

# Uz objektu atpazīšanu bāzēta automātiskā ieroču iedarbināšanas sistēma

Mārcis Priedītis (*M.sc.ing. Zinātniskais asistents, Rīgas Tehniskā universitāte*)

**Abstrakts** – Rakstā ir vispārināti aprakstīti daži automātiskie ieroču iedarbināšanas torņu piemēri un to tehniskie parametri. Ir apskatīti galvenie izmantotie sensori šāda veida torņos un sīkāk izpētīti raksti, kas saistīti ar šāda veida sensorium. Tiek atklātas sensoru efektīvākas izmantošanas iespējas. Ir aprakstītas dažas no lētākajām datorizētājām platformām un kurām varētu tikt uzbūvēta šāda sistēma.

**Atslēgvārdi** – objektu atpazīšana, automātiskā ieroču iedarbināšana, sensori, lāzera attāluma noteicējs, video kameras, infrasarkanās kameras.

## I. IEVADS

ASV armija ir sākusi testēt “gudros ieročus” [1], Korejas Robotu izstādē tiek demonstrēts automātiskais ieroču tornis, kurš var atpazīt cilvēku kilometriem tālu dienā vai naktī, jebkuros laika apstākļos un raidīt uz to dažāda veida munīciju [2], roboti strādā plecu pie pleca ar karavīriem demilitarizētajā zonā starp Ziemeļkoreju un Dienvidkoreju [3], šāda un līdzīga veida informācija parādās masu saziņas līdzekļos reizi pa reizi un liek domāt par to, ka automatizēta ieroču darbība ar minimālu cilvēku iejaukšanos sāk kļūt par normu un šāda veida ieročiem jābūt jebkuras valsts bruņojumā.

Automatizēto cilvēku atpazīšanas torņus pasaulē ražo tādas kompānijas kā DoDAMM [1], Samsung [3], RFAEL [5]. Torņi ir uzstādāmi dažādiem automobiļu modeļiem [5] kā arī tos var uzstādīt statiski kādās konkrētās vietās (Att. 1.) [2][4]. Parasti statistiskie torņi tiek uzstādīti demilitarizētajās zonās, piemēram, starp Ziemeļkoreju un Dienvidkoreju [2], uz Gazas joslas robežas ar Izraēlu, kā arī ir ziņas, ka šādi torņi ir bijuši izmantoti uz ASV un Meksikas robežas, lai novērstu neatļautu iekļūvi ASV teritorijā [4].

Statisko torņu darbības rādiusi atšķiras. Daži no tiem var atpazīt mērķi 3.2 km attālumā, taču tiem nevar ieslēgt pilnīgi autonomās darbības režīmu [3], tas nozīmē, ka torņa operatoram ir jāiedarbina ieroči manuāli. Pieejami arī torņi, kam ir iespējams pilnīgi autonomās darbības režīms, šāda torņa darbības rādiuss ir 2.2 km. [2]

Katra no torņu ražotāju kompānijām ražo dažāda veida torņus. Uz tiem ir uzstādāmi tādi ieroči kā 5.45 mm ložmetēji [4], 12.7 mm ložmetēji, 40 mm automātiskie granātnetēji, [2] dūmu granātu izsviedēji [5], kā arī cita veida ieroči.

Šis zinātniskais raksts ir domāts vairāk kā literatūras apskats tehnoloģijām, kuras varētu tikt izmantots automatizēto ieroču izveidē ar Latvijas Zemessardzes bruņojumā jau esošajiem resursiem tos papildinot ar atsevišķi piepirtām sastāvdaļām.

## II. SENSORU VEIDI TORŅOS

Lai atpazītu cilvēkus, torņi izmanto infrasarkanos sensorus [2][3], kā arī video kameras ar optisko tālummaiņu. Konkrēti [2] avotā ir minēts optiskais palielinājums 35x un CCD (charge coupled device) video kamera. Gan infrasarkanā starojuma sensoru, gan arī video kameras uztverto objektu parametri tiek apstrādāti vienlaicīgi precīzāk nosakot objekta parametrus un atrašanās vietu. Pēc tam, lai vēl precīzētu objekta atrašanās vietu, tiek izmantots lāzera attāluma noteikšanas sensors. Un visbeidzot tiek aktivizēti ieroči, kas neitralizē mērķi. [2]

Videonovērošana ir ļoti izplatīta mūsdienās, tādēļ ir attīstītas arī daudz dažādas attēlu atpazīšanas tehnoloģijas, kuras var tikt izmantotas ar video kameru palīdzību. Izmantojot vienu video kameru, parastā problēma ir tā, ka nevar izsekot vairākiem mērķiem vienlaicīgi [15, 16], kas varētu būt viens no apskatāmo automatizēto ieroču darbināšanas torņu trūkumiem, ja to skaits ir mazs.



Att. 1 Izraēlai piederošā automātiskā ieroču iedarbināšanas sistēma. [4]

Tādēļ [16] tiek piedāvāts izmantot 2 kustīgas, kameras vai arī [15] tiek piedāvāts izmantot vienu nekustīgu platleņķa kameru, kurai ir salīdzinoši maza izšķirtspēja un vienu kustīgu šaurleņķa kameru ar lielu izšķirtspēju. Tas netikai ļauj labāk pārredzēt apvidu, bet arī noteikt apskatāmā objekta atrašanās attālumu, jo abās kamerās redzamā objekta izmēri ir proporcionāli tā attālumam no kameru novietošanas punkta.

Izmantojot šādas kameru kombinācijas [16] tiek panākts, ka 90% gadījumu kāds kustīgs mērķis var tikt izsekots.

Iepriekš apskatītie kameru risinājumi ir derīgi gan iekštelpās, gan ārpus tām [15,16].

Novērošana ar infrasarkanā starojuma kamerām dod priekšrocības reizēs, kad ar parasto videokameru attēls nav saredzams, piemēram, naktīs vai kad novērojama objekts labi saplūst ar apkārtējo vidi. Taču izmantojot šādas kameras ir mazāka varbūtība objekta atpazīšanai, jo apkārtējās vides fona troksnis datorizētā attēla apstrādē daudz vairāk traucē nekā vienkāršas video kameras attēlu apstrādē [17]. Izmantojot infrasarkanā starojuma kameras var rasties grūtības atpazīt objektus, ja tie ir vēsāki par apkārtējo vidi, piemēram, ja cilvēks pārvietojas pa sakarsu asfaltu [18].

Arī tālu esošu objektu atpazīšana var radīt problēmas, jo tie izpaužas, piemēram, kā neliels silts punkts kādā vēsākā apvidū, taču šīs problēmas risinājums ir atrasts ar algoritma palīdzību, kas aprakstīts [18].

Lāzera attāluma noteikšanas sensori tiek izmantoti kustīgu robotu sistēmās lai izvairītos no šķēršļiem [20], tie mūsdienās aizstāj videokameras, kas iepriekš tika stiprinātas, piemēram, industriālo robotu roku galā, lai atpazītu detaļas, kuras tiem jāvar automātiski paņemt. Ar to palīdzību precīzāk var noteikt attālumu līdz objektam [19].

Lāzera attāluma noteikšanas sensora izmantošana objektu atpazīšanai tiek aprakstīta [21]. Tāizceļas ar īpaši ātru objektu atpazīšanas algoritmu.

### III. DATU APSTRĀDE

Cilvēks uztver objektus savā redzes lokā momentāni, taču visi attēlu atpazīšanas algoritmi apstrādā attēlus pikseli pa pikselim, tādēļ jo jaudīgāks un ātrāks dators tiek izmantots aprēķiniem, jo tuvāka cilvēka uztverei ir attēlu atpazīšanas tehnoloģija. Aplūkosim tomēr salīdzinoši lētu (ar personālajiem vai pārnēsājamajiem datoriem) un ne tik ātru skaitļošanas aparatūru, kas ir izmantojama attēlu apstrādei.

#### *Raspberry Pi*

Ir vienkārši izmantojama, lēta datorizēta platforma, kurai var pieslēgt videokameru un uzstādīt attēlu atpazīšanas programmatūru [22]. Ir pieejami apraksti kustību noteikšanas [22], sejas atpazīšanas [23] u.c. sistēmām, kuras var izmantot cilvēku novērošanai un atpazīšanai. Atrodami arī apraksti sistēmām, kuras iekļauj lāzera attāluma noteikšanas iekārtas [24] un arī infrasarkanās gaismas uztveroša kamera ir pieslēdzama šai platformai [25].

#### *Beaglebone*

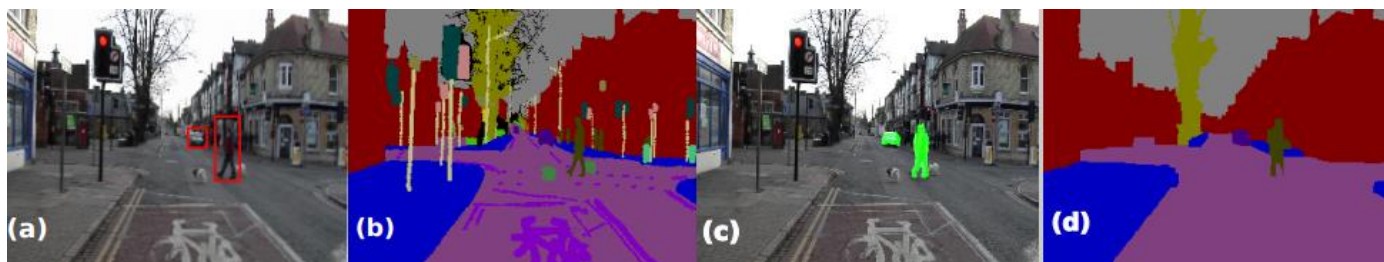
Arī ar šīs platformas palīdzību ir realizējama attēlu atpazīšanas algoritmu darbība [26], kā arī īstenojami citi algoritmi. Atšķirībā no Raspberry Pi šī platforma ir jaudīgāka un līdz ar to nedaudz dārgāka [27].

*Raspberry Pi* un *Beagleboan* tehniskais salīdzinājums redzams tabulā (tabula 1):

TABULA I

RASPBERRY PI UN BEAGLEBONE TEHNISKAIS SALĪDZINĀJUMS

	<i>BeagleBone Black</i>	<i>Raspberry Pi</i>
Bāzes cena	45 (ASV dolāri)	35 (ASV dolāri)
Procesors	1GHz TI Sitara AM3359 ARM Cortex A8	700 MHz ARM1176JZFS
RAM	512 MB DDR3L @ 400 MHz	512 MB SDRAM @ 400 MHz
Datu glabāšana	2 GB iebūvēti platformā eMMC, MicroSD	SD
Video savienojums	1 Micro-HDMI	1 HDMI, 1 Composite
Atļautās attēlu izšķirtspējas	1280×1024 (5:4), 1024×768 (4:3), 1280×720 (16:9), 1440×900 (16:10), 16 bit	640×350 līdz 1920×1200, iekļaujot 1080p
Audio	Stereo caur HDMI	Stereo caur HDMI, Stereo no 3.5 mm spraudņa
Operētājsistēma	Angstrom (pēc noklusējuma), Ubuntu, Android, ArchLinux, Gentoo, Minix, RISC OS, u.c	Raspbian (ieteicamā), Ubuntu, Android, ArchLinux, FreeBSD, Fedora, RISC OS, u.c.
Jaudas patēriņš	210-460 mA @ 5V atkarībā no apstākļiem	150-350 mA @ 5V atkarībā no apstākļiem
Izmantojamās ieejas/izejas	64 izvadi	8 izvadi
Perifērijas iekārtas	1 USB, 1 Mini-USB klients, 1 10/100 Mbps Ethernet	2 USB, 1 Micro-USB barošana, 1 10/100 Mbps Ethernet, RPi kameras ligzda



Att. 2 Cilvēku un automobiļa atpazīšana (a) izmantojot visu attālā esošo objektu atpazīšanas metodi (b), kas apvienota ar no augšas uz leju vērstās segmentācijas metodi(c,d).[34]

Abas iepriekš apskatītās platformas ir domātas dažādiem mērķiem, taču mūsdienās daoru grafisko karšu ražotāji arī sāk atļaut to resursu izmantošanu [28], kas nozīmē ka attēlu apstrāde varētu ar šo karšu palīdzību būt daudz ātrākā par mazliet dārgāku cenu (apmēram 60 ASV dolāri [29]), kā iepriekš minētajām platformām [28]. Piemēram, [28] ir aprakstīta attēlu apstrādes algoritma realizēšana ar NVIDIA GeForce GTX 280 palīdzību. Un beigās tiek secināts, ka datora grafiskās kartes izmantošana pāātrina attēlu atpazīšanas algoritma izpildi 22x salīdzinājumā ar vienkāršiem CPU [28].

#### IV. CILVĒKU ATPAZĪŠANAS ALGORITMI

Cilvēku atpazīšanai var tikt izmantotas tādas tehnoloģijas kā: sejas atpazīšana, kustību sensori, atšķirīgo laukumu atrašanas algoritmi, skaņas uztveršana. Taču šādas salīdzinoši vienkāršas tehnoloģijas var nenostādāt, ja cilvēka seja nav saredzama, tas ir pārāk mazkustīgs, vai cilvēka vietā uztveramajā zonā ienāk kāds zvērs, vai arī cilvēks uzvedās pārāk klusi. [30]

Cilvēka ķermeņa atpazīšanai video kameras attēlā nopitnu ieguldījumu ir devis 1999. gadā veiktais pētījums [31], kas apraksta no mēroga neatkarīgu iezīmju transformāciju (Scale Invariant Feature Transform). Šī metode saglabā attēlā atrastās iezīmes neatkarīgi no to palielinājuma, rotācijas un daļēji atkarīgi no to izgaismojuma un 3D projekcijas. Šīs pieejas uzlabojumu ir aprakstījis tas pats autors [32].

Avotā [33] tiek aprakstīta pieeja ar kuras palīdzību cilvēks tiek uztverts, kā objekts, kas sastāv no detaļām – 2 rokām, rumpja un galvas, kas ir pareizi novietota. Iezīmju atpazīšana tika veikta ar integrālā attēla un Adaboost algoritma palīdzību. Šīs pieejas priekšrocība bija cilvēku atpazīšana vidēs, kur tie var būt aizklāti ar citiem objektiem, piemēram gājēju barā, vai Latvijas apstākļos arī mežā.

Ir aprakstītas arī metodes, kas globālos objektu atpazīšanas algoritmus savieno ar lokālajiem pikseļu mēroga algoritmiem, tādā veidā iegūstot efektīvāku algoritma darbību, kas palīdz atpazīt cilvēkus kompleksās vidēs [34].

Dalal un Triggs [35] ir aprakstījuši algoritmu, kurš ir apmācāms ar vienkāršu iezīmju kopumu – orientētu gradientu histogramām. Un pēc apmācīšanas tas spēj atpazīt cilvēkus. Šīs pašas pieejas izmantošana ir bijusi veiksmīgi izmantota arī videomateriālu apstrādē [36].

#### V. SECINĀJUMI

Tehnoloģiju straujā attīstības rezultātā iespējams, ka autonomās ieroču vadības sistēmas kļūs lētākas

Šāda veida iekārtu izplatība nākotnē var ievērojami pieaugt. Ir nepieciešami ieguldījumi pētniecībā lai varētu sekot šādu sistēmu attīstībai un veiktu nepieciešamo pretdarbību.

Šādu iekārtu precizitāte var pieaugt un tās varētu darboties arī neletālā režīmā.

Lai atrastu piemērotāko risinājumu ir nepieciešams pievērst vairāk uzmanības cilvēku atpazīšanas algoritmu izpētei un pēc iespējas jaudīgākas aprēķinu platformas izmantošanai pieļaujamās cenas robežās (kas jānosaka izpētes sākumā).

Izmantojamā cilvēku atpazīšanas platforma varētu tikt darbināta arī ar mazas precizitātes algoritmiem un sensoriem, tikai būtu nepieciešams lielāks ieroča operatora ieguldījums automatiskās cilvēku atpazīšanas sistēmas darbināšanai.

#### REFERENCES

- [1] BRENDAN MCGARRY, BRENDAN. "U.S. Military Begins Testing 'Smart' Rifles." Defensetech.org. N.p., 15 Jan. 2014. Web. 5 Oct. 2015. <<http://defensetech.org/2014/01/15/u-s-military-begins-testing-smart-rifles/>>.
- [2] Blain, Loz. "South Korea's Autonomous Robot Gun Turrets: Deadly from Kilometers Away." South Korea's Autonomous Robot Gun Turrets: Deadly from Kilometers Away. N.p., 7 Dec. 2010. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.gizmag.com/korea-dodamm-super-aegis-autonomos-robot-gun-turret/17198/>>.
- [3] Prigg, Mark. "Who Goes There? Samsung Unveils Robot Sentry That Can Kill from Two Miles Away." Mail Online. Associated Newspapers, 16 Sept. 2014. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2756847/Who-goes-Samsung-reveals-robot-sentry-set-eye-North-Korea.html>>.
- [4] SHACHTMAN, NOAH. "Israeli 'Auto Kill Zone' Towers Locked and Loaded." Wired.com. Conde Nast Digital, 12 May 2008. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.wired.com/2008/12/israeli-auto-ki/>>.
- [5] RAFAEL. "Samson - RCWS 30." Introducing Cognitive Analytic Therapy(2002): 6-20. RAFAEL Advanced Defense Systems LTD. RAFAEL. Web. 5 Oct. 2015. <[http://www.rafael.co.il/marketing/SIP\\_STORAGE/FILES/8/628.pdf](http://www.rafael.co.il/marketing/SIP_STORAGE/FILES/8/628.pdf)>.
- [6] Defense Industry Daily Staff. "Czech APCs to Carry RAFAELs RCWS-30." Defense Industry Daily RSS News. N.p., 7 Feb. 2006. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.defenseindustrydaily.com/czech-apcs-to-carry-rafaels-rcws30-01845/>>.
- [7] "Defense News Columbia." Army Recognition. N.p., 29 Dec. 2012. Web. 5 Oct. 2015.

- <[http://www.armyrecognition.com/december\\_2012\\_new\\_army\\_military\\_defence\\_industry/army\\_colombia\\_has\\_selected\\_lav\\_iii\\_8x8\\_armoured\\_vehicle\\_for\\_its\\_mechanized\\_infantry\\_units\\_2912123.html](http://www.armyrecognition.com/december_2012_new_army_military_defence_industry/army_colombia_has_selected_lav_iii_8x8_armoured_vehicle_for_its_mechanized_infantry_units_2912123.html)>.
- [8] RAFAEL Advanced Defense Systems LTD. "SAMSON RWS Family." RAFAEL Advanced Defense Systems LTD. N.p., n.d. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.rafael.co.il/Marketing/402-994-en/Marketing.aspx>>.
  - [9] Fablet, Ronan, and Michael J. Black. "Automatic Detection and Tracking of Human Motion with a View-Based Representation." *Computer Vision — ECCV 2002 Lecture Notes in Computer Science* (2002): 476-91. Web. 5 Oct. 2015. <<http://files.is.tue.mpg.de/black/papers/23500476.pdf>>.
  - [10] Enaral Dynamics. "U-Series Dual Field of View Systems." General Dynamics Global Imagining Technologies (n.d.): n. pag. Web. 5 Oct. 2015. <<http://www.gd-imaging.com/Documents/GDGIT%20Datasheets/Products/GDGIT-U-Series-Dual-FoV-Systems%20-%20DS5-213-3.pdf>>.
  - [11] G. Scotti, L. Marcenaro, C. Coelho, F. Selvaggi and C.S. Regazzoni. "Dual Camera Intelligent Sensor for High Definition 360 Degrees Surveillance." *INTELLIGENT DISTRIBUTED SURVEILLANCE SYSTEMS*, 2 Apr. 2005. Web. 5 Oct. 2015. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.411.1398&rep=rep1&type=pdf>>.
  - [12] "A Real Time Dual-camera Surveillance System Based on Tracking-learning-detection Algorithm." *IEEE Xplore*. N.p., n.d. Web. 05 Oct. 2015. <[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6561048&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6561048&tag=1)>.
  - [13] Alessio Del Bue Dorin Comaniciu Visvanathan Ramesh Carlo Regazzoni, 1. "SMART CAMERAS WITH REAL-TIME VIDEO OBJECT GENERATION." *SMART CAMERAS WITH REAL-TIME VIDEO OBJECT GENERATION* (n.d.): n. pag. Web. 5 Oct. 2015. <<http://comaniciu.net/Papers/SmartCameras.pdf>>.
  - [14] A. Bergeron, H. Jerominek, M. Doucet, F. Lagacé, N. Desnoyers, S. Bernier, L. Mercier, M.-A. Boucher, M. Jacob, C. Alain, T. D. Pope. "Dual-Band Dual Field-Of-View TVWS Prototype." *Dual-Band Dual Field-Of-View TVWS Prototype* (n.d.): n. pag. 24 Mar. 2006. Web. 5 Oct. 2015. <<http://www.ino.ca/media/16524/dfov.pdf>>.
  - [15] Shakeri, Moein, and Hong Zhang. "Cooperative Targeting: Detection and Tracking of Small Objects with a Dual Camera System." *Springer Tracts in Advanced Robotics Field and Service Robotics* (2015): 351-64. Web. 5 Oct. 2015. <<http://www.araa.asn.au/fsr/fsr2013/papers/pap139s2.pdf>>.
  - [16] Hsien-Chou Liao, Wei-Yi Chen. "EAGLE-EYE: A DUAL-PTZ-CAMERA SYSTEM FOR TARGET TRACKING IN A LARGE OPEN AREA." *INFORMATION TECHNOLOGY AND CONTROL* 124X 39.1392 (n.d.): n. pag. 2010. Web. 5 Oct. 2015. <<http://itc.ktu.lt/itc393/Liao393.pdf>>.
  - [17] Krzysztof Daniec, Tomasz Warmuz. "Object Detection Using IR Camera." *Springer Link*. N.p., n.d. Web. 05 Oct. 2015. <[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-31665-4\\_11](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-31665-4_11)>.
  - [18] Namrata Vaswani, Amit K Agrawal, Qinfen Zheng, and Rama Chellappa. "Moving Object Detection and Compression in IR Sequences." *Advances in Pattern Recognition Computer Vision Beyond the Visible Spectrum* (2005): 141-65. Web. 5 Oct. 2015. <[http://www.ece.iastate.edu/~namrata/gatech\\_web/Chapter5.pdf](http://www.ece.iastate.edu/~namrata/gatech_web/Chapter5.pdf)>.
  - [19] Andry Maykol Pinto, , Luis F. Rocha , A. Paulo Moreira. "Object Recognition Using Laser Range Finder and Machine Learning Techniques." *Object Recognition Using Laser Range Finder and Machine Learning Techniques*. N.p., n.d. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584512000798>>.
  - [20] Andry Maykol Pinto, , Luis F. Rocha , A. Paulo Moreira. "Object Recognition Using Laser Range Finder and Machine Learning Techniques." *Object Recognition Using Laser Range Finder and Machine Learning Techniques*. N.p., n.d. Web. 05 Oct. 2015. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584512000798>>.
  - [21] Okamoto, Langer, W. ; Mengel, P. K. "3D Object Recognition System Using Laser Range Finder." *IEEE Xplore*. N.p., n.d. Web. 06 Oct. 2015. <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=240384&url=ht tp%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D240384](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=240384&url=ht tp%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D240384)>.
  - [22] Adrian Rosebrock. "Home Surveillance and Motion Detection with the Raspberry Pi, Python, OpenCV, and Dropbox - PyImageSearch." *PyImageSearch*. N.p., 01 June 2015. Web. 06 Oct. 2015. <<http://www.pyimagesearch.com/2015/06/01/home-surveillance-and-motion-detection-with-the-raspberry-pi-python-and-opencv/>>.
  - [23] "Facial Recognition Archives - Raspberry Pi." *Raspberry Pi Facial Recognition Tag*. N.p., n.d. Web. 06 Oct. 2015. <<https://www.raspberrypi.org/blog/tag/facial-recognition/>>.
  - [24] "Raspberry Pi • View Topic - Laser Range Finder with RPi, Arduino and OpenCV." *Raspberry Pi • View Topic - Laser Range Finder with RPi, Arduino and OpenCV*. N.p., n.d. Web. 06 Oct. 2015. <<https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=37&t=10631>>.
  - [25] Liz Upton. "Pi NoIR Infrared Camera: Now Available! - Raspberry Pi." *Raspberry Pi Pi NoIR Infrared Camera Now Available Comments*. N.p., 28 Oct. 2013. Web. 06 Oct. 2015. <<https://www.raspberrypi.org/blog/pi-noir-infrared-camera-now-available/>>.
  - [26] "Beaglebone: Video Capture and Image Processing on Embedded Linux Using OpenCV | Derekmolloy.ie." *Derekmolloyie*. N.p., n.d. Web. 06 Oct. 2015. <<http://derekmolloy.ie/beaglebone/beaglebone-video-capture-and-image-processing-on-embedded-linux-using-opencv/>>.
  - [27] Michael Leonard. "Choose Between Raspberry Pi or BeagleBone Black | Make." *Make DIY Projects HowTos Electronics Crafts and Ideas for Makers*. N.p., 25 Feb. 2014. Web. 06 Oct. 2015. <<http://makezine.com/2014/02/25/how-to-choose-the-right-platform-raspberry-pi-or-beaglebone-black/>>.
  - [28] Seung In Park, Sean P. Ponce, Jing Huang, Yong Cao and Francis Quek. "Low-Cost, High-Speed Computer Vision Using NVIDIA's CUDA Architecture." (n.d.): n. pag. <http://people.cs.vt.edu/>. Web. 6 Oct. 2015. <[http://people.cs.vt.edu/~yongcao/publication/pdf/park\\_aipr08.pdf](http://people.cs.vt.edu/~yongcao/publication/pdf/park_aipr08.pdf)>.
  - [29] "XFX GX280NZDF9 GeForce GTX 280 1GB GDDR3 602MHz PCI Express 2.0 SLI Ready Video Card - Dual DVI / S-video." *Amazon.com: : Electronics*. N.p., n.d. Web. 06 Oct. 2015. <<http://www.amazon.com/XFX-GX280NZDF9-GeForce-602MHz-Express/dp/B001B1R5QO>>.
  - [30] Rishabh, Ish, and Arjun Satish. "Human Detection in RGB Images." (n.d.): n. pag. *UCI Donald Bren School of Information & Computer Sciences*. Web. 9 Oct. 2015. <[http://www.ics.uci.edu/~dramanan/teaching/ics273a\\_winter08/projects/irishabh\\_HumanDetector.pdf](http://www.ics.uci.edu/~dramanan/teaching/ics273a_winter08/projects/irishabh_HumanDetector.pdf)>.
  - [31] David G. Lowe. "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features." (n.d.): n. pag. *UBC Computer Science*. 1999. Web. 9 Oct. 2015. <<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/papers/iccv99.pdf>>.
  - [32] Lowe, David G. "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints." *International Journal of Computer Vision* 60.2 (2004): 91-110. 2004. Web. 9 Oct. 2015. <<https://www.cs.ubc.ca/~lowe/papers/ijcv04.pdf>>.
  - [33] Mikolajczyk, Krystian, Cordelia Schmid, and Andrew Zisserman. "Human Detection Based on a Probabilistic Assembly of Robust Part Detectors." *Computer Vision - ECCV 2004* (2004): 69-82. Web. 9 Oct. 2015.
  - [34] Georgios Floros, Floros, Konstantinos Rematas, and Bastian Leibe. "Multi-Class Image Labeling with Top-Down Segmentation and Generalized Robust P N." (n.d.): n. pag. *RWTH Aachen University*. Web. 9 Oct. 2015. <<http://www.mmp.rwth-aachen.de/publications/pdf/floros-multilabelsegmentation-bmvc11.pdf>>.
  - [35] Dalal, N., and B. Triggs. "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection." 2005 *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)* (2005): n. pag. Web. 9 Oct. 2015. <<http://lear.inrialpes.fr/people/triggs/pubs/Dalal-cvpr05.pdf>>.
  - [36] Dalal, Navneet, Bill Triggs, and Cordelia Schmid. "Human Detection Using Oriented Histograms of Flow and Appearance." *Computer Vision – ECCV 2006 Lecture Notes in Computer Science* (2006): 428-41. Web. 9 Oct. 2015. <<http://users.utcluj.ro/~tmarita/IOC/doc/Human%20Detection/59202d01.pdf>>.
- Marcis Prieditis M. sc. ing.** He graduated from Riga Technical University in 2013 as Master of intelligent robotic systems. Since 2011 is member of research team that puts efforts on efficiency improvement in industrial robotics. Since 2013 is working at Department of Industrial Electronics and Electrical Technologies of Riga Technical University as laboratory assistant. Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering Riga Technical University, Faculty of Power and Electrical Engineering, Latvia, Riga LV-1010, Azenes iela 12/k1. Phone +371 26065753, e-mail: [marcis.prieditis@rtu.lv](mailto:marcis.prieditis@rtu.lv)