

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

**LATVIJAS AUTOMAŠĪNU NUMURA ZĪMJU
ATPAZĪŠANA NO VIDEO PLŪSMAS**

BAKALAURA DARBS

Autors: **Kristaps Zariņš**

Studenta apliecības Nr.: kz11060

Darba vadītājs: docents Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Darba mērķis

Panākt, lai atvērtā pirmkoda numura zīmju atpazīšanas risinājums darbojas ne sliktāk kā komerciālais risinājums.

Darba saturs

Bakalaura darbā tika pētīts vai atvērtā pirmkoda numura zīmju atpazīšanas risinājums spēj sasniegt tikpat labus rezultātus kā komerciālie risinājumi. Tiek apskatīts vispārējs numura zīmju atpazīšanas algoritms, OpenALPR uzbūve, apmācība un pielāgošana, kā arī veikta atvērtā pirmkoda risinājumu salīdzināšana ar komerciālajiem risinājumiem.

Secinājumi

Lai gan, izmantojot atvērtā pirmkoda numura zīmju atpazīšanas programmatūru, ir iespējams salīdzinoši precīzi veikt numura zīmes attēla pārveidošanu tekstā, pašas numura zīmes atrašanās vietas noteikšana attēlā nav diez ko precīza.

Atslēgvārdi

Latvijas numura zīmju atpazīšana, ANPR, OpenALPR, OpenCV, Tesseract.

ABSTRACT

Goal

Achieve that open source number plate recognition solution works not worse than commercial solutions.

Contents

This Bachelor's Thesis explores if open source number plate recognition solution can achieve as good results as commercial ones. Number plate recognition in general, OpenALPR design, training and customization is being considered, and comparison between open source and commercial number plate recognition solutions is made.

Results

Although it is possible to achieve slightly precise image conversion into text using open source number plate recognition software, number plate detection in image is still not very precise.

Keywords

Latvian number plate recognition, ANPR, OpenALPR, OpenCV, Tesseract.

SATURS

IEVADS	6
1. AUTOMĀTISKĀ NUMURA ZĪMJU ATPAZĪŠANA	8
1.1. Numura zīmju atpazīšanas process	10
1.1.1. Atrašanās vietas noteikšana	10
1.1.2. Normalizēšana	11
1.1.3. Simbolu atdalīšana.....	12
1.1.4. Simbolu atpazīšana.....	12
2. ATVĒRTĀ PIRMKODA PROGRAMMATŪRA LATVIJAS NUMURA ZĪMJU ATPAZĪŠANAI.....	13
2.1. OpenALPR.....	13
2.1.1. OpenCV bibliotēka.....	13
2.1.2. Tesseract OCR bibliotēka.....	13
2.2. Objektu atpazīšana.....	14
2.2.1. LBP.....	14
2.2.2. Viola-Jones	14
2.2.3. Sistēmas apmācība numura zīmes atpazīšanai	16
2.2.4. Binarizācija.....	17
2.3. Simbolu atrašana.....	18
2.3.1. Malu atrašana.....	18
2.3.2. Iztaisnošana	19
2.4. Simbolu atdalīšana.....	19
2.5. Optiskā simbolu atpazīšana.....	19
2.5.1. Tesseract OCR apmācīšana	20
2.6. Datu uzkrāšana.....	23
2.7. Datu apstrāde	23
2.7.1. Numura zīmju koriģēšana.....	23
2.7.2. Automašīnas virzība teritorijā	24

2.7.3. Lietotāja saskarne	25
3. SALĪDZINĀJUMS AR KOMERCIĀLAJIEM RISINĀJUMIEM.....	26
3.1. ANPRonline.net.....	26
3.2. DTK ANPR SDK.....	27
3.3. SimpleLPR.....	28
3.4. Q-Free demo	29
REZULTĀTI	30
SECINĀJUMI	33
BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS.....	35

IEVADS

Par sava bakalaura darba tēmu esmu izvēlējis automašīnu numura zīmju atpazīšanu, jo Latvijā nesen atkal ir parādījušies fotoradari, kuri, kā zināms, ne vienmēr darbojas precīzi tieši attiecībā uz numura zīmju atpazīšanu, kā arī pēdējā laikā vairākkārt esmu tieši vai netieši saskāries ar automašīnu numura zīmju atpazīšanu.

Automašīnu numura zīmju atpazīšana nav nekas jauns. Pirmo reizi tā parādījās Lielbritānijas Policijā 1976.gadā. Kopš tā laika tehnoloģijas ir būtiski attīstījušās – kameras ir kļuvušas kvalitatīvākas un arī datori ir kļuvuši jaudīgāki, ļaujot izmantot aizvien precīzākas un procesora jaudu patērējošākas atpazīšanas metodes. Paralēli tam visam ir pieaudzis arī automašīnu skaits, līdz ar to slodze, automašīnu numura atpazīšanā tik un tā saglabājas, it īpaši, ja ir nepieciešamība veikt atpazīšanu reālajā laikā. Tā kā ikvienam mūsdienās ir iespējams iegādāties gan kameru, gan datoru, tad arī numura zīmju atpazīšanas pielietojums būtiski palielinās. Numura zīmju atpazīšana tiek izmantota ne tikai valsts sektorā – fotoradaros, nodevu nomaksas sistēmās, satiksmes plūsmas kontrolē, – bet arī privātajā sektorā – stāvvietu pārvaldībai, teritorijas uzraudzībai, auto zādzību novēršanai un atklāšanai un daudz kur citur. Pat mobilajos tālruņos ir lietotnes, kas veic numura zīmju atpazīšanu. Tirdzniecībā ir pieejami daudz un dažādi slēgtā un atvērta pirmkoda automašīnu numura zīmju atpazīšanas risinājumi. Tāpat ir pieejamas arī dārgas specializētas kameras numura zīmju fiksēšanai gan gaismā, gan tumsā, taču arī ar parastu kameru ir iespējams nofilmēt automašīnas numura zīmi, it īpaši diennakts gaišajā laikā.

Tā kā par brīvu ir tikai siers peļu slazdā, vai tiešām atvērta pirmkoda bezmaksas automašīnu numura zīmju atpazīšanas programmas ir daudz sliktākas par maksas alternatīvām? Jebkura attēlu atpazīšanas sistēma ir jāapmāca. Vai ar atvērta pirmkoda programmu ir iespējams panākt līdzīgus rezultātus kā nodrošina maksas programmas?

Ņemot vērā, ka ikviens video sastāv no daudziem secīgiem kadriem, tad numura zīmju atpazīšana video plūsmā reducējas līdz individuālā attēlā esošas numura zīmes atpazīšanai. Pateicoties daudzajiem secīgajiem kadriem, viena numura zīme var tikt atpazīta vairākkārt, tādējādi uzlabojot tās atpazīšanas iespējas.

Darba mērķis ir panākt, lai atvērta pirmkoda numuru atpazīšanas sistēma OpenALPR darbojas ne sliktāk kā komerciālā programmatūra. Tā rezultātā tiks veikta OpenALPR attēlu atpazīšanas apmācīšana, lai programma spētu noteikt Latvijas numura zīmes atrašanās vietu attēlā, ja tāda tur ir, kā arī uztrenēt optisko simbolu atpazīšanu tieši Latvijas numura zīmju simboliem. Tāpat tiks ieviesti algoritmi, kas spēs apvienot secīgos attēlus un to rezultātus, vienā, no visiem numura zīmes kandidātiem izvēloties vienu visprecīzāko, kas raksturotu automašīnas fiksēšanas notikumu video plūsmā.

Šis bakalaura darbs sastāv no trim daļām, aprakstot vispārēju numura zīmju atpazīšanas algoritmu, numura zīmju atpazīšanas algoritmu, sistēmas trenēšanu un pielāgošanu Latvijas numura zīmēm, OpenALPR ietvaros un papildus ieviestos algoritmus, un visbeidzot salīdzinot tirgū esošos risinājumus ar atvērtā pirmkoda numura atpazīšanas sistēmu OpenALPR.

1. AUTOMĀTISKĀ NUMURA ZĪMJU ATPAZĪŠANA

Numura zīmju atpazīšana nevar būt iespējama bez divām svarīgām komponentēm – attēla ieguves ierīces, kameras, un attēla apstrādes ierīces, datora. Pateicoties mūsdienu tehnoloģiskajai attīstībai, vairākos pēdējā laikā ražotajos produktos šīs abas komponentes ir apvienotas, turklāt gala produkts var būt pat ļoti mazs.

Neskatoties uz to vai produkts ir viss vienā risinājums vai arī tie ir savrupi risinājumi, gan attēla ieguves ierīcei, gan attēla apstrādes ierīcei ir jāatbilst vairākiem kritērijiem. Pirmkārt, kamerai ir jābūt kvalitatīvai, ar labu izšķirtspēju, lai arī tālāk esošas numura zīmes (gadījumos, kad viena kamera vienlaicīgi tiek izmantota divu vai vairāk brauktuves joslu pārraudzībai) varētu tikt precīzi atpazītas. GeoVision [1] gan apgalvo, ka ideālajā variantā automašīnai platumā ir precīzi jāaizņem viss attēls, tas gan varētu būt skaidrojams ar mazu attēla izšķirtspēju, jo gandrīz visur tiek minēts, ka numura zīmes simbolu augstumam jābūt no 30 – 35px. Tāpat, ņemot vērā attālumu, kādā jāuzstāda kamera, tai ir jābūt arī ar atbilstošu fokusa attālumu.



1.1. att. Kameras fokusa attāluma salīdzinājums

Otrkārt, tā kā bieži numuru atpazīšana tiek veikta tieši kustībā esošām automašīnām, tad, lai numurs nebūtu izplūdis, ir svarīgi pievērst uzmanību kameras slēdža ātrumam. Specializētajām numura zīmju nolasīšanas kamerām, piemēram, GeoVision tas ir 1/100000 s [2], ARH – 1/30 000 s [3], Rapier – 1/20 000 s [4]. Taču arī parastās novērošanas kameras nodrošina līdzīgu slēdža ātrumu – Dahua – 1/10 000 s [5], Axis – no 1/29 500 2 s līdz pat 1/143 000 2 s [6] un Hikvision – 1/100 000 s [7]. Ja automašīna pārvietojas ar ātrumu 50km/h un slēdža ātrums ir 1/50 s, tad sekundes piecdesmitajā daļā automašīna nobrauc ~ 28cm,

kā rezultātā numura zīmes attēls būs izplūdis, taču, ja slēdža ātrums būs 1/10 000 s, tad automašīna būs paspējusi nobraukt tikai ~0,14 cm. Treškārt, liela nozīme ir arī apgaismojumam, it īpaši naktī. Ja slēdža ātrums būs mazs, tad attēls būs pārāk gaišs, savukārt, pie liela slēdža ātruma attēls būs tumšs. Šī iemesla dēļ un tādēļ, ka kamerā var iespīdēt tieši saules stari, ir svarīgi izvēlēties kameru ar plaša dinamiska diapazona funkcionalitāti.



1.2. att. Kamera bez plaša dinamiska diapazona funkcionalitātes (pa kreisi) un kamera ar plaša dinamiska diapazona funkcionalitāti (pa labi)

Avotos[8][9][10] ir minēts, ka specializētās numura zīmju atpazīšanas kameras izmanto pat divas dažādas kameras no kurām viena ir paredzēta tikai un vienīgi numura zīmes atpazīšanai, izmantojot numura zīmes gaismas atstarošanas efektu, un otru, vispārīga attēla iegūšanai. Tāpat, attēla iegūšanai naktī, tiek izmantots arī infrasarkanais starojums. Ceturtkārt, datoram, kurš veic attēlu analīzi numura zīmes atrašanai un atpazīšanai, ir nepieciešams būt pietiekoši jaudīgam, lai spētu ātri veikt nepieciešamās darbības, jo sistēmai ir jāspēj darboties reālā laikā. Protams, šādā režīmā nevar tikt apstrādāti 25 kadri sekundē, bet arī ar 5 – 10 kadriem sekundē ir pietiekoši, izņemot gadījumus, kad automašīna ātri pazūd no kameras redzamības zonas, t.i. uz ielām, šosejām, ātrgaitas ceļiem. Taču, neskatoties uz to, ka visas iepriekšējās prasības tiktu izpildītas, pastāv faktori, kuri liedz iespēju veikt numura zīmju atpazīšanu 100% gadījumū. Piemēram, motocikliem numura zīme ir tikai aizmugurē, līdz ar to, kamerai būtu jābūt vērstai braukšanas virzienā, taču automašīnas mēdz vilkt piekabes, kā rezultātā būs redzama tikai piekabes numura zīmes, tādēļ var secināt, ka kameras nepieciešamas abos virzienos. Taču tas neatrisinātu problēmu, kad numura zīmes nav redzamas, sniega vai dubļu ietekmes rezultātā, vai arī numura zīmes ir bojātas.

Lai numura zīmi būtu iespējams automātiski nolasīt, būtisks ir arī pašas kameras novietojums. Dažādi ražotāji norāda dažādus parametrus, lai sasniegtu maksimāli labākos atpazīšanas rezultātus. Vertikāli kamerai jābūt novietotai ne augstāk kā 30° attiecībā pret ceļu, un sāņus ne vairāk kā 15°-20°. Pārsniedzot šos norādītos izmērus, iztaisnošanas procesā attēls var tikt pārlieku bojāts, kas var būtiski negatīvi ietekmēt atpazīšanas rezultātus.

1.1. Numura zīmju atpazīšanas process

Numura zīmju atpazīšana sastāv no vairākiem soļiem [11]. Lai arī visticamāk katrs ražotājs ir izstrādājis savu unikālu algoritmu atpazīšanas procesam, taču galvenie posmi visām atpazīšanas metodēm ir līdzīgi, atšķiras tikai to realizācija. Process ir sekojošs:

- vispirms tiek atrastas potenciālās numura zīmju atrašanās vietas attēlā un tālākās darbības tiek veiktas tikai un vienīgi ar šiem jaunajiem atrastajiem attēliem;
- tad tiek veikta attēla normalizēšana – tiek veikta binarizēšana, – lai varētu noteikt numura zīmes robežas un veikt tās iztaisnošanu, kā arī atvieglotu simbolu noteikšanu un to atšķiršanu padarītu vienkāršāku;
- pēc tam seko pats svarīgākais process – simbolu atdalīšana, lai varētu tos nodot atpazīšanai;
- pēdējais posms ir optiskā simbolu atpazīšana.

Vēl var sekot tādi posmi, kā, piemēram, iegūtās numura zīmes salīdzināšana ar šablonu, ja numura zīmes atpazīšana ir paredzēta tikai kādai konkrētai valstij, vai salīdzināšana ar veidni, lai noteiktu numura zīmes valsti u.c.

1.1.1. Atrašanās vietas noteikšana

1.1.1.1. Malu noteikšanas metode

Kā viens no numura zīmes atrašanas attēlā veidiem ir malu noteikšanas metode [12]. Ņemot vērā, ka numura zīme attēlā parasti satur melnus simbolus uz balta fona vai melnus simbolus uz dzeltena fona, ir pamats uzskatīt, ka numura zīme būs ar kontrastiem vispiesātinātākā vieta attēlā.

Tā kā numura zīmes ir novietotas horizontāli, tad vispirms tiek veikta intensitātes pārbaude attēlā horizontālā virzienā un pēc tam, potenciālajā numura zīmes atrašanās vietā horizontālajā virzienā, tiek veikta intensitātes pārbaude arī vertikālā virzienā.

Diemžēl eksistē arī numura zīmes ar melniem burtiem uz sarkana fona (Latvijā – diplomātiskie numuri). Šādā gadījumā kontrasts būs samērā neliels un numura zīmi attēlā atrast būs ļoti grūti. Tāpat, ja uz mašīnas atradīsies reklāmas vai arī attēla fons būs pārāk kontrastains, var rasties problēmas ar numura zīmes pozīcijas noteikšanu. Parasti tieši numura zīmes atrašanās vietas noteikšana ir pats sarežģītākais un laikietilpīgākais posms.

1.1.1.2. Krāsu īpašību algoritms

Ja numura zīmes valstī ir īpašā krāsā, piemēram, Luksemburgā numura zīmes ir dzeltenā krāsā ar melniem burtiem, savukārt, Lihtenšteinā numura zīmes ir melnā krāsā ar baltiem burtiem [13], tās pozīcijas noteikšanai var tikt izmantots krāsu noteikšanas algoritms [14]. Šajā

gadījumā tiek uzskatīts, ka numura zīmes burtu un fona krāsas kombinācija attēlā tiks sastapta tikai vienu reizi – tikai tur, kur atrodas numura zīme. Problēmas var rasties tad, ja arī automašīna ir tādā pašā krāsā kā numura zīme. Ņemot vērā, ka lielākā daļa numura zīmju ir baltas ar melniem burtiem un arī populārākā automašīnu krāsa ir balta [15], tad šis nebūs efektīvākais algoritms numura zīmes atrašanās vietas noteikšanai.

1.1.1.3. Kontūras metode

Viens no triviālākajiem veidiem kā attēlā atrast numura zīmi ir, izmantojot kontūras atrašanas metodi [16], t.i. meklēt paralelogramu, kura malu attiecība atbilst vai arī ir ļoti līdzīga pirms tam definētajam numura zīmes izmēram.

Latvijas numura zīmes gadījumā, tām nosacīti ir melna kontūra, bet, piemēram, Lielbritānijas numura zīmēm tādas nav. Tāpat šo kontūru, iespējams, var aizsegt numura rāmītis, kurš var būt balts. Ja arī pati mašīna ir balta, tad numura zīmes kontūru atrast būs teju neiespējami.

1.1.2. Normalizēšana

Pēc tam, kad ir atrasta numura zīme, tiek pielietota optiskā simbolu atpazīšana [17]. Gan šis, gan visi turpmākie posmi ir tieši saistīti ar optisko simbolu atpazīšanas metodi un normalizēšana ir paredzēta, lai sagatavotos šim procesam.

Ļoti bieži uzņemtie attēli ir novietoti leņķī pret kameru, jo, piemēram, kā Latvijas gadījumā, fotoradari ir novietoti ceļa malā nevis virs brauktuves. Pirmais sagatavošanās process ir attēla iztaisnošana, gadījumā, kad tā viens vai vairāki stūri ir pārāk slīpi kādā virzienā vai arī numura zīmes attēls nav horizontāli attiecībā pret brauktuvi. Kā jau iepriekš tika minēts, tad visiem leņķiem, gan pret ceļa segumu, gan automašīnu ir jābūt ne pārlietu lieliem, lai numuru atpazīšana tiktu veikta precīzi, jo numura zīmes iztaisnošanas procesā attēla kvalitāte nevar uzlaboties.

Nākamais posms ir traipu noņemšana. Atpazīšanas gadījumā ir svarīgi, lai tiktu izšķirti tieši numura zīmēs atļautie simboli un netiktu iekļauti dažādi blakus elementi, piemēram, skrūvju vietas, netīrumi u.c. Tāpat šajā procesā tiek nogludināti visi simbolu nelīdzenumi, lai samazinātu trokšņu līmeni.

Kā pēdējais posms normalizēšanā attiecībā uz numura zīmēm, kas tiek izšķirti ir binarizācija. Tas nozīmē, ka no krāsaina vai pelēktoņu attēla tiek iegūts melnbalts attēls, kur pikseļiem var būt tikai divas vērtības – balts vai melns. Šis process tiek pielietots, lai vēlāk spētu precīzāk atdalīt fonu no teksta, kas ir galvenais intereses objekts.

1.1.3. Simbolu atdalīšana

Šis algoritms atrod un atdala atsevišķi katru numura zīmes simbola attēlu. Process ir ļoti svarīgs, jo viss tālākais darbs balstās tikai un vienīgi uz to. Pēc tam, katram atdalītajam simbola attēlam var tikt piemeklēts atbilstošais simbols. Tā kā iepriekšējā procesā numura zīmes attēls tika apstrādāts ar adaptīvā sliekšņa filtru un satur tikai baltus un melnus pikseļus, kaimiņu pikseļi ir sagrupēti lielos laukumos, kur tie vieni paši vai pa vairākiem kopā veido simbolus. Algoritms, ņemot vērā iepriekš definētas atstarpes starp simboliem, kā arī fonta struktūru, spēj atdalīt vai tieši pretēji – savienot simbolus, ja attēlā to sadalīšanās vai, tieši pretēji, savienošana radusies artefaktu dēļ.

1.1.4. Simbolu atpazīšana

Pats pēdējais posms ir simbolu atpazīšana, kuras beigās tiek iegūts numura zīmes teksts. Numura zīmes atpazīšana ne ar ko īpaši neatšķiras no parasta teksta atpazīšanas. Protams, ir savas specifikas, piemēram, teksta precīzākai atpazīšanai iespējams izmantot vārdnīcas, bet numura zīmei iespējams pielietot tikai šablonus, turklāt, tie nederēs individuālo numura zīmju atpazīšanai. Iepriekšējā posmā iegūtie atdalītie numura zīmes simboli, izmantojot, optisko rakstzīmju pazīšanu, tiek salīdzināti ar iepriekš izveidotiem paraugiem un piemeklēts visatbilstošākais variants. Ja paraugu datubāze ir pietiekoši liela, turklāt saturu simbolus no visdažādākajiem skata leņķiem, iegūtais rezultāts var būt ļoti labs.

2. ATVĒRTĀ PIRMKODA PROGRAMMATŪRA LATVIJAS NUMURA ZĪMJU ATPAZĪŠANAI

Bakalaura darba ietvaros tika izveidota programma teritorijas pārraudzībai, kas atpazīst Latvijas automašīnu numura zīmes no video novērošanas kameru video plūsmas. Programmas mērķis ir atpazīt automašīnas numura zīmi, informēt par teritorijā iebraukušiem neregistrētiem transportlīdzekļiem, fiksēt uzņēmuma transportlīdzekļu plūsmu un attēlot to visu lietotājam saprotamā formā un veidā.

Automašīnas numura zīmju atpazīšanai tika izmantota atvērta pirmkoda bibliotēka OpenALPR [18], kas numura zīmju atrašanās vietai un attēlu apstrādei izmanto OpenCV bibliotēku, savukārt teksta atpazīšanai no attēla – Tesseract OCR bibliotēku [19]. Tā kā OpenALPR darbojas tikai izmantojot komandrindu, tad rezultātu atspoguļošanai kā arī papildus darbībām ar iegūtajiem rezultātiem, tika izveidota tīmekļa lietotne izmantojot Laravel un Bootstrap ietvarus.

2.1. OpenALPR

OpenALPR ir atvērta pirmkoda automātiska numura zīmes atpazīšanas bibliotēka, kas rakstīta C++ valodā un ir izmantojama gan C#, gan Python, gan Java lietotnēs. Tā darbojas visās populārākajās operētājsistēmās – Windows, Linux, OS X. OpenALPR tikai apraksta izmantojamās metodes numura zīmju atpazīšanai, izmantojot OpenCV un Tesseract OCR.

2.1.1. OpenCV bibliotēka

OpenCV ir atvērta pirmkoda attēlu apstrādes un datora redzes bibliotēka, kas rakstīta C++ valodā un ir izmantojama gan C, gan Python, gan Java, gan MATLAB lietotnēs. [20] Tāpat tā darbojas populārākajās operētājsistēmās – Windows, FreeBSD, OpenBSD, Linux, OS X – ne tikai datoros, bet arī viedtālrunos – Android, iOS, BlackBerry. Sākotnēji OpenCV izstrādāja Intel, bet tagad uztur itseez.

Bibliotēka satur vairāk nekā 2500 optimizētus algoritmus, kas satur gan klasiskus, gan augstāka līmeņa datora redzes algoritmus. Šie algoritmi var tikt izmantoti, lai identificētu objektus, izsekotu kustīgus objektus, atšķirtu sejas u.c.

2.1.2. Tesseract OCR bibliotēka

Tesseract ir optisku simbolu atpazīšanas dzinējs, kas rakstīts C++ valodā. Tas darbojas gan Windows, gan Linux, gan OS X operētājsistēmās, kā arī var tikt kompilēta tādām platformām kā Android un iOS. Tesseract sākotnēji izveidoja plaši pazīstamā kompānija –

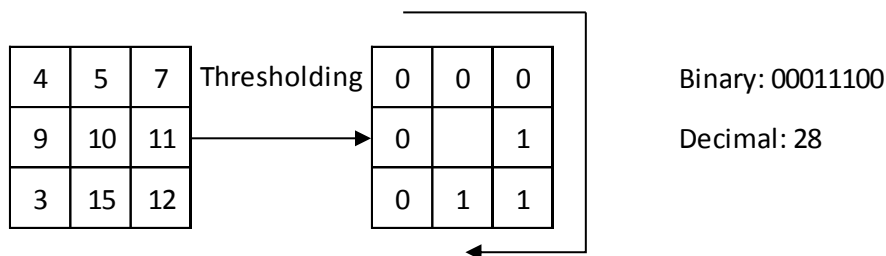
Hewlett-Packard, – un 2005. gadā šis produkts tika izlaists kā atvērtais pirmkods. Kopš 2006. gada izstrādi sponsorē Google.

2.2. Objektu atpazīšana

Kā jau sākumā tika minēts, tad pirmais posms ir numura zīmes atrašanās vietas noteikšana. Daudzu Eiropas Savienības valstu numura zīmes ir ļoti līdzīgas, taču dažām mēdz būt dzeltens fons vai nedaudz cits izmērs. Pārējām valstīm numura zīmju atšķirības ir daudz lielākas. Var tikt izmantotas iepriekš minētās malu un krāsu noteikšanas metodes, taču OpenCV piedāvā vēl citas – histogram of oriented gradients (HOG), Haar-like features, Local binary patterns (LBP) – objektu noteikšanas metodes, kuras, atšķirībā no iepriekš minētajām, pārbauda nevis katru pikseli atsevišķi, bet gan visu attēlu kopumā kā vienotu objektu, tādējādi paveicot darbu ievērojami ātrāk.

2.2.1. LBP

LBP ir metode, kas tiek izmantota attēlu klasificēšanai [21]. Pirmo reizi tā tika aprakstīta jau 1994 gadā. LBP darbojas sadalot pelēktoņu attēlu nelielās daļās jeb masīvos, kas apraksta pikseļa apkārtni binārā formā. Attiecībā uz laukumu un kaimiņu skaitu ierobežojumu nav, taču parasti LBP izmanto 3 x 3 laukumu, kurā centrālais pikselis tiek salīdzināts attiecībā pret tā 8 kaimiņiem.



2.1. att. Pikseļa apkārtnes aprakstīšanas ilustrācija

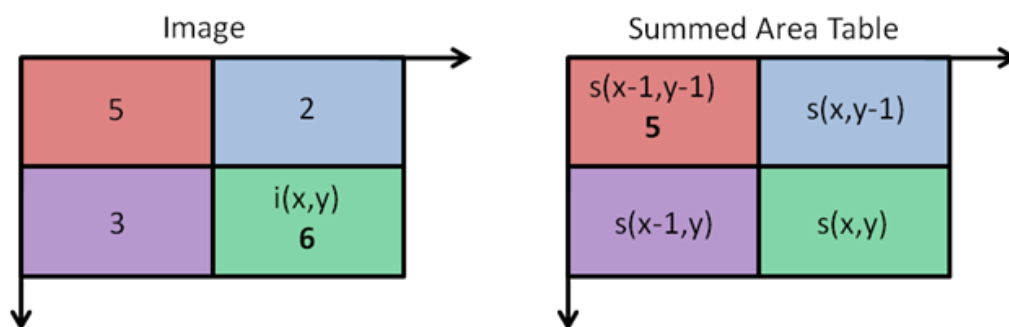
Ja centrālā laukuma vērtība ir lielāka vai vienāda ar kaimiņa vērtību, tad jaunā vērtība ir “1”, citādi jaunā vērtība ir “0”. Pēc tam no iegūto rezultātu histogrammas, to normalizējot, tiek iegūts iezīmju vektors, kas tālāk tiek izmantots attēlu klasificēšanai.

2.2.2. Viola-Jones

Viola-Jones ir metode, kas tiek izmantota objektu atpazīšanai attēlos. To 2001.gadā izstrādāja Paul Viola un Michael Jones, un, lai arī sākotnēji tā bija paredzēta sejas atpazīšanas apmācībai, izmantojot šo metodi var veikt arī cita veida objektu atpazīšanas apmācību, piemēram, automašīnu numura zīmes. Šis algoritms sastāv no četriem posmiem [22].

2.2.2.1. Integrāļa attēla aprēķināšana

Integrāļa attēls jeb laukumu summas tabula katrā šūnā satur visu iepriekšējo (virs un pa kreisi) pikseļu vērtību un sava pikseļa summu.

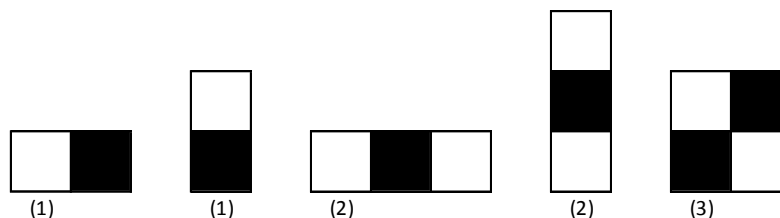


2.2. att. Integrāļa attēls

Tādējādi konstantā laikā ir iespējams aprēķināt jebkura laukuma pikseļu vērtību. Pikseļu vērtības norāda intensitāti.

2.2.2.2. Haar-like iezīmju izvēle

Haar-like iezīme ir atšķirība starp balto laukumu un melno laukumu. Eksistē ļoti daudz dažādas iezīmes – 2 četrstūru (1), 3 četrstūru (2), 4 četrstūru (3) u.c.

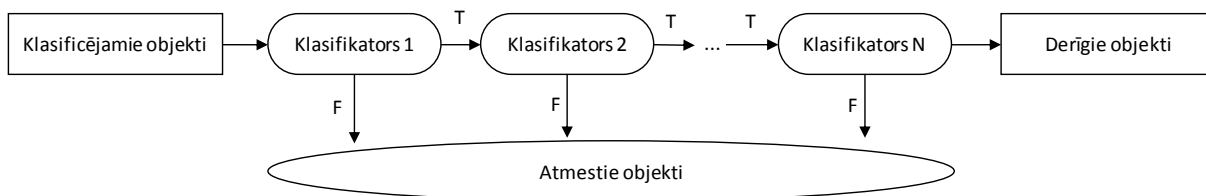


2.3. att. Haar-like iezīmes

Iezīmes var atrasties jebkurā attēla vietā un var būt jebkādā izmērā. Katra iezīme var norādīt uz konkrētu īpašību esamību attēlā, piemēram, 2 četrstūru iezīmes norāda uz malas esamību, 3 četrstūru iezīmes norāda uz līnijas esamību utt.

2.2.2.3. AdaBoost treniņa algoritms un kaskāžu klasifikators

AdaBoost jeb Adaptive Boosting ir mācīšanās algoritms, kas tiek izmantots, lai apmācītu klasifikatoru. Šis algoritms ir adaptīvs, tādēļ, ka tas apvieno vairākus vājus algoritmus, kuru datu klasificēšanas spēja ir tikai nedaudz labāka par parastu nejaušu izvēli. Secīgi apvienojot šos vājos algoritmus, ir iespējams iegūt algoritmu, kurš spēj ar 99%-100% pareizību klasificēt datus.



2.4. att. Kaskāžu klasifikators

Attēlu apstrāde tiek veikta kaskādes veidā, nekavējoties atmetot nederīgos attēlus, lai vairāk laika varētu tikt atstāts iespējamo pozitīvo attēlu atrašanai.

2.2.3. Sistēmas apmācība numura zīmes atpazīšanai

OpenALPR izstrādātāji savam produktam piedāvā izmantot LBP un ir iekļāvuši arī rīku [23] – train detector – tā apmācībai. Būtībā šis rīks tikai atvieglo tādu OpenCV rīku kā opencv_createsamples un opencv_traincascade izmantošanu. Train-detector sevī jau iekļauj gan pozitīvās Eiropas numura zīmes, gan negatīvos attēlus, kuros numura zīmes nav redzamas. Diemžēl piedāvātās pozitīvās numura zīmes satur gan Itālijas, Kipras u.c. numura zīmes, kas pēc izmēra nav līdzīgas Latvijas A-tipa un lielākajai daļai Eiropas numura zīmēm, gan kvalitatīvus attēlus, gan ļoti nekvalitatīvus attēlus, kas ir mazāki par vēlamu izmēru, un pat tādas numura zīmes, kuras vizuāli apskatot ir saprotams, ka tās nav īstas, bet gan paņemtas no interneta, kur tās paredzētas kā šoferu vārda plāksnīšu paraugs vai tml.



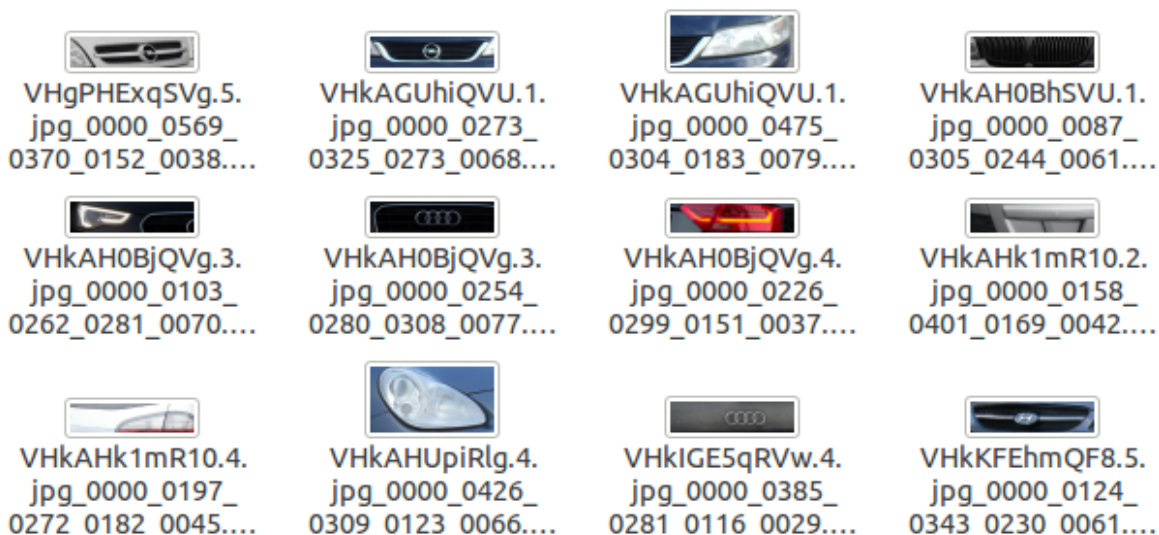
2.5. att. Pozitīvo attēlu kopā iekļautās nederīgās numura zīmes

Ņemot vērā iepriekš minēto, tika nolemts izveidot pašam savu pozitīvo Latvijas u.c. līdzīgu pozitīvo numura zīmju datubāzi. Kopā klasifikatoram tika nodots 231 Latvijas A-tipa numura zīmes attēls.



2.6. att. Pozitīvo attēlu kopa

Arī negatīvo attēlu kopa tika papildināta ar automašīnu detaļu un citu objektu attēliem, kuri nav numura zīmes, tādējādi kopā sasniedzot 3389 attēlus.



2.7. att. Negatīvo attēlu kopa

Pēc tam, kad ir savākti visi nepieciešamie attēli, var uzsākt detektora apmācīšanu. Pirms tam noteikti tiek definēts numura zīmes izmērs, šajā gadījumā platums – 52 cm un augstums – 11 cm, kā arī valsts kods. Rezultātā tiek iegūts cascade.xml fails, kurš ir derīgs atbilstošu numura zīmju, šajā gadījumā Latvijas un arī lielas daļas pārējo Eiropas valstu, atrašanai attēlā.

2.2.4. Binarizācija

Nākamais posms ir binarizācijas posms. Kurā tiek apstrādāts katrs detektētais numura zīmes attēls, veidojot tam vairākus bināros attēlus. Tā kā numura zīmes attēls var būt pārāk tumšs vai tieši pretēji – gaišs, - katram kandidātam tiek izveidoti vairāki binārie attēli, lai uzlabotu iespēju atrast visus numura zīmes simbolus. Binarizācija pielieto Wolf un Sauvola

algoritmus [24]. Eksistē arī Niblack algoritms, taču tas ir paredzēts attēlu ar baltu tekstu uz melna fona binarizēšanai. [25] Visas tālākās darbības notiek ar šiem binarizētajiem attēliem.

Sauvola algoritmu izmanto gadījumos, kad melns teksts tiek attēlots uz balta fona. Tas sarēķina lokālo sliekšni izmantojot dinamiskā diapozona novirzi no pelēktoņu attēla standarta vērtības R .

$$T_{Sauvola} = m \cdot (1 - k \cdot (1 - \frac{S}{R}))$$

kur $k = 0.5$ un $R = 128$. Šis algoritms pārspēj Niblack algoritmu attēlos, kur teksta pikseļu pelēktoņu vērtība ir tuva 0 un fona vērtība tuvu 255, taču attēlos, kur teksta un fona vērtības ir tuvu viena otrai, rezultāts ievērojami pasliktinās.

Arī Wolf algoritms tiek pielietots gadījumos, kad melns teksts ir attēlots uz balta fona. Tas piedāvā normalizēt kontrastu un vidējo pelēktoņu vērtību un aprēķināt lokālo sliekšni pēc sekojoša algoritma:

$$T_{Wolf} = (1 - k) \cdot m + k \cdot M + k \cdot \frac{S}{R} (m - M)$$

kur $k = 0.5$, M ir minimalā pelēkā vērtība attēlā un R ir maksimālā pelēkā vērtība. Šī metode parasti darbojas labāk nekā Sauvola algoritms, taču, tā kā M un R vērtības ir aprēķinātas no visa attēla kopumā, tad pat niecīgākās straujās izmaiņas fona pelēkajos toņos ievērojami var pasliktināt rezultātā iegūto attēlu.

2.3.Simbolu atrašana

Šajā posmā notiek simbolu izmēra laukumu atrašana. Vispirms iespējamajā numura zīmes laukumā tiek meklēti savienoti gabali un pēc tam tādi gabali, kas ir aptuveni vienā izmērā (platums un augstums) ar nodefinētajiem numura zīmes simbolu izmēriem, turklāt visu augšējās un apakšējās malas atrodas uz vienas taisnas līnijas. Vienā iespējamajā numura zīmes laukumā šis process tiek atkārtots vairākas reizes, sākumā meklējot mazākus simbolus un pēc tam lielākus. Ja potenciālajā laukumā netiek konstatēta neviena simbola klātbūtne, tas tiek izmests no turpmākas apstrādes un darbs tiek turpināts ar nākamo kandidātu.

2.3.1. Malu atrašana

Kā jau iepriekš minēts, tad objektu atpazīšanas metode tikai nosaka taisnstūrveida vietu, kur, iespējams, varētu atrasties numura zīme, turklāt tā var būt pagriezta visdažādākajos leņķos kā arī pilnībā neaizņemt visu attēlu. Metode mēģina atrast precīzas numura zīmes malu atrašanās vietas vispirms atrodot visas taisnās (horizontālās un vertikālās) līnijas un pēc tam, izmantojot iepriekšējā posmā noteiktos simbolu izmērus un šīs taisnās līnijas, nosakot visiespējamākās numura zīmju malu atrašanās vietas.

2.3.2. Iztaisošana

Protams, ideālajā variantā attēlā numura zīme būtu novietota horizontāli, taču šādu ideālu variantu reālajos apstākļos nepastāv, jo kameru nav iespējams novietot mašīnas ceļā. Izmantojot iepriekšējā posmā noteiktās malas un aprēķinot leņķus pret attēla malām, iespējamā numura zīme var tikt veiksmīgi iztaisnota, lai tiktu novietota tā kā tai būtu jāstāv un būtu savā oriģinālajā izmērā, kas nākamajos posmos ļautu pēc iespējas precīzāk identificēt uz tās attēlotos simbolus.

2.4.Simbolu atdalīšana

Nākamais posms ir simbolu atdalīšana, kas, izmantojot vertikālo histogrammu, atrod atstarpes starp simboliem. Tāpat process cenšas uzlabot iegūtos simbolus, likvidējot traucējumus vai iespējamus simbolus, kas ir neatbilstoši mazi. Šajā posmā tiek likvidētas arī numura zīmju apmales, lai novērstu iespēju, ka tās nepareizi tiek klasificētas kā simboli “1” vai “I”.

2.5.Optiskā simbolu atpazīšana

Tālāk seko posms, kas mūs interesē visvairāk – numura zīmē esošo simbolu atpazīšana. Numura zīmēm ir sava specifika, piemēram, Latvijas numura zīmes sastāv no diviem burtiem un no viena līdz četriem cipariem. Tas, protams, neattiecas uz individuālajām numura zīmēm. Tāpat numura zīme neveido vārdus un to precīzākai atpazīšanai nav iespējams izmantot vārdnīcas. Katra simbola atpazīšana notiek atsevišķi un tam tiek piešķirts koeficients, kas norāda ar kādu precizitāti šis simbols ir atrasts. Latvijas numurzīmes ir balstītas uz DIN 1451 burtveidolu [26], ko 1936.gadā izstrādāja Vācijas Standartizācijas institūts [27].

0123456789
ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ

2.8. att. DIN 1451 fonts

Latvijas numura zīmju fonts atšķiras no Times New Roman, Arial vai Calibri, kas parasti tiek izmantoto dokumentu sagatavošanā, un nav atrodams standarta datora operētājsistēmas instalācijā. Neskatoties uz to, ka daži simboli mēdz būt vienādi vai lielai daļai Eiropas valstu numura zīmju fontu ir viena izcelsme, šobrīd gandrīz katras valsts numura zīmju fontam ir kāda lielāka vai mazāka atšķirība, nemaz nerunājot par valstīm, kurās netiek lietots latīņu alfabēts,

kuru būtu lietderīgi ņemt vērā programmas apmācībā, lai uzlabotu rezultātus. OpenALPR jau satur Eiropas numura zīmju atpazīšanai nepieciešamos fontu paraugus, un testēšana parādīja labus rezultātus, taču ir pamats uzskatīt, ka speciāli pielāgojot datus ir iespējams panākt vēl labākus rezultātus. Šī iemesla dēļ tika pieņemts lēmums, izmantojot pirms tam internetā iegūtas reālas numura zīmes, veikt Tesseract apmācīšanu speciāli Latvijas numura zīmju atpazīšanai.

2.5.1. Tesseract OCR apmācīšana

OpenALPR izstrādātāji piedāvā rīku train-ocr, kas paredzēts Tesseract OCR apmācīšanai ar jauniem fontiem [28]. Tiesa gan, šim posmam ir samērā gara priekšsagatavošanās, jo ir nepieciešami simti vai pat tūkstoši numura zīmju attēli, lai iegūtu pēc iespējas labākus rezultātus. Šī bakalaura darba ietvaros tika apstrādāti gandrīz 2000 automašīnu numura zīmju attēli, iegūstot vairāk kā 7500 simbolu attēlus.

2.5.1.1. Numura zīmes iegūšana

Sākumā nepieciešamas reālas fotogrāfijas, kurās ir redzamas automašīnas ar numura zīmēm. Fotogrāfijas ar automašīnām lielos apjomos ir iespējams atrast internetā, atliek tikai sašķirot, kurās ir redzama numura zīme, kurās nav. No tā visa gan interesējošā ir tikai pati numura zīme, turklāt tai jau ir jābūt izgrieztai, iztaisnotai un gatavai atpazīšanai. Šī uzdevuma izpildi palīdzēs veikt rīks ar nosaukumu imageclipper [29].

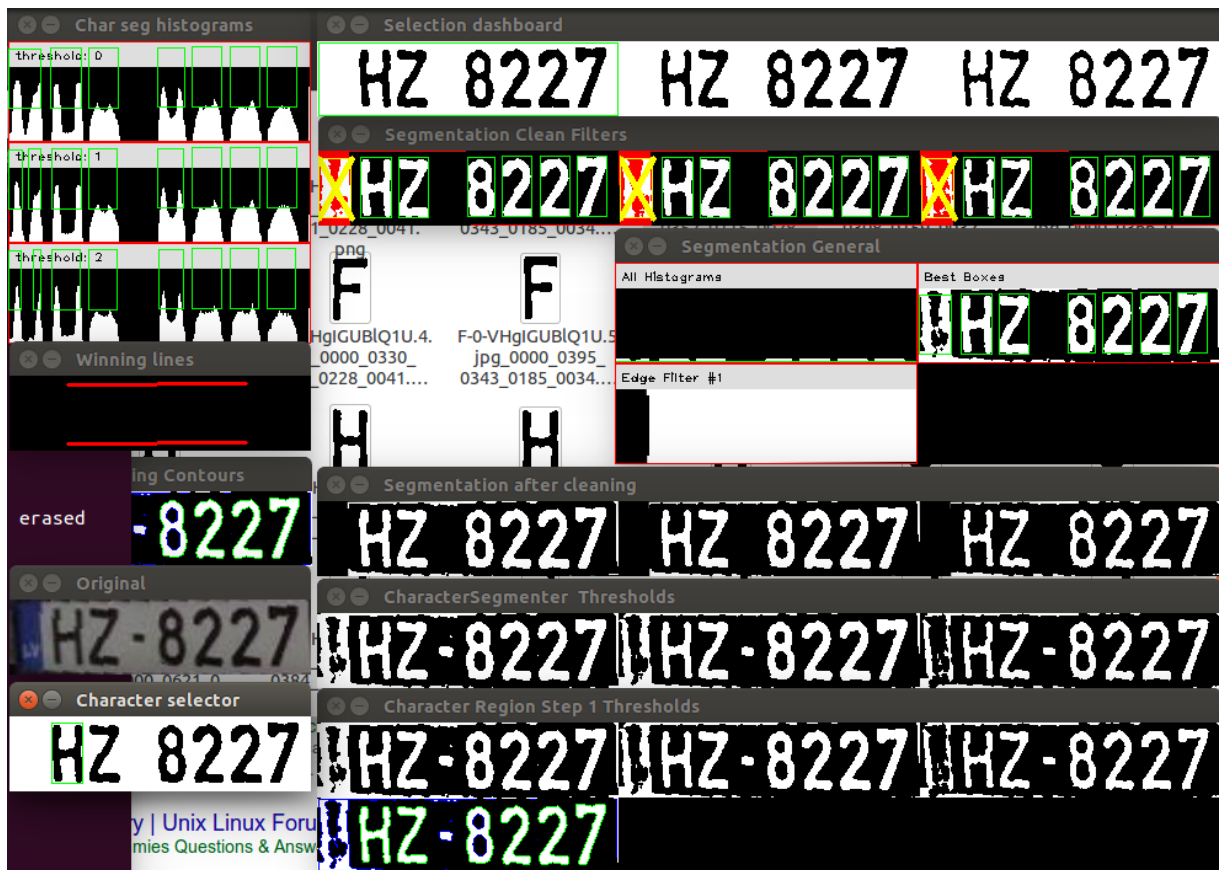


2.9. att. imageclipper lietotāja saskarne

Teorētiski šo procesu varētu arī automatizēt, izmantojot iepriekš minēto numura zīmju atrašanās vietas algoritmu, taču šāds risinājums nav 100% precīzs, bet apmācīšanas procesam ir jābūt pilnīgi nekļūdīgam, lai tas sniegtu pēc iespējas labāku rezultātu.

2.5.1.2. Simbolu klasificēšana

Tālāk seko posms, kurā tiek pareizi atzīmēti visi noteiktie numura zīmes simboli. Šis process ir gandrīz identisks tam, kāds tiek pielietots numura zīmes atpazīšanā, tikai numura zīmes atrašanās vieta un simboli tiek noteikti manuāli. Šo procesu ir iespējams veikt ar OpenALPR classifychars utilitārogrammu. Rezultātā tiek iegūta kaudze ar numura zīmju simboliem. Ņemot vērā Latvijas A tipa numura zīmju uzbūvi, cipari tiek iegūti apmēram divas reizes vairāk nekā burti.



2.10. att. numura zīmju simbolu klasificēšana

Arī šis posms ir jāizdara ārkārtīgi precīzi, nepieļaujot nevienu kļūdu, pretējā gadījumā tas ietekmēs atpazīšanas rezultātus. Tā kā iepriekš iegūtajos automašīnu ar numura zīmēm attēlos mērījumi par to novietojumu sāņus no kameras nebija, tad klasificējot attēlus, nepieciešams pievērst uzmanību arī to kvalitātei. Daži klasificētie simbolu attēli var būt tik ļoti izkropļoti, ka tas pat var traucēt atpazīšanas procesu, konfliktējot ar citiem līdzīgiem simboliem.

2.5.1.3. Simbolu grupēšana

Iepriekšējā posmā iegūtie attēli, katrs tiek saglabāts kā atsevišķs attēls. Tā kā iepriekšējā posmā ir iespējams pieļaut kļūdas, tad pirms šī posma veikšanas ir ieteicams pārlicināties vai tiešām viss ir pilnīgi precīzi klasificēts un nav pieļauta kāda pārrakstīšanās kļūda. Diemžēl apmācības procesam šāds formāts neder, tādēļ, izmantojot OpenALPR prepcharsfortraining utilītu, šos simbolu attēlus nepieciešams apvienot vienā tif failā ar katra simbola atrašanās vietas paskaidrojošu box failu.

2.5.1.4. OCR apmācīšana

Pēc tam atliek izpildīt sākumā norādīto train.py failus, kas izsauc nepieciešamās tesseract komandas uztrenētā fonta faila izveidei. Sākotnēji, veicot testus ar aptuveni 2500 simbolu attēlu iekļaušanu uztrenētajā fonta failā, viss noritēja bez aizķeršanās, taču ar 7500 failiem tik gludi

negāja. Lai arī uztrenētais fonta fails tika izveidots bez būtiskiem kļūdas paziņojumiem, tad, izmantojot šo failu numura zīmju atpazīšanai, tika saņemts būtisks kļūdas paziņojums, kas neļāva procesam pabeigt savu darbu. Mēģinājumi atrast kļūdu pie klasificētajiem attēliem beidzās neveismīgi, jo atsevišķu simbolu uztrenētais fonta fails ļāva veikt atpazīšanu bez problēmām, taču visu simbolu uztrenētais fails to neļāva.

Pēc tam, kad Tesseract OCR ir veiksmīgi uztrenēts, ir iespējams uzsākt numura zīmju atpazīšanu.

2.6. Datu uzkrāšana

Iepriekšējo posmu veiksmīgas izpildes rezultātā, pēc attēla pārbaudīšanas, tiek iegūti N iespējamie atpazītās numura zīmes rezultāta kandidāti, to atbilstības koeficients, numura zīmju koordinātas attēlā u.c. informācija. Šos rezultātus ir iespējams iegūt arī JSON formātā, kā arī nosūtīt kā POST datus mājas lapā. Tā kā šī sistēma ir paredzēta teritorijas, kurā ātrums ir nevis 90km/h, bet gan 10-20km/h, transportlīdzekļu plūsmas uzskaitē, tad ar katru automašīnu var tikt iegūtas vairākas fotogrāfijas, kuras tiek grupētas atkarībā no intervāla starp tām.

2.7. Datu apstrāde

2.7.1. Numura zīmju koriģēšana

Tieši tādēļ, ka ar katras automašīnas numura zīmi tiek iegūtas vairākas fotogrāfijas, viena nesalāsāma, sliktas kvalitātes fotogrāfija būtiski neietekmēs kopējo rezultātu, kā tas notiktu, ja tiktu analizēta tikai viena fotogrāfija. Ja tā būtu nesalāsāma, tad numura zīmi vispār nebūtu iespējams noteikt. Ņemot vērā, ka A tipa numura zīmes simbolu formāts ir zināms, t.i. tā satur divus burtus aiz kuriem seko viens līdz četri cipari, tad, pirms rezultāta attēlošanas gala lietotājam, ir iespējams pārlicināties vai lielākā daļa katra attēla labākie rezultāti ir vienādi, kā arī atbilst šim formātam. Ja rezultāti tam neatbilst, tad tiek meklēta visgarākā atbilstošā formāta simbolu virkne. Visgarākā simbolu virkne tiek meklēta tādēļ, ka testēšanas rezultāti norāda uz tendenci pazaudēt kādu no simboliem. Ja vēl aizvien neviena simbolu virkne neder, t.i. tā neatbilst formātam, ir iespējams veikt aizstāšanu balstoties uz līdzīgo simbolu tabulu.

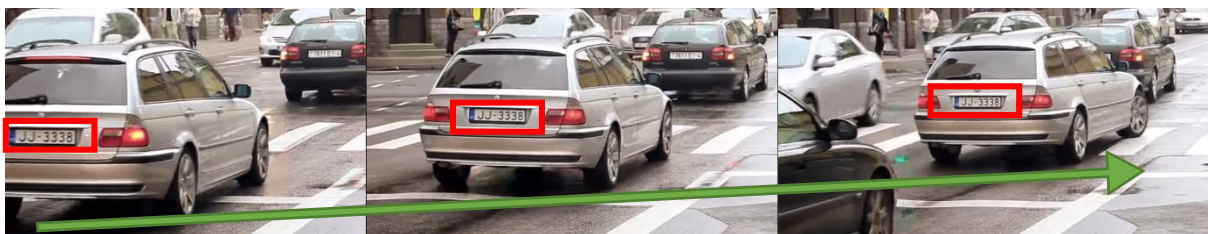
2.1. tabula Līdzīgie simboli

Cipari	Burti	
0	O	Q
1	I	
2	Z	
4	A	
5	S	
6	G	
8	B	

Atbilstoši 2.1. tabulas vērtībām, ja kāds no pirmajiem diviem simboliem satur ciparu, tas tiek aizstāts ar atbilstošu burtu, ja kāds no nākamajiem viena līdz četriem simboliem satur burtus, tad tie tiek aizstāti ar cipariem. Tā kā Tesseract apmācība notika tikai ar reāliem numura zīmju attēliem, kuri var saturēt tikai ciparus 0 – 9 un lielos burtus A – Z, tad citi simboli atpazītajā tekstā nevar parādīties.

2.7.2. Automašīnas virzība teritorijā

Kā viens no risināmajiem jautājumiem bija – automašīnas iebrukšanas vai izbrukšanas no teritorijas, noteikšana. Standarta situācijā varētu mēģināt ieviest papildus objekta – automašīnas priekšpusi vai aizmugures – noteikšanu, taču kādi būtu kritēriji? Visām automašīnām priekšā parasti ir balti lukturi, iespējams, ar oranžiem pagrieziena radītājiem, bet ne vienmēr, taču aizmugurē lukturi var būt gan sarkani, gan balti, gan melni, kas varētu radīt ievērojamas problēmas automašīnas puses noteikšanai. Tāpat šī objektu atpazīšana nekad nebūs 100% precīza. Izmantojot faktu, ka šajā gadījumā numura zīmes tiek noteiktas no video plūsmas, kas ir vienkārši viens otram sekojoši attēli, automašīnas kustības virzienu ir iespējams aprēķināt pēc numura zīmes koordinātu pārvietošanās trajektorijas.

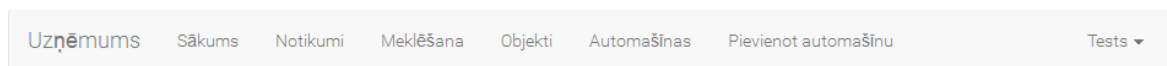


2.11. att. numura zīmes pārvietošanās trajektorija secīgos attēlos

Pieņemot, ka kamera ir novietota teritorijas iekšienē, numuram pārvietojoties virzienā uz augšu, ir pilnīgi skaidri zināms, ka automašīna pamet teritoriju, savukārt, numuram pārvietojoties uz leju – automašīna iebruc teritorijā. Šajā gadījumā pat nav būtiski vai automašīna iebruc teritorijā ar aizmuguri vai ar priekšpusi.

2.7.3. Lietotāja saskarne

Izmantojot atvērtā pirmkoda tīmekļa lietotņu ietvaru Laravel, tika izveidots tīmekļa interfeiss, kurā lietotājs var sev ērtā veidā un formā aplūkot visus uzkrātos datus, kas jau ir sagrupēti, t.i. tika parādīts tikai viens iebraukušās/izbraukušās automašīnas attēls, nevis visi šajā iebraukšanas/izbraukšanas reizē uzņemtie attēli.



Notikumi

#	Objekts	Virziens	Numura zīme	Laiks
1	Galvenie vārti	Iebrauca	FF3254	17.05.2015. 18:20
2	Galvenie vārti	Iebrauca	DD25	17.05.2015. 14:40
3	Galvenie vārti	Izbrauca	JP6496	17.05.2015. 11:00
4	Galvenie vārti	Iebrauca	FV2709	16.05.2015. 21:28
5	Galvenie vārti	Iebrauca	EB1996	16.05.2015. 20:57
6	Galvenie vārti	Izbrauca	JB9535	16.05.2015. 20:25
7	Galvenie vārti	Izbrauca	HG166	16.05.2015. 19:54
8	Galvenie vārti	Izbrauca	HE7798	16.05.2015. 19:22
9	Galvenie vārti	Iebrauca	JF5485	16.05.2015. 18:51
10	Galvenie vārti	Izbrauca	HO5232	16.05.2015. 18:20
11	Galvenie vārti	Iebrauca	BB69	16.05.2015. 17:48
12	Galvenie vārti	Iebrauca	GU7069	16.05.2015. 17:17
13	Galvenie vārti	Iebrauca	FV2709	16.05.2015. 16:45
14	Galvenie vārti	Iebrauca	FP8000	16.05.2015. 16:14
15	Galvenie vārti	Iebrauca	HH3501	16.05.2015. 15:42
16	Galvenie vārti	Izbrauca	HE7798	16.05.2015. 15:11
17	Galvenie vārti	Izbrauca	JA5254	16.05.2015. 14:40
18	Galvenie vārti	Iebrauca	JA5254	16.05.2015. 14:08
19	Galvenie vārti	Iebrauca	JR2099	16.05.2015. 13:37
20	Galvenie vārti	Iebrauca	VR8964	16.05.2015. 13:05
21	Galvenie vārti	Iebrauca	HM1107	16.05.2015. 12:34

2.12. att. tīmekļa saskarne

Tāpat, ņemot vērā, ka teksta atpazīšanu nav iespējams veikt simtprocentīgi precīzi visos gadījumos, lietotājam tiek piedāvāts pašam veikt numura atpazīšanu un izmaiņšanu, ja tas nav pareizs.

3. SALĪDZINĀJUMS AR KOMERCIĀLAJIEM RISINĀJUMIEM

Automašīnu reģistrācijas numura zīmju atpazīšana kopš pagājušā gadsimta deviņdesmitajiem gadiem ir būtiski attīstījusies, kam līdzī ir attīstījušās arī iekārtas un programatūra, ko piedāvā arvien jauni ražotāji. Tā kā kameras, kas nodrošina numura zīmju atpazīšanu, autoram nebija iespējams notestēt, tad notika pārliecināšanās par programatūras darbību numura zīmju atpazīšanā.

3.1. ANPRonline.Net

Kā vienu no risinājumiem var minēt ANPRonline.Net™. Mājas lapā esošajā demo var redzēt, ka tiek piedāvāts atpazīt aptuveni 240 valstu numura zīmes, un pameklējot mazliet dziļāk, var atrast informāciju, ka numura zīmju atpazīšana tiek veikta mākonī. Testēšanai atkal tika izmantoti tie paši attēli, kurus izmantoju OpenALPR testēšanai. Mani ļoti pārsteidza tas, ka precizitāte lielākajā daļā gadījumu tika uzrādīta 99%, astoņos gadījumos sasniedzot pat 100%. Precizitātes dēļ atpazīšanas laiks ievērojami pagarinās.

Plates found: 1

Processing time (milliseconds): 519.0



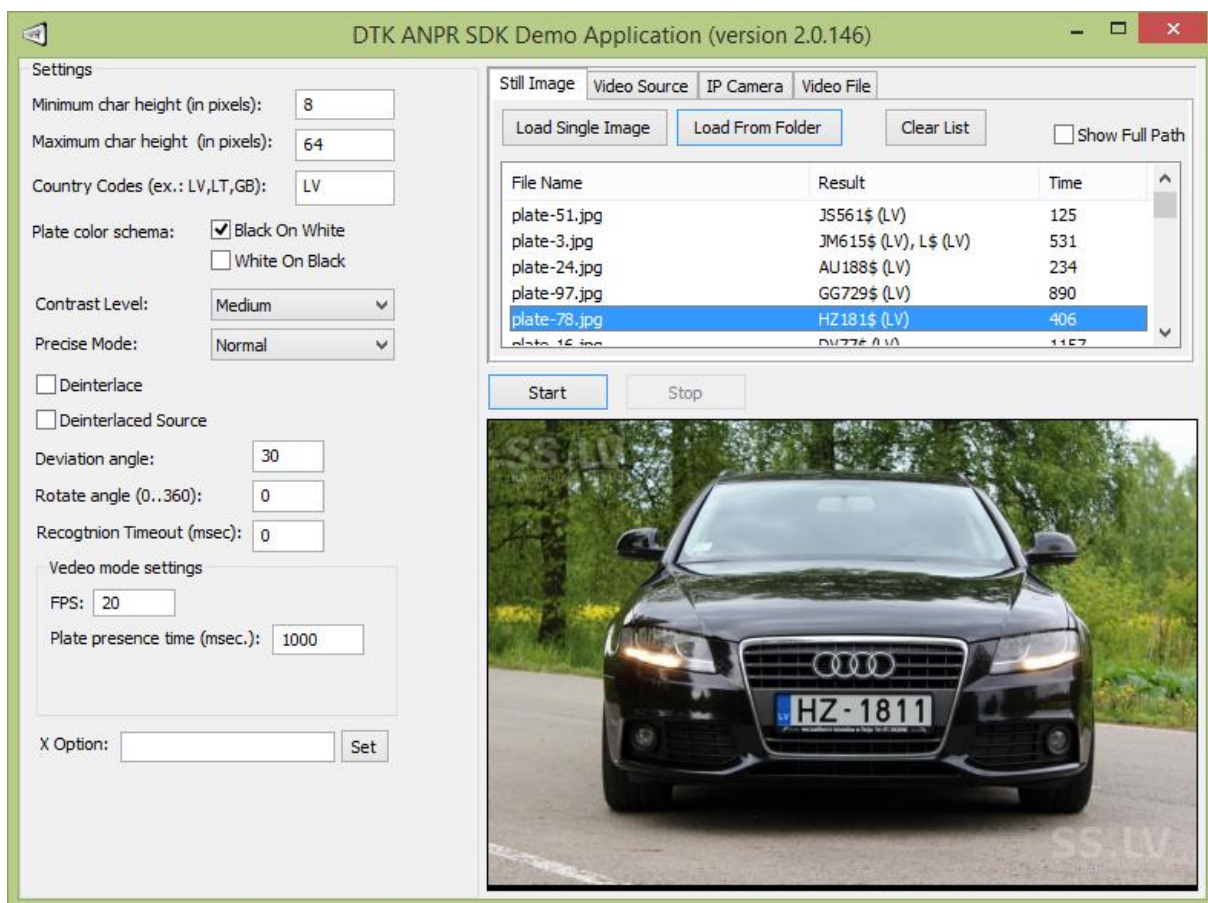
3.1. att. ANPRonline.Net tīmekļa saskarne

Vidējais atpazīšanai atvēlētais laiks ir ~284ms, dažreiz pārsniedzot pat 15s, kas ir apmēram 10 reizes ilgāks laiks nekā OpenALPR. Neraugoties uz ļoti precīzajiem rezultātiem, četros gadījumos ANPRonline.NET™ netika galā ar uzticēto uzdevumu. Salīdzinoši viegli tika atrasta sakarība starp neveiksmīgajiem rezultātiem, kas ļauj secināt, ka šī sistēma izmanto

šablonus, kuri Latvijas gadījumā nav īsti precīzi, jo numura zīmes ar vienu vai diviem cipariem tā neatpazīst, taču individuālās numura zīmes sistēma atkal spēja nekļūdīgi atpazīt.

3.2.DTK ANPR SDK

Kā nākamais risinājums tika testēts DTK ANPR SDK (2.0.146). Noteikti der pieminēt, ka DTK Software ir Latvijas uzņēmums. Šajā programmā precizitāte netika uzrādīta, taču, skatoties pēc tā, ka vidējais laiks bija ~861ms, varētu domāt, ka precizitāte ir pietiekoši augsta. Lai arī kāda būtu precizitāte, ar astoņu numura zīmju atpazīšanu programma galā netika. Viena numura zīme netika atpazīta vispār, divas nesaturēja visus numura zīmes simbolus, savukārt, pārējās piecas saturēja lieku simbolu "I" numura zīmes sākumā. Ņemot vērā šo faktu, ir pamats uzskatīt, ka programma nelieto šablonus, lai gan programma atpazīšanai prasīja norādīt valsti. Ieviešot šablonus, programmas precizitāti varētu ievērojami uzlabot.

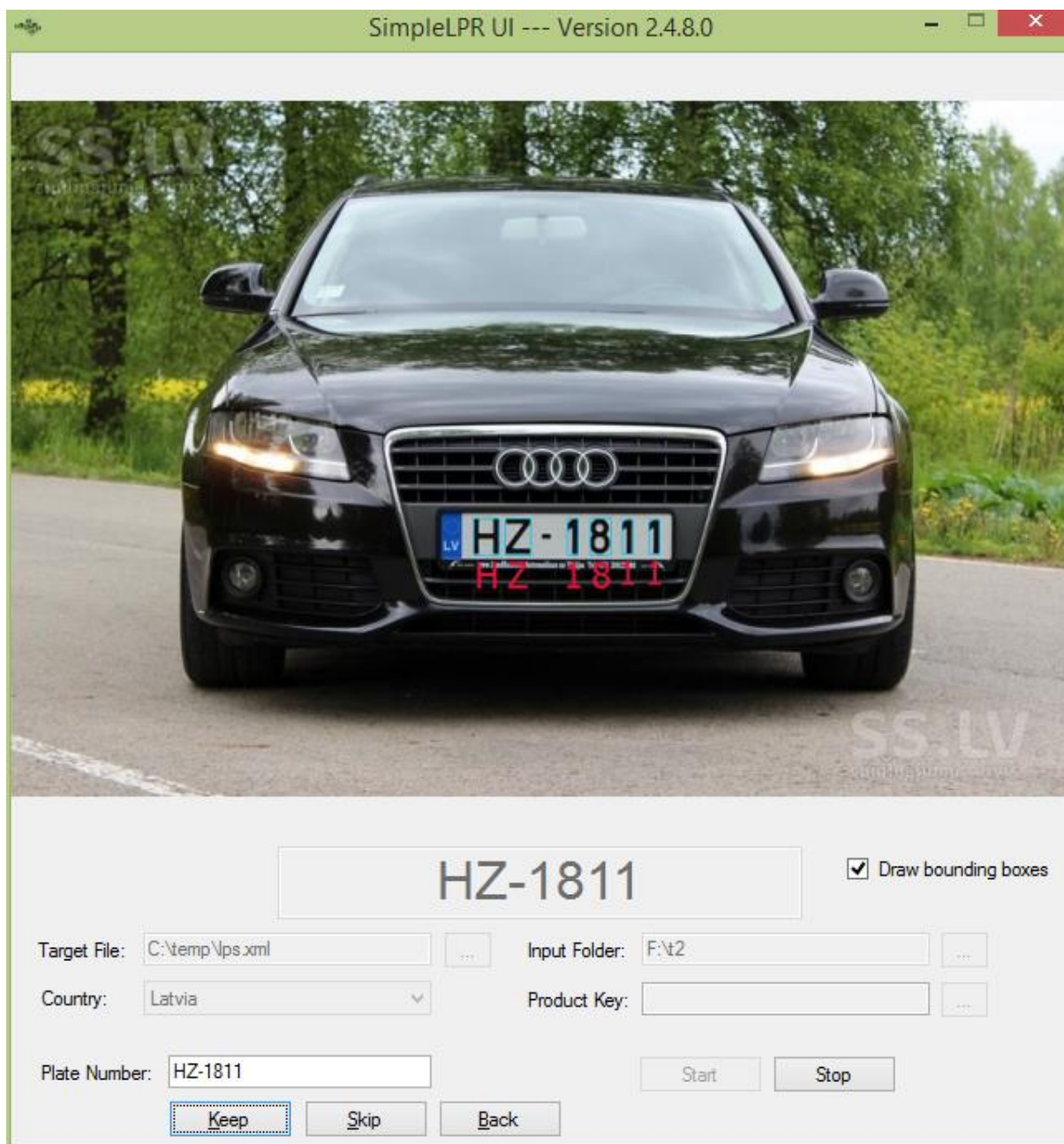


3.2. att. DTK ANPR SDK Demo Application saskarne

Šeit gan varētu vērst uzmanību uz to, ka programma nosaukumā ir burtu salikums SDK, kas no angļu valodas tulkojot nozīmē programmatūras izstrādātāja rīkkopa. Tādējādi, iegādājoties šo rīkkopu, izstrādātājs pats var veikt pielāgojumus un labojumus.

3.3.SimpleLPR

Pēc tam tika testēta programma SimpleLPR. Līdzīgi kā iepriekšējā risinājumā, arī šeit izstrādātāji piedāvā bibliotēkas, lai iekļautu numuru atpazīšanu savā C++ vai .NET lietotnē. Diemžēl šeit netika uzrādīts patērētais laiks numura zīmes atpazīšanai, taču pārslēdzoties starp attēliem, izskatījās, ka atpazīšana notiek nekavējoties, un, spriežot pēc procesora noslodzes, tā notika tieši pārslēgšanās laikā, nevis fonā pie programmas darbības uzsākšanas. Tāpat netika uzrādīta arī numura zīmes precizitāte, taču pārdevējs mājas lapā norāda, ka tā ir apmēram 90% [30].



3.3. att. SimpleLPR lietotāja saskarne

Rezultātā precīzi tika atpazīti 94 no 100 attēliem. Pārējos sešos attēlos pietrūka kāds numura zīmes burts vai tika atrasta kāda cita “numura zīme”, vai arī numura zīme vispār netika atrasta.

3.4.Q-Free demo

Nākamais no pārbaudītajiem risinājumiem bija Norvēģijas uzņēmuma Q-Free numuru atpazīšana demo. Arī Q-Free numuru apstrādei izmanto mākonī. Šis risinājums bija interesants ar to, ka, ja tas bija iespējams, pie numura zīmes atpazīšanas tika parādīta arī valsts. Visos iepriekšējos risinājumos valsts bija jānorāda manuāli. Neskatoties uz to, ka šāda īpašība eksistēja, rezultāti bija ļoti slikti. 27 numura zīmēm valsti nevarēja noteikt, taču pārējām tā tika norādīta kā Norvēģija vai Lielbritānija, dažām arī Nīderlande, Portugāle, Vācija un Zviedrija.



3.4. att. Q-Free demo tīmekļa saskarne

Vidējais patērētais laiks numura zīmes atrašanai un atpazīšanai bija aptuveno 870ms. Taču, neņemot vērā, ka patērētais laiks bija liels un tādējādi arī teorētiski precizitātei vajadzētu būt augstai, tā nebija. Pareizi tika atpazītas tikai 84 no 100 numura zīmēm.

4. REZULTĀTI

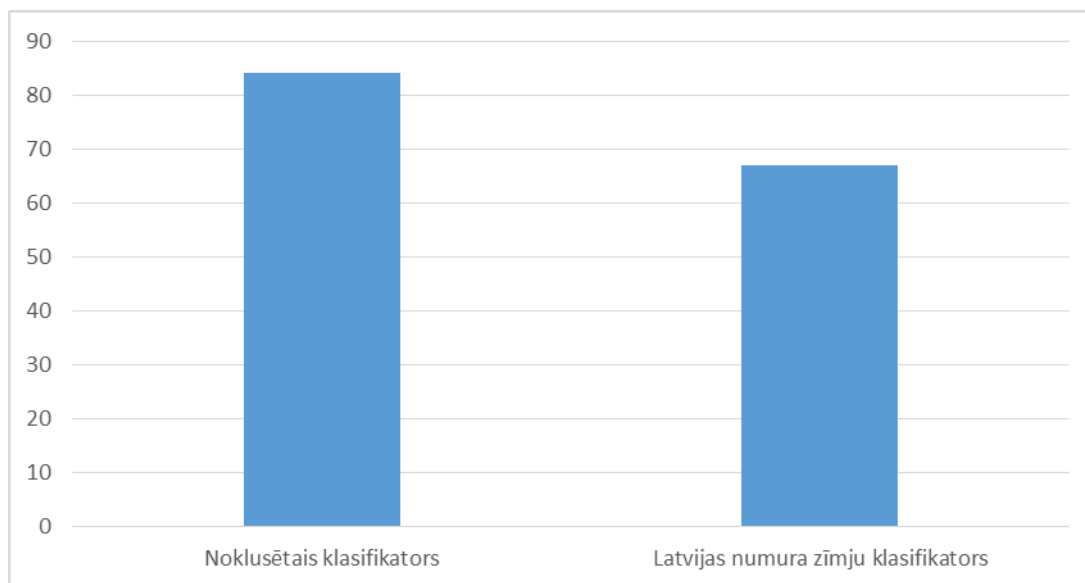
Numura zīmju atpazīšanas testēšana tika veikta izmantojot trīs dažādus trenēto datu failus:

- parasti angļu valodas simboli;
- OpenALPR Eiropas numura zīmju simboli;
- apmācītie Latvijas numura zīmju simboli.

Tāpat tika izveidots arī pilnīgi jauns attēlu klasifikators, kurš paredzēts tikai Latvijas A tipa numura zīmēm.

Video plūsma ir secīgi sekojoši attēli, kurus arī kā attēlus apstrādā numura zīmju atpazīšanas programmatūra Testēšanai tika izmantoti 100 attēli no kuriem pusei numura zīmes bija novietotas tieši pretī kamerai un otrai pusei – slīpi attiecībā pret kameru. Numura zīmēs visi simboli ar aci bija nepārprotami saskatāmi, tāpat arī numura zīmju novietojuma leņķis vizuāli nelikās pārāk liels. Tāpat izlasē tika iekļautas arī numura zīmes ar defektiem. Neviens no attēliem, kas ticis izmantots testēšanai, nav ticis izmantots klasifikatora vai teksta atpazīšanas apmācīšanas procesā.

Kā jau vairākkārt minēts, tad pirmais posms uz numura zīmes atpazīšanu ir tās noteikšana. Izmantojot iepriekš apmācīto OpenALPR klasifikatoru, no 100 attēliem ar numura zīmēm, tās netika atrastas 16 attēlos. Kad tika izveidots jauns klasifikators, rezultāti izrādījās daudz sliktāki – no tiem pašiem 100 attēliem ar numura zīmēm, netika atpazīti vēl papildus 20 attēli. Taču neskatoties uz to, trijos attēlos no tiem, kuros pirmais detektors nespēja atrast nevienu numura zīmi, jaunais apmācītais klasifikators to spēja izdarīt.



4.1. att. Dažādu klasifikatoru atpazīto numura zīmju sadalījums

Pēc tam, kad attēlos ir iespējams atrast numura zīmes, var ķerties klāt to simbolu atpazīšanai. Tika izmantotas tās numura zīmes, ko detektēja OpenALPR iekļautais klasifikators. Kā pirmā datu kopa tika izmantota noklusētā Tesseract angļu valodas simbolu kopa. Iekļaujot visus simbolus, pareizi tika atpazītas 47 numura zīmes no atrastajām 84, kas ir tikai 56%. Šai datu kopai bija problēmas ar simbolu “4”. Tas varētu rasties tādēļ, ka Latvijas numura zīmēs simbols “4” atšķirtas no datora tekstā izmantotā “4”

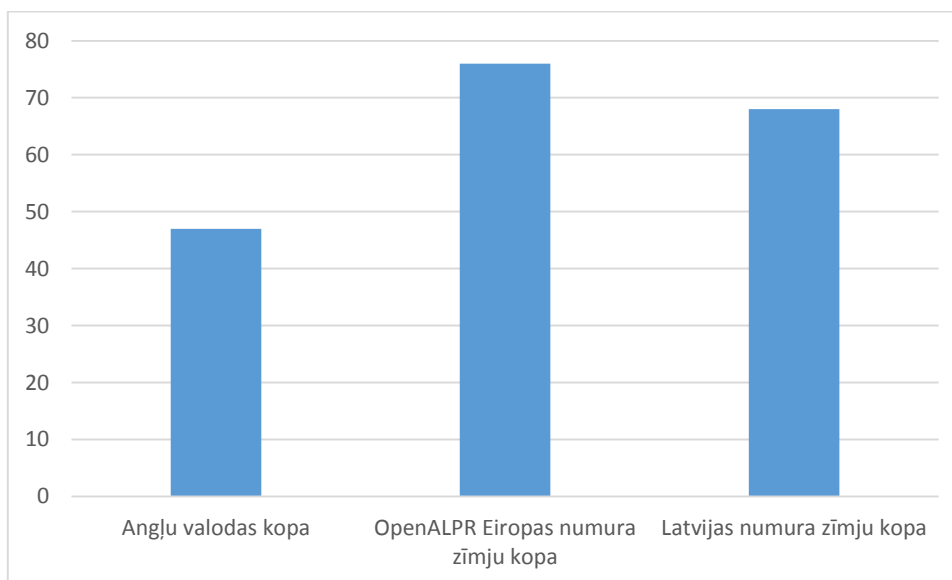
4 4 4 4

4.2. att. DIN 1451, Arial, Times New Roman, Calibri

Ņemot vērā, ka simbols “4” parādās 31 numura zīmē, tad tas būtiski ietekmēja rezultātu.

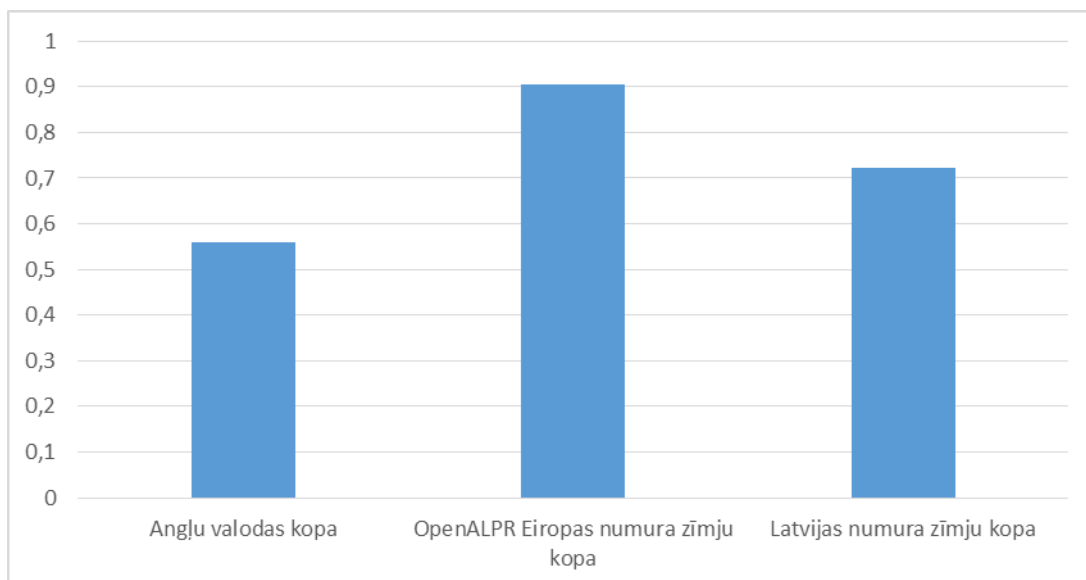
Tālāk tika izmantots OpenALPR Eiropas numura zīmju simbolu kopa. Pareizi tika atpazītas 76 no 84 numura zīmēm. Tas sasniedz jau vairāk kā 90% pareizi atpazītu numura zīmju, kas ir ļoti labs rezultāts. Vēl labāku rezultātu varētu sasniegt, ja šī kopa spētu atpazīt simbolu “8”, jo šīs kļūdas dēļ netika atpazītas veselas 6 numura zīmes.

Pašās beigās tika izmantota speciāli Latvijas numura zīmēm apmācītā datu kopa. Arī tās rezultāts bija līdzīgs iepriekšējai – tika atpazītas 68 no 84 numura zīmēm. Jāatzīst gan, ka ļoti bieži simbols “G” tika aizstāts ar simbolu “6”, taču atšķirībā no iepriekšējās datu kopas un simbola “8”, šis simbols vismaz bija iekļauts rezultātos.



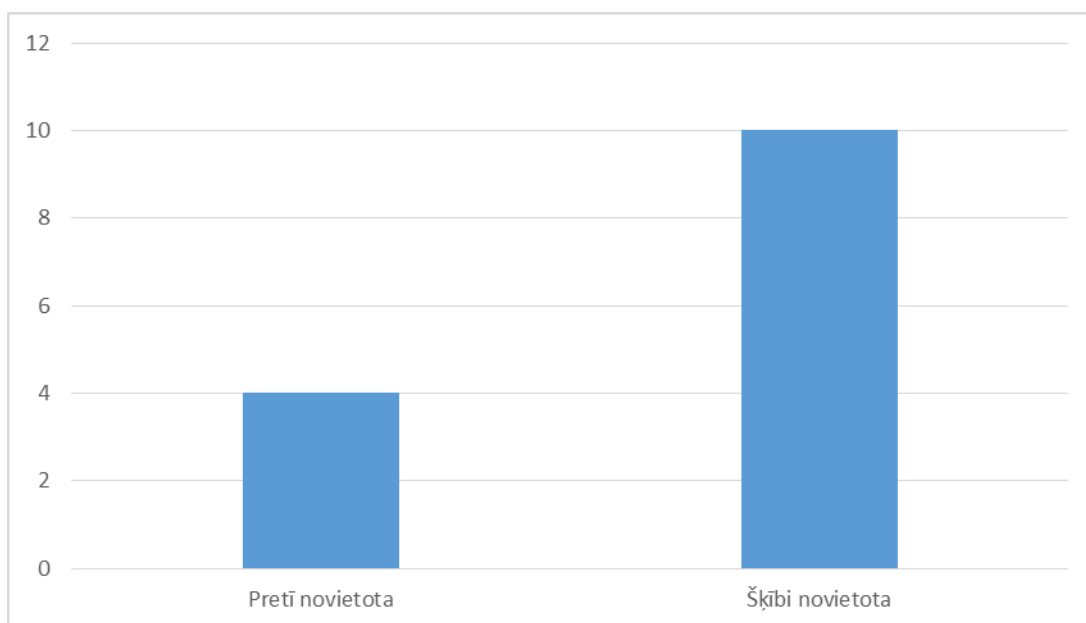
4.3. att. Tesseract atpazīto numura zīmju sadalījums pa datu kopām

OpenALPR savos rezultātos norāda arī atpazīšanas precizitāti un atpazīšanai patērēto laiku. Visām datu kopām precizitāte bija robežās no 90% līdz 91%, savukārt, patērētais laiks būtiski iezīmēja to, cik liela ir datu kopa. Simbolu atpazīšana, izmantojot angļu valodas datu kopu, aizņēma vidēji 40 sekundes, bet, izmantojot tieši numura zīmēm pielāgotās datu kopas – no 26 līdz 29 sekundēm.



4.4. att. Tesseract teksta atpazīšanas precizitātes sadalījums pa datu kopām

Neraugoties uz to, ka attēlā, kurš ir tieši pretī un nav sašķiepts, detektēt numura zīmi un atpazīt tekstu ir vieglāk, četros no 16 attēliem netika atpazīta tieši pretī novietota numura zīme un 10 no 16 attēliem – šķībi novietota numura zīme.

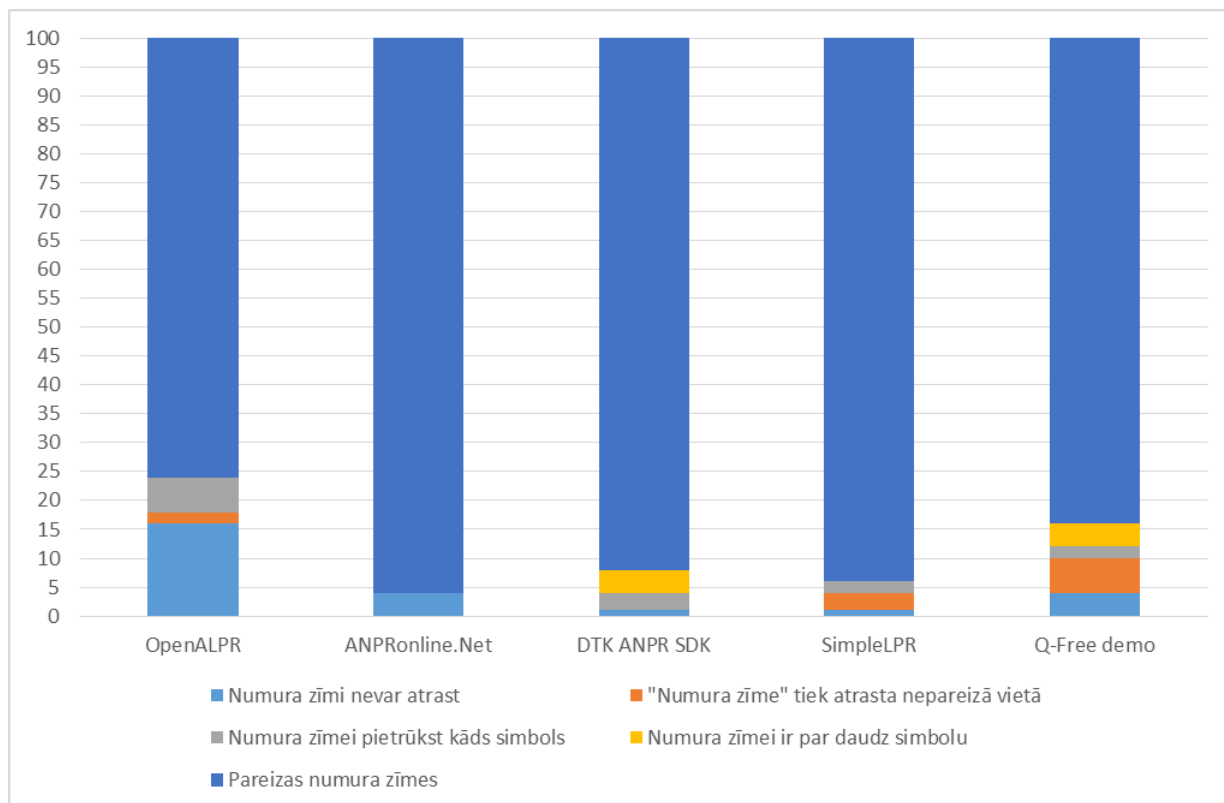


4.5. att. Numura zīmes noteikšanas kļūdu skaits atkarībā no automašīnas novietojuma

OpenALPR labi veica simbolu atpazīšanu numura zīmēs, bet ar numura zīmju noteikšanu attēlos tik labi negāja.

5. SECINĀJUMI

Šajā darbā tika aplūkoti četri dažādi komerciāli numura zīmju atpazīšanas produkti un atvērtā pirmkoda numura zīmju atpazīšanas risinājums OpenALPR. Ar nožēlu jāatzīst, ka neviens no produktiem nespēja 100% tikt galā ar rezultātu, taču, ja ANPRonline.Net spētu atpazīt arī Latvijas numura zīmes, kuras satur vienu vai divus ciparus, tad rezultāts būtu perfekts.



5.1. att. Testēšanas rezultātu apkopojums

Vissliktāko rezultātu no komerciālajiem risinājumiem uzrādīja Q-Free demo, kas vienīgais saturēja visas iespējamās kļūdas, turklāt to bija vismaz divas reizes vairāk nekā konkurentiem. Interesanti, ka DTK ANPR SDK rezultāti sekoja uzreiz aiz Q-Free demo, neraugoties uz to, ka uzņēmums atrodas Latvijā un nodrošina šeit arī numura zīmju atpazīšanu.

OpenALPR ar noklusētajiem treniņa datiem precīzi atpazīna tikai 76% numura zīmes. Apmācot atpazīt tieši Latvijas numura zīmes, tika atpazītas papildus 3 jaunas numura zīmes, bet 19 iepriekš atpazītas vairs neatpazīna. To varētu mēģināt skaidrot ar to, ka apmācīšanai tika izmantots tikai 231 pozitīvs attēls, turklāt, no apmācīšanas procesa – 20 soļiem – izpildījās tikai 11. Iespējams, ka bija nepieciešama lielāka pozitīvo attēlu kopa. Šī bija būtiskākā kļūda OpenALPR darbībā, jo pretējā gadījumā atvērtā pirmkoda programma varētu veiksmīgi konkurēt arī ar DTK ANPR SDK un SimpleLPR. Problēmas radās arī ar Tesseract OCR apmācīšanu, vai precīzāk – OpenALPR nespēja izmantot Tesseract OCR fontu datu failu, kurš tika izveidots bez kādiem kļūdas paziņojumiem. Pozitīvi ir tas, ka izveidotais Tesseract OCR

fonta fails uzrādīja precīzākus numura zīmju atpazīšanas rezultātus, kā arī par ~8% palielināja apstrādes ātrumu. Vienīgā kļūda, kas radās bija nespēja atšķirt simbolu “G” no “6”. No vienas puses, ir skaidri zināms, ka simbols “G” var atrasties tikai pirmajā vai otrajā numura zīmes pozīcijā, līdz ar to šajā pozīcijā esošos simbolus “6” var vienkārši aizstāt ar “G”, iegūstot precīzus rezultātus. No otras puses, pastāv iespēja, ka numura zīmes trešais simbols ir “6” un pirmais simbols nemaz netiek atrasts, tādējādi pareizs simbols “6” tiktu aizstāts ar nepareizu simbolu “G”.

Manuprāt, lai arī pašreiz OpenALPR tomēr nespēj konkurēt ar komerciālajiem risinājumiem, tieši numura zīmes noteikšanas jomā, noteikti ir iespējams to apmācīt un ilgtermiņā ievērojami uzlabot numura zīmju atrašanu. Ar numura zīmju atpazīšanu, ko nodrošina Tesseract bibliotēka, programmai veicās daudz labāk un kļūdu bija salīdzinoši maz.

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

1. GV-LPR Qualified Image Criteria [tiešsaiste]. [atsauce 21.04.2015.]. Pieejams internetā: http://www.geovision.com.tw/english/Datasheet/Quick_Guide_Qualified_Image.pdf
2. GeoVision Inc. LPR / ANPR Camera - GV-LPR CAM 20A [tiešsaiste]. [atsauce 21.04.2015.].
Pieejams internetā: http://www.geovision.com.tw/english/Prod_GVLPRCam20.asp
3. License Plate Recognition, Number Plate Recognition, Numberplate Recognition Software by ARH [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.arhungary.hu/contleft/1082/content.html>
4. Rapier 53IP Hybrid [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.anprcameras.com/wp-content/uploads/2014/10/Rapier-53IP-Hybrid-1014.pdf>
5. IPC-HFW8301E [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.dahuasecurity.com/products/ipc-hfw8301e-626.html>
6. AXIS Q16 Network Camera Series [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: http://www.axis.com/files/datasheet/ds_q16_59000_en_150223_lo.pdf
7. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co. Ltd. [tiešsaiste]. [atsauce 20.04.2015.].
Pieejams internetā: http://overseas.hikvision.com/en/Products_accessories_159_i5483.html
8. Intelligent ANPR Cameras | Rapier IQ Range [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.anprcameras.com/anpr-products/rapier-iq-intelligent-anpr-cameras/>
9. Traffic Solutions - Sicore Automatic Number Plate Recognition [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: http://www.siemens.co.uk/traffic/en/index/productssolutionservices/sicore_anpr.htm
10. Evo8 ANPR Camera | ANPR Systems | CA Traffic [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.].
Pieejams internetā: <http://www.ca-traffic.com/en/ca-solutions/anpr-systems/evo-8-anpr-camera/>
11. Automatic number plate recognition [tiešsaiste]. [atsauce 15.11.2014.]. Pieejams internetā: http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_number_plate_recognition#Algorithms
12. Bal'azs Enyedi, Lajos Konyha, K'alm'an Fazekas REAL TIME NUMBER PLATE LOCALIZATION ALGORITHMS [tiešsaiste]. [atsauce 17.05.2015.]. Pieejams internetā: http://iris.elf.stuba.sk/JEEEC/data/pdf/2_106-02.pdf
13. Vehicle registration plates of Liechtenstein [tiešsaiste]. [atsauce 30.05.2015.]. Pieejams internetā: http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_registration_plates_of_Liechtenstein
14. Shan Du, Mahmoud Ibrahim, Mohamed Shehata, Wael Badawy Automatic License Plate Recognition (ALPR):A State-of-the-Art Review [tiešsaiste]. [atsauce 20.05.2015.].

- Pieejams internetā:
http://www.academia.edu/4540051/Automatic_License_Plate_Recognition_ALPR_A_State-of-the-Art_Review
15. White - In Photos: Top 10 Most Popular Car Colors - Forbes [tiešsaiste]. [atsauce 30.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.forbes.com/pictures/egdh45ijhf/1-white/>
 16. OpenCV-Python: Contours - 3 : Extraction [tiešsaiste]. [atsauce 11.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://opencvpython.blogspot.com/2012/06/contours-3-extraction.html>
 17. Optical character recognition [tiešsaiste]. [atsauce 21.05.2015.]. Pieejams internetā: http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_character_recognition
 18. openalpr [tiešsaiste]. [atsauce 18.05.2015.]. Pieejams internetā: <https://github.com/openalpr/openalpr>
 19. OpenALPR Design [tiešsaiste]. [atsauce 13.12.2014.]. Pieejams internetā: <https://github.com/openalpr/openalpr/wiki/OpenALPR-Design>
 20. OpenCV [tiešsaiste]. [atsauce 14.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
 21. Local binary patterns [tiešsaiste]. [atsauce 24.05.2015.]. Pieejams internetā: http://en.wikipedia.org/wiki/Local_binary_patterns
 22. Viola-Jones Rapid Object Detection Project [tiešsaiste]. [atsauce 30.05.2015.]. Pieejams internetā: <https://www.youtube.com/watch?v=Wwn81tVIR10>
 23. train-detector [tiešsaiste]. [atsauce 08.03.2015.]. Pieejams internetā: <https://github.com/openalpr/train-detector>
 24. Khurram Khurshid, Imran Siddiqi, Claudie Faure, Nicole Vincent Comparison of Niblack inspired Binarization methods for ancient documents [tiešsaiste]. [atsauce 12.05.2015.]. Pieejams internetā: http://www.math-info.univ-paris5.fr/~vincent/articles/DRR_nick_binarization_09.pdf
 25. C++ code for document image binarization [tiešsaiste]. [atsauce 29.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://liris.cnrs.fr/christian.wolf/software/binarize/>
 26. Vehicle registration plates of Latvia [tiešsaiste]. [atsauce 7.04.2015.]. Pieejams internetā: http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_registration_plates_of_Latvia
 27. Number Plate Fonts of Europe [tiešsaiste]. [atsauce 28.05.2015.]. Pieejams internetā: <http://www.leewardpro.com/articles/licplatefonts/licplate-fonts-eur.html>
 28. train-ocr [tiešsaiste]. [atsauce 08.03.2015.]. Pieejams internetā: <https://github.com/openalpr/train-ocr>
 29. Image Clipper [tiešsaiste]. [atsauce 08.03.2015.]. Pieejams internetā: <https://github.com/JoakimSoderberg/imageclipper>

30. Automatic License Plate Recognition [tiešsaiste]. [atsauce 14.05.2015.]. Pieejams internetā: http://www.warelogic.com/SimpleLPR_EN.htm

Bakalaura darbs „Latvijas automašīnu numura zīmju atpazīšana no video plūsmas” izstrādāts LU Datorikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: ***Kristaps Zariņš*** _____ **01.06.2015.**

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: ***docents Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds*** _____ **01.06.2015.**

Recenzents: ***profesors Dr.sc.comp. Guntis Arnicāns***

Darbs iesniegts 01.06.2015.

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Ārija Sproģe _____

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

____.06.2015. prot. Nr. _____

Komisijas sekretārs(-e): _____