

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

JURIS ĶIPLOKS

**AUTOMATIZĒTAS STRĒLNIEKA REZULTĀTU
KONTROLES UN NOVĒRTĒŠANAS SISTĒMAS IZVEIDE**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2011

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

Juris ĶIPLOKS

Doktora studiju programmas „Elektrotehnoloģiju datorvadība” doktorants

**AUTOMATIZĒTAS STRĒLNIEKA REZULTĀTU
KONTROLES UN NOVĒRTĒŠANAS SISTĒMAS IZVEIDE**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
Dr. habil. sc. ing., profesors
I.RAŅĶIS

Rīga 2011

Ķiploks J.
Automatizētas strēlnieka rezultātu kontroles un
novērtēšanas sistēmas izveide. Promocijas darba
kopsavilkums.-R.:RTU, 2011.- 28 lpp.

Iespiests saskaņā ar IEE institūta 2011.gada 06.jūlija
lēmumu, protokols Nr.58



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai».

ISBN 978-9934-10-252-3

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2011.g. 27. decembrī plkst. 13:00 Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 117. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, LZA akadēmiķis Leonīds Ribickis
Rīgas Tehniskā universitāte

Vadošais pētnieks, Inženierzinātņu doktors Leonards Latkovskis
LZA Fizikālās enerģētikas institūts

Profesors, Habilitēts inženierzinātņu doktors Andris Šnīders
LLU TF Lauksaimniecības enerģētikas institūts

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu (vai cita) doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Juris Ķiploks(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 4 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 5 pielikumus, 83 zīmējumus un ilustrācijas, kopā 136 lappuses. Literatūras sarakstā ir 76 nosaukumi.

TĒMAS AKTUALITĀTE

Vajadzība pēc dažādām simulācijas iekārtām Latvijā pēdējos gados ir ievērojami augusi, gan sakarā ar pāreju uz profesionālu armiju, gan palielinoties interesei par ložu šaušanas sportu [6].

Simulatoru izmantošanas prakse pierāda, ka to pielietošana šaušanas apmācībās var samazināt reālo šaušanas nodarbību skaitu un būtiski paaugstina to efektivitāti. Īpaši svarīgi tas ir militārajā jomā, jo, lai nodrošinātu pilnīgu spēku savietojamību, karavīru apmācības process ir jāorganizē atbilstoši NATO alianses prasībām – jāpadara intensīvākas un jāuzlabo tā kvalitāte.

DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Darba mērķis ir pētnieciskā darba rezultātā radīt tādu pilnveidotu automatizētu šāvēja darbību monitoringa sistēmu, kas dotu iespēju novērtēt katra šāvēja sagatavotības līmeni un visīsākajā laikā identificēt trūkumus, kuri traucē sasniegt vislabāko rezultātu.

Darba uzdevumi:

- Jānosaka optimāla simulatora konstrukcija, kas dotu iespēju maksimāli pietuvināt simulācijas apstākļus reālām darbībām;
- Jānosaka faktoru kopums, kas ietekmē šaušanas rezultātu un jāizvērtē to ietekmes būtiskums.
- Jānosaka ieroča ballistiskās īpašības un to iespaids uz šaušanas rezultātu, kā arī iespējas veikt to simulāciju.
- Jāizveido tādas iekārtas darbības princips, kura visoptimālāk varētu novērtēt apmācāmā (šāvēja) sniegumu.

PĒTĪJUMA LĪDZEKĻI UN METODES

Apkopota informācija par ložu šaušanas simulācijas iekārtu loku, analizēti simulatoru uzbūves principi. Analītiski noteikta optimāla simulatora konstrukcija un faktoru kopums, kas ietekmē šaušanas rezultātus. Veikti aprēķini, lai noteiktu ieroču ballistisko īpašību iespaidu uz šaušanas rezultātu, kā arī izvērtēta iespējas veikt to simulāciju. Praktiski izveidots un izmēģināts tādas iekārtas modelis, kura visoptimālāk varētu novērtēt apmācāmā sniegumu. Izstrādāts šādas iekārtas darbības algoritms.

DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE

1. Darbā ir izveidota šaušanas apmācības iekārtu klasifikācija, kura dod iespēju viennozīmīgi definēt šaušanas apmācības iekārtas. Līdz šim nebija skaidri definētas atšķirības starp atsevišķām šaušanas apmācības iekārtām, proti, simulatoriem, trenāžieriem un tehniskajiem palīgīdzekļiem, kā rezultātā radās juceklis, veidojot šādu iekārtu nosaukumus.

2. Līdz šim šaušanas simulatoros, nosakot patieso trāpījuma punktu, netika ņemts vērā ne ieroča stobra pacēluma leņķis, ne ieroča sānu nolieces leņķis. Darbā ir izstrādāta sistēma un trāpījumu aprēķināšanas algoritms atkarībā no ieroča stobra pacēluma un sānu nolieces leņķiem.

3. Saņemts Latvijas patents uz izgudrojumu Nr. 14311 par šaušanas simulatora ieroču nolieču kontroles informatīvo sistēmu.

DARBA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

Darba rezultāti ir izmantojami jaunu šaušanas simulatoru izveidē kā civilām, tā arī militārām un drošības struktūru vajadzībām. Izstrādātā ieroča nolieču kontroles sistēma dod iespēju aprēķināt trāpījuma korekciju atkarībā no ieroča stāvokļa.

DARBA APROBĀCIJA

1. 10th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering”, Igaunija, Pērnavā, 10.-15.01.2011.
2. The 51st International Scientific Conference Power and Electrical Engineering, RTU, Rīga, 14.10.2010.
3. 9th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering”, Igaunija, Pērnavā, 14.-19.06.2010.
4. MSG-069/Symposium on "Use of M&S in: Support to Operations, Irregular Warfare, Defence Against Terrorism and Coalition Tactical Force Integration", Beļģija, Brisele, 15.-16.10.2009.
5. Baltic Defence Research and Technology Conference, Latvija, Rīga, 10.-11.09.2009;
6. 6th International Symposium “Topical Problems In The Field of Electrical and Power Engineering”, Igaunija, Kuresare, 12–17.01.2009.
7. Baltic Defence Technology Exhibition 2008. Research Seminar. Igaunija, Tartu, 23.-27.09.2008.
8. 5th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering”, Igaunija, Kuresare, 14–19.01.2008.

AUTORA PUBLIKĀCIJAS

1. Ķiploks J., Raņķis I. A Hit Correction in Shooting Simulator according Weapon Inclination // 10th International Symposium „Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering“, Igaunija, Pērnavā, 10.-15. janvāris, 2011. - 229.-233. lpp.
2. Ķiploks J., Vjaters J., Raņķis I. Possibilities of Shooting Simulator SAIKU- 8 Improvement // Sekcija Enerģētika un Elektrotehnika. Kopsavilkuma krājums un elektroniskie dokumenti, Latvija, Rīga, 13.-14. oktobris, 2010. - 259.-264. lpp.
3. Ķiploks J., Raņķis I. Development of Shooting Simulator Intelligent Control System // Publication of the 9th International Symposium, Igaunija, Pērnavā, 14.-19. jūnijs, 2010. - 214.-219. lpp.
4. Ķiploks J., Raņķis I. Hibrīdelektriskā piedziņa militārajos transporta līdzekļos // Militārais apskats . - 3/4 . (2009) 87.-95. lpp.
5. Ķiploks J., Raņķis I. Hybrid Electrical Drive for Military Vehicles // Baltic Defence Research and Technology Conference 2009, Baltic Defence Research and Technology Conference 2009, LATVIJA, Rīga, 10.-11. septembris, 2009. - 22-33. lpp.

6. Kiploks J., Vjaters J. Shooting Simulator Structure // RTU zinātniskie raksti. 4. sēr., Enerģētika un elektrotehnika. - 22. sēj. (2008), 118.-126. lpp.
7. Kiploks J., Raņķis I., Vjaters J. Shooting Simulator System // Electronics and Electrical Engineering. - Kaunas, LIETUVA: Department of Electronics Engineering, Kaunas University of Technology,, 2008. - 19.-24. lpp.
8. Kiploks J. Electrical Drive in Military and Civil Ground Vehicles // 5th International Symposium „Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering”, Igaunija, Kuresare, 14.-19. janvāris, 2008. - 155.-158. lpp.
9. Kiploks J., Raņķis I. Small Arms Shooting Simulator Control System’s Operation // 6th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and, Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering, IGAUNIJA, Kuresare, 12.-17. janvāris, 2009. - 67-70. lpp

DOKTORA DISERTĀCIJAS SATURS

IEVADS

1. ŠAUŠANAS SIMULATORU VEIDI UN TO DARBĪBAS PRINCIPI
2. ŠAUŠANAS REZULTĀTU NOVĒRTĒŠANAS PRINCIPI
3. ŠAUŠANAS SIMULATORA IEROČU APRĪKOJUMS ŠĀVĒJA SNIEGUMA MONITORINGAM
4. REALIZĒTĀ DATU APSTRĀDES SISTĒMA ŠAUŠANAS SIMULATORĀ UN TĀS IZPĒTE

SECINĀJUMI PAR DARBU

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

PIELIKUMI

IEVADS

Vajadzība pēc dažādām simulācijas iekārtām Latvijā un īpaši Latvijas bruņotajos spēkos pēdējos gados ir ievērojami augusi, gan sakarā ar pāreju uz profesionālu armiju, gan palielinoties interesei par ložu šaušanas sportu [6]. Lai nodrošinātu pilnīgu spēku savietojamību, karavīru apmācības process ir jāorganizē atbilstoši NATO alianses prasībām – jāpadara intensīvākas un jāuzlabo to kvalitāte.

Atbilstoši ASV zinātnieku pētījumiem, kaujas apstākļos lietderīgi tiek izmantoti mazāk kā 90% no munīcijas [8], lielākā munīcijas daļa tiek izmantota šaušanas procesa imitēšanai. Tādēļ svarīga ir šaušanas simulatoru izmantošana ne vien profesionālā dienesta karavīru apmācību sākuma stadijā, bet arī šaušanas prasmju uzturēšanai un pilnveidošanai.

Šaušanas simulatori nevar pilnībā aizstāt reālas šaušanas nodarbības, jo faktori, kas ietekmē šaušanas precizitāti, ir ļoti daudzveidīgi [9]. Simulatoru izmantošanas prakse pierāda, ka to pielietošana var ievērojami samazināt reālo šaušanas nodarbību skaitu (tikai attiecībā uz šaušanas prasmju uzturēšanu) un būtiski paaugstina to efektivitāti, samazinot nodarbību izmaksas un laiku nepieciešamā apmācību līmeņa sasniegšanai [10].

Atbilstoši Zviedrijas BS veiktajam pētījumam [11], vairāk kā 80% no izlietotās munīcijas tiek izšauta attālumā līdz 50 metriem. Šajā situācijā vadošie šaušanas simulatoru ražotāji koncentrējas galvenokārt uz tā sauktajiem situāciju simulatoriem, kuros galvenais uzsvars tiek likts uz dažādu ieroča pielietošanas situāciju imitēšanu, atstājot otrajā vietā ieroča ballistikās īpašības. Šādu simulatorus parasti izmanto tiesībsargājošās iestādes un šeit galvenais ir reakcijas ātrums. Šādu simulatoru darbība ir vizuāli efektīga un vairāk atgādina videospēli ar šāvēju no pirmās personas (first person shooter). Diemžēl novārtā tiek atstāta pareizu šaušanas iemaņu apguve un augstas atbilstības strēlnieku ieroču simulatoru radīšana. Galvenokārt ar simulatoru izstrādi armijas, tiesībsargājošo struktūru, sportistu un izklaides vajadzībām nodarbojas privātas kompānijas, kuras pirmkārt ir orientētas uz peļņas gūšanu no saviem izstrādājumiem, un šai sakarā informācija par veiktajiem pētījumiem netiek publiskota, vai arī iekārtu darbības vispārīgie principi tiek aizsargāti ar patentiem.

Disertācijas mērķis ir radīt tādu pilnveidotu automatizētu šāvēja darbību monitoringa sistēmu, kas dotu iespēju novērtēt katra šāvēja sagatavotības līmeni un visīsākajā laikā identificēt tos trūkumus, kuri traucē sasniegt vislabāko rezultātu: nepareiza elpošana, šāviena „noraušana”, ieroča leņķiskās novirzes no mērķa asīm, t.i., nodrošināt augstāku apmācības efektivitāti. Parasti šo trūkumu konstatācijai ir nepieciešama pieredzējuša instruktora pastāvīga klātbūtne, kas ne vienmēr ir iespējams, trenējoties individuāli vai lielās grupās.

Šā mērķa sasniegšanai ir jārisina sekojoši uzdevumi:

1. Jānosaka optimāla simulatora konstrukcija, kas dotu iespēju maksimāli pietuvināt simulācijas apstākļus reālām darbībām;
2. Jānosaka faktoru kopums, kas ietekmē šaušanas rezultātu un jāizvērtē to ietekmes būtiskums.
3. Jānosaka ieroča ballistikās īpašības un to iespaids uz šaušanas rezultātu, kā arī iespējas veikt ballistisko īpašību ietekmju simulāciju.
4. Jāizveido tādas iekārtas darbības princips, kura visoptimālāk varētu novērtēt apmācāmā (šāvēja) sniegumu.

Promocijas darba 1. nodaļa ir veltīta šaušanas simulatoru darbības principu izvērtēšanai un pasaules pieredzes apkopšanai ar mērķi noteikt optimālu šaušanas simulatora konstrukciju treniņu veikšanai.

2. nodaļā tiek aplūkoti šaušanas rezultātu novērtēšanas principi ar mērķi noteikt objektīvus kritērijus, ka arī iespējamā dažādu faktoru ietekme uz šaušanas rezultātu ar mērķi noteikt to īpatsvaru pareizu šaušanas iemaņu veidošanā.

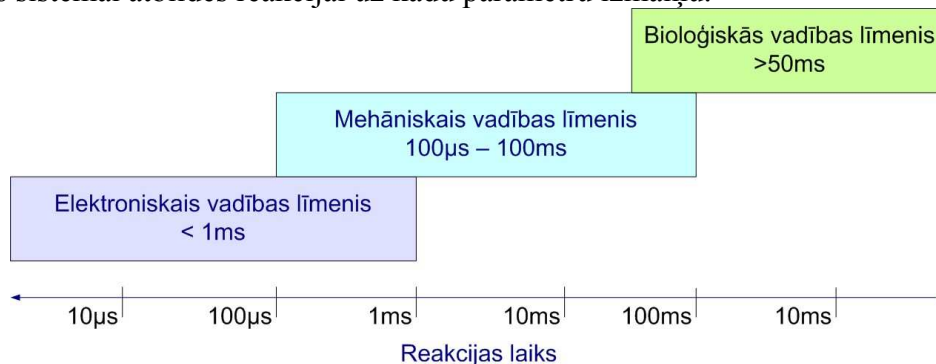
3. nodaļā tiek aplūkots iespējamais simulatora ieroču aprīkojums ar mērķi noteikt nepieciešamo papildierīču veidu un skaitu veiksmīgam šāvēja snieguma monitoringam.

4. nodaļā tiek aprakstīti automatizētas šaušanas rezultātu novērtēšanas sistēmas darbības principi un tās praktiskās pielietošanas iespējas.

1. ŠAUŠANAS SIMULATORU VEIDI UN TO DARBĪBAS PRINCIPI

Pēc firmas Haskett Consulting inc. veiktā pētījuma [4] rezultātiem cilvēki atceras tikai 20% no redzētā, 40% no redzētā un dzirdētā un 70% no tā, kas ir redzēts, dzirdēts un praktiski darīts. Atbilstoši šī pētījuma rezultātiem ir pilnīgi skaidrs, ka pastāvīgi treniņi ir pilnvērtīgas apmācības neatņemama sastāvdaļa. Viena no prioritātēm, ieviešot apmācības simulācijas iekārtas, ir saistīta ar mācību procesa izmaksu samazināšanu.

Simulācijas iekārtas vadības sistēma darbojas 3 nosacītos līmeņos (1.att.), proti, elektroniskajā, mehāniskajā un bioloģiskajā [19]. Šāds uzdevumu sadalījums ir saistīts ar laiku, kas nepieciešams sistēmai atbildes reakcijai uz kādu parametru izmaiņu.



Att.1. Simulatora vadības līmeņu sadalījums

Pirmais no vadības līmeņiem ir bioloģiskās vadības līmenis, kurā jānodrošina simulatora darbības stratēģiskās vadības lēmumu pieņemšana. Vadības programmas šajā līmenī ir vissarežģītākās, tomēr šajā līmenī nav nepieciešama augsta ātrdarbība. Rezultātu aizture programmas izejā šeit var pārsniegt 1/20s vai 50 ms. Šis reakcijas laiks ir salīdzināms ar cilvēka reakcijas ātrumu uz procesiem, kurus kontrolē centrālā nervu sistēma. Šaušanas simulatoros šādi procesi ir, piemēram, trāpījuma noteikšana.

Mehāniskajā vadības līmenī tiek nodrošināts normāls mehānisko daļu darbs, piemēram, elektromehānisko vārstu, motoru, elektromagnētu u.c. Šis ir pats vienkāršākais programmēšanas līmenis, jo šeit mehānisko procesu vadībai tiek lietoti elektrisko signālu pārtraukumi. Reakcijas laiks šeit var būt diapazonā no 100µs līdz 100ms. Šai līmenī labākos rezultātus var iegūt izmantojot mikrokontrollerus.

Elektroniskais vadības līmenis nodrošina dažādu simulatora elektronisko bloku savstarpējo komunikāciju un sadarbību. Tāpat šai līmenī tiek realizētas interfeisa ievada/ izvada funkcijas. Šī līmeņa programmām ir jānodrošina maksimāla ātrdarbība. Parasti šīs programmas nav pārāk sarežģītas, bet tās ir jāsasaista ar procesiem, kuri norit citos vadības līmeņos.

Šaušanas simulatoriem pastāv dažādi ierobežojumi un papildus prasības to pielietošanā. Pirmkārt, tās ir drošības prasības, kuras attiecas uz simulācijā izmantojamajiem ierociem un to darbības blakusproduktiem.

Otrkārt, ir augstas darbības realitātes nodrošināšanas prasības.

Treškārt, ir jānodrošina simulāciju pieejamība un ekonomiskā efektivitāte. Šaušanas simulatoram ir jānodrošina nodarbību pieejamība apvidū vai telpās, kas nav speciāli piemērotas šaušanas nodarbībām, tai pašā laikā saglabājot realitātes izjūtu un personāla drošību.

Mūsdienīgam šaušanas simulatoram ir jānodrošina ne vien individuāla strēlnieka šaušanas apmācība, bet arī strēlnieku grupas vienlaicīga apmācība, trenējot sadarbības iemaņas. Jautājumi, kuri ir saistīti ar strēlnieku grupu šaušanas apmācību izmantojot šaušanas simulatorus, pilnībā vēl nav atrisināti.

Prasības šaušanas simulatoram var īsi formulēt sekojoši: tā ir šaušanas plašas pieejamības un augstas realitātes nodrošināšana, saglabājot pilnīgu drošību šaušanas simulācijas laikā gan apmācāmajiem, gan apkārtējiem un videi.

Šobrīd ne Latvijā, ne pasaulē nepastāv kāda vienota šaušanas apmācību iekārtu klasifikācija, kādēļ katrs ražotājs vai izstrādātājs savus izstrādājumus nosauc atbilstoši saviem priekšstatiem - simulators, imitators, trenāžieris, interaktīvās iekārta, virtuālās šautuve utt. Neraugoties uz šo

iekārtu nosaukumu daudzveidību, bieži gadās, ka dažādos avotos viena un tā pati iekārta tiek dēvēta dažādi. Daļēji šis juceklis ir saistīts ar to, ka latviešu valodā šo terminu skaidrojumi ir neviennozīmīgi un to lietošanas kritēriji izplūduši. Šī iemesla dēļ šā darba ietvaros darbā izveidota šaušanas apmācību iekārtu vienota klasifikācija, ilustrējot to ar praktiskiem piemēriem.

Mēs varam šaušanas apmācības iekārtas iedalīt 4 galvenajās grupās:

Šaušanas trenāžieri – mehāniskas, elektriskas vai elektromehāniskas iekārtas, kas paredzētas šaušanai nepieciešamo iemaņu un pamatprasmju apguvei.

Šaušanas simulatori – datorizētas iekārtas, kuras imitē realitātei pietuvinātus šaušanas apstākļus.

Interaktīvās šautuves – iekārtas, kurās tiek izmantoti reāli ieroči ar reālu vai samazinātas jaudas munīciju, bet mērķa projicēšana un trāpījumu koordināšu nolasīšana ir datorizēta.

Tehniskie palīgīdzekļi – tādas mehāniskas vai optiskas iekārtas, kā arī datorprogrammas, kuras izmanto atsevišķu šaušanas prasmju trenēšanai vai kļūdu identificēšanai.

Šaušanas trenāžierus sīkāk varētu iedalīt sekojoši [25]:

1. Motorikas trenāžieri;
2. Tēlu atpazīšanas trenāžieri;
3. Algoritmiskie trenāžieri;
4. Avārijas trenāžieri;
5. Lēmuma pieņemšanas trenāžieri.

Mūsdienās arī trenāžieru sastāvā var būt dators, tomēr atšķirībā no simulatoriem, šeit dators pilda palīgfunkcijas – kļūdu uzskaiti, laika kontrole, rezultātu apkopošana un uzskaiti u.c.

Šaušanas simulatori pamatā tiek pieskaitīti pie virtuālajiem simulatoriem. Šāda nostādne sasauca arī ar simulatora definīciju - vides un apstākļu imitācija.

Šaušanas simulatoru grupā varētu izdalīt vairākas apakšgrupas:

1. Optiskie simulatori, kuri savukārt sīkāk dalās:

- a. Lāzera simulatoros, kuros trāpījuma noteikšanai tiek izmantots gan tiešais, gan atstarotais lāzera stars;

- b. Optoelektroniskie šaušanas simulatori - šeit trāpījuma noteikšanai tiek izmantoti optiskie sensori.

2. Netiešās uguns simulatori – iekārtas, kur trāpījuma noteikšanai tiek izmantota ieroča stobra stāvokļa izmaiņu reģistrēšana.

3. Trāpījuma simulatori – simulatori, kur trāpījuma vietas noteikšanai tiek izmantots fizisks ķermenis.

4. Virtuālie šaušanas simulatori. Šādos simulatoros tēmēšana notiek virtuāli, neizmantojot ieroča mehāniskās vai optiskās tēmēšanas iekārtas.

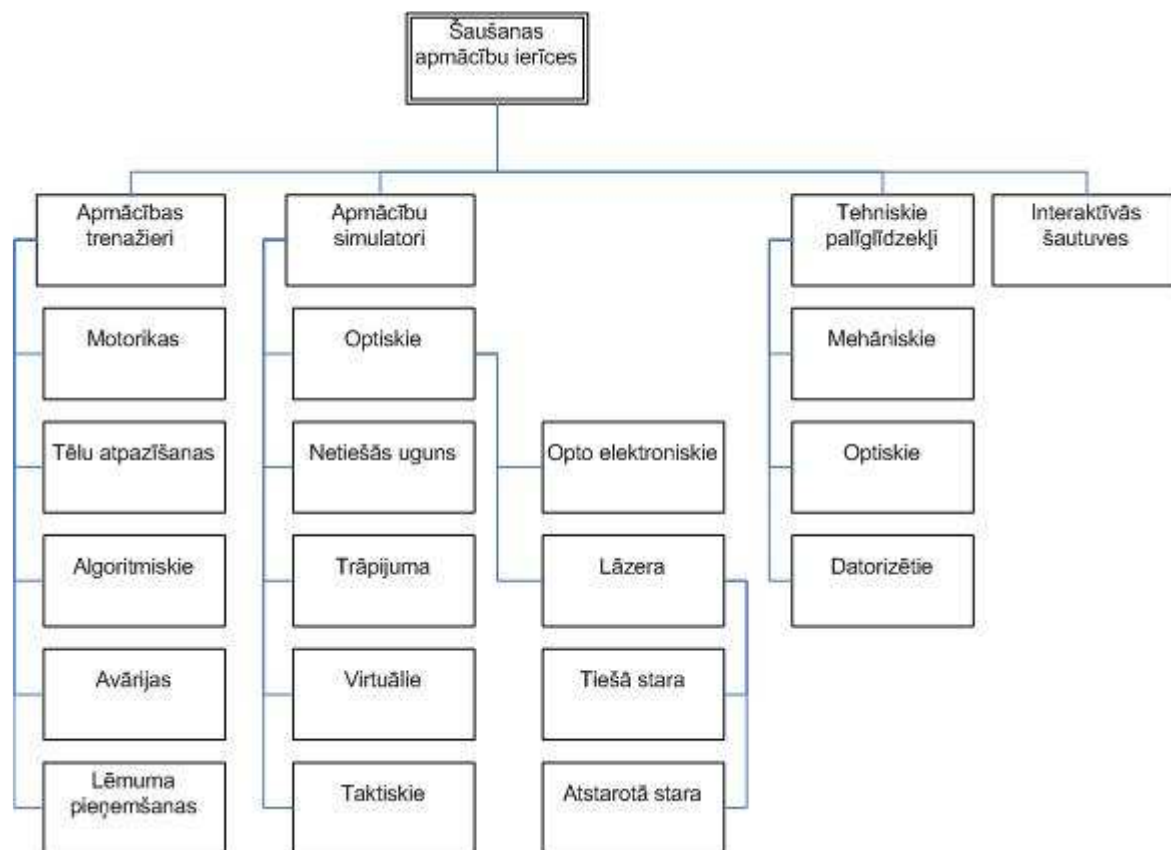
5. Lauka taktiskie šaušanas simulatori; šie simulatori paredzēti taktisko apmācību organizēšanai gan telpās, gan lauka apstākļos. Lauka taktiskie simulatori pamatā ir apgādāti ar lāzera izstarotājiem, bet ASV tiek veikti pētījumi, lai lāzera izstarotājus aizstātu ar radio impulsa raidītājiem [26]. Balstoties uz iepriekš minēto, varam izveidot šaušanas apmācību ierīču klasifikāciju, kura parādīta attēlā 2. Bez minētā iedalījuma visas šaušanas apmācību iekārtas var iedalīt atkarībā no to izmantošanas vides - telpu, āra, universālās.

Tāpat arī atkarībā no treniņu veida šaušanas apmācību iekārtas var iedalīt individuālās un kolektīvās apmācības iekārtās (apkalpe, vienība). Šaušanas simulatoru izvērtēšana ir sarežģīta un nav viennozīmīga. Galvenokārt to, kādu konkrētu simulācijas iekārtu izvēlēties, nosaka mērķis, kādam tas kalpos. Tāpat ir jāzina visi ierobežojumi, kuri ir saistīti ar iekārtas ekspluatācijas apstākļiem. Nav mazāk svarīgs arī iekārtas ekspluatācijas un servisa nodrošinājums. Šajā situācijā par galveno iekārtu salīdzināšanas kritēriju var kalpo to ekonomiskās efektivitātes novērtēšana un salīdzināšana. Šāda metodika tika izstrādāta militāro simulācijas iekārtu ekonomiskās efektivitātes (Cost Effectiveness) izvērtēšanai NATO Zinātnes un pētniecības organizācijas (RTO) Modelēšanas un simulāciju grupas (MSG) pētījumā [46].

Kopumā simulatoru izmantošanai apmācību procesā vajadzētu dot vairākas priekšrocības - padarīt apmācības procesu intensīvāku, relatīvi lētāku un drošāku.

Nedaudz atšķirīgi varētu būt kritēriji, kuri tiek izvēlēti tiem simulatoriem, kuri tiek izmantoti izklaides vajadzībām, tomēr arī šeit, liela nozīme ir tīri finansiāliem apsvērumiem.

Izvērtējot iepriekš minētos simulatorus atbilstoši šai metodikai, varam noteikt atbilstošākos simulatorus noteiktu uzdevumu veikšanai.



Att.2. Šaušanas apmācību iekārtu klasifikācija

Kopumā simulatoru izmantošanai apmācību procesā vajadzētu dot vairākas priekšrocības - padarīt apmācības procesu intensīvāku, relatīvi lētāku un drošāku. Nedaudz atšķirīgi varētu būt kritēriji, kuri tiek izvēlēti tiem simulatoriem, kuri tiek izmantoti izklaides vajadzībām, tomēr arī šeit, liela nozīme ir tīri finansiāliem apsvērumiem.

Izvērtējot iepriekš minētos simulatorus atbilstoši šai metodikai, varam noteikt atbilstošākos simulatorus noteiktu uzdevumu veikšanai.

Simulatoriem, kuri paredzēti sportistu (klasiskajās šaušanas disciplīnās) treniņiem svarīgākais ir veikt sportistu prasmju uzturēšanu un sekošanu noteiktām treniņu metodikām, šeit ne tik svarīgi ir nodrošināt ieroča autentisku darbību, proti, atsitienu imitēšanu, cik svarīgi ir iegūt atskaiti par sportista kondīciju un darbībām pirms šāviena (puls, elpošana, ieroča kustība, mēlītes nospiešanas spēks). Šādām vajadzībām vislabāk piemēroti ir Somijas firmas Notpel un Krievijas uzņēmuma SKATT simulatori. Neraugoties uz Noptel simulatora ST-2000 Sport II un SKATT simulatoru līdzīgajiem tehniskajiem raksturojumiem [15, 16], priekšroka tomēr būtu dodama pēdējiem, jo:

1. Ir realizēta bezvadu sasaiste starp sensoru un datoru.
2. Ir papildus sensori, kas dod iespēju reāli kontrolēt mēlītes nospiešanas spēku un šāvēja pulsu.
3. Iekārtas SKATT WS1 ar bezvadu sensoru cena pie ražotāja ir aptuveni 850 EUR, kas ir lētāk kā firmas Noptel simulatoram.

Šo simulatoru galvenais trūkums ir tas, ka nav iespējams dinamiski mainīt mērķu izmērus. Praktiskās šaušanas disciplīnu piekritējiem daudz iemērotāks ir kompānijas „Laser Shot” simulatori, kur tiek izmantoti lāzera izstarotāji un attēls tiek projicēts uz ekrāna.

Medību simulatoros svarīgi ir saglabāt mērķa dinamiku diezgan plašā laukumā, bet ņemot vērā to, ka strēlnieka pozīcija ir stacionāra, var izmantot arī ieročus, kas saistīti ar simulatoru, izmantojot datu pārraides kabeli.

Tiem šaušanas simulatoriem, kurus izmanto tiesībsargājošās struktūras, ir nepieciešams plašs simulēto situāciju klāsts, turklāt nepieciešama arī augsta vizualizācijas realitātes pakāpe. Simulācijās lielāks uzsvars tiek likts uz reakcijas ātrumu un nevis ieroču ballistikajām niansēm. No visa iepriekš minētā var secināt, ka gandrīz vai ideāls šajā gadījumā ir firmas „Laser Shot” simulatori TWS-DT.

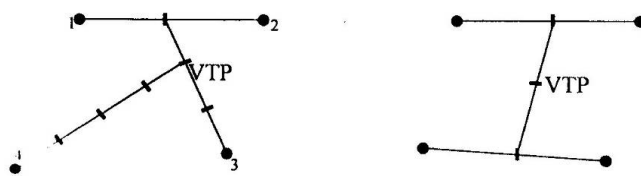
Visaugstākās prasības pret simulatoriem ir militārās struktūrās un to nosaka gan kaujas operāciju, gan apmācības specifika: pirmkārt runa ir par relatīvi lielu grupu apmācīšanu šaušanas prasmēm ierobežotā laikā (karavīra pamatprasmju apgūšana dienestā iesauktajiem jauniešiem), otrkārt militāro kājnieku vienību rīcībā ir plašs šaujamo ieroču klāsts sākot ar pistolēm un beidzot ar automātiskajiem un prettanku granātmetējiem, treškārt šie ieroči tiek lietoti vienlaikus vienības (grupas) vingrinājumos, kas nosaka nepieciešamību identificēt katra ieroča trāpījumus, ceturtkārt liela ir ieroču pielietošanas attālumu amplitūda, kas nosaka nepieciešamību izvērtēt katra konkrētā ieroča ballistiku, turklāt ieroči tiek izmantoti gan šaujot savrupšāvienu režīmā, gan šaujot kārtām, piektkārt ļoti plašs ir militāro operāciju klāsts, kas ietver sevī sākot ar aizsardzības operācijām stacionārās pozīcijās līdz ofensīvam šķēršļotā apvidū. Militārie šaušanas simulatori var būt integrēti arī augstākā līmeņa virtuālajos simulatoros kā elements, kas reprezentē vienības kaujas spējas, kur augstākā līmeņa simulators ģenerē situācijas attēlu ar mērķiem. Vistuvāk ideālam šajā grupā ir kompānijas Meggitt Training Systems simulatori CST-300D kurš spējīgs darboties kopā ar virtuālo simulatoru JCATT. Daļēji augstās šo simulatoru izmaksas, daļēji atšķirības šaušanas apmācību specifika liek katrai valstij radīt savus militāros šaušanas simulatorus.

Iekļaujot šaušanas simulatorus taktisko simulāciju sastāvā, ir svarīgi nodrošināt to fiksētās informācijas, proti, informācijas par šaušanas rezultātiem, uzkrāšanu, apstrādi un pārsūtīšanu. Simulatoriem, kuri paredzēti šaušanas prasmju apgūšanai, jāspēj apkopot un analizēt informāciju, kura ir saistīta ar šāvienu izdarīšanas apstākļiem, proti, šāvēja fizioloģisko stāvokli (pulss, elpošana), ieroča stāvokli (mēlītes nospiešanas spēks, stobra kustība, ieroča sānu nolieces un pacēluma leņķi). Tas nepieciešams, lai varētu identificēt šāvēja iespējamās kļūdas, vai veikt specifiskus vingrinājumus un šai nolūkā simulatorā jābūt integrētiem atbilstošiem sensoriem.

2. ŠAUŠANAS REZULTĀTU NOVĒRTĒŠANAS PRINCIPI

Šaujot ar vienu ieroci nemainīgos apstākļos, dažādu gadījuma rakstura iemeslu rezultātā ložu trāpījuma punkti atšķiras. Šo parādību sauc par izkliedi [48].

Izkliedes laukums parasti pieņem apla vai elipses veida formu un jo lielāks ir šāvienu skaits, jo precīzāk šī likumsakarība izpildās. Parasti izkliedes laukumā ložu trāpījumi ir izvietoti nesimetriski, ar tendenci grupēties tuvāk izkliežu laukuma centram [41]. Izkliedes laukumā var noteikt vidējo trāpījuma punktu pret kuru visi trāpījumi izvietoti simetriski (3.att.).



Att. 3. Grafiska vidējā trāpījuma punkta noteikšana izmantojot nogriežņu dalīšanas metodi

Praksē nelielam trāpījumu skaitam (līdz 5 trāpījumiem) vidējo trāpījuma punktu nosaka grafiski izmantojot nogriežņu dalīšanas metodi, kā parādīts att. 3. Lielākam trāpījumu skaitam izmanto metodi, kad trāpījumus sagrupē pēc skaita četrās grupās, tās atdalot ar asu līnijām.

Pēdējā gadījumā parasti izmanto caurspīdīgu trafaretu, kurā iezīmētas savstarpēji perpendikulāras asis. Parasti tās papildina ar apli 10 cm diametrā, kas atbilst mērķa centram, lai noteiktu cik no trāpījumiem atrodas ārpus pieļaujamās izkliedes.

Iepriekš aprakstītās metodes ir samērā ērtas lietošanai lauka apstākļos, tomēr grūti realizējamas datorizētā izpildījumā. Matemātiski vidējo trāpījuma punktu atrod aprēķinot vidējo aritmētisko novirzi uz koordinātu asīm

Šī metode ir ļoti labi izmantojama datorizētās sistēmās. Šāda metode pilnībā atbilst tam, kā šaušanas simulatorā tiek noteikts trāpījuma punkts, proti, uztverošās kameras mērķa attēla vienā stūrī, parasti augšējā vai apakšējā kreisajā stūrī (šajā gadījumā visas koordinātes ir ar vienādu zīmi) izvēlas koordinātu asu sākumpunktu un visas trāpījuma koordinātes tiek rēķinātas izejot no šī punkta, tādējādi, katram trāpījumam un mērķa centram jau ir savas koordinātes vienotā koordinātu sistēmā [41].

Tā nosakot vidējā trāpījumu koordinātes uz x un y ass lieto formulas (1) (2)

$$S_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad , \quad (1)$$

$$S_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{N} \quad , \quad (2)$$

kur S_x un S_y ir vidējā trāpījuma punkta koordinātes pēc i -tā trāpījuma ar koordinātēm x_i un y_i . N – ir trāpījumu skaits.

Katra šāviena attālumu no grupas centra d_s aprēķina pēc formulas

$$d_s = \sqrt{(x_i - S_x)^2 + (y_i - S_y)^2} \quad . \quad (3)$$

Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra D_s

$$D_s = \frac{\sum_{i=1}^N d_{s_i}}{N} \quad . \quad (4)$$

Nosakot vidējo trāpījuma punktu, mēs varam nosacīti novērtēt šaušanas kvalitāti. Šāda metodika tiek izmantota ASV armijā [49].

Šaušanas simulatoros šos lielumus ir jāpārreķina pēc katra trāpījuma. Gadījumā, ja trāpījums atrodas ārpus mērķa lauka, kuru uztver kamera, trāpījums netiek fiksēts un rezultāts netiek pārreķināts.

Lai elektroniski izvērtētu šaušanas rezultātus, svarīgi ir ne vien zināt kāds ir vidējais trāpījuma punkts un cik blīva ir trāpījumu kopa, bet arī cik tālu no centra atrodas vidējais trāpījuma punkts [45]. Ideālā gadījumā vidējais trāpījuma punkts sakrīt ar mērķa centru. Lai noteiktu summāro kļūdu, var aprēķināt katra šāviena novirzi no mērķa centra

Šāviena novirze no mērķa centra d_c tiek aprēķināta izmantojot formulu (5), kurā x_c un y_c ir mērķa centra koordinātes uz x un y ass:

$$d_c = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad . \quad (5)$$

Šai gadījuma svarīgs ir ne vien attālums, bet arī virziens, lai varētu koriģēt tēmēšanu. Šajā gadījumā lietderīgi būtu arī norādīt ne vien attālumu, bet arī korekcijas virzienu, par pamatu ņemot horizontālo (x) asi. Leņķis σ ir leņķis starp horizontālo asi un taisni, kura veidojas savienojot mērķa centru un trāpījuma punktu, kura tangensu aprēķina izmantojot formulu (6):

$$tg\sigma = \frac{y_i - y_c}{x_i - x_c} \quad . \quad (6)$$

Kopēja trāpījumu novirze no mērķa centra tiek aprēķināta izmantojot formulu

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^N d_{c_i}}{N} \quad . \quad (7)$$

Ar formulu (1)-(7) iegūtajiem rezultātiem varam raksturot šaušanas rezultātu un objektīvi novērtēt šāvēja sniegumu, tomēr tie nesniedz pilnu informāciju par kļūmju rašanās iemesliem.

Šaušanas rezultāti jeb ložu izkliede ir atkarīgas no dažādiem nejaušiem iemesliem, pat šaujot ar vienu ieroci vienādos apstākļos. Šos iemeslus ir iespējams iedalīt trijās grupās [41]:

1. pieļaujāmās novirzes ieroču un munīcijas ražošanā;
2. apkārtējās vides apstākļi;
3. kļūdas tēmēšanā.

Pirmās grupas iemesli, kuri ir saistīti ar ieroču un munīcijas ražošanā pieļaujamām novirzēm nav nekādi ietekmējami. To ietekmi uz trāpījumu parasti ievērtē veicot ieroča piešaudi, proti, regulējot tēmēšanas ierīci. Simulācijās parasti šos iemeslus vērā neņem.

Otrās grupas iemesli, kuri saistīti ar apkārtējās vides apstākļiem, nav nekādā veidā ietekmējami no strēlnieka puses. Tie objektīvi pastāv apkārtējā vidē un nosaka lodes lidojuma trajektoriju. Tādi apstākļi, kā gaisa temperatūra, atmosfēras spiediens, vēja ātrums un virziens tiek ievērtēti veicot lodes lidojuma ballistiskos aprēķinus, un tie būtu jāņem vērā atkarībā no simulācijas uzdevuma un šāviena attāluma. Trešās grupas iemesli ir tie, kas ir atkarīgi no paša šāvēja un šādus iemeslus var iedalīt trijās grupās, proti:

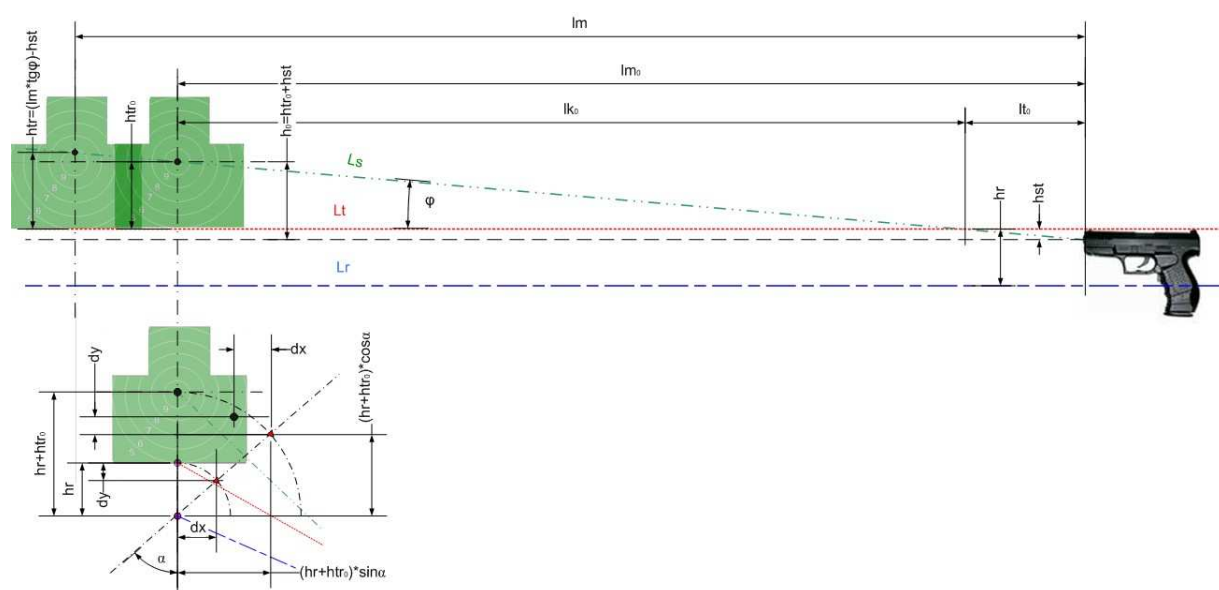
1. iemesli, kuri saistīti ar šāvēja fizioloģisko stāvokli;
2. iemesli, kuri saistīti ar šāvēja psiholoģisko sagatavotību;
3. iemesli, kuri saistīti ar šāvēja motorikas spējām.

Visi šie iemesli ir savstarpēji saistīti un nav viennozīmīgi nodalāmi viens no otra. Ar katru no tiem nodarbojas tādas zinātņu nozares kā medicīna, psiholoģija, fizioloģija, pedagogija u.c. Ņemot vērā, ka simulators ir pirmkārt apmācību instruments, aplūkosim tikai tos iemeslus, kuri saistīti ar šāvēja motoriku un kurus ir iespējams trenēt apmācību procesa laikā.

Pēc būtības jebkura šaušanas simulatora galvenais uzdevums ir trenēt šāvēju, un tā motoriku, lai mazinātu subjektīvo faktoru ietekmi uz šaušanas rezultātu. Šāvēja snieguma novērtēšanai nepietiek tikai ar trāpījuma punktu fiksēšanu. Ir jākonstatē kopējās tendences šāvēja sniegumā un šim nolūkam tiek izmantota vidējā trāpījuma punkta noteikšanas metode. Minētā metode ir labi piemērota militārām apmācībām, kur galvenais novērtējuma raksturlielums ir šāvienu blīvums.

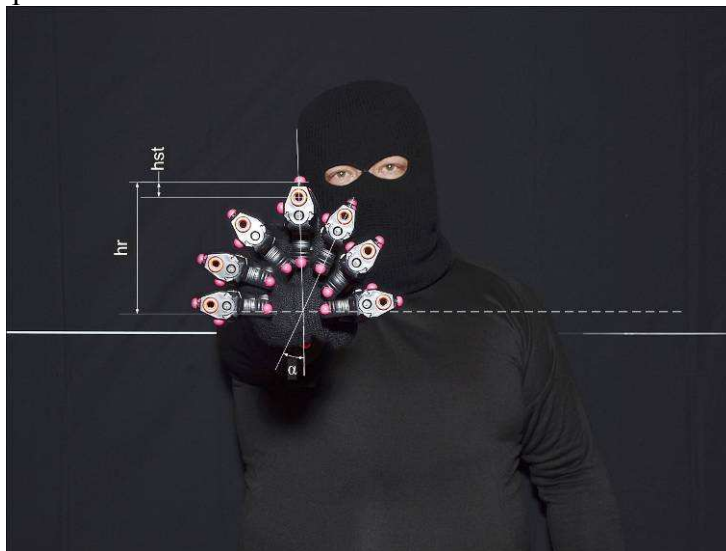
Parasti ieroča nolieci uz sāniem novirzoties no vertikālās ass, tiek uzskatīta par kļūdu, kuru cenšas izskaust, jo šādā veidā ir grūti trāpīt mērķa centrā. Tomēr šāda metode tiek lietota praktiskajā šaušanā un to izmanto kā tiesībsargājošo, tā arī militāro vienību apmācību praksē [58]. Tas ir skaidrojams ar veicamo uzdevumu specifiku, proti, ierobežots reakcijas laiks, kas ne vienmēr dod iespēju ieņemt klasiski stabilu šaušanas pozīciju, tāpat veicot uzdevumu, kur ir paredzams uguns kontakts ar bruņotu pretinieku, maksimāli ir jāizmanto dabiskais aizsargs, dabiski vai mākslīgi šķēršļi, kuri var pasargāt no pretinieka lodēm vai mazināt iespēju veikt mērķtiecīgu šāvienu.

Attēlā 4 ir parādīts trāpījuma veidošanās modelis ieroci noliecot uz sāniem. Ņemot vērā ieroča konstruktīvo izpildījumu, veidojas leņķis φ starp tēmēšanas līniju L_t un stobra ass līniju L_s , bet ieroča noliece uz sāniem notiek perpendikulāri asij L_r , kura atrodas attālumā hr no tēmēšanas līnijas L_t , kas savā starpā savieno tēmēkļa izgriezuma augšējās malas centru - grauda augšējo malu un tēmēšanas punktu uz mērķa. Attālums starp stobra centru un grauda augšējo malu ir hst (5.att.)



Att.4. Pistoles trāpījuma korekcijas noteikšana atkarībā no sānu nolieces leņķa α

Attālums lmo ir attālums, kurā ierocis ir piešauts. Sporta ieroči tiek piešauti „zem mērķa”, tas ir lai trāpītu centrā, ir jātēmē mērķa apakšējās malas centrā, tādēļ veidojas starpība starp tēmēšanas punktu un trāpījuma punktu, kurš atrodas augstumā hmo (parasti šis attālums ir 10 cm). Noliecot ieroci uz sāniem par leņķi α perpendikulāri asij Lr , tēmēšanas un trāpījuma punkts pārvietojas uz leju par attālumu dy un nolieces virzienā attālumā dx , kas arī ir trāpījuma novirzes attiecīgi pa vertikālo un horizontālo asi, jo mēs varam pieņemt, ka par tādu pat attālumu tiek koriģēts arī tēmēšanas punkts.



Att.5. Pistoles sānu nolieces leņķis un ieroča rotācijas ass

Attēlā 6 parādīts kā noteikt attālumu starp ieroča stobra centru un grauda augšējo malu hst , kurš ir atšķirīgs katram ierocim, piemēram, pistolei Walther P99 tas ir 15 mm, bet mazkalibra pistolei MCM tas ir 20 mm. Attālums no grauda virsotnes līdz asij, ap kuru tiek pagriezts ierocis, hr ir nosakāms individuāli katram ierocim un šāvējam, bet vidēji tas svārstās ap 10 cm. Veicot trigonometriskus pārvietojumus [63], iegūstam, ka trāpījuma punktu novirzes pa asīm dx un dy atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa α ir :

$$dx = hr \times \sin \alpha \quad , \quad (8)$$

$$dy = hr - htr \times \cos \alpha \quad . \quad (9)$$

Šaušanas simulatoros parasti izmanto lāzera izstarotājus, kur trāpījums tiek noteikts atbilstoši lāzera stara pēdai uz mērķa pa horizontālo un vertikālo x_0 un y_1 asi. Zinot šīs koordinātes, mēs varam noteikt patiesās trāpījuma koordinātes x_1 un y_1 atbilstoši nolieces leņķim α :

$$x_1 = x_0 + ((hr + htr) \times \sin \alpha - dx) \quad , \quad (10)$$

$$y_1 = y_0 + ((htr - htr_0) - dy) \quad . \quad (11)$$

Lodes lidojuma trajektorijas aprakstīšanai izmanto dažādus ballistiskos modeļus, kas varētu tikt aprakstīti šādi.

Nosakot precīzu attālumu līdz mērķim lm , izmantojam trigonometrisku sakarību:

$$lm = lmt \times \cos \theta \quad . \quad (12)$$

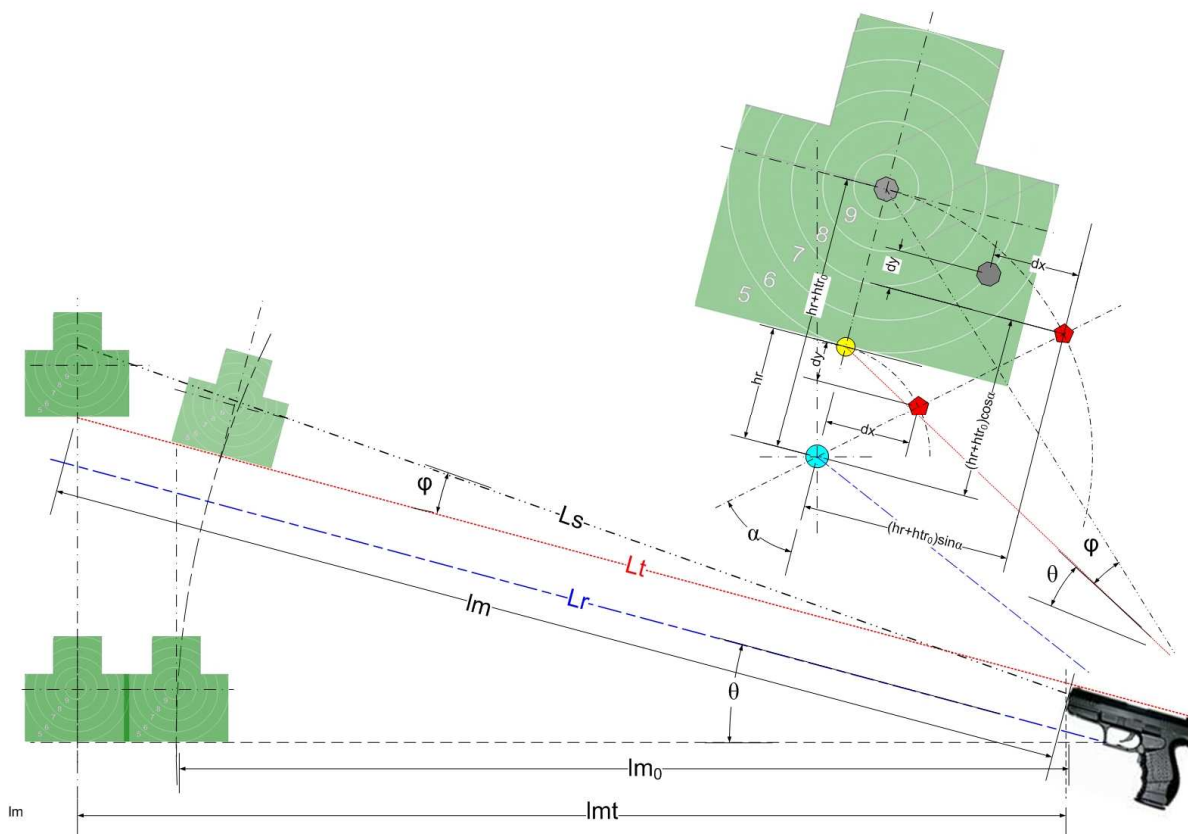
Zinot patieso attālumu līdz mērķim, varam noteikt arī trāpījuma punkta augstumu $htmt$ mērķī, kas perpendikulārs tēmēšanas līnijai Lt :

$$htrt = lm \times \sin \varphi \quad . \quad (13)$$

Tālāk varam noteikt trāpījuma augstumu attiecībā pret mērķi, kurš atrodas perpendikulāri horizonta līnijai, proti, normālā stāvoklī. Izvedot šo formulu jāņem vērā arī sānu nolieces leņķis α , kurš samazina trāpījuma augstumu attiecībā pret mērķi:

$$htr = \frac{htrt}{\cos \theta} + (tg(\theta + \varphi) \times (htrt \times \sin \theta \times \cos \alpha)) \quad . \quad (14)$$

Šeit jāņem vērā, ka leņķis θ var būt arī ar negatīvu vērtību un šajā gadījumā vajadzētu izmantot leņķa absolūto vērtību. Ņemot vērā jaunās formulas un izmaiņas aprēķinos, ir iespējams sagatavot tāda modeļa programmatūru, kurā ir ievērtēts arī pacēluma leņķis.



Att.6. Pistoles trāpījuma korekcijas noteikšana atkarībā no pacēluma leņķa θ sānu nolieces leņķa α

Datorizēti apkopojot rezultātus, rodas iespēja izmantot papildus raksturojošus lielumus, proti, katra šāviena novirzi no mērķa centra un kopējo trāpījumu novirzi no mērķa centra. Leņķa devēji, kas uzrāda ieroča stāvokļa novirzi no gravitācijas ass sānu virzienā un pa vertikālo asi, var liecināt par nepareizu tēmēšanu. Ieroča sānu noliece un stobra pacēlums tieši ietekmē lodes ballistiku, tādejādi nosakot nepieciešamo trāpījuma korekciju šaušanas simulatorā.

3. ŠAUŠANAS SIMULATORA IEROČU APRĪKOJUMS ŠĀVĒJA SNIEGUMA MONITORINGAM

Atbilstoši prasībām, kuras tiek izvirzītas šaušanas simulatoram un, izvērtējot tuvākos analogos izstrādājumus (CST-300D, kompānija FATS – ASV un SAIKU 8 - Latvija), projektējamo datorizēto šaušanas simulatoru apraksta sekojoša funkcionālā shēma (skat. 7.attēlu).

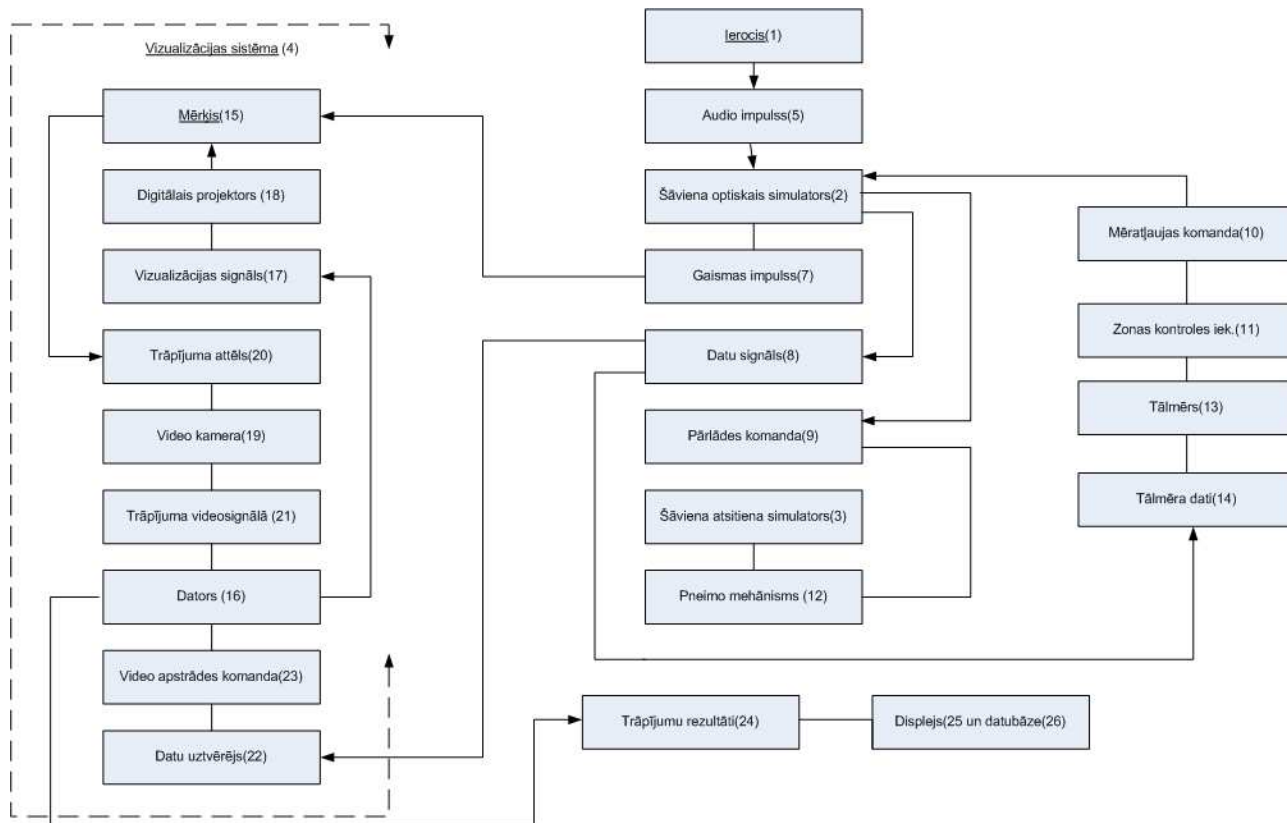
Šaušanas apmācībām izmantoto štata ieroci (1) papildus komplektē ar ierīcēm: šāviena optisko (2) un šāviena atsietiena un munīcijas maiņas (3) simulatoriem (pēdējais nav reaktīvajiem granātmētējiem). Šaušanu veic izmantojot šaušanas simulatora vizualizācijas sistēmu (4).

Šaušana simulācijas režīmā notiek sekojoši.

Šāvienam sagatavots ierocis (1) šaujot (nospiežot ieroča mēlīti) iedarbina ieroča šaušanas mehānismu, kas izstrādā šaušanas komandu (ieroča gaiļa sietiena troksni – audio impulsu (5) – šāviena komandu). Šāviena optiskajā simulatorā (2) audio impulss (5) tiek pārveidots (ar audio signāla uztvērēju) par šāviena elektrisku komandu (6) (7. attēlā nav parādīts) – impulsu, kurš *iniciē*:

- optisko – šāviena (simulācijas) - gaismas impulsu (7) (skat. 8. attēlā), izstarotu no lāzera raidītāja uz mērķi (15),

- šāviena datu (vai komandas) pārraides signālu (8), izstarotu no datu raidītāja uz datu uztvērēju,
 - ieroča pārlādes komandu (9), padotu (trieciensautenei, ložmetējam) uz šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulatora (3) pneimatisko izpildmehānismu (12),
- Ieroča pārlādes komanda (9), padota uz šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulatoru (3), iniciē pneimatisko izpildmehānisma (12) iedarbināšanu, kas veic šaujamieroča šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulāciju.



Att. 7. Šaušanas simulatora funkcionālā shēma

Attāluma mēratļaujas komanda (10), padota uz zonas kontroles iekārtu (11), dod atļauju veikt tālmēra (13) mērījumus, kura datus (14) padod uz šāviena optiskā (2) simulatora datu raidītāju pārraidei uz datoru vai lokālo (ieroča) signalizatoru.

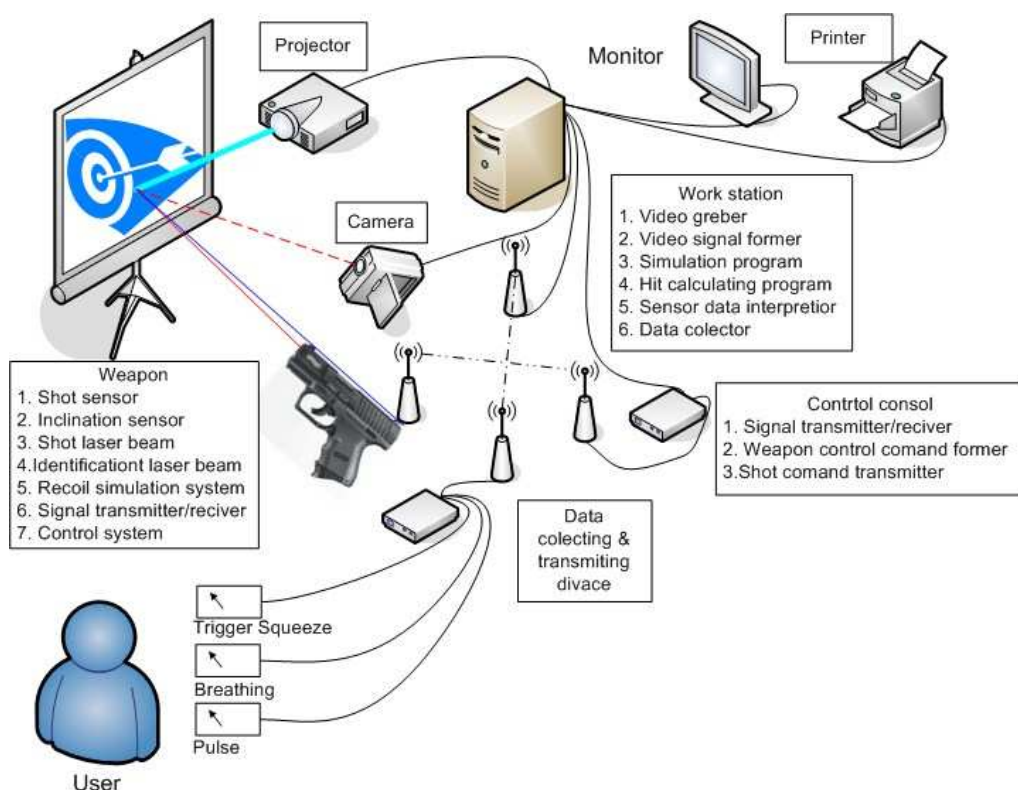
Šāviena gaismas impulsu (7) izstaro no lāzera raidītāja uz šaušanas simulatora vizualizācijas sistēmas (4) ekrānā projicēto mērķi (15).

Šaušanas simulatora vizualizācijas sistēma (4) darbojas sekojoši (8.att.).

Sistēmas (4) dators (16) izstrādā vizualizācijas (mērķu un fona) video signālu (17), kuru padod uz digitālo projektoru (18), kas projicē atbilstošu šaušanas simulatora mērķu (un fona) attēlu uz ekrāna. Vizualizācijas sistēmas (4) video kamera (19) uztver trāpījuma attēlu (20) un pārveido to trāpījuma videosignālā (21), kuru padod uz datoru (16). Vizualizācijas sistēmas (4) datu uztvērējs (22) uztver datu (šāviena komandas) pārraidīto signālu (8), kuru pārveido par video kadru apstrādes komandu (23), kuru padod uz datoru (16) nodrošinot trāpījumu kadru videosignāla (21) tālāku apstrādi. Apstrādātie datorā (16) trāpījumu rezultāti (24) tiek attēloti displejā (25) un uzkrāti datora datu bāzē (26).

Šobrīd ražošana piedāvā daudzveidīgu maza izmēra sensoru klāstu, kas dod iespēju tos integrēt daudzos ar cilvēka darbību saistītos objektos, tādējādi nodrošinot atgriezenisko saiti ar lietotāju, bet praktiski neietekmējot paša objekta īpašības, proti, bez ievērojama gabarītu, masas vai energopatēriņa palielināšanās. Viena no nozarēm, kur šāda atgriezeniska saite nodrošina labu rezultātu sasniegšanu, ir apmācību tehnoloģijas un precīzāk simulāciju tehnoloģijas, jo atšķirībā no darbības ar reāliem objektiem, šeit visas atgriezeniskās saites ir jāmodelē vai jāimitē. Simulatoru ekspluatācijas procesā sensoriem var būt divu veidu nozīme, pirmkārt savākt informāciju no reāla

objekta, lai veidotu jaunu simulāciju modeļus, vai lai informētu modeli par izmaiņā simulācijas procesā, tieši šādā nolūkā sensori var tikt izmantoti šaušanas simulatoros, proti, sniegt informāciju par strēlnieka un ieroča stāvokli simulācijas veikšanas laikā. Piemēram, iegūstot informāciju par strēlnieka elpošanas ciklu mēs varam identificēt kļūdas, kuras saistītas ar nepareizu elpošanas cikla organizāciju šaušanas vingrinājumu laikā. Iegūstot informāciju par ieroča leņķisko stāvokli mēs varam koriģēt trāpījuma punktu atbilstoši iespējamai lodes trajektorijai.



Att.8. Sensoru integrēšana šaušanas simulatoros

Attēlā 8 ir parādīta iespējamā sensoru integrēšanas shēma. Pievienojot sensorus simulatoram jāraugās, lai to ietekme uz šaušanas procesu būtu iespējami minimizēta, tādēļ sasaistei ar datoru vai vadības bloku ieteicams lietot bezvadu tehnoloģijas.

Šaušanas sistēmā var tikt izmantots standarta elementu elektroniskais aprīkojums, kurā ietilptu ieroča nolieču sensoru un elpošanas sensoru ieviešana, bet simulatora papildus aprīkojums ir atkarīgs no simulācijas mērķa, ieroča veida un apmācības uzdevumiem. Katram ierocim ir specifiska notikumu laika diagramma, turklāt šīs diagrammas var atšķirties pat viena tipa ieročiem atkarībā no to tehniskās konstrukcijas un ieroča tehniskā stāvokļa. Tieši šī iemesla dēļ simulatoros priekšroka būtu dodama speciāli pārbūvētiem ieročiem vai to pilna mēroga maketiem.

4. REALIZĒTĀ DATU APSTRĀDES SISTĒMA ŠAUŠANAS SIMULATORĀ UN TĀS IZPĒTE

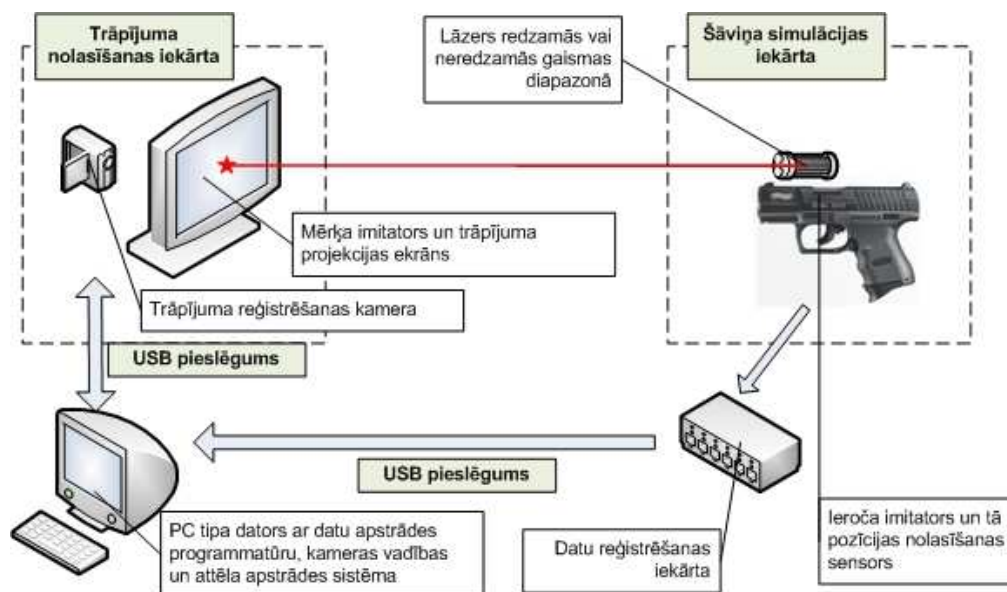
Datu apstrādes sistēma ir cieši saistīta ar simulatora fizisko un loģisko uzbūvi. Tādēļ, lai aprakstītu darba ietvaros izstrādātās iekārtas darbību, nepieciešams detalizēti aprakstīt tās uzbūvi un galvenās komponentu funkcijas. Zemāk attēlota precizēta šaušanas simulatora bloku sasaistes shēma (9.att.).

Kā redzams 9. attēlā, simulator sastāv no šādām galvenajām komponentēm:

1. Ieroča imitators.

Iekārta paredzēta šaušanas procesa imitēšanai, atdarinot reāla ieroča fiziskās īpašības, t.sk. izmērus, svaru, ārējo veidolu, funkcijas un dinamiku. Papildus minētajam imitators paredzēts tā pozīcijas (novietojums un orientācijas telpā) reģistrējošo sensoru darbības nodrošināšanai.

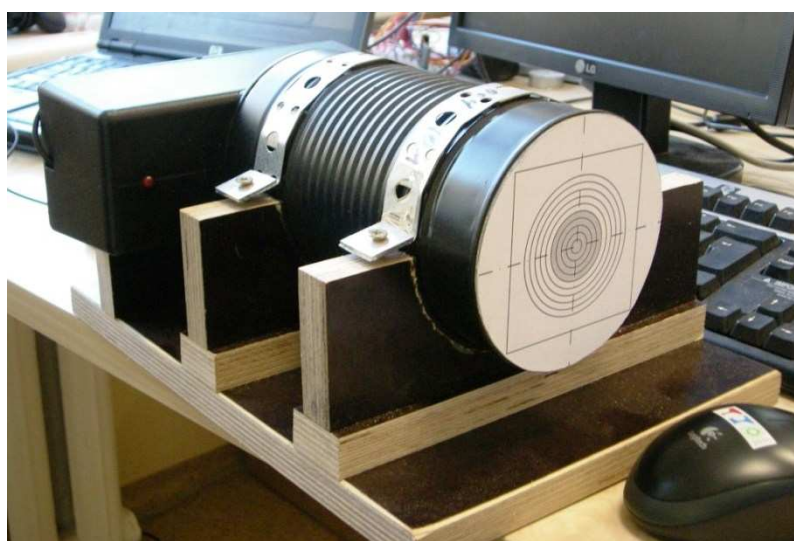
2. Lāzera indikators.



Att. 9. Šaušanas simulatora bloku sasaistes shēma

Ņemot vērā simulatora specifiku – neliela attāluma šaušanas imitēšana ar pistoles pielietojumu, kas nodrošina praktiski taisnvirziena šāviņa lidojumu līdz mērķim, par trāpījuma vietas indikatoru tiek izmantots lāzers. Eksperimenta vajadzībām aprīkotajā iekārtā tiek izmantots redzamās gaismas lāzera indikators, lai nodrošinātu vienkāršāku sistēmas noskaņošanas un atklādošanas procesu. Izmantotā trāpījuma punkta nolasīšanas iekārta – digitālā kamera, spēj uztvert arī IS (infrasarkano) gaismu. Tādēļ izstrādātā iekārta spēj izmantot IS lāzeru, lai imitācijas procesu pietuvinātu reāliem apstākļiem, kad trāpījuma punkts nav redzams uz mērķa.

10. attēlā parādīta eksperimenta realizācijai izveidotā tiešā stara mērķa sistēma, kas sastāv no videokameras, kura ievietota necaurspīdīgā korpusā aiz daļēji caurspīdīga mērķa, pie tam kamera ir fokusēta uz mērķi. Šādas iekārtas izveidi noteica apstākļi, ka nav speciālas telpas kur uzstādīt simulatoru, jo atstarotā stara iekārta prasa veikt projekcijas aparāta un kameras kalibrēšanu katru reizi kad iekārta tiek pārvietota. Nav mazsvarīgi arī tas, ka šāda iekārta ir ievērojami lētāka jo ir iespējams izmantot videokameru ar relatīvi zemu izšķirtspēju, tai pat laikā nodrošinot pietiekami augstu rezultātu precizitāti.



Att.10. Izveidotā mērķa novērošanas videosistēma ar daļēji caurspīdīgu ekrānu

Datu nolasīšanai tiek izmantots 4 kanālu signālu ierakstīšanas iekārta Velleman 4048, kas nodrošina izmantoto sensoru signālu multiplexēšanu un ievadīšanu datorā caur USB portu.

Attēlā 11 redzama eksperimentā izmantotā pistoles Walther P99C pneimatiskā versija. Šīs pistoles mehānisma funkcionēšanu nodrošina CO2 gāzes baloniņš, kurš ievietots ieroča rokturī. Šis ierocis ir precīza kaujas pistoles kopija, kas imitē šaušanas procesu un mehāniski pārbīda aizslēga rāmi, tādējādi, nodrošinot atsietena efekta simulāciju. Zem ieroča stobra izveidotās rievas ļauj ērti stiprināt dažādas palīgierīces. Kaujas ierocis izmanto 9x19 Parabelum patronas, kas tiek ņemts vērā nosakot korekcijas ballistikajā kalkulatorā .



Att. 11. Pistole ar sensoriem: 1) divvirzienu nolieču sensors, 2)mikrofons, 3) lāzera izstarotājs, 4) pistoles Walther P99C pneimatiskais modelis

12. attēlā parādīts vienkāršs elpošanas sensors, kas darbojas pēc rezistīvās pretestības izmaiņas principa elpošanas iespaidā. Jostai ir pievienots bīdes potenciometrs, kura viens gals nekustīgi pievienots jostas vienam galam, turpat ar atsperes starpniecību pievienots arī bīdnis tā, lai atspere ar zināmu pretestību turētu bīdni galējā stāvoklī. Tāpat bīdnis ir savienots ar jostas pretējo galu izmantojot nestiepjošos stīgu. Mainoties jostā ietvertā ķermeņa apkārtmēram (elpošanas procesā) potenciometra slīdnis pārvietojas , tādējādi mainot potenciometra pretestību un sekojoši pēc sprieguma dalītāja principa pieslēgtā izejas sprieguma vērtību. Neraugoties uz šādas sistēmas vienkāršo uzbūvi, tā darba procesā pierādīja sevi kā pati efektīvākā.



Att. 12. Elpošanas sensora piesaistes sistēma: 1) josta, 2)savienojošā stīga, 3)Sprieguma dalītājs ar bīdes potenciometru 4)bīdņa atgriezējatspere

Nolieču sensora kalibrēšanai nepieciešams speciāls stands, kas nodrošina arī programmas darba spēju pārbaudei. Ar tā palīdzību ir iespējams ilgāku laiku lāzera staru nekustīgi noturēt noteiktā punktā uz mērķa virsmas. Tāpat ar šī standa palīdzību tiek noteiktas mērķa robežas uz uztverošās matricas un noteikts faktiskais mērķa centrs.

Sensoru iekārtas darbības izpēte jāuzsāk ar mērķa kalibrēšanu. Ir zināms, ka kadra izmēri uztverošajā videokamerā ir 320 x 240 pix. Uzvirzot staru mērķa centram tiek fiksētas faktiskās mērķa centra koordinātes kā parādīts attēlā 13.



Att.13. Mērķa centra atrašana ar kalibrēšanas ietaisi

Līdzīgi tiek atrasts arī mērķa apļa malas punkts. Par cik mērķis ir aplis ar to pietiek, lai viennozīmīgi noteiktu tā stāvokli uz ekrāna, proti, apļa centrs un rādiuss

Faktiskais mērķa diametrs uz ekrāna ir 5,5 cm zinot to un ar formulas 15 palīdzību var noteikt faktiskos pikseļa izmērus, kas noteiks mērījumu precizitāti.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad , \quad (15)$$

kur d - attālums starp 2 punktiem plaknē;

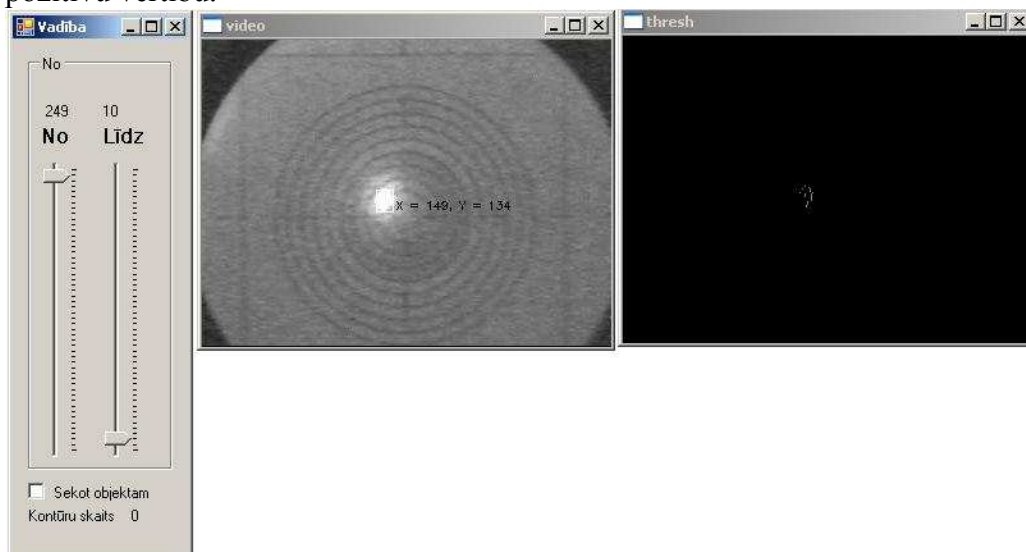
x_1 un x_2 –pirmā un otrā punkta koordinātes uz x ass;

y_1 un y_2 –pirmā un otrā punkta koordinātes uz y ass.

Iegūstam attālumu (riņķa rādiusu) $d=123$ pix. Pikseļa lineārais izmērs ir $(5.5/2)/123 = 0.0224$ cm \Rightarrow 0.224 mm.

Atbilstoši 3. nodaļā dotajiem datiem, varam noteikt, ka 30 m attālumā mērķa atbilst 15 cm. Sekojoši varam teikt aka iedomātais attālums līdz mērķim ir 30 m, bet iedomātais mērķa rādiuss ir 15 cm sekojoši 1 pix atbilst 0.122 cm. Reizinot izmēru pikseļos ar iegūto attālumu nosakām trāpījumu mērķī iedomātajā attālumā kas nepieciešams lai aprēķinātu novirzes izmantojot 2. nodaļā iegūto programmu.

Jāņem vērā, ka programmā trāpījumi tiek rēķināti no nullpunkta, kurš atrodas attēla kreisajā apakšējā stūrī, tur pret kameras programmatūra koordinātes rēķina sākot no augšējā kreisā stūra kādēļ visas y vērtības būs ar negatīvu zīmi tādēļ šo attālumu atņemam no kadra augstuma lai iegūstu pozitīvu vērtību.



Att.14. Kameras fiksētais šāviens attēls

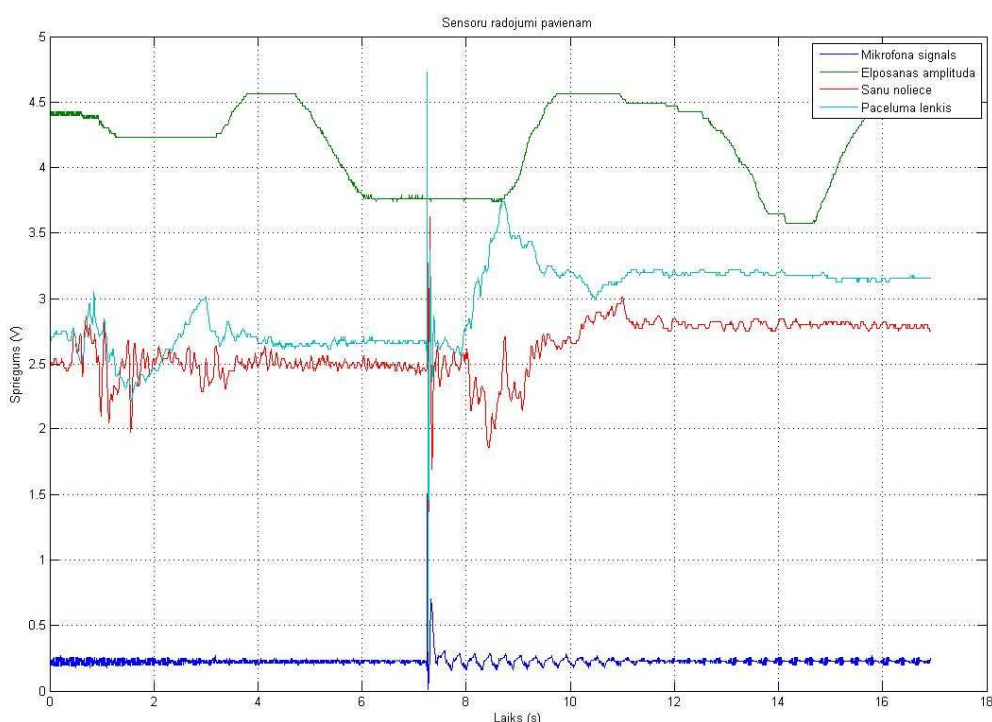
14.attēlā parādīts mērķa fiksētais attēls šāviena brīdī, kas tomēr nav galīgais šāviena rezultāts, jo netiek ievēroti lodes lidojuma ballistiskie rādītāji. Melnajā attēlā ir redzama izfiltrētā punktu kopa, pēc kuras nosaka trāpījuma koordinātes uz ekrāna. Veicot šaušanas simulāciju, paralēli trāpījuma attēlam tiek noteikti arī sensoru rādījumi, kas atainojas kā teksta fails. Mērījumi tiek veikti ar 0,01 s intervāliem.

Leņķa noteikšanai izmanto formulu 16 izmantotajam nolieču sensoram KAS902-04

$$a = \arcsin\left(\frac{V_{out} - 2,5}{S}\right) \quad , \quad (16)$$

kur a- leņķis grādos;
s - sensora jūtība 4 V/ grāds ;
V_{out} – izejas spriegums (V).

Lai pārbaudītu izveidotās sistēmas efektivitāti, tika veikti sensoru darbības izpēte reālos šaušanas simulācijas apstākļos. 15. att. parādīta sensoru izejas signālu diagrammas vienam šāvienam. Gaiši zilā līnija parāda uz mērķi vērsta ieroča pacēluma nolieces sensora signālu. Kā redzams, tas šaušanas brīdī ir nedaudz virs nulles līnijas 2,5 V. Sānu nosliece – sarkanā līnija – ir tuva nullei.



Att.15. Uz mērķi vērsta ieroča sensoru nolasījumi šaušanas brīdī

No mērījuma rezultātiem var secināt, ka šāviens veikts intervālā no 7,23 līdz 7,24 sekundēm. Lai noteiktu sānu nolieces un pacēluma leņķus pirms, jāfiksē sensora rādījums pie 7,23s. Patiesā trāpījuma punkta parēķināšanu atbilstoši reālam mērķim šaušanas sērijas laikā iegūtie dati apkopoti tabulā 4.2.

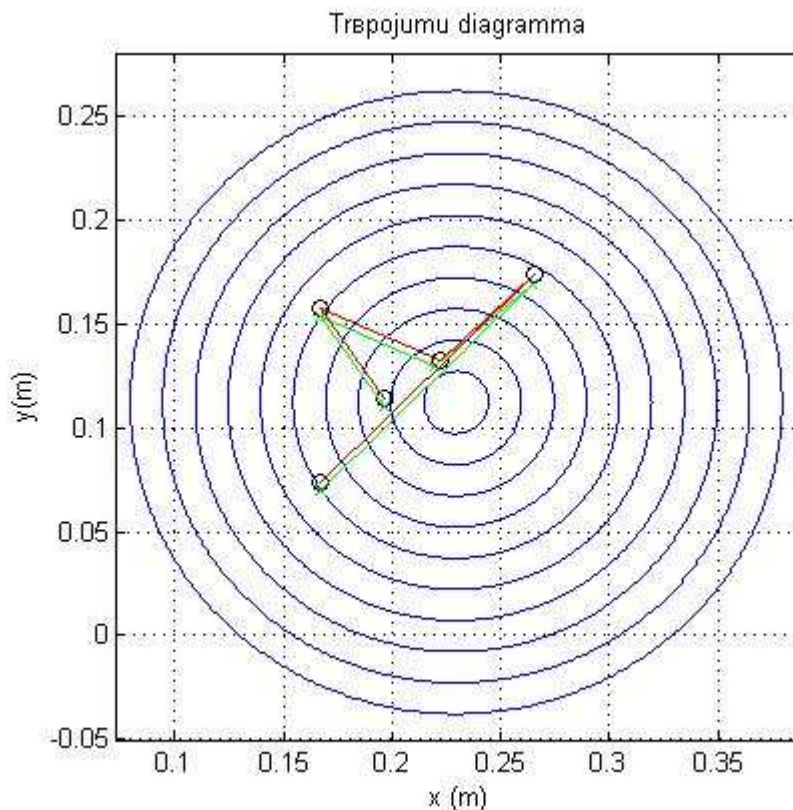
Tabula 4.2.

Trāpījuma rezultātu tabula

Nr.	Trāpījuma koordinātes (pix)		Trāpījuma koordinātes (cm)		Nolieces leņķu koordinātevērtība (V)		Nolieces leņķu vērtība (grādos)	
	x	y	xj	yj	al	teta	al	teta
1	161	150	19,642	10,98	2,447	2,682	-0.7592	2,6079
2	137	114	16,714	15,372	2,471	2,4	-0.4154	-1,4325
3	180	134	21,96	12,932	1,788	2,494	-10.2533	6,445
4	217	101	26,474	16,958	2,353	2,353	-2.1061	-2,1061
5	137	183	16,714	6,954	2,451	2,263	-0.7019	-3,3968

Labojums no ballistikā kalkulatora 30m attālumā – 0,2cm pie 15 C° un atmosfēras spiediena 750 mmHg, izmantojot standarta munīciju 9x19 Parabellum ar lodes svaru 7,45 g ; lodes sākuma ātrumu; 390 m/s un ballistisko koeficientu 0,47.

Iegūtie rezultāti attēloti grafiski attēlā 16.



Att.16. Šaušanas sērijas rezultātu grafiskais attēlojums

Papildus iegūti sekojoši rezultāti:

vidējā trāpījumu punkta koordinātes attiecīgi – $S_x = 0.225$ cm ; $S_y = 0.147$ cm

vidējais attālums līdz vidējam trāpījuma punktam $D_s = 0.292$ cm;

vidējais attālums līdz mērķa centram $D_c = 0.146$ cm.

Papildus vēl, automātiski analizējot elpošanas sensora diagrammu ar programmas palīdzību, būtu iespējams automātiski noteikt vai apmācāmais ievēro pareizas elpošanas principus.

No augstāk minētā ir redzams, ka šaušanas simulatora sistēmā integrētās ierīces ir darboties spējīgas un spēj nodrošināt ar apmācāmos un instruktorus ar ticamu informāciju. Iegūtos rezultātus var izmantot šaušanas procesa analizēšanai. Katra simulatora papildus aprīkojums atkarīgs no ieroča tehniskajiem parametriem un apmācības uzdevumiem.

SECINĀJUMI PAR DARBU

1. Esošās datorizētās šaušanas simulācijas sistēmas nesatur sensorus, kas norāda uz ieroča un šāvēja stāvokli šaušanas laikā, kā rezultātā sistēmām nav pedagoģiska rakstura, kas ļautu šāvējam analizēt savas kļūdas bez kvalificēta instruktora palīdzības, t.i., sistēmas neveido atgriezenisko saiti starp iegūtajiem rezultātiem un pieļautajām kļūdām.

2. Analīze uzrāda, ka, lai sasniegtu mērķi – realizēt sistēmu ar atgriezeniskajām saitēm – jāuzstāda vismaz ieroča nolieču pret šaušanas asi sensori par sānu un vertikālajām novirzēm. Turklāt labi būtu uzstādīt arī elpošanas kontroles sensoru, kas īpaši svarīgi apmācības sākuma posmā.

3. Lai operatīvi novērtētu sensoru signālus, jāveido trāpījumu korekcijas programsistēmu par novirzēm kā funkcijām no sānu un vertikālajām noliecēm, ievērojot klasiskās ballistikas metodes un ieviešot tās datorprogrammā.

4. Izveidotā datorprogramma ļauj iegūt atgriezenisko saiti starp ieroča noliecēm un šaušanas rezultātu, par ko liecina eksperimentāli veiktie šaušanas mēģinājumi.

5. Izveidotā eksperimentālā šaušanas simulatora sistēma ar atgriezeniskajām saitēm ir darba spējīga, un pēc dažiem pilnveidojumiem varētu tikt pielietota praksē. Izvēlētie sensori uzrāda labas ekspluatācijas īpašības.

6. Datu fiksācija ar izvēlēto soli 10 ms ir pietiekama, lai iegūtu pietiekamus rezultātus šāvēja darbības interpretācijai. Ja samazinātu soli, iegūtu daudz papildus informācijas, taču tā neveicinātu vēlamo efektu, vienīgi palielinātu datu apjomu.

7. Iegūto rezultātu analīze liek domāt par iespējām rezultātu plašākai interpretācijai – novērtēt šāvēja darbības šāviena brīdī – dinamisku iedarbi uz ieroča sprūdu, atsitiena imitācijas iedarbi un citas.

8. Izstrādātā sistēma ir integrējama esošajās šaušanas simulatoru tipveida sistēmā, piemēram, Latvijā lietotajā SAIKU-8. Turklāt ar simulatoru varēs veikt tādus šaušanas vingrinājumus, kurus ar parastajām metodēm nav iespējams veikt, piemēram, šaušanu ar dažādiem ieroča pacēluma leņķiem, kas nepieciešams militārajām struktūrām bieži apdzīvotās vietās.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Latvijas dalība starptautiskajās operācijās / Internets. - http://www.mod.gov.lv/Par%20nozari/Politikas_planosana.aspx ;
2. Interaktīvā šautuve/ medību stimulators / Internets. - http://purnavumuiza.lv/lv/hunt_simul/aprakstsgarais/ ;
3. NATO modeling & simulation orientation course / Internets. - <http://pfp.cthz.ch> ;
4. MR 7-2. Šaušanas drošības noteikumi // Nacionālo bruņoto spēku reglaments. Rīga, 2003.
5. Experience the Game's Full Intensity! / Internets. – <http://tngames.com/products> ;
6. K. Krēsliņš. Par Nacionālās sporta attīstības programmas izstrādi 2006. – 2012. gadam / Internets. - <http://www.saufed.lv/index.php?current=m3p82i0&lng=ILat> ;
7. Тарасов В.М. Практическое применение компьютерно-тренажерной технологии в обучении огневой подготовке из стрелкового оружия,.; Сборник материалов I Международного форума «Лазерполитех-2005» «Технологии и средства обеспечения огневой подготовки» / Internets. - <http://www.lasertools.ru/sbornik.htm#%C4%CF%CB%CC%C1%C4%CF%D7> ;
8. Dave Grossman and Bruce K. Siddle. Psychological Effects of Combat, , Academic Press, 2000 / Internets. – http://www.killology.com/print/print_psychological.htm ;
9. Tom Slear. This Ain't your daddy's firing range// MS&T. The international defence training journal. - 2007. ISSN 1471-1052, 18.-22. page;
10. Paul Roman. How is Modelling and Simulation Meeting the Defence Challenges out to 2015?.; MSG-060 Symposium, 07-07 October 2008, Vancouver, Canada.
11. Per G. Arvidsson. Soldier Lethality and Wound Ballistics from a Swedish Perspective.; Presentation to "NDIA 51st Joint Services Small Arms Symposium", Atlantic City, May 18, 2005
12. Šaušanas simulatora izveide NBS karavīru mācību procesa nodrošināšanai / Pētnieciskā projekta Nr. AĪVA2004/152 pārskats, SIA SELKOMS, Rīga, 2005
13. Кузнецов С.С. Использование современных лазерных технологий для подготовки стрелков к ведению огня на поражение живой силы противника, РФ; г. Барнаул; Сборник материалов I Международного форума «Лазерполитех-2005» «Технологии и средства обеспечения огневой подготовки» / Internets. - <http://www.lasertools.ru/sbornik.htm#%C4%CF%CB%CC%C1%C4%CF%D7> ;
14. Ramutis Bansevicius, Algimantas Fedaravicius, Vytautas Ostasevicius, Minvydas Ragulskis. Development of laser rifle trainer with full shot imitation // Shock and Vibration. - 2004 ISSN 1070-9622/04. - 81–88. pages.
15. Принцип работы стрелкового тренажера СКАТТ / Internets. - <http://www.scatt.ru/home/>
16. Noptel specializes in optoelectronics / Internets. - http://www2.noptel.fi/eng/mil/index.php?doc=3_products/miltrainer ;
17. Peiponen, Kai-Erik, Myllylä, Risto, Priezzhev, Alexander V., Optical Measurement Techniques// Innovations for Industry and the Life Sciences. – 2009. - ISBN: 978-3-540-71926-7. -158.p.
18. Risto Myllylä, Harri Kopala, Juha Kostamovaara, Raimo Ahola. Assignee: Noptel Ky, Optoelectronic Target Practice Apparatus. US Patent Nr.4,640,514 Date of Patent: Feb.3,1987
19. Raimo Ahola, Harri Kopala, Risto Myllylä. Assignee: Noptel Ky, Method for shooting practice. US Patent Nr.4,553,943 Date of Patent: Nov.19,1985
20. Small Arms Systems / Internets. – http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=16&name=Military_Live_Small_Arms_Systems;
21. Terminu vārdnīca / Internets. – http://www.ttc.lv/advantagecms/LV/meklet/meklet_terminus.html ;

22. Я. Я. Берзин, Я. Я. Штраль. Военный латышско-русский, русско-латышский словарь. государственное словарно-энциклопедическое изд-во «Советская Энциклопедия». – Москва, 1933.
23. A.Baums, J.Borzovs, A.Gobzemis, I.Freibergs, G.Fricovičs, I.Ilziņa. Angļu-latviešu-krievu skaidrojošā vārdnīca. – Rīga: A/s Dati, 1998.
24. Dictionary of Contemporary English „Longman” edition 2003, 1950 p. ISBN 1-405-81126-9
25. Симулятор / Internets. – <http://ru.wikipedia.org/wiki> ;
26. U.S. Army Training Support Center presentation. NATO TSWG UK Conference 13.-17.03.2006. Salisbury, UK
27. Egdunas Raciū. The ‘Cultural Awareness’ Factor in the Activities of the Lithuanian PRT in Afghanistan// Baltic Security & Defence Review, - 2007. - ISSN 1736-3772 (print)1736-3780 (online). – 57.-78.p.
28. Richard Nance. Mean Street Simulators// Tactical Weapons Magazine. – 2010. 11. - 60.-64.p.,
29. Weapons Trainers / Internets. - http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=2&name=Military_Virtual_Small_Arms_Trainer ;
30. BlueFire Weapons / Internets. - http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=25&name=LE_Virtual_Bluefire_Weapons ;
31. Tactical Weapon Simulators / Internets. – <http://www.lasershot.com/military> ;
32. RTO-MP-MSG-078 Exploiting Commercial Games and Technology for Military Use.Org.ref. RTO-MP-MSG-078 AC/323(MSG-078)TP/309, ISBN 978-92-837-0106-4
33. Д.Е. Болтенков, А.М. Гайдай, А.А. Карнаухов, А.В. Лавров, В.А. Целуйко Новая армия России.; под ред. М.С. Барабанова. – М., 2010. – 168 с. УДК 355/359, ББК 68.49(2Рос), ISBN 978-5-9902620-1-0
34. С.А. Колдунов. Российские стрелковые тренажеры. Публикация от 18-01-2001 11:59 / Internets. - <http://daily.sec.ru/dailypblshow.cfm?rid=14&pid=4159&pos=3&stp=25> ;
35. Профессиональные стрелковые тренажеры для тренировочных беспулевых стрельб из пистолета системы Макарова и автомата Калашникова серии ОЭТ / Internets. – <http://www.ama.spb.ru/index.htm> ;
36. Статьи о технике стрельбы, практика применения тренажеров СКАТТ / Internets. - <http://www.scatt.ru/articles/> ;
37. О компании ООО НТЦ «Лазерные технологии» / Internets. – www.lasertools.ru ;
38. Современные лазерные интерактивные тиры / Internets. -<http://www.lasertools.ru/> ;
39. Федеральное государственное унитарное предприятие / Internets. - <http://www.tsniitochmash.ru/about.html> ;
40. Стрелковые тренажеры / Internets. – <http://www.tsniitochmash.ru/trenager.html> ;
41. A.Valters. Šaušanas pamati, Rīga NAA 2001. 182 lpp., ISBN 9984-625-27-3;
42. J.Vjaters, M.Polakovs, R.Rizikovs. Small Arms Shooting Simulators, Militārais apskats . - 3/4 . (2009) page 107-109. ;
43. A. Treijs u. c. Šaušanas simulatora SAIKU-8 piemērošana taktisko simulāciju veikšanai. Pētnieciskā projekta Nr. C-504/AM/2006/AĪVA2006/202. 1. etapa atskaite par Aizsardzības ministrijas pasūtītā pētījumu projektu. Rīga, AM, 2008, 65 lpp.;
44. A. Treijs u. c. Šaušanas simulatora SAIKU-8 pārveidošana, piemērojot to jaunā parauga strēlnieku ieročiem HK G36. Pētnieciskā projekta Id. Nr. AĪVA 2007/298. Šaušanas simulatora SAIKU-8 piemērošana taktisko simulāciju veikšanai. 2. etapa atskaite par Aizsardzības ministrijas pasūtītā pētījumu projektu. Rīga, AM, 2009, 42 lpp.;
45. Ķiploks J., Vjaters J., Raņķis I. Possibilities of Shooting Simulator SAIKU- 8 Improvement // Sekcija Enerģētika un Elektrotehnika. Kopsavilkuma krājums un elektroniskie dokumenti. - Latvija, Rīga. – 2010. - 13.-14. oktobris, - 259.-264.lpp.

46. RTO-TR-MSG-031 The Cost Effectiveness of Modelling and Simulation (M&S). Final Report of MSG-031, October 2010, 106 p. RTO-TR-MSG-031AC/323(MSG-031)TP/290, NATO/PFP UNCLASSIFIED/ No Public Release ;
47. Final Report of Task Group SAS-054. Methods and Models for Life Cycle Costing. June 2007, 226 p. RTO-TR-SAS-054,AC/323(SAS-054)TP/51, ISBN 978-92-837-0072-2, UNCLASSIFIED/UNLIMITED;
48. Mazpulka dalībnieka vadonis šaušanas apmācībā. Militārās literatūras apgādes fonda izdevums, Rīga. -1938. - 78.lpp.;
49. Paul D. Espinosa, Sam O. Nagashima, Gregory K. W. K. Chung, Daniel Parks, and Eva L. Baker, Development of Sensor-Based Measures of Rifle Marksmanship Skill and Performance,;; CRESST Report 756, University of California, Los Angeles March, 2009, 21p.
50. Памятка по проверке технического состояния вооружения. Служба РАВ. Издана КСВО. 1987 г / Internets. - <http://www.ak-info.ru/joomla/index.php/aaka/7-ak74/110-checklist21987> ;
51. G36 E / G36K E Rifles MG36E Machine Gun. Instruction manual, Heckler & Koch, INC, 40 p.
52. HK USP, USP Compact Pistol & USP Specialty Pistols Operators Manual (Includes LEM), Heckler & Koch, INC, 52 p.
53. Пистолет или револьвер, курок или спусковой крючок - в чем отличия? / Internets. – http://www.shooting-ua.com/arm-books/arm_book_188.htm ;
54. Пулевая спортивная стрельба, А.А.Юрьев, Москва, "Физкультура и спорт", 1973 г / Internets. – <http://lib.algid.net/pss/o3g04p01.php> ;
55. Учебное пособие по начальной военной подготовке, под редакцией Одинцова А.И.,Москва:ДОСААФ, 1973. - 312 л.
56. Psychological Effects of Combat. Dave Grossman and Bruce K. Siddle. Academic Press, 2000 / Internets. - www.killology.com/print/print_psychological.htm ;
57. Бозержан Ж. Справочник по спортивной стрельбе. Ростов н/Д , Феникс,; 2006, 192 ст, ISBN: 5-222-08756-5
58. Аксенов К.В. Совершенствование обучения военнослужащих применению стрелкового оружия в условиях населенных пунктов : Дис. канд. пед. наук : 13.00.01 : СПб., 1999 223 с. РГБ ОД, 61:00-13/348-7.
59. Soldier Lethality and Wound Ballistics from a Swedish Perspective, Per G. Arvidsson; Presentation to”NDIA 51st Joint Services Small Arms Symposium”, Atlantic City, May 18, 2005.
60. Fundamentals of Ballistics. Gunther Dyckmans (2007–2010) / Internets. – <http://e-ballistics.com/> ;
61. А.А.Юрьев, Пулевая спортивная стрельба. М.: Физкультура и спорт, 1973 (3-е изд.), 250.с.;
62. A Short Course in External Ballistics / Internets. - <http://www.molonlabe.net/johns/extbal.htm> ;
63. Christopher Tremblay. Mathematics for game developers. - USA,Boston. - 2004. – 632.p.
64. Sam O. Nagashima, Gregory K. W. K. Chung, Paul D. Espinosa, Chris Berka. Sensor-Based Assessment of Basic Rifle Marksmanship. Interservice/Industry. Training, Simulation and Education Conference. 2009. Paper No.9135, 10p.
65. Стрельба под углом к горизонту / Internets. - <http://www.ada.ru/Guns/ballistic/angles/index.htm> ;
66. Interactive Shooting Simulator Design//Ahmed A. Abd El_Wahab, W. Gharieb / Internets. – <http://faculty.ksu.edu.sa/wahied/PAPERS%20LIBRARY/MIEC4.pdf> ;
67. Protocols in Optical Networks / Internets. – http://www.telematica.polito.it/mellia/corsi/07-08/reti_ottiche_master/ON-Poli-protocols.pdf ;
68. Populārā medicīnas enciklopēdija – R: LZA, 1975. 624lpp.
69. Шаронов В. В. Свет и цвет. - М.: Физматгиз, 1961, 311 с;

70. Алферов В.В. Конструкция и расчет автоматического оружия. - М., Машиностроение, 1977, 248 с.
71. On the Design of Low-Power Signal Conditioners for Resistive Sensors/ Internets. – http://www.imeko2009.it.pt/Papers/FP_268.pdf ;
72. Novikovs V., Muhins V., Zavickis J., Zike S., Knite M. Par iespēju pielietot poliizoprēna/nanostrukturēta oglekļa kompozīta spiediena sensoru transporta līdzekļu svēršanas ierīcēs // RTU zinātniskie raksti. 6. sēr., Mašīnzinātne un transports. - 34. sēj. (2010), 42.-47. lpp.
73. Fraden Jacob, Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications / Springer. 2004, 590 p. ISBN 0-387-00750-4
74. USB 3.0 Specification / Internets. - <http://www.usb.org/developers/docs/> ;
75. G.Bradski, A.Kaehler Learning OpenCV, 2008, O'Reilly Media;
76. Advantage of Emgu CV / Internets. - http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page :