmas datu savākšanai un priekšapstrādei no pārējiem sensoriem.

1.3 Nākotnes perspektīvas

Pēdējā projekta ceturksnī testa sistēmas jāpapildina ar trūkstošo funkcionalitāti un jānotestē ar īstajiem sistēmas moduļiem, kurus veido pārējās darba grupas. Rezultātā jāiegūst viens pilnvērtīgs sistēmas prototips, kas uzskatāmi parādītu projekta galvenos rezultātus.

Nodaļa 2

MITSSen grupas atskaite

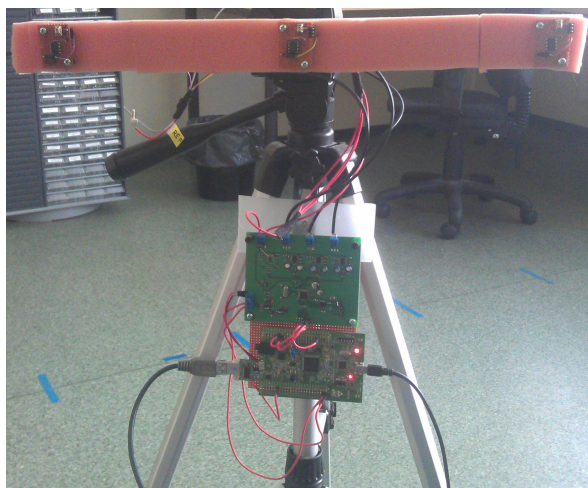
Anotācija

2.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSSen veikusi sekojošus darbus: Iepriekšējā etapā tika aprakstīts iesāktais darbs pie reālā laika sistēmas izveides automašīnu skaitīšanai izmantojot mikrofonu masīvu par pamatu ņemot iepriekšējos etapos izmantoto sistēmu ar skaņas signāla ierakstu, kur skaitīšanas un virziena noteikšanas algoritms tika realizēts uz datora izmantojot MatLab. Šajā pārskata etapā tika turpināts darbs pie iesāktās reālā laika sistēmas izveides un algoritma pārneses uz ARM Cortex M4F mikrokontrolieri, kā arī veikti veikti testi reālos apstākļos. Veikti darbi magnētisko sensoru tīkla izstrādes jomā, izstrādājot programmnodrošinājumu signāla parametru sūtīšanai mikrokontrolierī un pagaidu risinājumu datu saņemšanai uz personālā datora.

2.2 Automašīnu skaitīšana un kustības virziena noteikšana reālā laikā pielietojot mikrofonu masīvu

Izejot no iepriekšējā perioda veiktajiem darbiem turpināts darbs pie reālā laika sistēmas izveides izmantojot ARM Cortex M4F mikrokontrolieri algoritma realizēšanai. Šajā etapā tika izveidota iekārtas mehāniskā konstrukcija, lai varētu iekārtu piestiprināt pie statņa novietošanai uz ceļa. Kopējā sistēma redzama (2.1 attēlā) un veikta MatLab vidē iepriekšrealizētā algoritma pārrakstīšana C valodā. Lai pārbaudītu algoritma pareizību tika veikta salīdzināšana ar MatLab veiktajiem aprēķiniem, realizēti algoritma starprezultātu testi. Testu mērķis ir pārbaudīt katra algoritma aprēķinu etapa rezultātus. Kā galveno etapu var minēt FFT aprēķinu uz kura balstās aiztures noteikšana starp diviem mikrofonu skaņas signāliem. Iepriekšējā periodā tika realizēta FFT bibliotēku uzstādīšana un tika veikti testi ar 'ģenerētiem' signāliem, lai pārbaudītu funkciju darbību. Šajā etapā testa signālu vietā tika izmantoti reāli automašīnas plūsmas skaņas signāli. Ņemot vērā to, ka algoritms tiek realizēts uz mikrokontroliera, kur pieejamais atmiņas apjoms ir ierobežots (šajā gadījumā 196K) signāla garums, kuru iespējams nolasīt no AD1974 un saglabāt atmiņā sastāda 4096 nolases no diviem mikrofonu kanāliem. Veicot algoritma pielāgošanu tika secināts ka diskretizācijas frekvence 48kHz, ar kuru tika taktēts ADC iepriekšējā sistēmā ir par lielu, jo maksimālais FFT bufera garums sastāda 4096 nolases. To pārvēršot laika dimensijā analizējamā signāla garums sastāda 85.3ms, kas ir 2.13m pārreķinot attālumā, ko automašīna veic braucot ar ātrumu 90km/h. Veicot apstrādi ar tik īsu laika logu rodas lielas kļūdas(iz-sitieni, trokšņi) rezultātā. Līdz ar to lai panāktu garāku analizējamo logu nepieciešams samazināt ADC diskretizācijas frekvenci. Tika veikti testi ar 32kHz un 24kHz frekvencēm, lai pārbaudītu vai iespējams veikt automašīnu skaitīšanu un kustības virziena noteikšanu. Testi parādīja, ka izmantojot 24kHz ADC diskretizācijas frekvenci (analizējamā signāla gabala garums sastāda 170ms) un veicot korekcijas algoritmā iespējams veikt skaitīšanu, bet ar neredzamiem kļūdu. Kļūda palielinās situācijās, kad divas automašīnas brauc viena otrai pietiekami tuvu, kā arī kad aiz smagās mašīnas seko vieglā automašīna. Pēdējā situācijā ir ļoti grūti atšķirt vieglo automašīnu no smagās dēļ daudz lielāka skaņas līmeņa. Šis ir galvenais kļūdu avots automašīnu skaitīšanā. Attiecībā uz pārējiem transporta līdzekļiem, kuri ievērojot pietiekamu distanci piedalās satiksmē izveidotā sistēma spēj veikt to skaitīšanu un kustības virziena noteikšanu.



Att. 2.1: Reālā laika sistēma automašīnu skaitīšanai un virziena noteikšanai ar mikrofonu masīvu

Lai veiktu automašīnu skaitīšanu tika izveidots bīdes reģistrs, kurā tiek glabātas tekošās piecas aprēķinātas leņķa vērtības. Tālākajos aprēķinos izmanto absolūtās leņķa vērtības, kur tiek meklēts gadījums, kad reģistra vidus adresē atrodas maksimālā vērtība. Sekojošais lēmēj mehānisma etaps sevī ietver tuvāko kaimiņu vērtību salīdzināšanu ar atrasto maksimumu. Tiek veikta atņemšana un salīdzināta starpība starp maksimumu un abām kaimiņu vērtībām, ja starpība pārsniedz 15 grādus, tad tiek nolemts, ka garām ir pabraukusi automašīna. Eksperimentāli tika atrasts šis sliekšnis pie kura tiek nolemts par automašīnas pieskaitīšanu. Esošajā etapā tiek turpināts darbs lai atrastu optimālu sliekšņa vērtību. Identisks bīdes reģistrs tiek izveidots arī priekš aprēķinātajām aizturēm, kuras reģistrā tiek ierakstītas attiecīgajām leņķa vērtībām. Šis reģistrs nepieciešams automašīnu kustības virziena noteikšanai. Attiecīgi algoritms lemj par automašīnas esamību un tās kustības virzienu vienlaicīgi. Kopējais laiks, kas nepieciešams lai algoritms nolemtu par automašīnas esamību un tās kustības virzienu ir 68ms. Kustības virziens tiek noteikts salīdzinot attiecīgās aiztures vērtībās, kuras glabājas bīdes reģistrā. Transporta līdzeklim tuvojoties aizture samazinās, attālinoties palielinās, līdz ar to analizējot aiztures lielumu un tās zīmi tiek noteikts skaņas pienākšanas virziens.

2.3 Magnētisko sensoru izstrāde

9. projekta etapā magnētisko sensoru jomā ir veikti testi, kuru analīze parādīja, ka ceļa malā novietojamo magnētisko sensoru izmantošana divu virzienu ceļa satiksmē iespējama, ja katrā ceļa pusē novieto pa vienam sensoram. Dati par transporta līdzekli tiek sūtīti izmantojot bezvadu sakarus. Ir izstrādāts programmnodrošinājums, kas jau pašā sensorā (mikrokontrolierī) veic ienākošā signāla analīzi. Visu trīs asu magnētiskā lauka sensora signāli tiek summēti un, izmantojot loga filtru ar garumu 40 nolasēs, signāls tiek filtrēts. Filtrētajā signālā tiek meklēti maksimumi - transporta līdzekļa radītā magnētiskā lauka kropļojumu maksimālā vērtība un tiek skaitīts nolašu skaits virs noteikta līmeņa. Uz datoru, kas atrodas brauktuves malā, tiek sūtīti minētie parametri - impulsa maksimālā vērtība un nolašu skaits virs līmeņa. Ja neviens transporta līdzeklis netiek reģistrēts, uz datoru nekas arī netiek sūtīts. Princips novietot katrā ceļa pusē pa sensoram tika izvēlēts, jo smagie transporta līdzekļi (auto vilcēji, autobusi) rada lielus magnētiskā lauka kropļojumus, kuru ietekme izpaužas arī no pretējās braukšanas joslas. Analizējot abu sensoru datus iespējams noteikt, kurā no joslām smagais transporta līdzeklis atrodas.

2.4 Nākotnes perspektīvas

Tiek turpināts darbs pie testēšanas un datu ievākšanas no automašīnu satiksmes plūsmas, lai veiktu analīzi un algoritmu novērtējumu.

Nodaļa 3

MITSimPro grupas atskaite

Anotācija

Pārskata periodā MITSimPro grupa veikusi testus ar jauno algoritmu, kas izmanto vairākas atklāšanas līnijas kadrā. Novērtēta algoritma spēja atklāt automašīnas, noteikt to parametrus un klasificēt mašīnas vieglajās un smagajās. Algoritms un testu rezultāti apkopoti publikācijā.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā grupa MITSimPro veikusi sekojošus darbus:

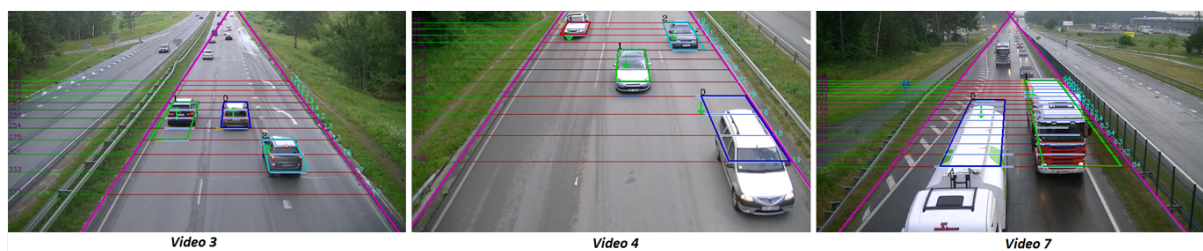
- Uz dažādiem video veikti testi ar mašīnu atklāšanas algoritmu, kas izmanto vairākas kadrā izvietotas līnijas (nodaļa 3.2.1).
- Veikti testi automašīnu klasificēšanas algoritma precizitātes noteikšanai (nodaļa 3.2.3).
- Eksperimenti ar atklāšanas līniju izvietojumu uz gājēju pārejām (nodaļa 3.2.4).
- Publikācija "Vehicle classification in video using virtual detectors" (autori Roberts Kadiķis un Kārlis Freivalds).
- Šajā gadā sasniegtie rezultāti video apstrādes pielietojumā intelligentās transporta sistēmās prezentēti referāta formā "LU un LMT Datorzinātņu dienās 2013".

3.2 Testi un eksperimenti ar vairāku atklāšanas līniju algoritmu

3.2.1 Automašīnu atklāšana

Iepriekšējā pārskata periodā tika izveidots mašīnu klasificēšanas algoritms, kas, apvienojot rādījumus no vairākām kadrā izvietotām atklāšanas līnijām, nosaka automašīnas izmēru parametrus, kustības virzienu, ātrumu un nosaka, vai atklātā mašīna ir vieglā vai smagā. Iespējamā algoritma papildus priekšrocība varētu būt lielāka mašīnu atklāšanas precizitāte, salīdzinot ar vienas atklāšanas līnijas izmantošanu. Tā kā līnijas ir izvietotas dažādos ceļa apgabalos, kādas konkrētas līnijas kļūdaina mašīnas neatrašana vai viltus mašīnas pieskaitīšana var tikt labota, ja vairākas citas atklāšanas līnijas tomēr noteikušas mašīnas esamību pareizi. Tāpat, ņemot vērā, ka piedāvātais algoritms, kas apvieno intervālus no dažādām atklāšanas līnijām, atklājot automašīnas spēj ignorēt kļūdaini izveidotus intervālus, paredzams, ka tas būtu precīzāks automašīnu skaitīšanā nekā vienkārša dažādo atklāšanas līniju rādījumu vidējošana. Šis pieņēmums tika pārbaudīts testos, kas veikti uz dažādiem jauniem testa video (attēls 3.1).

Šajos video ceļam ir divas līdz trīs joslas. Vidējais katra video ilgums ir 7 minūtes. Video 3 mašīnas kustas prom no kameras, pārējos tās brauc kameras virzienā, 6-8 video līst lietūs. Attēlā 3.2 parādīti testu rezultāti katram video. Tabulā dots reālais mašīnu skaits video. Tad parādīts, kādu skaitu atgriež viena pati atklāšanas līnija. No visām atklāšanas līnijām kadrā, šeit izvēlēta kadrā vidējā līnija. Tālāk parādīts mašīnu skaits, kas iegūts vienkārši vidējot visu atsevišķo līniju rādījumus. Secināms, ka vairāku līniju rādījuma vidējošana dod vai nu mazu precizitātes uzlabojumu, vai pat ir mazāk precīza kā vienas līnijas gadījumā. Visbeidzot parādīts skaits, kas iegūts ar jauno līniju rādījuma apvienošanas algoritmu, kas arī ir precīzākais paņēmieni no dotajiem. Tas apstiprina pieņēmumu, ka piedāvātā intervālu apvienošana automašīnu objektos un to izsekošana palielina mašīnu atklāšanas precizitāti.



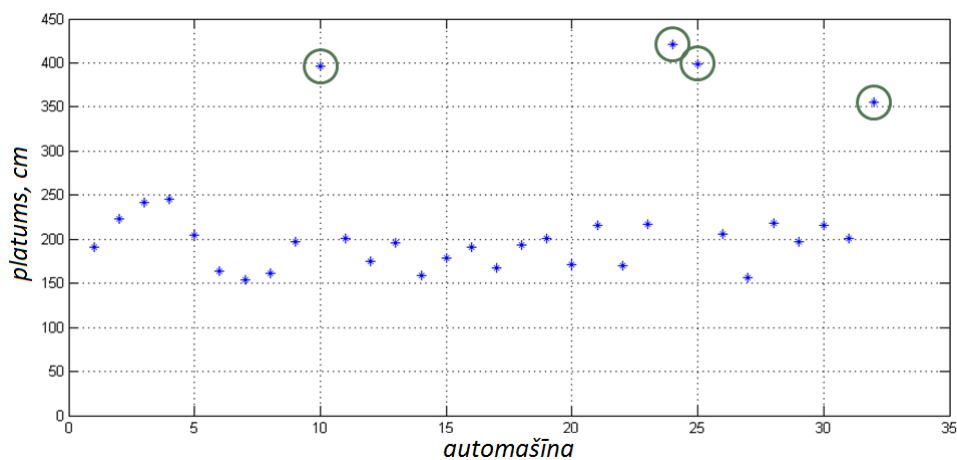
Att. 3.1: Kadri no dažiem jaunajiem testa video

Video	Reālais skaits	Viena līnija		Vairāku līniju vidējais rādījums		Piedāvātā metode	
		skaits	precizitāte	skaits	precizitāte	skaits	precizitāte
1	32	30	94%	30	94%	32	100%
2	122	121	99%	124	98%	122	100%
3	159	168	94%	164	97%	158	99%
4	43	45	95%	44	98%	44	98%
5	221	232	95%	235	94%	231	95%
6	208	209	99%	209	99%	209	99%
7	246	233	95%	239	97%	239	97%
8	117	118	99%	118	99%	116	99%
9	88	92	95%	93	94%	88	100%

Att. 3.2: Testu rezultāti atklājot automašīnas ar vienu līniju, vidējojot rezultātus pa visām kadrā izvietotām līnijām, kā arī izmantojot piedāvāto līniju rādījumu apvienošanas algoritmu

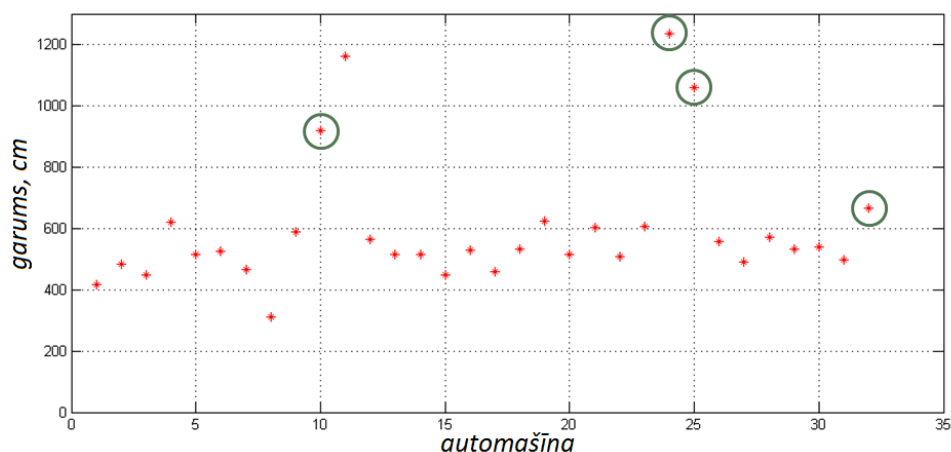
3.2.2 Automašīnu izmēru parametri

Iepriekš īstenotie mašīnas izmēru noteikšanas paņēmieni tiek izmantoti klasificēšanai. Lai pārliecinātos par atsevišķo noteikto parametru (platums, garums, augstums) ticamību, veikti testi, kuros analizēta dažādo noteikto parametru aptuvenā atbilstība īstenībai. Katras mašīnas reālie izmēri kadrā nav zināmi, tomēr, tā kā klasificēšana notiek tikai divās klasēs - smagā vai vieglā mašīna - tad noteikšanas precizitātes analizē uzsvārs tiek likts uz to, vai noteiktais parametrs ir ticams attiecībā uz kadrā redzamo mašīnas klasi. Piemēram, vai vieglās mašīnas garums ir lielāks par diviem metriem un nepārsniedz piecus metrus.



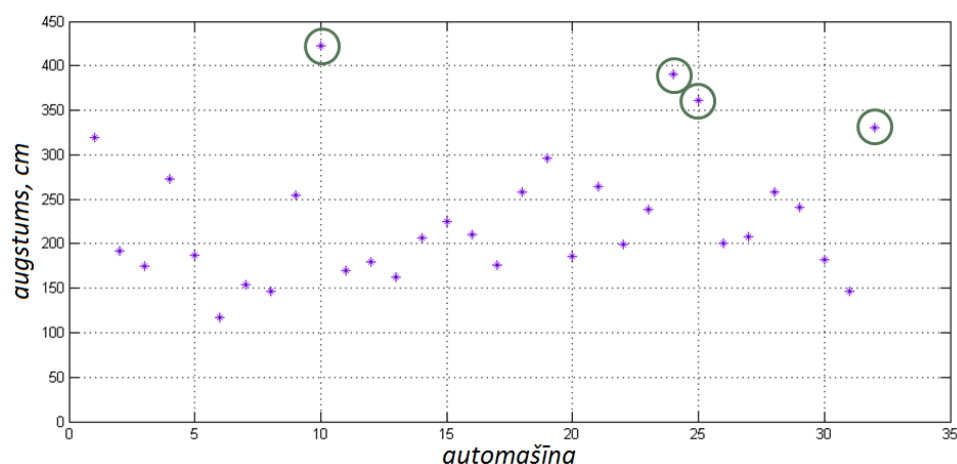
Att. 3.3: Noteiktie automašīnu platumi

Attēlā 3.3 parādīts platuma noteikšanas rezultāts iepriekš ierakstītam video. Grafikā X ass atbilst mašīnas numuram pēc kārtas. Konkrētajā video atklāšanas apgabalu kadrā ir šķērsojušas 32 automašīnas. Ar apli ir apvilkas smagās automašīnas. Uz Y ass ir parādīts noteiktais automašīnu platums centimetros. Piemērā novērojams, ka noteiktie vieglo automašīnu platumi ir savstarpēji līdzīgi un ticami. Četras smagās automašīnas būtiski atšķiras no vieglajām pēc noteiktajiem platumiem. Šajā piemērā klasificēšanu varētu veikt jau tikai pēc platuma parametra. Tomēr, jāņem vērā, ka ja kamera būs novietota slīpāk pret ceļu, platums var tikt noteikts neprecīzāk. Noteikto platumu var ietekmēt arī uz mašīnu sāniem krītošas ēnas attiecīgos laikapstākļos.



Att. 3.4: Noteiktie automašīnu garumi

Attēlā 3.4 tam pašam video, kas izmantots attēlā 3.3, noteikti mašīnu garumi. Lai gan lielākā daļa noteikto garumu ļauj izdalīt vieglās un smagās automašīnas, tomēr divos gadījumos novērojamas būtiskas kļūdas. Vienpadsmitajai automašīnai, kas bija vieglā automašīna, garums noteikts pārāk liels, savukārt 32. mašīnas garums noteikts pārāk mazs, lai to droši varētu klasificēt kā smago automašīnu. Šādas kļūdas parāda, kādēļ automašīnu klasificēšanā netiek izmantots tikai viens izmēra parametrs, bet gan kombinācija no trīs. Ja divi citi parametri norādīs uz smagās automašīnas esamību tur, kur garuma parametrs norāda uz vieglo mašīnu, tiks pieņemts lēmums par smagās automašīnas atklāšanu. Mašīnu garuma noteikšanas precizitāte ir atkarīga no ātruma noteikšanas precizitātes. Ātruma noteikšana atkarīga no vairākiem faktoriem, to starpā no video kadru skaita sekundē. Iespējams, palielinot kameras kadru skaitu sekundē, varētu mazināt garuma noteikšanas kļūdas.



Att. 3.5: Noteiktie automašīnu augstumi

Tam pašam piemēram attēlā 3.5 parādīti noteiktie augstumi. Piemērā augstums ļauj pareizi atdalīt smagās un vieglās automašīnas uzstādot augstuma sliekšni, tomēr iegūtajiem vieglo automašīnu

augstumiem piemīt samērā liela izkliede, kas neļauj augstumam būt pietiekoši uzticamam parametram, lai to lietotu kā vienīgo parametru mašīnu klasifikācijā. Daļēji augstuma noteikšanas precizitāte atkarīga no kameras novietojuma kalibrācijas, kas veikta augstuma noteikšanai.

3.2.3 Automašīnu klasificēšana

Lai noteiktu automašīnu klasificēšanas precizitāti, tika izmantoti tie paši video, kas nodaļā 3.2.1. Lai novērtētu klasificēšanas precizitāti ir jāzina brīži, kuros atklāšanas līniju aptverto apgabalu šķērso smagās un kuros tos šķērso vieglās automašīnas. Tādēļ katram izmantotajam video tika manuāli pierakstīti kadri, kuros pēdējo atklāšanas līniju šķērsoja attiecīgās klases automašīna. Mašīnu klasificēšanas algoritms, līdz ar atklātās automašīnas klasi pieraksta arī kadru, kurā automašīna atklāta. Abu kadru un klašu sarakstu salīdzināšanai tika izveidota programma MATLAB vidē. Programmā katrai manuāli pierakstītajai automašīnai tiek piemēlēta attiecīgā algoritma atklātā automašīna, ja reālais kadra numurs un atklātais ir pietiekoši tuvi. Piemēram, ja video failam ar 30 kadriem sekundē pierakstītais un algoritma atrastais mašīnai atbilstošais kadra numurs atšķiras par 30, tad algoritms ir atklājis konkrēto automašīnu par sekundi vēlāk, vai ātrāk nekā to pierakstījis cilvēks - šāda laika atšķirība mūsu gadījumā tiek pieļauta. Ja laika starpība pārsniedz 3 sekundes, tiek pieņemts lēmums, ka atklātā un pierakstītā automašīna ir dažādas. Ja, piemēram, atklātai smagajai mašīnai neatbilst neviena reāla smagā mašīna konkrētā laika apgabalā, tiek atrasta viltus atklāšanas kļūda. Savukārt, ja manuāli pierakstītai smagajai mašīnai neatbilst neviena no atklātajām, tiek atrasta mašīnas neatklāšanas kļūda. MATLAB programma pēc video faila manuālas aprakstīšanas ļauj automātiski iegūt klasificēšanas precizitāti, darbinot algoritmu ar šo video failu pie dažādām algoritma konstantēm. Maināms ir arī laika logs, kurā tiek meklētas atbilstošās mašīnas reālajā un algoritma atgrieztajā sarakstā, jo dažādiem video failiem var būt dažāds kadru skaits sekundē.

Iegūtie testu rezultāti apkopoti tabulā 3.6. Tabulā parādīts, cik automašīnu šķērsoja pētāmo apgabalu katrā video, kā arī tas, cik no šīm automašīnām bija smagās. Attēlots, cik smagās automašīnas algoritms atklāja, kā arī parādīts, cik daudz bijis viltus atklāšanas gadījumu. Šajos video pareizi tika noklasificētas 88% smago automašīnu, kā arī bija samērā mazs viltus atklāšanas gadījumu skaits.

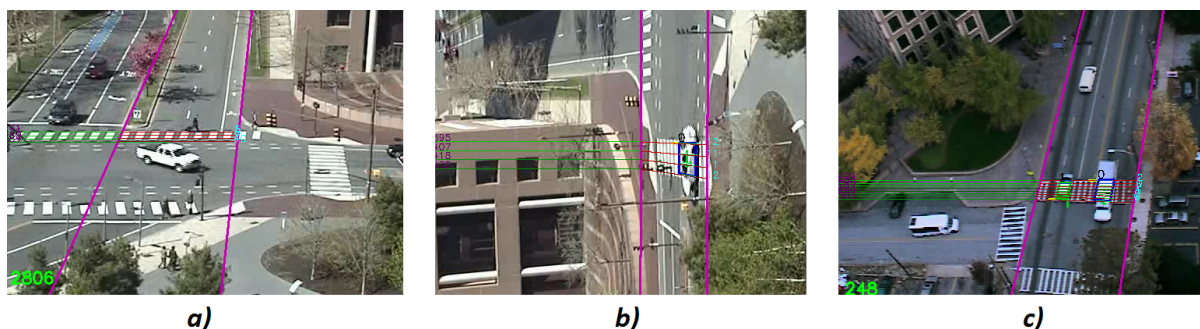
Video	Reālais skaits		Pareizi atklātās automašīnas	Viltus smago mašīnu atklāšana
	Visas automašīnas	Smagās automašīnas		
1	32	4	4	0
2	122	8	8	0
3	159	8	7	1
4	43	0	0	0
5	221	12	7	0
6	208	5	5	1
7	246	12	12	3
8	117	4	4	1
9	88	7	6	0

Att. 3.6: Klasificēšanas algoritma testu rezultāti

3.2.4 Atklāšanas līniju izvietošana uz gājēju pārejām

Atsevišķi eksperimenti veikti, izvietojot atklāšanas līnijas uz gājēju pārejām. Šāds izvietojums ir interesants, jo ļauj pārbaudīt gājēju ietekmi uz skaitīšanas precizitāti. Ja līnijas izvietotas perpendikulāri ceļam uz gājēju pārejām (attēls 3.7), tās bieži šķērso cilvēki, kas iet pāri šīm pārejām. Mērķis ir šos cilvēkus nepieskaitīt pie pāreju šķērsojošām automašīnām. Ja pāreja ir regulējama ar luksoforu, tad, atklājot mašīnas, iespējams noteikt noteikumus parkāpjošus vadītājus, kas šķērso pāreju pie sarkanās gaismas. Gājēju pārejas ir arī interesants testa fons atklāšanas līnijām, jo atšķirībā no iepriekš testos izmantotajiem ceļiem, fons ir nevis vienmērīgs ceļa krāsas apgabals, bet gan apgabals ar daudziem izteiktiem kontūriem starp mainīgo balto un asfalta krāsas segumu.

Eksperimenti veikti ar attēlā 3.7 parādītajiem video. Vairumā gadījumu pāreju šķērsojošie cilvēki, kas kustējās paralēli atklāšanas līnijām, neietekmēja atklāto automašīnu skaitu. Tomēr kļūdas radās



Att. 3.7: Atklāšanas līnijas uz gājēju pārejām

atklāšanas līniju izvietošana dēļ attiecībā pret visu krustojumu. Gadījumā 3.7.a pētāmā gājēju pāreja atrodas tuvu šķērsojošai ielai. Ja kadrā redzamās baltās automašīnas vietā (mašīna nav šķērsojusi gājēju pāreju, tā brauc pa pārejai paralēlu ielu) būtu busiņš vai smagā automašīna, kameras slīpā novietojuma pret ceļu dēļ, šī mašīna nosegtu lielu daļu atklāšanas līniju. Tādējādi tiek pieskaitītas augstas automašīnas, kas brauc pa citu ceļu. Šajā pašā kadrā redzama cita pāreja, kas atrodas tālāk no krustojuma - attēlā 3.7.b tiek skaitītas mašīnas uz šīs pārejas, pirms tam rotējot kadru par 90 grādiem. Šajā gadījumā minētā problēma vairāk nav aktuāla. Cits variants, kā izvairīties no lieko mašīnu pieskaitīšanas ir attēlots 3.7.c. Šeit kamera ir novietota mazāk slīpi pret ceļu.

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

Testējot vairāku atklāšanas līniju rādījuma apvienošanas algoritmu secināts, ka piedāvātais algoritms gan paaugstina automašīnu atklāšanas precizitāti, gan ir lietojams mašīnu parametru iegūšanai un mašīnu klasificēšanai. Klasificēšanas algoritms aprakstīts publikācijā, kas recenzēta un pieņemta prezentēšanai konferencē 2013 The 6th International Conference on Machine Vision.

Eksperimenti ar līniju izvietošanu virs gājēju pārejas parādīja, ka nedz pārejas tekstūra, nedz gājēji nerada papildus kļūdas algoritma darbībā. Eksperimentos gan secināts, ka jāņem vērā līniju izvietošanas tuvums šķērsojošam ceļam krustojumā, ja vien kamera nav novietota virs ceļa tam perpendikulāri.

3.4 Nākotnes perspektīvas

Tā kā vairākas līnijas ļauj noteikt atklāto automašīnu kustības virzienu, algoritms ir tālāk pielāgojams, lai atklātu sarkano gaismas signālu neievērojošas automašīnas. Dažādu iespējamo krustojumu iekārtojuma dēļ, var būt nozīmīgi zināt automašīnas kustības virzienu, lai noteiktu, vai tiek pārkāpti ceļu satiksmes noteikumi, vai arī krustojumā tiek veikts atļauts manevrs.

Īstenoto automašīnu atklāšanas un klasificēšanas algoritmu paredzēts integrēt kopējā MITS projekta iekārtā. Attēlu apstrādes bloks saņems no kameras video plūsmu un kopējai sistēmai dos informāciju par uz ceļa esošajām automašīnām. Saņemot signālu no luksofora par pašreiz degošo gaismu, algoritmam būtu jāspēj arī noteikt signālu neievērojošas automašīnas.

Nodaļa 4

MITSRegNo grupas atskaite

4.1 Paveiktais

Pārskata periodā MITSRegNo grupa veica darbus, kas saistīti ar iepriekš izstrādātās automašīnu numuru atklāšanas sistēmas modernizāciju. Sistēmā MITSRegNo tika integrēta teksta atpazīšanas apakšsistēma 'Tesseract OCR'. Veikti pētījumi, kas saistīti ar Tesseract darbības optimizācijas iespējām, kvalitatīvākai Latvijas republikas automašīnu valsts numuru zīmju teksta atpazīšanai Eksperimentālā kārtā tiek izskatīta iespēja izstrādāt savu nelielu sistēmu simbolu atpazīšanai vai arī hibrīda pieeja, daļēji izmantojot sistēmu Tesseract un daļēji savas izstrādes.

4.2 Īstenotie risinājumi

4.2.1 Numura zīmes atklāšanas sistēmas optimizācija

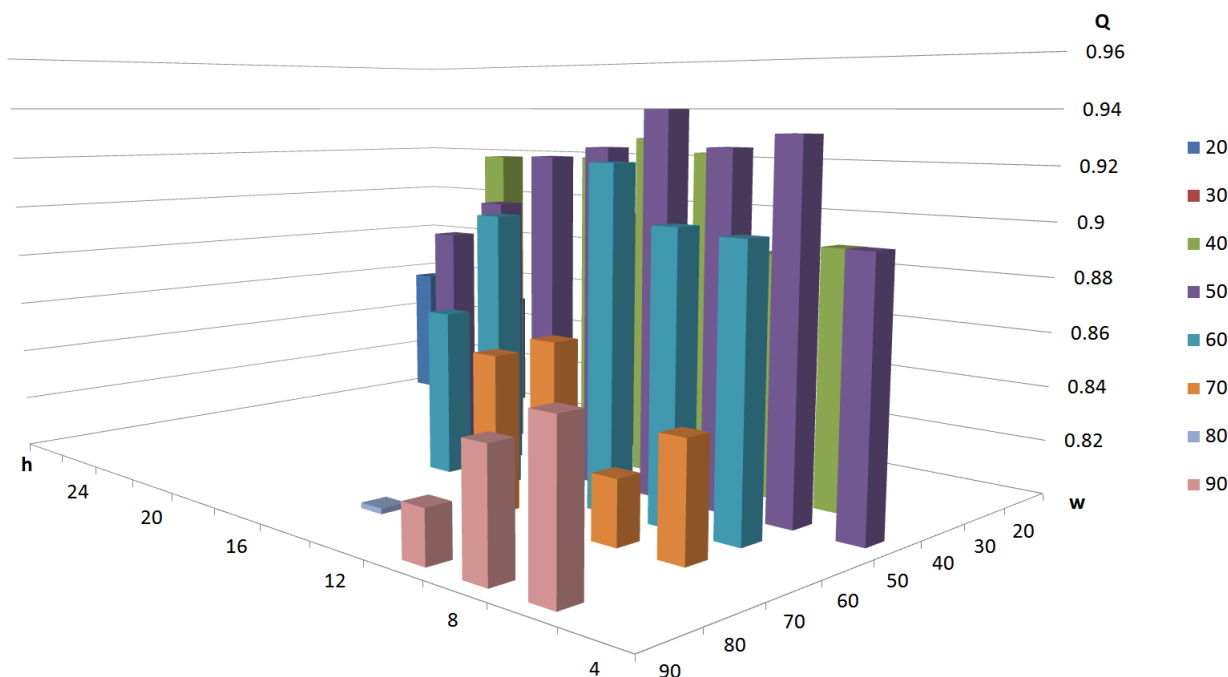
Izstrādājot MITSRegNo programmatūru, tika paredzēta iespēja izsekot sistēmas darbībai, kā atsevišķiem tās mezgliem, tā arī visai sistēmai kopumā. Jo īpaši tiek saglabāta informācija par sistēmas atrastajiem objektiem, kas tiek uzskatīti par potenciālajiem numura zīmju attēliem. Jāpiebilst, ka visi šie objekti tiek novirzīti tālākai apstrādei teksta atpazīšanas apakšsistēmai. Numura zīmes atrašanās vietas noteikšanas apakšsistēmas darbības detaļas jau tika aprakstītas iepriekšējās atskaitēs un šeit netiks apskatītas.

Izmantojot savāktos datus un atrastos objektus, mēs varam spriest par mūsu sistēmas darbību, un lai to optimizētu, izvēlēties piemērotus sistēmas parametrus.

Jau iepriekš tikām sagatavojuši datus par precīzu numura zīmes atrašanās vietu kadrā, lielam skaitam attēlu. Salīdzinot sistēmas atrastos objektus ar zināmajām numura zīmes plates koordinātēm, var spriest par veiksmīgu vai neveiksmīgu tās atklāšanu.

Tika salīdzinātas sekojošas vērtības: - Mašīnu skaits, kurām numura zīme tika atklāta visos kadrus, kas satur šo automašīnu. - Mašīnu skaits, kurām numura zīme netika atklāta ne reizi. - Kadru skaits, kuros numura zīme tika veiksmīgi atklāta, procentos no kopējā kadru skaita.

Eksperimentējot ar lielu skaitu iespējamajām sistēmas parametru kombinācijām un analizējot iegūtos rezultātus, tika izvēlēta optimāla ieejas parametru kopa. Tika izpētīta korelācija starp ieejas parametriem un dažādiem sistēmas darbības aspektiem.



Praksē tika iegūti rezultāti kuros veiksmīga numura zīmes atklāšana notiek 94 procentos gadījumu.

4.2.2 Tesseract OCR trenēšana

Teksta atpazīšanas sistēmai Tesseract paredzēta iespēja tās trenēšanai darbam ar konkrētu valodu un šriftu. Trenēšanas procesā tiek ģenerēts speciāls fails, kas vēlāk tiek izmantots sistēmai darbojoties.

Tesseract trenēšanas procesam nepieciešams sagatavot attēlus, kuros kvalitatīvi attēlots teksts, kas ir identisks atpazīstamajam. Pēc vairāku utilītu pielietošanas un starpfailu ģenerācijas, notiek Tesseract OCR optimizācijas darbs, kas veicams ar roku. Citiem vārdiem, jāļauj Tesseract veikt treniņa teksta atpazīšanu, un pēc tam ar roku izlabot tā kļūdas, norādot pareizu visu simbolu atrašanās vietu, kā arī visus teksta simbolus UTF-8 kodējumā.

Diemžēl mums neizdevās uzlabot Latvijas numuru atpazīšanu ar Tesseract ar šāda treniņa palīdzību. Tomēr jāatzīmē, ka Tesseract arī bez papildus treniņa samērā labi nosaka numura zīmju tekstu, lai gan atsevišķos gadījumos tas varētu būt labāks.

4.2.3 Speciāla simbolu atpazīšanas sistēma

Lai turpinātu numura zīmju teksta atpazīšanas sistēmas uzlabošanu, sākām izstrādāt savu teksta atpazīšanas apakšsistēmu.

Mūsu gadījumā numura zīmes teksta atpazīšanas process tiek sadalīts divos galvenajos etapos: - Atsevišķu simbolu atrašana. - Teksta zīmes noteikšana katrā iepriekš atrastajā simbolā.

Simbolu detektēšanas procesā izmantojam daudzus tos pašus primitīvos attēlu apstrādes algoritmus, ko izmantojam pašu numuru zīmju atrašanai. Tie ir: - Binarizācija. - Noteikta garuma nogriežņu pārkrāsošana. - Savstarpēji savienotu pikseļu grupu noteikšana.

Visi šie algoritmi jau aprakstīti iepriekšējās atskaitēs.

Simbolu atrašanas process ir sekojošs. Numura attēls tiek binarizēts, un veikta liela garuma horizontālo nogriežņu pārkrāsošana. Šādi tiek nodalītas atsevišķas savienotu pikseļu grupas kas pieder dažādiem simboliem.

Tad notiek taisnstūru koordinātu detektēšana, kas aptver katru savienoto pikseļu grupu, piederīgu atsevišķiem simboliem. Daļa no objektiem tiek atfiltrēta to neatbilstošo izmēru dēļ.

Atlikušie objekti tiek šķirti pēc X koordinātes un to viduspunktiem. Ja atrastie objekti tiešām ir simboli uz numura zīmes, tie atradīsies vienā rindā uz horizontālas līnijas. Tiek pielietota savdabīga atrasto objektu izvērtēšana to atbilstībai reālai automašīnas numura zīmei, kas piešķir skaitlisku novērtējumu tam, ka atrasts ir tieši numurs, ko apzīmējam ar P. Ņemam vērā arī Y koordinātu un augstumu izkļiedi starp atsevišķiem objektiem un citus kritērijus.

Sakarā ar to, ka šī algoritma kritiskākā vieta ir binarizācijas process, tieši pareiza binarizācijas sliekšņa noteikšana, var izmantot sekojošu metodi.



Att. 4.1: Detektēti simboli

Aprakstītais algoritms tiek izmantots binarizācijas sliekšņa vērtību sērijai un katru reizi tiek sarēķināta kritērija P vērtība. Tiek izvēlēta un pielietota tā binarizācijas sliekšņa vērtība, pie kuras P vērtība ir maksimālā.

Pēc katru simbolu aptverošu taisnstūru koordinātu iegūšanas, var izpildīt to teksta vērtības noteikšanu.

Šādas sistēmas veiksmīgai darbībai, simbolu attēliem ir jābūt samērā tīriem, jo ņemt vērā un izlabot visus iespējamus simbolu kropļojumu variantus nav iespējams. Tomēr jāpiezīmē, ka piedāvātā metode ir samērā noturīga pret ģeometriskiem attēla kropļojumiem, bet, diemžēl, neatrisina netīras numura zīmes problēmu.

turpmākais darbs notiek ar katra simbola monohromu attēlu. No simbola attēla varam izveidot tā saukto simbola "Profilu".



Att. 4.2: Simbola attēla piemērs

Attēlu skenējam pa rindām. Katrai rindai atrodam pašu malējo kreiso un pašu malējo labo melnās krāsas pikseļa X koordinātu, t.i. pikseli, kas pieder simbola attēlam. Uz šo vērtību bāzes var aprēķināt divas jaunas vērtības. Simbolu šķērsojošā horizontālā nogriežņa garumu (W) un šī nogriežņa centra koordināti (Y). Abas vērtības tiek normalizētas diapazonam $[0.0, 1.0]$. Simbolu attēlu augstumi var atšķirties, tāpēc iegūtais profils tiek interpolēts līdz galējam konstantam punktu skaitam.

Visus simbolus var iedalīt vairākās klasēs pēc to platuma profiliem, piemēram, $\{ H, N, \dots \}$, $\{ A \}$, $\{ V \}$, $\{ F \}$, $\{ L \}$, $\{ E \}$, $\{ T, 7 \}$, $\{ 9 \}$, $\{ 6, G \}$ utt. Katrai klasei izgatavots profila šablons. Detektēšanas procesā katram simbolam ģenerējam profilu, kuru salīdzinām ar katru no esošajiem šabloniem. Iegūstam simbola piederību kādai no klasēm. Dažās no klasēm ir pa vienam iespējamam simbolam, tas ļauj uzreiz noteikt simbola teksta vērtību. Ja klasē iespējami vairāki eksemplāri, nepieciešama papildus analīze.

Izmantojot katra nogriežņa centra koordinātes, iespējams noteikt tā slīpumu uz labo vai kreiso pusi, un pēc tam, izmantojot standarta ģeometriskos pārveidojumus izlabot slīpumu. Precīzu teksta vērtību simbolam var noteikt analizējot tā attēla atsevišķu apakšapgabalu intensitāti.

Kā alternatīvs variants, var tikt izmantots sseract OCR atsevišķu simbolu atpazīšanas režīmā.

4.3 Nākotnes perspektīvas

Plānojam turpināt darbus pie simbolu atpazīšanas apakšsistēmas un MITSRegNo sistēmas integrācijas Mits projekta ietvaros. Nepieciešama un iespējama ievērojama programmas koda optimizācija.