

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 darbs

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

Rīga 2011

PATEICĪBA

Autors izsaka lielu pateicību Industriālās Elektronikas un Elektrotehnikas institūta kolektīvam par labvēlīgo darba atmosfēru un atbalstu promocijas darba sagatavošanā, it īpaši promocijas darba vadītājam profesoram Ivaram Raņķim par mērķtiecīgo un pārdomāto darba vadīšanu, LZA akadēmiķim, profesoram Leonīdam Ribickim par labvēlīgu un lietišķu attieksmi, profesoram Kārlim Ketneram un profesoram Jānim Valeinim par konsultācijām un atbalstu.

Autors izsaka pateicību visiem Rīgas Tehniskās universitātes Doktorantūras studiju daļas darbiniekiem un Enerģētikas un Elektrotehnikas fakultātes un mācībspēkiem un darbiniekiem, ar kuriem ir bijusi un turpinās veiksmīga sadarbība.

Atsevišķu pateicību autors izsaka Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes docentam Agrim Ņikitenko, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes profesoram Mārim Knitem un pētniekam Jurim Zavickim, Elektronikas un Telekomunikāciju fakultātes profesoram Pēterim Misānam Nacionālās aizsardzības akadēmijas Aizsardzības zinātniski pētnieciskā centra vadītājam profesoram Kārlim Krēsliņam, kā arī M.phys. Jānim Vjateram par konsultācijām un palīdzību promocijas darba eksperimentu sagatavošanā.

Autors izsaka pateicību Eiropas Savienības Sociālajam fondam par sniegto finansiālo atbalstu studijām un promocijas darba izstrādei.

Vislielāko un sirsnīgāko pateicību autors izsaka saviem vecākiem, ģimenei un draugiem par lielo sapratni, palīdzību un visu veidu atbalstu ilgajā studiju un promocijas darba izstrādes laikā.

Anotācija

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

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.

Darbā ir 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

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.

Anotation

The practical application of the use of shooting simulator equipment confirms that its employment during the shooting training may reduce the number of the live shooting exercises and considerably increases the efficiency. It is especially important in the Military field in order to comply with the interoperability the training process must be organized in compliance with NATO requirements; the training must be intensified and with improved quality.

The aim of this doctoral thesis is create during the research process advanced shooting simulator that enabled the assessment of every rifleman's performance and to identify mistakes that interfere to reach the best result.

During the research the information was collected concerning rifleman performance monitoring and evaluation system; analytically determined optimal construction of the rifleman performance monitoring and evaluation system and the set of factors which influence the shooting score. The calculations have been done in order to determine the influence of the ballistic weapons to shooting score as well as assessed the possibilities to perform simulation.

The doctoral thesis is written in Latvian language, contains: 136 pages, introduction, 4 chapters, conclusions 83 figures, 33 formulas, 6 tables, 76 references and 5 appendixes.

SATURS

ANOTĀCIJA	2
ANOTATION	3
IEVADS	6
1. ŠAUŠANAS SIMULATORU VEIDI UN TO DARBĪBAS PRINCIPI	12
1.1. Vispārējs simulācijas iekārtu apraksts.	12
1.2. Simulācijas iekārtu vadības līmeņi	13
1.3. Specifiskās prasības šaušanas simulatoriem	14
1.3. Šaušanas simulatoru klasifikācija	15
1.4. Pasaulē izveidotās šaušanas simulatoru sistēmas	20
1.5. Latvijā izveidotā šaušanas simulatora sistēma SAIKU	37
1.6. Šaušanas simulācijas iekārtu novērtējums	43
1.7. Secinājumi par 1. nodaļu	46
2. ŠAUŠANAS REZULTĀTU NOVĒRTĒŠANAS PRINCIPI.	48
2.1. Trāpījumu blīvuma – izkliedes noteikšana.	48
2.2.1. Šaušanas rezultātu ietekmējošie faktori.	51
2.2.2 Sprūda nospiešanas spēka kontrole.	52
2.2.3. Stobra kustības amplitūdas kontrole	53
2.2.4. Elpošanas kontrole	55
2.3.5. Ieroča sānu nolieces kontrole	57
2.3 Trāpījuma punkta noteikšana	59
2.3.1. Pistoles lodes ballistiskais modelis.	59
2.3.2. Lodes trajektorija	59
2.5. Secinājumi par 2. nodaļu.	71
3. ŠAUŠANAS SIMULATORA IEROČU APRĪKOJUMS ŠĀVĒJA SNIEGUMA MONITORINGAM	72
3.1. Vispārējs simulācijas iekārtu ar integrētiem sensoriem apraksts	72
3.2. Šaušanas simulatora darbības funkcionālā shēma	75
3.3. Šaušanas simulatora vizualizācijas sistēmas lineārie un leņķiskie aprēķini	77
3.4. Iekārtas darbības laika diagramma	82
3.5. Ieroča atsitiena simulācija	85
3.6. Simulatora ieroča vadības bloks.	87
3.6.1. Laika aizturu formētāja mikrokontrolleris	88

6.6.2. IS starojuma formētāja mikrokontrolleris	89
3.7. Sensoru integrēšana šaušanas simulatora sistēmā	89
3.7.1. Elpošanas kontroles sistēma	90
3.7.2. Sprūda nospiešanas spēka kontroles sistēma.	91
3.7.3. Simulatora ieroča stobra nolieču informācijas sistēma	91
3.8. Secinājumi par 3. nodaļu	93
4. REALIZĒTĀ DATU APSTRĀDES SISTĒMA ŠAUŠANAS SIMULATORĀ UN TĀS IZPĒTE	94
4.1. Datu apstrādes sistēmas apraksts	94
4.2. Sensoru sistēmas darbības izpēte	104
4.3. Secinājumi par 4. nodaļu	110
SECINĀJUMI PAR DARBU	111
IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI	112
Pielikumi	116
Pielikums Nr.1	117
Pielikums Nr.2	121
Pielikums Nr.3	125
Pielikums Nr. 4	127
Pielikums Nr.5	129

IEVADS

Vajadzība pēc dažādām simulācijas iekārtām Latvijā un īpaši Latvijas armijā pēdējos gados ir ievērojami augusi, gan sakarā ar pāreju uz profesionālu armiju, gan palielinoties interesei par ložu šaušanas sportu [1].

Latvija kļūstot par NATO un ES dalībvalsti un iekļaujoties kolektīvās drošības struktūrās ne vien ir guvusi zināmas drošības garantijas, bet uzņēmusies arī noteiktus pienākumus, kas galvenokārt skar Latvijas Nacionālos bruņotos spēkus (NBS), un to sagatavošanu. Lai nodrošinātu pilnīgu spēku savietojamību, karavīru apmācības process ir jāorganizē atbilstoši NATO alianses prasībām – jāpadara intensīvākas un jāuzlabo tā kvalitāte.

Pirmkārt mūsdienās strauji attīstās visas tehnikas nozares un armijas tiek apgādātas ar moderniem un efektīviem tehnikas un ieroču veidiem. Īpaši strauji pēdējās desmitgadēs ir attīstījusies informātikas nozare, piemēram, ja pirms 10 gadiem datora izmantošana kaujas laukā bija tikai augstākā līmeņa komandieru privilēģija, tad šobrīd daudzas apbruņojumā esošās ieroču sistēmas vairs nav izmantojamas bez datorvadības, bet praktiski ar tām darbojas kareivji.

Otrkārt sadursmes izmantojot bruņotu spēku mūsdienu pasaulē nav kļuvušas retākas, bet gluži otrādi – lokāli bruņoti konflikti kļuvuši pat biežāki, bet to norise ir strauja un situāciju izmaiņas grūti paredzamas. Ņemot vērā pasaules globalizācijas procesus, potenciālo konfliktu skaits, kuros var tikt iesaistīti vienas vai otras valsts armija, ģeogrāfiski ir ļoti plaša.

Šī iemesla dēļ NBS karavīram šobrīd ir jābūt gatavam veikt savus pienākumus ne tik vien savā valstī [2], vai sabiedroto valstu teritorijā, bet arī tālu aiz tās robežām, dažkārt pat citos klimatiskos apstākļos (piemēram, Irāka, Afganistāna, Somālija utt.). Tas prasa no karavīriem apgūt ne vien militārās iemaņas, bet arī zināšanas par uzturēšanās un izdzīvošanas īpatnībām citos klimatiskajos apstākļos. Tāpat jāapgūst informācija par citu tautu tradīcijām un kultūru, jo šobrīd konvencionālo kara darbību tās klasiskajā izpausmē ir nomainījusi t.s. asimetriskā karadarbība. Grūtības šajā situācijā rada t.s. "krāsaino" spēku klātbūtne (vienības, kuru vadība simpatizē vienai vai otrai konfliktā iesaistītai pusei tomēr nav nekādi tai subordinēta). Tāpat karavīram savā dienesta laikā jāuztur un nemitīgi jāuzlabo arī individuālās kaujas iemaņas, tai skaitā ieroču pielietošanas prasmes.

Šādos apstākļos prasības karavīru atlasei un to apmācībai tikai pieaug, bet no otras puses laiku, kas paredzēts karavīru apmācībām, nav iespējams palielināt. Atrodoties šādās "šķērēs", ir tikai viena iespēja – apmācību process ir jāpadara intensīvāks iespējami adekvāti izmantojot apmācību laiku.

Apmācību jomā situāciju var ievērojami uzlabot izmantojot dažādus tehniskos mācību līdzekļus, tai skaitā simulatorus. Simulatoru izmantošana dod vairākas priekšrocības - padara apmācības procesu, intensīvāku, relatīvi lētāku un daudz drošāku. Daudzas no ārkārtas situācijām ir iespējams "izspēlēt" simulatoros nenodarot nekādus bojājumus tehnikai, apkārtējai videi un nekaitējot personāla veselībai, tai pašā laikā radot apstākļus, kas ir maksimāli pietuvināti realitātei.

Atbilstoši militārajā jomā pastāvošajai klasifikācijai [3], visas simulācijas tiek iedalītas 3 līmeņos:

1. tiešās simulācijas – simulācijas kurās tiek izmantota gan reāla tehnika, gan reāls personāls, piemēram, lauka kaujas mācības ;

2. virtuālās simulācijas – šeit gan piedalās reāls personāls, bet tehniskie līdzekļi ir virtuāli, piemēram, autovadītāju simulatori, arī dažādi ieroču sistēmu simulatori;

3. konstruktīvās simulācijas – šeit tiek izmantoti gan virtuāli militārie spēki, gan tehnika – šādas simulācijas izmanto augstākais komandējošais sastāvs, lai trenētu lēmuma pieņemšanas procedūras, kā arī prognozētu iespējamo situācijas attīstību. Personāls, kurš tiek iesaistīts šāda līmeņa apmācībās, ir ļoti ierobežots. Visatbilstošākais piemērs no civilās dzīves ir taktiskās datorspēles.

Šaušanas simulatori pamatā tiek pieskaitīti pie otrā veida, proti, virtuālajiem simulatoriem, lai gan šaušanas simulatora jēdziens kā tāds literatūrā nav stingri definēts. Galvenā simulatora atšķirība ir iespējami vairāku reālu faktoru virtuāla modelēšana. Bieži šaušanas simulatoros tiek izmantoti reāli ieroči. Pirms izmantošanas simulatorā tie obligāti tiek modificēti, lai nepieļautu to reālu darbību (kaujas munīcijas izmantošanu) [4].

Simulatorus ar datorvadību jau labu laiku izmanto ne vien militārajām, bet arī civilajām vajadzībām, tai skaitā izklaides industrijā [5; 6]. Piemēram, Latvijā, Mārupes novada Purva muižā ir uzstādīts šaušanas trenāžieris Marksmen CT-2, un savus spēkus šaušanā šeit var izmēģināt jebkurš, jo nav vajadzīgas nekādas atļaujas, un to var darīt pat bērni, jo nepastāv pilnīgi nekādi drošības riski.

Lielākais negatīvais faktors, rīkojoties ar šaujamo ierociem, ir stress. Gan medniekiem, gan karavīriem, gan tiesībsargājošo iestāžu darbiniekiem ir jāpieņem atbildīgi lēmumi un jāveic sarežģītas darbības ļoti ierobežotā laikā un telpā. Iepriekš vingrinoties veikt līdzīgus uzdevumus izmantojot simulatorus, apmācāmie apgūst nepieciešamās iemaņas, un sekojoši reālā situācijā stresa līmenis ir ievērojami reducēts un uzdevumi tiek veikti kvalitatīvāk.

Stingrās drošības procedūras, kuras jāievēro šautuvēs [4], jaunajiem karavīriem vai šaušanas sporta entuziastiem bieži vien liek pilnīgi aizmirst par pašu šaušanas procesu.

Apmācāmie drudžaini koncentrējas tikai uz drošības procedūru ievērošanu, un nodarbības efektivitāte ievērojami samazinās. Armijas pieredze rāda, ka pirmās 2-3 nodarbības, kuru laikā jaunais karavīrs patērē būtisku munīcijas daudzumu, ir maz efektīvas [7]. Jāņem vērā, ka katras nodarbības organizēšana ir saistīta ne vien ar būtiskiem finansiāliem izdevumiem, bet arī ar vērīenīgiem organizatoriskiem pasākumiem, sākot no transporta organizēšanas, medicīniskā personāla un sanitārā transporta piesaistīšanas, šautuvei pieguļošo teritoriju kontroles un poligona piekļuves ceļu kontroles un slēgšanas, u.t.t. [4]. Var gadīties, ka personāla skaits, kurš iesaistīts šaušanas nodarbības norises nodrošināšanā, ir lielāks nekā pašu apmācāmo skaits. Augšminēto iemeslu dēļ svarīgi ir šaušanas simulatorus izmantot tieši apmācību sākumposmā, kurā jaunie karavīri, tiesībsargi, mednieki vai sportisti praktiski varētu apgūt drošības procedūras un šaušanas pamatus, iemācītos tēmēt un izdarīt šāvieni.

Pastāv maldīgs uzskats, ka dažādu optisku un optoelektronisku tēmēšanas ierīču izmantošana var uzlabot šaušanas rezultātus bez pareizas pamatapmācības. Ir sens angļu sakāmvārds – ja tu nepareizi aizpogāsi krekla pirmo pogu tad maz ticams, ka visas pārējās pogas tu aizpogāsi pareizi. Pārfrāzējot šo izteicienu, var teikt, ka tad, ja strēlnieks nebūs apguvis pareizas šaušanas iemaņas izmantojot mehāniskās tēmēšanas ierīces, diez vai viņš spēs pareizi izmantot optiskās un optoelektroniskās tēmēšanas sistēmas. Dotajā darbā neaplūkosi tās psiholoģiskās problēmas, kuras ir saistītas ar šaušanas apmācību un optisko tēmēšanas ierīču izmantošanu, lai gan arī tādas neapšaubāmi pastāv [8], bet pievērsīsimies tikai augstas atbilstības strēlnieku ieroču simulatoru uzbūves tehniskajiem aspektiem un to konstrukcijas uzlabošanai.

Viena no galvenajām problēmām, kura rodas augstas atbilstības šaušanas simulatoru izveidē, ir reāla ieroča darbības adekvāta simulācija [9]. Simulācijā izmantotajam ieroča imitatoram ir jānodrošina tāda veida iedarbība uz strēlnieku, kā reālam ierocim (atsitiena efekts). Lielākajā daļā simulācijas iekārtu šis faktors tiek ignorēts vai tam tiek pievērsta sekundāra nozīme.

Ir zināms, ka ar pētījumiem ieroču atsitiena imitēšanā ir nodarbojušies Kauņas Tehnoloģiju universitātes pētnieki Ramutis Bansevicius, Algimantas Fedaravicius, Vytautas Ostasevicius un Mīnvydas Ragulskis, kuri ir aprakstījuši ieroča atsitiena veidošanās mehāniku un tās pārnese uz šaušanas simulatoriem [10].

Visiem šaušanas simulatoriem, neatkarīgi no to pielietojuma parasti ir iespējas mainīt apgaismojuma līmeni, skaņas fonu, bet dažiem arī imitēt reālas sajūtas izmantojot platformas, kas imitē transporta radītās svārstības, vai īpašas sajūtu vestes [6]. Augšminētie faktori tiek savstarpēji koordinēti ar fona attēlu un veicamo uzdevumu.

Otrs problēmu loks ir saistīts ar simulācijā izmantotās ieroča vai tā imitācijas orientācijas un stāvokļa noteikšanu. Dažādu ražotāju šobrīd izstrādāto simulācijas sistēmu konstrukcijā iestrādātā iespēja sekot tēmēšanas līnijas pēdas kustībai uz mērķa plaknes diemžēl nedod pilnīgu priekšstatu par apmācāma tēmēšanas laikā pieļautajām kļūdām [11]. Par nožēlu, nav izdevies atrast nevienu simulatora prototipu, kurā tiktu ņemta vērā ieroča orientācija telpā, lai noteiktu trāpījuma summāro kļūdu.

Krievijā ar pētījumiem par simulstoru izmantošanu augstas klases sportistu (šāvēju) treniņos nodarbojas Krievijas ložu šaušanas izlases galvenais treneris O. A. Lapkins. Sava simulatora izveidi viņš sāka jau 1972. gadā, kad, būdams vēl PSRS ložu šaušanas izlases sportists, aizstāvēja diplomdarbu par tēmu „Infrasarkano staru šaušanas simulators”. Kopš tā laika šis simulators un apmācības metodika ir ievērojami pilnveidota. Šobrīd ar šādu simulatoru ražošanu nodarbojas Krievijas kompānija „SCATT” [12]. Jau Padomju Savienības laikā šī iekārta un apmācības metodika tika uzskatīta par valsts noslēpumu un to izmantot varēja tikai PSPS vadošie sportisti, tad šobrīd tā ir plaši pieejama par samērā pieņemamu cenu, bet joprojām informācija par veiktajiem pētījumiem netiek izpausta un ir ieguvusi komercnoslēpuma statusu.

Somu Firma „Noptel” [13] ir izstrādājusi oriģinālas konstrukcijas lāzera šaušanas simulatoru vieglajiem strēlnieku ieročiem, lietošanai kā telpās, tā brīvā dabā. Iekārtas darbības princips radikāli atšķiras citām apmācības sistēmām, proti, lāzera izstarotājs un uztvērējs atrodas uz ieroča, un darbojas kā noviržu (pārvietojumu) lāzera mērītājs, proti, uztverot izstarotā lāzera atstaroto gaismas staru no trāpījuma mērķī [14]. Šāda darbības principa izvēle šaušanas stimulatoram nav nejauša, bet ir saistīta ar firmas „Noptel” pamatprodukciju: tā ir viena no vadošajām lāzera tālmēru ražotājām pasaulē. Iekārtas darbības princips ir patentēts ASV [15], [16]. Ar šīs iekārtas palīdzību ir iespējams veikt pilnu šaušanas apmācības ciklu: no šaušanas sākotnējo prasmju apmācības - līdz taktiskajām šaušanas apmācībām āra apstākļos (poligonā). Par šīs apmācību iekārtas popularitāti liecina apstākļi, ka tā tiek izmantota 30 Pasaules valstīs.

Kompānijas FATS [17] izstrādātie datorizētie lāzera šaušanas simulatori tiek lietoti ne vien vairumā NATO valstu, bet arī citās tehniski attīstītās pasaules valstīs, piemēram, Dienvidāfrikas Republikā. Firma izstrādā un realizē plašu šaušanas simulatoru spektru, tai skaitā arī vieglajiem strēlnieku ieročiem. Šo šaušanas simulatoru komplektā ietilpst video projektors, ekrāns un tā attēlu fiksējoša video kamera [18]. Video kamera uztver uz ieroča nostiprinātā lāzera izstaroto gaismas impulsu uz ekrāna un šaušanas simulatora dators no video kameras datiem aprēķina trāpījuma koordinātes, kuras tiek salīdzinātas ar mērķa teorētiskās

atrašanās vietas koordinātēm un tiek novērtēta trāpījuma precizitāte. Nodarbībām simulatorā ir iespējams kombinēt vairākus ieroču veidus - trieciensautenes, ložmetējus un granātmetējus.

Plašā programmatūras bāze ļauj savienot vairākus simulatorus vienā kompleksā nodrošināt plašu simulēto kaujas situāciju klāstu. Diemžēl informāciju par šīs sistēmas darbību iespējams iegūt, tikai kontaktējoties ar firmas pārstāvjiem klātienē.

Pasaulē par perspektīvākajiem ir atzīti šaušanas simulatori, kuros ieroci ar datora vadības bloku saista bezvadu tehnoloģijas. Šajā gadījumā izstarotājs ir izvietots uz ieroča stobra, bet vadības bloks un barošanas elementi ir ievietoti aptverē. Šāda shēma nodrošina iespēju šāvējam brīvi pārvietoties ar ieroci pa uguns līniju, kā arī minimāli ietekmē ieroča gabarītus un svaru.

Neraugoties uz lielo šaušanas simulatoru daudzveidību, pētījumu par simulatoru izmantošanas iespējām ir maz. Lielākā daļa pētnieku un ražotāju vairāk koncentrējas uz dažādu tehnisku jaunievedumu un vizuālu efektu radīšanu. Šāda pieeja nenoliedzami paaugstina simulatoru tehniskās iespējas un vizuālo pievilcību, tomēr dažbrīd tiek aizmirsts par to galveno uzdevumu: apmācības efektivitātes nodrošināšanu.

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 to 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 svaru 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. ŠAUSĀNAS SIMULATORU VEIDI UN TO DARBĪBAS PRINCIPI

Jēdziens simulators ir radies tikai 20. gadsimtā, lai gan iekārtas, kuras paredzētas cilvēku apmācībai, attīstot viņiem noteiktas prasmes, ir pazīstamas jau sen un droši var apgalvot, ka tādas bija jau civilizācijas pirmsākumos [19].

Galvenais apmācību veids pirmsindustriālajā sabiedrībā bija skolotāja atdarināšana – princips „dari, kā es”. Arī šāda veida apmācībā tika izmantotas dažādas palīgierīces.

Simulatori mūsdienu izpratnē parādījās industriālajā sabiedrībā, kad bija nepieciešams apmācīt lielu cilvēku skaitu darbam ar tipveida iekārtām vai noteiktu iemaņu attīstīšanai darbojoties ar iekārtām, kurām ir līdzīgi darbības principi.. Tomēr īsts simulācijas iekārtu ražošanas uzplaukums sākās tikai pagājušā gadsimta 80-os gados. Tieši tad visdažādākajās cilvēka darbības sfērās plaši sāka ieviest ļoti sarežģītas tehnoloģijas, kuru ekspluatācija bieži vien bija saistīta ne vien ar risku to operatora (vadītāja) dzīvībai, bet arī varēja apdraudēt lielu cilvēku skaitu. Svarīga simulācijas iekārtu evolūcijā bija datortehnikas straujā un dinamiskā attīstība. Šobrīd pasaulē ir radīta vesela industrija, kas nodarbojas ar simulācijas iekārtu radīšanu, ražošanu un tirdzniecību, kā arī šo iekārtu operatoru un apkalpojošā personāla apmācību.

1.1. Vispārējs simulācijas iekārtu apraksts.

Patlaban sarežģītākās simulāciju iekārtas ir lieli aparatūras kompleksi, situāciju modelēšanas iekārtas, datorprogrammas un fiziski modeļi, kas paredzēti, lai apmācītu cilvēku pieņemt ātrus un kvalitatīvus lēmumus sarežģītās situācijās. Tādu pieeju simulācijas iekārtu izmantošanā ir iespējams realizēt tikai pateicoties šī brīža sasniegumiem datortehnikas, mašīnu redzes, virtuālās realitātes, mākslīgā intelekta u.c. zinātnes un tehnikas jomās. Pateicoties iepriekš minētajām tehnoloģijām šobrīd ir izstrādātas daudzas militārās simulācijas sistēmas, kas dod iespēju ļoti detalizēti imitēt dažādas kaujas situācijas reālā laika mērogā.

Piemēram, virtuālās realitātes tehnoloģiju attīstība ir devusi iespēju veikt medicīnisku operāciju [20] elektroniskam pacientam ar ļoti augstu ticamības pakāpi utt., pie kam simulatoru izmantošanas jomu klāsts nemitīgi paplašinās. Ir paredzams, ka šāda simulācijas iekārtu attīstības tendence saglabāsies arī nākotnē.

Lai kādi arī nebūtu konkrētas simulācijas sistēmas uzdevumi, to konstruktoriem vienmēr būs jāsaskaras ar cilvēka domāšanas un uztveres īpatnībām, tādēļ zinātniski pētījumi medicīnā un jauni tehniski risinājumi dažādās zinātnes un tehnikas jomās var izrādīties ļoti noderīgi simulatoru , tai skaitā to , kas paredzēti militārai pielietošanai, radīšanā. Piemēram,

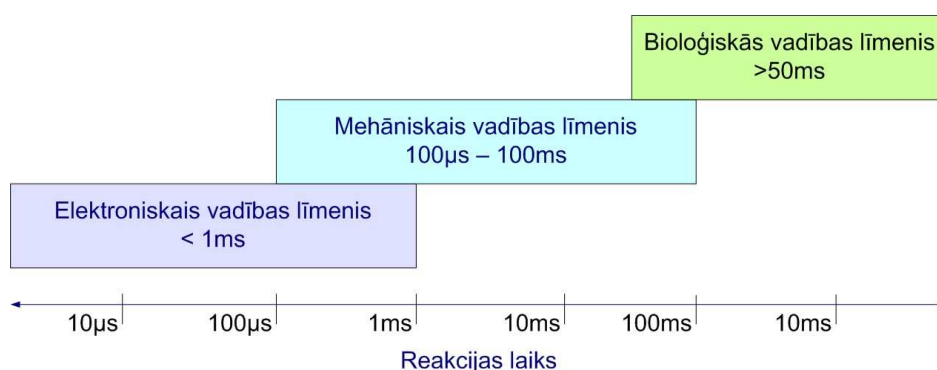
Simulatoru tehnoloģijām kļūstot lētākām un pieejamākām, tās plaši tiek ieviestas arī izklaides industrijā tāpat arī samērā plašs simulācijas iekārtu spektrs tiek piedāvāts individuāliem lietotājiem [6].

Patlaban tirgū ir pieejami šaušanas simulatori kuri ir paredzēti gan strēlnieku apmācībai, gan izklaidei, pie kam strēlnieku apmācību var iedalīt vairākās specifiskās jomās, kā mednieku, sportistu un karavīru jeb militārajā un policijas jeb likumības nodrošināšanas (angl. Law Enforcement). Katram no šiem darbības veidiem ir specifiskas prasības, kuras jānodrošina apmācību procesa laikā, kā arī to ekspluatācijā. Visstingrākās prasības un plašākā funkcionalitāte ir tieši militārajiem un policijas simulatoriem, bet visaugstākās precizitātes prasības ir sporta simulatoriem. Medību simulatoriem ir specifiskas prasības, kuras saistītas ar izmantojamo munīciju (skrotis, renkuļi, lodes) kā arī ar izmantojamajiem ieročiem gan gludstobra bisēm, gan vītņstobra karabīnēm. Neraugoties uz lielo daudzveidību, visiem simulatoriem ir kopīgas konstruktīvas iezīmes, bet to galvenās atšķirības ir datu interpretācijā, jeb citiem vārdiem sakot vadības programmatūrā.

1.2. Simulācijas iekārtu vadības līmeņi

Modelēšanas datoram izpildot imitējošā modeļa programmu, jānodrošina imitējamā procesa darbību izvēlētajā laika mērogā, vadot simulācijas iekārtas elementus.

Simulācijas iekārtas vadības sistēma darbojas 3 nosacītos līmeņos, proti, elektroniskajā, mehāniskajā un bioloģiskajā [21]. Šāds uzdevumu sadalījums ir saistīts ar laiku, kas nepieciešams sistēmai atbildes reakcijai uz kādu parametru izmaiņu.



1.1. att. 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, elektromehāniskie vārsti, motori, elektromagnēti u.c. Šis ir pats vienkāršākais programmēšanas līmenis jo šeit tiek 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 mikrokontrolierus.

Elektroniskais vadības līmenis nodrošina dažādu simulatora elektronisko bloku savstarpējo komunikāciju un sadarbību. Tāpat šai līmenī tiek realizēts 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.

1.3. Specifiskās prasības šaušanas simulatoriem

Praktiski visas augstāk uzskaitītās prasības ir spēkā arī šaušanas simulatoriem, kaut arī pastāv dažādi ierobežojumi un papildus prasības to pielietošanā. Piemēram, prasību, ka lietotāja interfeisam ir jādod iespēju apmācāmajam risināt eksploatācijas uzdevumus manipulējot ar tādiem vadības orgāniem un tādā veidā, kā tas ir realitātē, izpildei ir slēpti vairāki papildus nosacījumi.

Pirmkārt, tās ir drošības prasības, kuras attiecas uz simulācijā izmantojamajiem ieročiem un to darbības blakusproduktiem:

1. Gadījumā, ja simulācijā tiek izmantoti reāli ieroči, nekādā gadījumā nav pieļaujama iespēja simulācijas režīmā ielādēt kaujas munīciju šajā ieročī,
2. Ja simulācijas laikā veidojas kaitīgi blakus produkti, piemēram, gāzes vai dažādi izstarojumi, tie nedrīkst iedarboties uz apmācāmo.
3. Simulējot ieroču mehānismu darbību, ir jāizdara viss, lai mehānisma darbība nevarētu traumēt apmācāmo, tai pašā laikā apmācāmajam ir jāsaņem informācija par savām nepareizajām darbībām ar ieroci, kas realitātē varētu apdraudēt kā blakus atrodošos cilvēkus, tā apmācāmo pašu.

Otrkārt, ir augstas darbības realitātes nodrošināšanas prasības. Gadījumā, ja stimulācijām tiek izmantota ieroča mulāža, tās atbilstībai ir jābūt ļoti augstai un tā nedrīkst tikai aprobežoties ar ārēju līdzību, bet tai ir jānodrošina arī ieroča darbības imitēšana. Vienkāršākajā gadījumā tā ir šāviena atsitiena efekta nodrošināšana. Augstu šaušanas darbības atbilstību var panākt simulācijā izmantojot salūtmunīciju, tomēr arī šajā gadījumā ir

nepieciešams papildus aprīkojums drošības prasību (skat. augstāk 1. punktu) izpildei, kas ievērojami sadārdzina šaušanas simulācijas procesu.

Treškārt, ir jānodrošina simulācija pieejamība un ekonomiskā efektivitāte. Tā kā šaušanas nodarbībām tiek izmantotas norobežotas teritorijas vai speciālas būves un telpas, kā arī šādu nodarbību organizēšanā ir jāievēro īpašas drošības procedūras, tas kopumā padara šo procesu grūti pieejamu. Šaušanas simulatoram ir jānodrošina nodarbību pieejamību 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. Pēdējo iemeslu dēļ plaši tiek izmantoti interaktīvi šaušanas simulatori ar speciāliem nodarbību scenārijiem. Jautājumu, kuri ir saistīti ar strēlnieku grupu šaušanas apmācību izmantojot šaušanas simulatorus, pilnībā vēl nav atrisināti.

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

1.3. Šaušanas simulatoru klasifikācija

Šobrīd ne Latvijā, ne pasaulē nepastāv kāda vienota šaušanas apmācību iekārtu klasifikācijas, kādēļ katrs ražotājs vai izstrādātājs savus izstrādājumus nosauc atbilstoši saviem priekšstatiem - simulators, imitators, trenažieris, 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 tas 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 izveidošu šaušanas apmācību iekārtu vienotu klasifikāciju ilustrējot to ar praktiskiem piemēriem. Klasifikācija ir nepieciešama, lai veidotu vienotu izpratni par šaušanas apmācību iekārtu konstrukciju un lietošanas īpatnībām.

Atbilstoši Latvijas Tulkošanas un terminoloģijas centra (TTC) dotajiem skaidrojumiem vārda *simulācija* nozīme ir identiska vārda *imitācija* skaidrojumam un tā definīcija ir:

Parādību un procesu pētīšanas metode, kurā pētāmo objektu aizstāj ar kādu citu sistēmu (modeli). Piemēram, pētāmo objektu aizstāj ar tā matemātisko aprakstu un imitāciju veic analītiski. Bieži izmanto dažādus imitēšanas veidus, kas balstās uz sistēmas darbības aprakstu ar datora programmu [22].

Vārdam *simulācija* militārajā jomā ir daudz senākas saknes [23],[24] kā arī to plaši lieto mūsdienās militārajā jomā. Šo iemeslu dēļ, manuprāt, priekšroka runājot par ieročiem un citām ar militāro sfēru saistītām lietām būtu dodama vārdam *simulators* un nevis *imitators*. Militārajā jomā ar vārda *imitators* nozīme tiek saistīta ar pirotehniskām ierīcēm

Vārds *trenažieris*, atbilstoši TTC ieteikumiem [22], ir angļu vārda *simulator* latviskais tulkojums.

Modernās angļu valodas vārdnīcā [24] dotais vārda *simulators* skaidrojums ir plašāks – tā ir apmācību iekārta, kura paredzēta, lai apmācītu cilvēku kādas iekārtas vadīšanai imitējot ārējos apstākļus.

Pievēršoties tīmekļa enciklopēdijas Vikipēdija krievu valodas versijai [26] šīs atšķirības ir izteiktas precīzāk:

„Симуляторы — программные и аппаратные средства, создающие впечатление действительности, отображая часть реальных явлений и свойств в виртуальной среде”

Simulatori – programmatūras un aparātu līdzekļi, kuri rada realitātes iespaidu, kas atspoguļo daļu no reālām parādībām vai īpašībām virtuālajā vidē.

Тренажёр (от англ. train — воспитывать, обучать, тренировать) — механическое, электрическое либо комбинированное учебно-тренировочное устройство, искусственно имитирующее различные нагрузки или обстоятельства (ситуацию).

Trenažieris (no angļu *train* – audzināt, apmācīt, trenēt) – mehāniska, elektriska vai kombinēta apmācību un treniņu ierīce, kura imitē dažādas slodzes vai apstākļus (situācijas).

Ņemot vērā to, ka sākotnēji šie vārdi latviešu valodā ieviesās no krievu un nevis tieši no angļu valodas domāju, ka to saturisko jēgu vajadzētu pakārtot tieši krievu valodas skaidrojumam.

Tādejādi mēs varam skaidri nodalīt divas atšķirīgas šaušanas apmācību iekārtu grupas:

Simulatori – iekārtas, kas rada realitātes iespaidu un parasti ir saistītas ar datortehnoloģiju izmantošanu to darbības algoritma nodrošināšanai.

Trenažieri – iekārtas, kuras paredzētas noteiktu iemaņu trenēšanai un pēc savas konstrukcijas ir mehāniskas, elektriskas vai elektromehāniskas. Galvenā trenažieru atšķirība no simulatoriem ir tajā apstākļi, ka tie neparedz realitātes iespaيدا radīšanu.

Vēl tehniskajām iekārtām jāpieskaita arī interaktīvās šautuves un tehniskie palīglīdzekļi.

Balstoties uz visu iepriekš minēto varam šaušanas apmācības iekārtas iedalīt 4 galvenajās grupās:

Šaušanas trenāžieri – mehāniskas, elektriskas vai elektromehāniskas iekārtas, kas paredzētas šaušanai nepieciešamo iemaņu un pamat prasmju 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 nolasišana ir datorizēta.

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

Šaušanas trenāžierus sīkāk varētu iedalīt sekojoši [26]:

1. Motorikas trenāžieri - tādi, kuri paredzēti motorisko funkciju trenēšanai, piemēram, tēmēšana, šaušanas mēlītes nospiešana, mērķa „pavadīšana” utt.;

2. Tēlu atpazīšanas trenāžieri - tādi kuri paredzēti dažādu tēlu atpazīšanai, piemēram, mērķu identifikācija, šaušanas apstākļu izvērtēšana. Izmantojot šādus trenāžierus apmācāmais tiek trenēts atpazīt dažādus mērķus pēc to silueta, noteikt to kustības ātrumu, attālumu līdz mērķim un izvērtēt apstākļus, kuri var ietekmēt tēmēšanu, piemēram, gaisa temperatūra, vēja virziens un spēks;

3. Algoritmiskie trenāžieri – tādi, kuri paredzēti noteiktu darbības algoritmu izpildei – šo trenāžieru darbības pamatā ir stingri noteiktu algoritmu ievērošana un tie neparedz ārēju faktoru iedarbību un nepieļauj apmācāmā novirzes no noteikta darbības algoritma. Šādi simulatori paredzēti, piemēram, tanka lielgabala lādētājam (SAAB).

4. Avārijas trenāžieri – tādi, kuri paredzēti darbības modelēšanai ārkārtas situācijās, līdzīgi kā iepriekšējā tipa trenāžieri arī šiem trenāžieriem ir samērā stingrs darbības algoritms ar obligātu laika kontroli. Šos trenāžierus izmanto, lai apmācāmos trenētu paredzamo bīstamo situāciju novēršanai, šeit galvenais uzsvars tiek likts nevis uz algoritma secīgu izpildi, bet uz gala rezultāta sasniegšanu iespējami īsā laikā. (norvēģu sardzes trenāžieris),

5. Lēmuma pieņemšanas – trenāžieri, kuri paredzēti sazarotu scenāriju risināšanai. Šajos trenāžieros galvenais uzsvars tiek likts uz optimāla risinājuma ceļa izvēli. Šādus trenāžierus izmanto, lai trenētu prasmes, kuras saistītas ar bojājumu noteikšanu ieroču sistēmās un to operatīvu novēršanu.

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

Atbilstoši NATO klasifikācijai visas simulācijas iedala trīs līmeņos [3]:

4. tiešās simulācijas – simulācijas kurās tiek izmantota gan reāla tehnika, gan reāls personāls, piemēram, lauka kaujas mācības;

5. virtuālās simulācijas – šeit gan piedalās reāls personāls, bet tehniskie līdzekļi ir virtuāli, piemēram, autovadītāju simulatori, arī dažādi ieroču sistēmu simulatori;

6. konstruktīvās simulācijas – šeit tiek izmantoti gan virtuāli militārie spēki, gan tehnika – šādās simulācijas izmanto augstākais komandējošais sastāvs, lai trenētu lēmuma pieņemšanas procedūras, kā arī prognozētu iespējamo situācijas attīstību. Personāls, kurš tiek iesaistīts šāda līmeņa apmācībās ir ļoti ierobežots. Visatbilstošākais piemērs no civilās dzīves ir taktiskās datorspēles.

Kā minēts iepriekš, šaušanas simulatori pamatā tiek pieskaitīti pie otrā veida, proti, virtuālajiem simulatoriem. Šāda nostādne sasaucas arī ar simulatora definīciju - vides un apstākļu imitācija.

Šaušanas simulatoru grupā varētu izdalīt vairākas apakšgrupas;

1. Optiskie simulatori - tādi kur trāpījuma noteikšanai tiek izmantotas optiskas iekārtas

Šie simulatori savukārt sīkāk dalās:

a. Lāzera simulatoros kuros trāpījuma noteikšanai tiek izmantots lāzera stars, pie kam simulatoros var izmantot gan redzamās gaismas spektra, gan infrasarkanā (neredzamā) spektra lāzerus. Tāpat trāpījuma noteikšanai var izmantot gan tiešo, gan atstaroto lāzera staru;

b. Optoelektroniskie šaušanas simulatori - šeit trāpījuma noteikšanai tiek izmantoti optiskie sensori. Šādā shēmā parasti viens vai vairāki izstarotāji ir novietoti uz mērķa, bet foto uztvērējs ir ievietots ieroča stobrā .

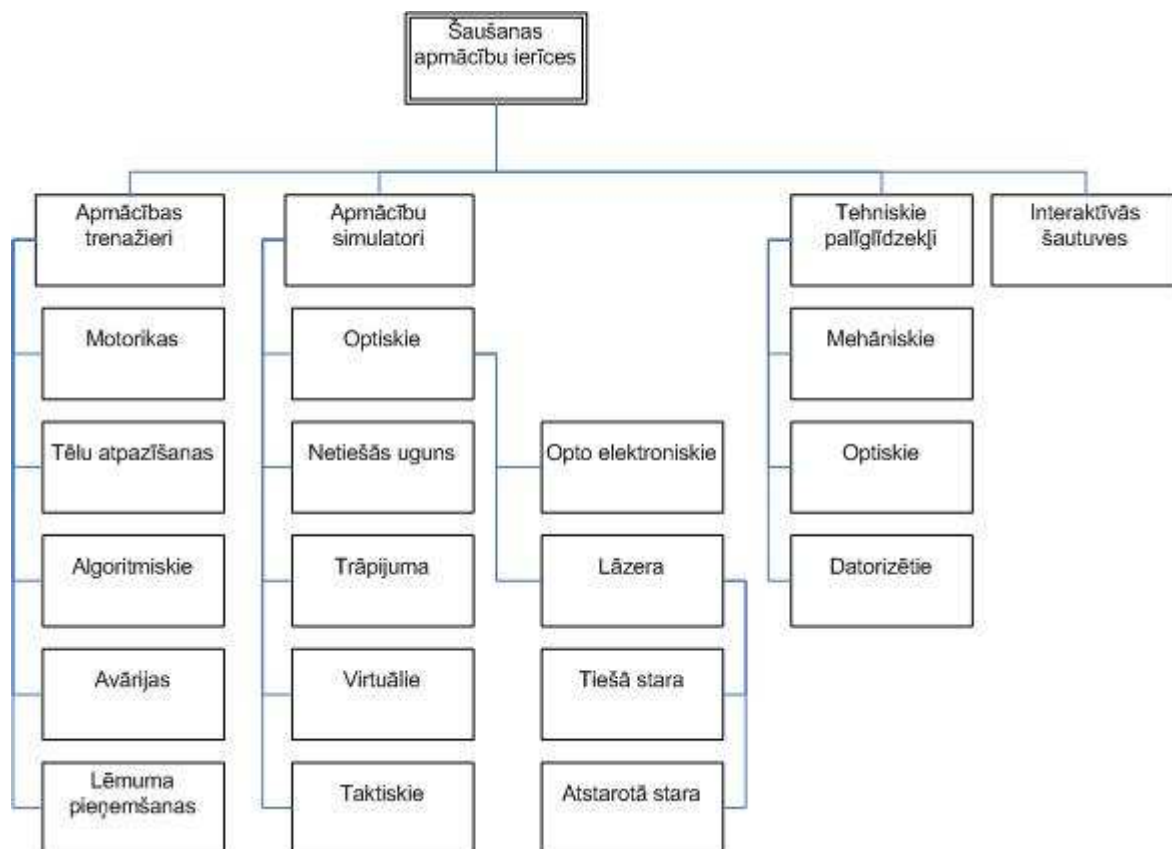
2. Netiešās uguns simulatori – iekārtas, kur trāpījuma noteikšanai tiek izmantota ieroča stobra stāvokļa izmaiņu reģistrēšana. Šajās iekārtās trāpījumus aprēķina un nav tiešas saites starp ieroci un mērķi. Piemēram, pretgaisa raķešu sistēmas RBS-70 simulatori, automātiskā granātmetēja vai mīnmetēju šaušanas simulatori.

3. Trāpījuma simulatori – simulatori, kur trāpījuma vietas noteikšanai tiek izmantots fizisks ķermenis (plastmasas lodīte), t.s. airsoft ierocis un munīcija, bet ne reāls ierocis. Man zināma ir tikai viena šāda veida iekārta „Laser Shot”, kur šāviena imitēšanai izmanto plastmasas lodītes un kura tika demonstrēta izstādē ITEC 2007.

4. Virtuālie šaušanas simulatori. Šādos simulatoros tēmēšana notiek virtuāli neizmantojot ieroča mehāniskās vai optiskās tēmēšanas iekārtas. Šādi simulatori pēc būtības ir datorspēles un tie ir paredzēti šaušanas iemaņu apguvei tiem ieročiem, kuriem ir attālināta ieroča vadība vai dažādu ieroča pielietošanas situāciju modelēšanai, šādus simulatorus plaši izmanto ne vien militārās un tiesību sargājošās struktūras, bet arī izklaides industrijā;

5. Lauka taktiskie šaušanas simulatori, šie simulatori paredzēti taktisko apmācību organizēšanai gan telpās, gan lauka apstākļos. Kut arī šeit, tāpat kā optiskajos simulatoros trāpījuma noteikšanai vairumā tiek izmantots lāzera stars. Šo simulatoru lietošanas īpatnības liek tos izdalīt atsevišķā grupā, jo dotajā gadījumā noteicošais ir nevis trāpījuma noteikšanas veids, bet gan simulatora darbības īpatnība - spēlētājs pret reālu spēlētāju ar vienādām iespējām abiem, tādejādi, mērķi ir reāli, un simulācija tiek veikta reālā vidē, imitēts šeit, tiek tikai trāpījuma fakts. Simulatora komplektā vienam cilvēkam ietilpst ne vien ar izstarotāju aprīkots ierocis, bet arī ar uztverošajiem sensoriem aprīkota veste, kas reģistrē trāpījumus un kontrolē ieroča darbību, tādejādi, katrs simulācijas dalībnieks ir arī potenciāls mērķis saviem oponentiem. Šādus simulatorus izmanto, lai apmācības maksimāli pietuvinātu reālai kaujas darbībai. Apmācāmajam ir ne vien jāsatric pretinieks, bet arī jā rūpējas par savu drošību izvairoties no pretinieka „uguns” izmantojot apgūtos taktiskos paņēmienus (aizsegs maskēšanās). Lauka taktiskie simulatori pamatā ir apgādāti ar lāzera izstarotājiem, bet ASV tiek veikti pētījumi, lai lāzera izstarotājus aizstātu ar radio impulsa raidītājiem [27]. Šāda nostādne ir saistīta ar jauna veida strēlnieku ieroču ieviešanu apbruņojumā, kas dodot iespēju ne vien satriekt ienaidnieku tiešā tēmējumā, bet arī aiz aizsega izmantojot, tā saukto gudro munīciju.

Balstoties uz iepriekš minēto varam izveidot šaušanas apmācību ierīču klasifikāciju, kura parādīta attēlā 1.2.



1.2. att. Šaušanas apmācību iekārtu klasifikācija

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). Jaunākajās apmācību iekārtās, kuras paredzētas kolektīvajai apmācībai parasti ir iespējams iestatīt darba režīmu, kurā var veikt arī individuālo apmācību.

1.4. Pasaulē izveidotās šaušanas simulatoru sistēmas

Lielā mērā šaušanas simulatoru izvēle ir atkarīga no tradīcijām un likumdošanas niansēm, kas saistītas ar ieroču nēsāšanu un pielietošanu, kā arī no apmācību tradīcijām katrā konkrētā valstī. Daudzās arābu valstīs šaujam ierocis kalpo ne vien kā bruņotas cīņas instruments, bet arī kā līdzeklis savu emociju publiskai izrādīšanai un šaušana gaisā ir neatņemamam svinību sastāvdaļa [28], kur pret, piemēram, Eiropas valstīs šāda rīcība varētu izraisīt nopietnas tiesiskas sekas. Tāpat atšķiras arī šaušanas apmācības tradīcijas dažādās valstīs, piemēram, Krievijā priekšroka tiek dota klasiskajām sporta disciplīnām, kur pret ASV priekšroka tiek dota tā sauktajām lietišķās šaušanas disciplīnām. Latvijā ļoti populāras ir medības, un atbilstoši uzsvars tiek likts uz šīm disciplīnām, bet apmācību metodika veido

īpatnēju kokteili kas sastāv no padomju sporta, šaušanas tradīcijām NATO valstu regulējumiem un Izraēlas speciālo dienestu paņēmieniem.

Kas attiecas uz tiesībsargājošo, militāro un apsardzes struktūru darbību, šeit galvenie apmācības principi ir līdzīgi gan savā starpā, gan dažādās valstīs atšķiras tikai ieroču veidi. Vispāratzīts līderis ne vien šaujamo ieroču izplatībā, bet arī šaušanas simulatoru ražošanā pasaulē ir ASV, kur savā starpā konkurē divas nopietnas kompānijas, Meggitt Trainin Systems bijusī FATS/Casewell un „Laser Shot”. Šeit var novērot arī to, ko sauc par industrijas ietekmi uz apmācību procesu, proti, piedāvātās tehnoloģijas atrodas priekšā apmācību vajadzībām un potenciālajiem izmantotājiem ir jāemēģina piemēroties radītajām iespējām.

Kompānijas Meggitt Trainin Systems [18] izstrādātie datorizētie lāzera šaušanas simulatori tiek lietoti 52 pasaules valstīs turklāt tās ir ne vien NATO dalībvalstis, bet arī citas tehniski attīstītas pasaules valstīs, piemēram, Dienvidāfrikas Republikā un Austrālijā. Firma ir saražojusi vairāk kā 6000 apmācības komplektu un pielāgojusi savus simulatorus vairāk kā 300 ieroču tipiem. Firma izstrādā un realizē plašu šaušanas simulatoru spektru, gan militārajām, gan tiesībsargājošajām institūcijām [29], kas paredzēti vieglajiem strēlnieku un atbalsta (12mm ložmetējs, automātiskais granātmetējs, virziendarbības mīnas (Clymore) ieročiem (CST-300D, skat. 1.4 att.).

Ar firmas produkciju man bija iespējams klātienē iepazīties un to izmēģināt izstādē ITEC 2007, Ķelnē, Vācijā (skat. 1.3. att.)



1.3. att. Firmas Meggitt Trainin Systems stends izstādē ITEC 2007, Ķelnē, Vācijā

Šo šaušanas simulatora sastāvā ietilpst video projektoris, ekrāns un tā attēlu fiksējoša video kamera [30]. Video kamera uztver uz ieroča nostiprinātā lāzera izstarotāja gaismas impulsu uz ekrāna un šaušanas simulatora dators no video kameras datiem aprēķina trāpījuma koordinātes, kuras tiek salīdzinātas ar mērķa teorētiskās atrašanās vietas koordinātēm un tiek novērtēta trāpījuma precizitāte. Veicot trāpījuma punkta aprēķināšanu tiek ņemts vērā ieroča

ballistiskais vienādojums, kā arī korekcija vēja virzienam, tādēļ trāpījuma punkts fiziski var nesakrist ar lāzera stara iezīmēto punktu uz ekrāna. Ierocis tiek savienots ar datora perifērijas iekārtu ar savu kabeli. Ieroča atsitiens tiek simulēts ar saspiesta gaisa palīdzību, kuru ierocim pievada izmantojot lokanu cauruli vai tiek izmantoti sašķidrīnātas ogļskābās gāzes (CO₂, Oglekļa IV oksīds) baloni. Uz ekrāna ir iespējams projicēt gan mērķus, gan interaktīvu kaujas attēlu. Atbilstošu fona troksni nodrošina skaņas iekārtas.

Nodarbībām simulatorā ir iespējams kombinēt vairākus ieroču veidus (skat. 1.4. att.): pistoles, trieciensautenes, ložmetējus (arī atbalsta) un granātmetējus tai skaitā automātiskos.



1.4. att. Šaušanas simulatora CST-300D izmantošana

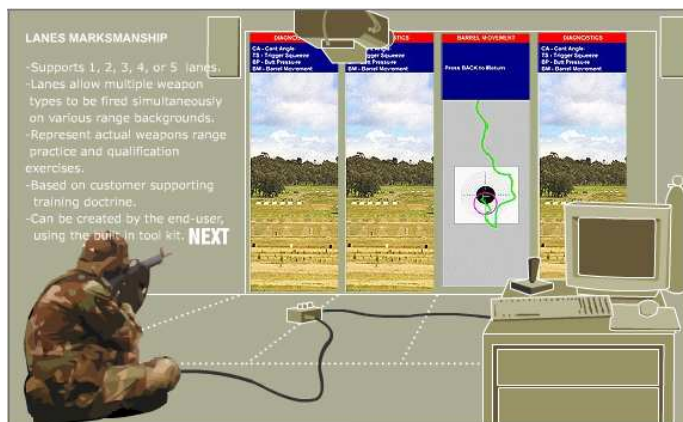
Bāzes komplekts ir paredzēts ASV armijas apbruņojumā esošajiem ieročiem, proti – trieciensautenei M-16, bet simulatoru ir iespējams papildināt ar visiem ASV kājnieku vienību apbruņojumā esošajiem ieročiem, tai skaitā automātiskajiem granātmetējiem un virziendarbības mīnām. Plašā programmatūras bāze ļauj savienot vairākus simulatorus vienā kompleksā (skat. 1.5. att.) un nodrošināt plašu simulēto kaujas situāciju klāstu pat veidojot 360° panorāmas attēlu. Šai gadījumā tiek izmantota papildus programmatūra, kura nodrošina visu projekcijas iekārtu saskaņotu darbību gan laikā, gan



1.5.att. Simulatoru apvienošana vienotā sistēmā imitējot auto mašīnu konvoju

Izmantojot simulatoru šautuves režīmā (skat. 1.6. att.) ir iespējams fiksēt arī tēmēšanas līnijas pārvietošanos pa ekrānu pirms un pēc šāviena izdarīšanas. Šāda iespēja ļauj analizēt katra apmācāmā šāvēja stabilitāti un identificēt daļu treniņu procesā pieļautajām kļūdām. Tieši

šī simulatora modifikācija, kura ir paredzēta šaušanas pamatprasmju apgūšanai ir pati populārākā ārvalstīs.



1.6.att. Simulatora darbība šautuves režīmā

Galvenais šīs sistēmas trūkums - ieroču piesaiste sistēmai, izmantojot daudzdzīslu kabeļus un lokanās caurules ir novērsts ar sistēmai speciāli izstrādātajiem ieročiem „BlueFire Weapoon Simulators” [31] kuri saistīti ar vadības bloku izmantojot bezvadu tehnoloģiju un kur atsitiena simulācijas mehānisms tiek darbināts ar uzpildāmiem saspiestu ogļskābo gāzi. Uzpildāmie saspiešanās gāzes rezervuāri ir ievietoti ieroča aptverēs, un to tilpums atbilst ar reālu ieroci veicamo šāvienu skaitam, šie rezervuāri ar speciālas iekārtas palīdzību. Var pieņemt, ka ierocī atrodas arī kāds skaitītājs jo grūti ir precīzi nodozēt gāzes daudzumu aptverēs, turklāt samazinoties gāzes spiedienam atbilstoši veikto šāvienu skaitam izmainās atsitiena efektivitāte.

Izstādē ITEC 2008 Stokholmā, Zviedrija iepazīnos un izmēģināju otras ASV kompānijas „Laser Shot” [32] produkciju (skat. 1.7.att.).



1.7.att. Kompānijas „Laser Shot” stends izstādē ITEC 2008.

Lai arī šī kompānija piesaka sevi kā vadošs šaušanas simulatoru ražotājs, tās produkcija nav tik izplatīta pasaulē kā Meggitt Trainin Systems un tā tikai tagad sāk iekarot plašākus tirgus ārpus ASV. Atšķirībā no iepriekš aplūkotajiem simulatoriem šeit mazāk uzmanības tiek pievērsts ieroču darbīgas autentiskumam, bet galvenais uzsvars tiek likts uz dažādu situāciju simulācijām. Situāciju sagatavošanai ir iespējams lietot militārās mācību datorspēles VBS2 (Virtual Battlespace) [33] simulāciju un vizualizāciju iespējas, tādējādi dodot iespēju datorspēlē modelētās situācijas izspēlēt tā teikt „dzīvajā”.



1.8.att. Konvoja situāciju modelēšana izmantojot VBS2 taktiskā simulatora iespējas

Kā redzams attēlā 1.8. šeit iespējams veikt situācijas simulāciju konvoja apsardzes grupai. Praktiski iespējams attēlu veidot 360°.

Automobiļa platformu iespējams komplektēt ar hidraulisko sistēmu kas nodrošina tās kustību imitējot ceļa apstākļus un kas darbojas kopīgi ar videoattēlu (skat. 1.9.att.)



1.9.att. Militārā transporta kabīne uz hidrauliskās sistēmas

Šāda pat sistēma ir paredzēta arī kaujas kuteru vadītājiem un strēlniekiem (skat. 1.10.att.)



1.10.att. Militārā kutera tiltiņš uz hidrauliskās sistēmas

Ieroči ir apgādāti ar atsitienu simulācijas ierīcēm, kuras darbina saspiesta ogļskābā gāze (skat. 1.11.att.). Ir pieejami arī ieroči bez atsitienu simulācijas, vai var izmantot kaujas ieročus tiem, pievienojot lāzera izstarotājus.



1.11.att. Pistoles un trieciensāutene ar atsitienu simulācijas iekārtām.

Ja tiek izmantots kaujas ierocis tā stobrā, ievieto speciālu ieliktni, kas satur lāzera izstarotāju barošanas elementu un mikrofonu (skat. 1.12.att.). Ieliktnis izstaro lāzera impulsu, kad tiek iedarbināts ieroča sprūda mehānisms.



1.12.att. Lāzera izstarotājs – stobra ieliktnis.

Šāda ieliktna diametrs atbilst ieroča stobra kalibram un ir pieejami ieliktni ar diametru 9mm (0,38 Special , 0,380 ACP , 0,357 Magnum , 0,357 SIG , 0,35 Remington , 9 mm Luger , 9x18mm Makarov), kā arī 10mm (0.40 S&W), 10,8 mm (0.44 Magnum) un 11, 6mm (0.45-70 Gov.), attiecīgi .40, .44, un .45 kalibram.

Var izmantot arī atsitienu simulācijas sistēma, kuras paredzētas sekojošiem ieročiem:

H & K P2000, USP; Beretta 92F (M9); Glock 17/ 22,19/ 23; Sig P220, P226, P228, P229; S&W M & P .40; M16/ M4/ AR-15; MP5. (skat. 1.13.att).



1.13.att. Ieroča atsitiena simulācijas sistēma un lāzera izstarotājs.

Simulatora darbības princips ir identiska iepriekš aplūkotajam simulatoram CST-300D, kur lāzera izstarotāja no mērķa atstaroto gaismas impulss tiek uztverts ar videokameru un pēc tam tiek noteiktas trāpījuma koordinātes. Atšķirīgs šeit ir tas, ka šī sistēma ir izveidota mobilā konteinerā (skat. 1.14.att.) kas nodrošina šīs iekārtas augstu mobilitāti.

Šai simulatorā ieroča ballistikās īpatnības daļēji tiek ziedotas par labu dažādu situāciju modelēšanas iespējām un augstai mobilitātei. Labprāt šo simulatoru izmanto dažādas tiesībsargājošās un apsardzes struktūras.



1.14.att. Simulatora vadības bloks ar projektoru un kameru.

Izmantojot simulatora vizualizācijas, iespējas ir iespējams izspēlēt dažādas situācijas, kuras saistītas ar bruņotu noziedznieku aizturēšanu vai ķīlnieku aizturēšanu. Turklāt izmantojot taktisko simulatoru (videospēli) VBS2 šādu situāciju ģenerēšanas iespējas ir praktiski neierobežotas.

Ņemot vērā šāda simulatora salīdzinoši zemu cenu, tā modifikācijas izmanto arī šaušanas sporta entuziasti un mednieki savos treniņos, kā arī vienkārši izklaidei. Šajā gadījumā simulators tiek komplektēts ar dažādām spēļu vai treniņu programmām un tā komplektā var neiekļaut projektoru, bet attēla projicēšanai var izmantot mājas kino zāli, platekrāna televizoru vai datora monitoru. Datu apstrādei ir iespējams izmantot praktiski jebkuru datoru, kurš atbilst minimālajām ražotāja minimāli noteiktajām prasībām:

Procesora takts frekvence 1.8 GHz Intel/AMD CPU, operatīvā atmiņa 512MB RAM, 128 MB videokarte, 1 GB brīvas vietas uz cietā diska, disku lasīšanas iekārta CD-ROM un viens brīvs 1 USB ports. Operētājsistēma Windows XP vai Windows Vista.



1.15.att. Šaušanas simulatora mājas komplekts ar sporta loku

Iespējams ir iegādāties speciālus lāzera ieročus vai izmantot savus medību ieročus ar speciāliem ieliktniem. Kā ieroci ir iespējams iegādāties arī speciāli aprīkotu sporta loku (skat. 1.15.att). Mājas komplektu galvenā sastāvdaļa ir īpaša USB videokamera, kura paredzēta trāpījumu noteikšanai.

Firma Noptel [13] ir izstrādājusi ļoti interesantu (pirmās versijas parādījās 1982. gadā) lāzera šaušanas simulatoru vieglajiem strēlnieku ieročiem, lietošanai kā telpās, tā brīvā dabā. 1987. gada 3.februārī somu izgudrotājiem Risto Myllala, Harri Kopola, Juha Kostomovara un Raimo Ahola tiek reģistrēts ASV patents Nr. 4,640,514 optoelektroniskajai tēmēšanas treniņu ierīcei [18] kurā aprakstīts šīs ierīces darbības princips. Ņemot par pamatu šajā patentā parakstīto iekārtu firma Noptel Ky pašreiz sērijveidā ražo iekārtas ST-2000 un ST-21. Šie simulatori nodrošina vienlaicīgu nodarbību organizēšanu līdz pat 8 mācību vietās, izmantojot mērķus, kuri aprīkoti ar speciāliem atstarotājiem. Ar šo iekārtu palīdzību ir iespējams veikt pilnu šaušanas apmācības ciklu: no šaušanas sākotnējo prasmju apmācības - līdz taktiskajām šaušanas apmācībām āra apstākļos (poligonā).

Šīs iekārtas klātienē apskatīt un iepazīties ar tās darbības principiem klātienē man bija iespēja izstādē ITEC 2007, Ķelnē, Vācijā (skat. 1.16.att.)



1.16. Firms Noptel stends izstādē ITEC 2007 un demonstrācijām paredzētie ieroči.

Šīs simulācijas iekārtas darbības princips būtiski atšķiras no abām iepriekš minētajām šaušanas simulācijas iekārtām. Šajā iekārtā izstarotājs un uztvērējs atrodas uz ieroča un darbojas kā noviržu (pārvietojumu) lāzera mērītājs, proti, uztverot izstarotā lāzera atstaroto gaismas staru no trāpījuma mērķī. Lāzera mērīšanas iekārtu darbība tai skaitā tās izmantošana šaušanas simulatoros ir aprakstīta Kaia-Erika **Peiponena**, Risto **Myllyläs** un Aleksandera **Priezzheva** 2009. gada grāmatā “Optical Measurement Techniques” [15].

Šāda darbības principa izvēle šaušanas simulatoram nav nejauša un ir saistīta ar firmas Noptel pamatprodukciju: tā ir viena no vadošajām lāzera tālmēru ražotājām pasaulē. Firms ražotos tālmērus var iedalīt divās grupās: Tālmēri attāluma noteikšanai līdz objektam un tālmēri, kuri paredzēti noviržu (pārvietojumu mērīšanai).

Pirmās grupas tālmēros (skat. 1.17.att.) attāluma noteikšana tiek veikta, izmantojot laika starpību starp gaismas impulsa izstarošanas un atstarotās gaismas uztveršanas brīdi. Attālums līdz objektam tiek noteikts izmantojot formulu (1.1):

$$d = \frac{c}{2} \times \Delta t \quad (1.1)$$

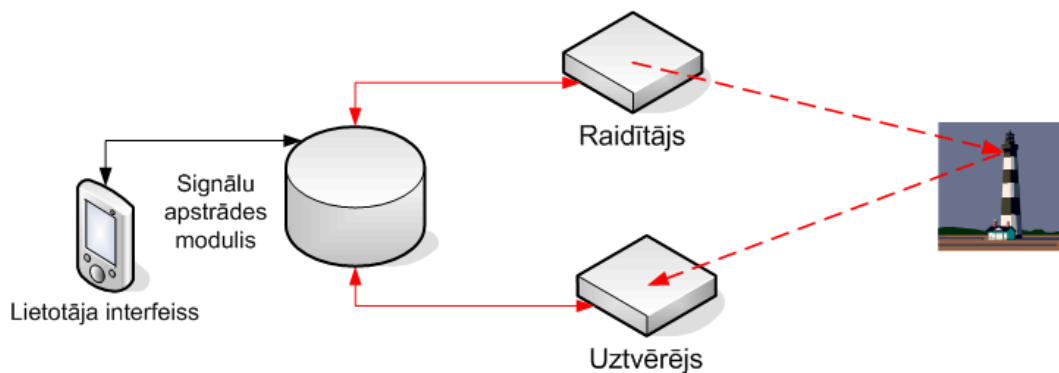
kur c - gaismas ātrums, m/s;

Δt - laika starpība starp signāla izstarošanu un uztveršanu, s;

d – attālums līdz objektam, m.

Galvenais uzdevums šeit ir precīzi nomērīt laika intervālu starp signāla izstarošanas un uztveršanas brīžiem. Lai paaugstinātu mērījuma precizitāti un izslēgtu jebkuras kļūdas, mērījumi pirms gala rezultāta aprēķināšanas tiek atkārtoti. Maksimālais mērījumu izdarīšanas biežums ir 100 000 reižu sekundē.

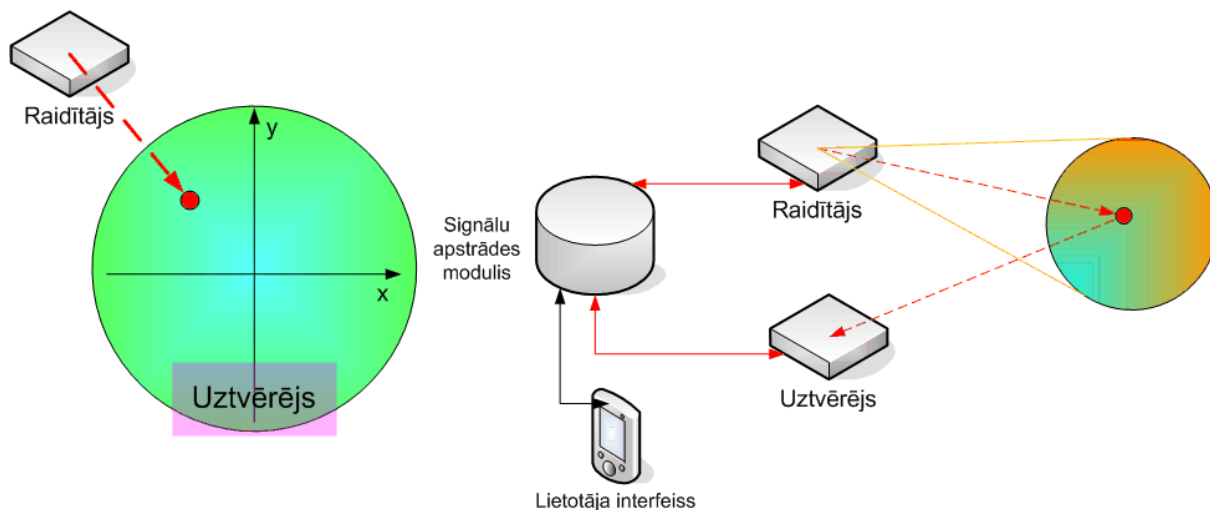
Lietojot šī veida tālmērus nav nepieciešama īpašu atstarotāju izvietošana uz objekta, bet lietojot atstarotājus iespējams daudzkārt palielināt aparāta darbības diapazonu.



1.17.att. Attāluma noteikšana līdz objektam izmantojot lāzera tālmēru

Mērījumu diapazons ir no dažiem desmitiem metru līdz dažiem kilometriem, un tas atkarīgs no nepieciešamās mērījumu precizitātes (precizitāte no dažiem milimetriem līdz dažiem centimetriem). Pati par sevi šāda veida ierīce šaušanas simulatoru izveidei nav piemērojama.

Otrās grupas tālmēri nav paredzēti attāluma noteikšanai līdz objektam, bet tie ar augstu precizitāti nosaka objekta pārvietojumus (virzienu) attiecībā pret izstarotāju. Noviržu (pārvietojumu) lāzera mērītājs ļauj noteikt ļoti lielām konstrukcijām tādus parametrus kā: vibrācijas, izlieces, nobīdes un vērpes deformācijas. Šīs mērsistēmas pamatā ir kolimētas lāzera diodes izstarotājs un uztvērējs ar pozicionāli jūtīgu elementu, kuru izstarojuma un gaismas ievada optiskās asi ir savietotas paralēli. Pozicionāli jūtīgais uztvērējs (skat.1.18.att.) fiksē stara novirzi no taisnes, kas savieno izstarotāja optisko asi un atstarojoša, nekustīga mērķa (ar noteiktu konfigurāciju) centru, tādējādi izstarotā stara „novirze” no mērķa centra, izmantojot atstarotās gaismas staru, tiek fiksēta uztvērējā un datu apstrādes sistēmai tiek nodota informācija par stara nobīdi no koordinātu asu krustpunkta izmantojot punkta x un y koordinātes Dekarta taisnleņķa koordinātu sistēmā.



1.18.att. Novirzes mērīšanas princips

Pozicionāli jūtīgais uztvērējs ir fotoelements, kurš ir sadalīts četrās vienlīdzīgās daļās, atbilstoši koordināšu sistēmai, un kurš fiksē gaismas intensitāti uz katras no šīm daļām. Salīdzinot gaismas intensitātes mērījumus, uz visām četrām fotoelementa daļām ir iespējams aprēķināt „trāpījuma” punkta projekciju uztvērējā. Kalibrējot mērījumus, kas atbilst koordinātu sistēmas nullpunkta atrašanās vietai, un salīdzinot tos ar iegūtā „trāpījuma” punkta atrašanās vietas mērījumiem, ir iespējams noteikt „trāpījuma” punkta koordinātes taisnleņķa koordinātu sistēmā.

Pēc ražotāja datiem ierīce veic vairāk par 1000 mērījumiem sekundē un mērījuma precizitāte var pārsniegt 0.01% no mērījumu diapazona, t.i. pie lāzera stara apstarotā lauka diametra 2 m (100 m attālumā) ir iespējams nomērīt lāzera izstarojuma novirzi no atstarojošā mērķa ar precizitāti ± 3 mm, bet 50 m attālumā precizitāte būs $\pm 0,5$ mm. Pēc ekspertu un ražotāju domām, šāda precizitāte ir pilnīgi apmierinoša šaušanas prasmju apguvei. Samazinot mērījumu diapazonu ir iespējams paaugstināt precizitāti. Šajā sistēmā datu apstrādei tiek izmantots PC dators.

Šaušanas simulatoros mērierīce tiek izmantota darbojoties pretējā virzienā, proti, fiksēts ir mērķis, bet mērīšanas ierīce ir kustīga (savienota ar ieroča stobru), tādējādi ierīce mēra savu pārvietojumu attiecībā pret mērķa centru.

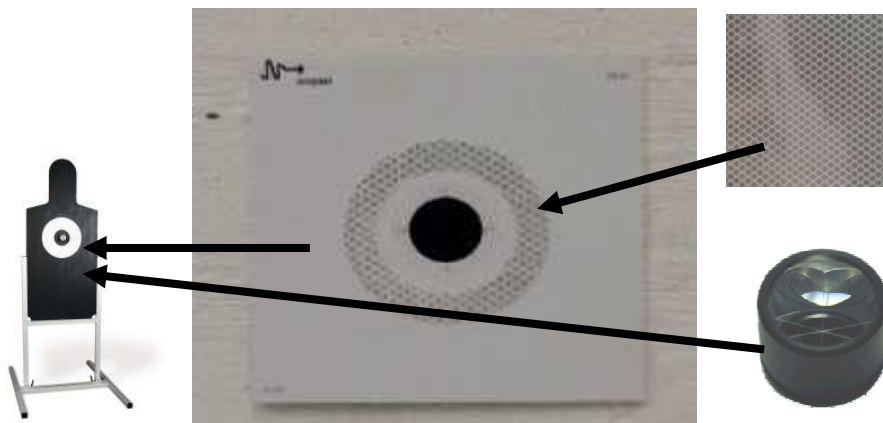
Zinot mērķa konfigurāciju, ir iespējams noteikt trāpījuma vietu uz tā un, ja nepieciešams, veikt atbilstošās korekcijas, lai ievērtētu vēja, temperatūras un citu faktoru ietekmi uz šāviena hipotētisko trajektoriju un sekojoši arī uz trāpījuma vietas nobīdi.



1.19.att. Simulācijas iekārtas izmantošana lauka apstākļos un telpās

Galvenā simulācijas sistēmas ST-2000 priekšrocība ir iespēja veikt vingrinājumus gan telpās gan āra apstākļos (skat. 1.19.att.), izmantojot vienu un to pašu simulācijas iekārtu, kuru iespējams viegli uzmontēt uz katra karavīra individuālā ieroča, tādējādi simulāciju veikšanai nav nepieciešami īpaši pārveidoti ieroči. Āra apstākļos ieroča atsitienu un pārlādēšanas mehānisma darbināšanai izmanto salūtmunīciju nekādi neizmainot ieroča konstrukciju, bet

telpās tiek izmantota pneimatiskā atsitienu efekta simulācijas sistēma, ar kuru aizvieto ieroča aizslēga mehānismu un kuras darbināšanai izmanto sašķidrinātu CO₂ gāzi (oglekļa IV oksīdu, ogļskābo gāzi). Gāzes rezervuārus ievietoto pārveidotās ieroča patronu aptverēs.



1.20.att. Speciālo mērķu uzbūve

Lai veiktu šaušanas apmācību ir nepieciešami speciāli mērķi (skat. 1.20.att.), katram noteiktam šaušanas attālumam, kuri ir izveidoti izmantojot atstarojošus elementus. Šiem mērķiem ir jābūt nekustīgiem (piesaistītiem noteiktai telpas vietai), jo šajā šaušanas simulatorā mērķa centrs ir atskaites punkts visiem mērījumiem.

Tāpat mērķim ir jābūt novietotam perpendikulāri lāzera staram, jo pretējā gadījumā radīsies neprecizitātes, kuras ir saistītas ar atstarotā stara nobīdi. Daļēji šo trūkumu var novērst, izmantojot speciālas konstrukcijas atstarojošās prizmas.

Kustīgu mērķu izmantošana šajā šaušanas simulācijas iekārtā nav paredzēta. Šāda tipa simulatoriem paredzētais darbības attālums ir robežās no 10- 200 m. Simulatora modelim 6. 6.



1.21.att. Pārveidotāja kopskats un dators ar pievienotiem pārveidotājiem

ST-2000 Pistol Trainer, kurš paredzēts izmantošanai telpās ar pistoli, darbības attālums ir samazināts robežās no 3 līdz 50 m, bet simulatora modelim ST-2000 Sniper III, kas paredzēts snaiperu apmācībai darbības attālums ir palielināts līdz 600 m. Šaušanas treniņu laikā ierocis ar datoru ir savienots izmantojot kabeli un īpašu pārveidotāju (skat. 1.21.att.), kas

nodrošina optoelektroniskās iekārtas mērījumu rezultātu pārveidošanu digitālā formā un šīs informācijas nodošanu datoram izmantojot tā USB vai virknes portus.

Firma informē, ka simulatoru ir iespējams izmantot arī taktiskajās apmācībās lauku apstākļos, kur ierocim nav iespējams pievienot jebkādas kabeļus.

Pārlūkojot visu pieejamo informāciju nav iespējams atrast jebkādas norādes par to, ka šajā gadījumā tiktu veikta jebkāda datu apstrāde un izmantoti kādi raidītāji informācijas pārraidei no optoelektroniskās iekārtas uz datoru, tādēļ jāpieņem, ka dotajā gadījumā fotoelements atrodas uz paceļamā mērķa un ieroča optoelektroniskā iekārta darbojas vienkārši kā izstarotājs, bet kā uztvērējs darbojas fotoelements uz mērķa, kas arī dod komandu mērķa vadības iekārtai nolaist mērķi pēc trāpījuma fiksēšanas.

Neraugoties uz priekšrocībām, kuras dod šīs sistēmas izmantošana, tās galvenais šīs sistēmas trūkums ir tas, ka nav iespējams izmantot kustīgus mērķus. Šāda sistēma neļauj izmantot arī tās priekšrocības, kuras dod mērķa projicēšana, uz ekrāna izmantojot video projektorus. Katram mērķim ir jābūt nodrošinātam ar īpašu atstarojošu elementu tādēļ dinamiska mērķu attāluma vai pozīcijas maiņa var izraisīt grūtības ar iegūto rezultātu interpretāciju.

Lielā mērā šaušanas simulatoru izvēle ir atkarīga no apmācību tradīcijām un apmācību doktrīnas. Savulaik PSRS bruņoto spēku apmācību doktrīna noteica, ka galvenais ir noteiktā virzienā vērsts uguns blīvums, bet ne katra karavīra individuālā šaušanas prasme. Tādējādi sanāk, ka ja visi šauj vienā virzienā ar pietiekami lielu intensitāti un izkliedi, tad mērķis tiks sašauts neatkarīgi no katra indivīda šaušanas prasmes, pie kam, jo lielāka izkliede, zināmās robežās, jo lielāka iespēja, ka mērķim tiks trāpīts. Tāda pat nostādne bija saglabājusies arī Krievijas armijā un šaušanas simulatori, galvenokārt, bija paredzēti sportistu un speciālo uzdevumu vienību karavīru apmācībai. Šobrīd attieksme pret karavīru apmācību šaušanai ar strēlnieku ieročiem ir mainījusies kas saistīts ar jauno Krievijas bruņoto spēku doktrīnu [34]

Krievijā radīto tipveida šaušanas simulatoru sastāvā ietilpst izstarotājs, foto uztvērējs un dators. Ir šaušanas simulatori, kur viens vai vairāki izstarotāji ir novietoti uz mērķa, bet foto uztvērējs ir ievietots ieroča stobrā, tomēr šādas shēmas galvenais trūkums ir tas, ka ieroci un datoru saista datu pārraides kabelis, kas ierobežo iespējas izmantot ieroci treniņos ar pārvietošanos pa uguns līniju (taktiskās situācijas) [35]. Izstarotāji tiek izmantoti kā lāzera tā opto-elektroniski. Lāzera izstarotāji šāviena brīdī veido relatīvi īsu impulsu un nodrošina tikai trāpījuma punkta fiksāciju, kur pret optoelektroniskie izstarotāji nodrošina nepārtrauktu gaismas staru, tādējādi dodot iespēju kontrolēt tēmēšanas līnijas pēdu uz mērķa gan pirms gan

pēc šāviena. Šāda tēmēšanas līnijas pēdas pārvietošanās fiksācija uz mērķa plaknes nodrošina šāvēju ar objektīvu informāciju par šāviena izdarīšanas apstākļiem, kur pret reālas šaušanas gadījumā vienīgā objektīvā informācija, kura liecina par šāviena izdarīšanas apstākļiem ir lodes izsistais caurums mērķī. Šī apstākļa dēļ Krievijā radītajos simulatoros priekšroka tiek dota optoelektroniskajiem izstarotājiem.

Pazīstamākie Krievijas šaušanas simulatoru ražotāji ir SIA „AMA” Sanktpēterburgā un Zinātniskā ražošanas un projektēšanas kompānija „SCATT”, lai gan ir arī citi ražotāji, kuri galvenokārt nodarbojas ar Krievijas spēka struktūru apgādi, tādēļ grūti ir noteikt patieso stāvokli.

SIA „AMA”[36] ražo vairākas šaušanas simulatoru modifikācijas - OЭT-2E un OЭT-5, bet 2010. gada pirmajā ceturksnī uzsāk simulatora OЭT-M sērijveida ražošanu (skat.1.22.att.). Šie simulatori tiek uzskatīti par pašiem perspektīvākajiem Krievijas tirgum, un to galvenā atšķirība ir tā, ka ierocis un dators nav saistīti ar kabeli.



1.22.att. Simulatora OЭT-M prezentācija.

Tieši tādēļ, ka šāvējs var brīvi rīkoties ar ieroci, šos simulatorus ir iecienījušas Krievijas tiesībsargājošajās un spēka struktūras, kā arī privātie apsardzes uzņēmumi. Šie simulatori dod iespēju iestatīt šaušanas sēriju laiku un šāvienu skaitu tajā, uzskaita rezultātu ataino trāpījumus uz datora ekrāna. Gadījumā ja šāvējs nav trāpījis mērķī tiek norādīts virziens, kurā trāpījuma līnija ir pagājusi garām mērķim Galvenie trūkumi šim stimulatoram ir tas, ka iespējams darboties tikai ar noteikta parauga statistiskiem mērķiem un nav paredzēta ieroča atsitiena imitācija. Sīkāka informācija par simulatora tehniskajiem risinājumiem un tā autoriem nav pieejama.

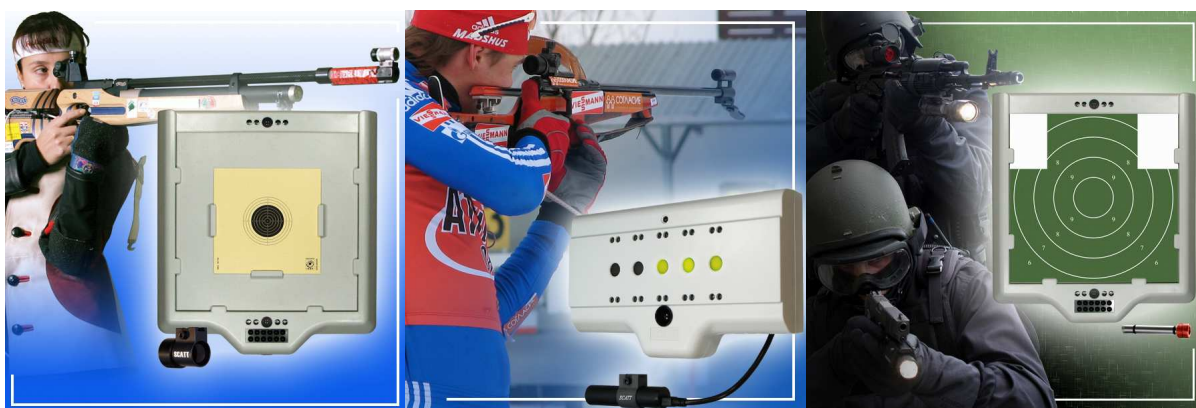
Kompānijas „SCATT” [37] simulatori ir pasaulē plaši pazīstami. Galvenokārt tas ir tādēļ, ka viens no simulatora izstrādātājiem ir Krievijas ložu šaušanas izlases galvenais treneris Oļegs Aleksandrovičs Lapkins (skat. 1.23.att.) un šo simulatoru savā treniņu procesā veiksmīgi izmanto ne vien Krievijas, bet arī ASV, Japānas, Ķīnas, Francijas un daudzu citu

pasauls valstu vadošie sportisti. Simuladora izveide sākās 1972. gadā kad Oļegs Lapkins, būdams vēl PSRS ložu šaušanas izlases sportists, aizstāvēja diplomdarbu par tēmu „Infrasarkanais šaušanas simulators”. Kopš tā laika ir radītas vairākas simuladora modifikācijas un šobrīd kompānija ‘SCATT’ ražo sekojošas šī simuladora modifikācijas SKATT USB, SKATT Биатлон, SKATT 25/50M, SKATT WM9 un SKATT WS1 (skat. 1.24.att.).



1.23.att. Krievijas ložu šaušanas izlases galvenais treneris O. A. Lapkins

Visi šie simulatori ir paredzēti augstas klases sportistu treniņu nodrošināšanai. Simuladora darbību nodrošina gaismas jūtīgs sensors, kurš tiek piestiprināts ieroča stobram, uz mērķa apmales izvietotie infrasarkanā starojuma avoti nodrošina iespēju precīzi fiksēt tēmēšanas līnijas pēdas fiksāciju uz mērķa plaknes un tās attēlošanu uz datora ekrāna gan pirms gan pēc šāvienu. Papildus ierīces ļauj reģistrēt arī šāvēja pulsu un ieroča mēlītes nospiešanas spēku. Tāpat kā iepriekšminētā simulācijas sistēma arī šis simulators darbojas ar stacionāriem mērķiem.



1.24.att. Kompānijas ‘SCATT’ ražoto simuladora modifikācijas SKATT 25/50M, SKATT Биатлон un SKATT WM9

Neraugoties uz to, ka šā simuladora darbībā nav paredzēta ieroča atsietiena imitācija uz tā ir iespējams atstrādāt snaiperu tehniku, kas paredz šāvienu izdarīšanu starp sirdspukstiem

[36]. Domājams, ka galvenais šī simulatora popularitātes iemesls gan Krievijā, gan ārzemēs ir tā salīdzinoši zemā cena un unikālās treniņu metodikas.

Vēl viens no Krievijas simulatoru ražotājs ir Valsts eksperimentālais konstruktoru birojs „AMETISTS” , kurš atrodas Krasnodarā un ietilpst Krievijas Elektroniskās optikas un sprāgstvielu ražošanas departamenta sastāvā, kādēļ pieejamā informācija [35] par šī konstruktoru biroja izstrādāto simulatoru "Цель 12" ir visai skopa. Zināms, ka simulators paredzēts standarta šaušanas vingrinājumu izpildei attālumā no 10 līdz 25 m, izstrādājuma komplektā ietilpst optiskais devējs, kas paredzēts montēšanai uz ieroča, elektroniska plate ievietošanai PC datorā, elektroniskais mērķis (krūšu figūra) un savienojošie kabeļi.

Simulatoram ir īpašs darba režīms „Tremors” kura laikā netiek fiksēti trāpījumi, bet sekots ieroča tēmēšanas līnijas pēdai uz mērķa plaknes, tādējādi trenējot šāvēju noturēt ieroci noteiktā stāvoklī. Bez tam šis konstruktoru birojs ražo šaušanas imitatoru "Цель 02", kas paredzēts šaušanas treniņiem neizmantojot datoru. Šīm konstruktoru biroja izstrādājumi tiek izmantoti Krievijas bruņotajos spēkos.

Krievijas zinātniski-tehniskajā centrā “Lazernije tehnologii” [38] kurš atrodas Novosibirskā, tiek ražoti LSK sērijas datorizēti lāzeru šaušanas simulatori kuros nav paredzēta atsitienu simulācija (skat. 1.25.att.).



1.25.att. Krievijas Federāla apsardzes dienesta darbinieku treniņš.

Simulators paredzēts visiem Krievijas armijas apbruņojumā esošajiem vieglajiem strēlnieku ieročiem šaušanai pa nekustīgu mērķi (4 vai 2 mācību vietām) un līdzīgs interaktīvais šaušanas simulators vieglajiem strēlnieku ieročiem (1 līdz 3 mācību vietām) - sistēma “RUBIN” [39]. Šis simulators līdzīgi kā ASV firmas „Laser Shot” ražojumi izmanto stobra ieliktnus ar lāzera izstarotājiem un mikrofonu tikai šeit stobra ieliktnu barošanas elements atrodas ieroča aptverē (skat. 1.26.att.)



1.26.att. šaušanas simulatora „Rubin” stobra ieliktni ar lāzera izstarotāju

Nepilnīgs būtu kaimiņvalsts šaušanas simulatoru ražotāju uzskaitījums bez Federālā Valsts unitārā uzņēmuma „Centrālais zinātniski pētnieciskais precīzās mašīnbūves institūts” FVUU CZPPMI (oriģinālā ФГУП "ЦНИИТОЧМАШ") [40]. Šai uzņēmumā tiek izstrādāti un ražoti Krievijas strēlnieku ieroču perspektīvie paraugi un šaušanas simulatoru ražošana ir tikai blakus produkcija [41]. Par produkcijas kvalitāti liecina tas, ka simulators 1Y35M ir 2003. gadā ir iekļauts armijas apgādē.

Simulators 1Y35M ir paredzēts izmantošanai ar visiem Krievijas armijas sauszemes karaspēku karavīru bruņojumā esošajiem ieročiem [42]: automāts AK74M, snaiperšautene SVD, patšautene RPK74, ložmetējs PKM (6P41”Pečeņeg”), zemstobra granātmētējs GP-25 un granātmētēji RPG-7V, RPG-26 (skat. 1.27.att.).



1.27.att. Simulatora 1Y35M komplekta kopskats.

Simulators nodrošina 100% ieroču atsietiena imitācija kā šaujot kārtām tā arī savrūpšavieniem, šāviena ballistikas un kļūdu fiksēšanu, kā arī šaušanas rezultātu izdrukāšanu. Simulatorā lieto ieroču imitācijas, kuras saglabā reālu ieroču gabarītus un izskatu (skat. 1.28.att.).



Att.1.28. Automāta AK74M ar zemstobra granātmetēja GP-25 imitators.

1. sakaru līnijas pieslēgvietā; 2. šaušanas režīma izvēles devējs; 3.un 6. sprūda devējs; 4. aptveres pievienošanas devējs; 5. GP-25 imitators; 7. GP-25 imitatora tēmēšanas devējs 8. AK74M imitatora tēmēšanas devējs.

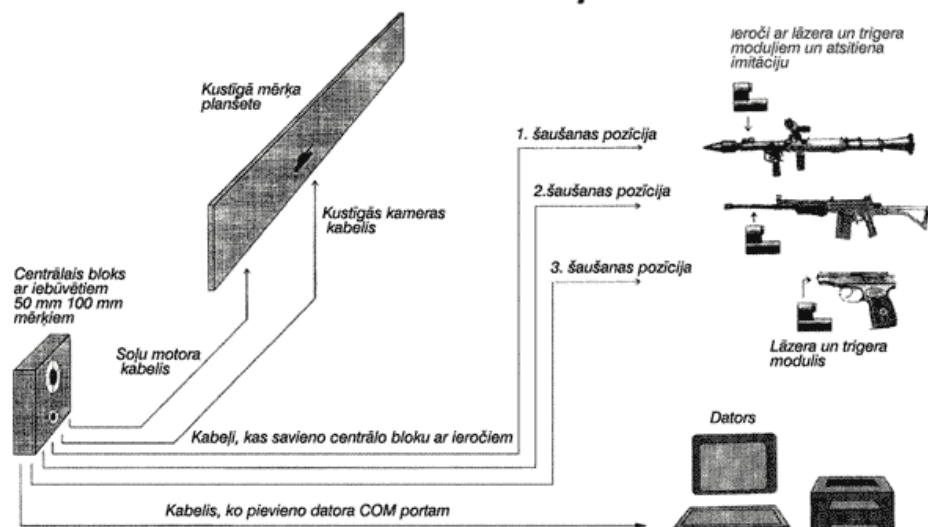
Kā var noprast no attēliem 1.27. un 1.28. šī simulatora darbībā ir izmantots princips, ka izstarotāji ir novietoti uz mērķa, bet foto uztvērējs ir pievienots ieroča stobram. Neraugoties uz šī simulatora augstajiem tehniskajiem rādītājiem, būtisks tā trūkums ir ieroču sasaiste ar datoru un kompresoru kas ierobežo ieroča mobilitāti. Kā jau atzīmēts iepriekš šīs shēma būtisks trūkums ir nespēja to izmantot situāciju simulācijās ar interaktīvu scenāriju.

1.5. Latvijā izveidotā šaušanas simulatora sistēmā SAIKU

1995. gadā NBS iegādājās divus šaušanas simulatorus no Igaunijas ražotājfirmas. Simulatoru uzbūve ir identiska un tie bija paredzēti šaušanas apmācībām 3 vienlaicīgām mācību vietām, izmantojot tajā laikā NBS bruņojumā bijušos padomju bloka valstu ieročus: trieciensauteni AKM , prettanku granātmetēju RPG-7 un pistoli PM-9.

Šaušanas simulatora darbības princips balstās uz izstarotā lāzera stara uztveršanu ar video sensoru (video kameru) kura ir nostiprināta aiz daļēji caurspīdīga mērķa un ir saistīta vienotā konstruktīvā ar šo mērķi [42]. Kamera ar sastiprināto mērķi spēj pārvietoties sānu virzienā pa īpašām vadotnēm, izmantojot elektropiedziņu, nodrošinot mērķa kustīgumu (skat. 1.29.att.)

Strēlnieku ieroču šaušanas imitācijas sistēma SIM-4C



1.29.att. Strēlnieku ieroču šaušanas imitācijas sistēma SIM-4C

Lāzera izstarotājs tiek nostiprināts uz ieroča un darbojas (izstaro gaismas impulsu) nospiežot ieroča mēlīti, kas liek nostrādāt ieroča aizslēga mehānismam. Ieroča aizslēga darbību nodrošina saspīestā gaisa tvertne, kura ievietota ieroča aptverē. Nospiežot ieroča palaišanas (šaušanas) mehānisma mēlīti, saspīestais gaiss caur dozēšanas iekārtu tiek padots trieciensautenes gāzes pārvades sistēmā, un notiek ieroča aizslēga pārvietošana uz galējo aizmugurējo stāvokli, no kura tas tiek atgriezts ar atgriezējatsperes palīdzību (atgriezējatsperes pretestība ir ievērojami samazināta, jo nav jānodrošina patronas izņemšana no aptveres un tās ievadīšana patrontelpā). Aizslēga pārvietošanās ieročī ir līdzīga kaujas ieroča darbībai un rada atsitienu efektu.

Pie ieroča stobra piestiprināto lāzera izstarotāju iniciē iebūvētais lāzera izstarotājā mikrofonu, kurš savukārt izstrādā komandas signālu uz ieroča gaiļa sitiena pa belzeni troksni. Lāzera izstarotājs kopā ar iebūvēto mikrofonu ar elektriskā kabeļa starpniecību ir pievienots speciālai datora perifērijas iekārtai, kura kontrolē simulatora darbību un nodrošina informācijas apmaiņu ar datoru.

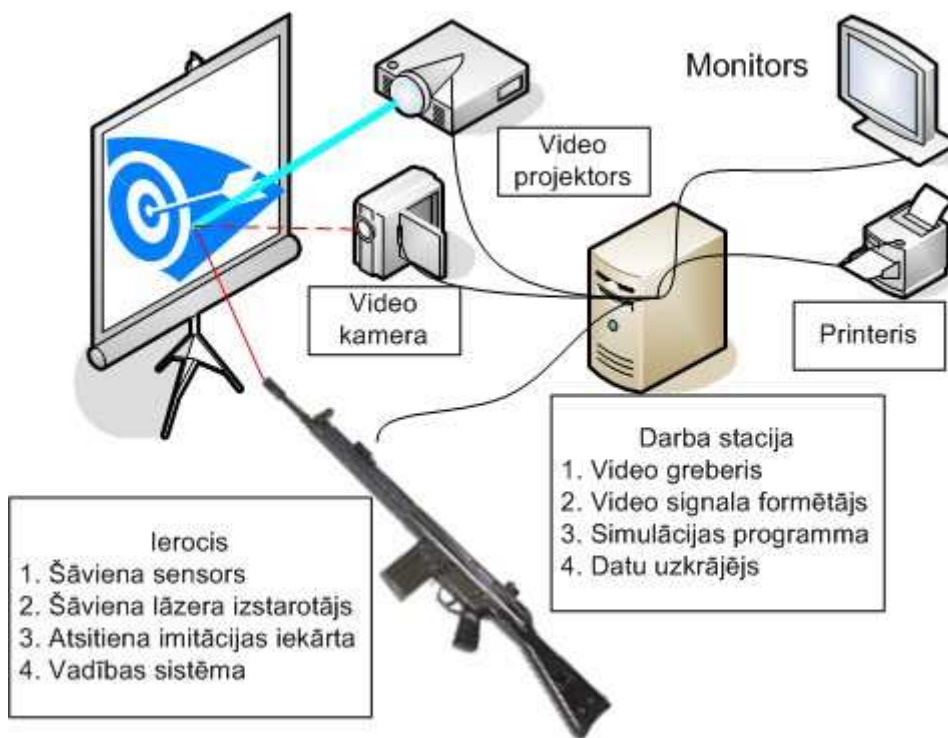
Lāzera gaismas impulsa noraidīšanas brīdī video kamera fiksē stara atrašanās vietu, un atbilstoši mērķa konfigurācijai dators aprēķina trāpījuma vietu. Trāpījuma rezultāts tiek ierakstīts datora atmiņā un to iespējams saglabāt datu bāzēs.

Viens no šiem simulatoriem tika izmantots obligātā militārā dienesta karavīru pamatapmācības kursā, kur tika iegūti salīdzinoši apmācības statistiskas rezultāti par simulatora izmantošanas efektivitāti. Karavīru šaušana rezultāti, kuri apmācībās bija izmantojuši šaušanas simulatoru, bija par 38% augstāki (labāki) ne kā karavīriem, kuri apmācībā šo simulatoru neizmantoja.

Pēc NBS bruņojuma nomaiņas 2002 / 2003 gadā, šo simulatoru izmantošana vairs nebija aktuāla, jo būtiski atšķīrās ieviesto ieroču tēmēšanas iekārtas un šaušanas simulatoru tehniskais stāvoklis bija ļoti slikts.

2004. gadā Nacionālajos Bruņotajos spēkos (NBS) tika uzsākts darbs pie jaunas paaudzes šaušanas simulatora koncepcijas izstrādes. Kā minēts iepriekš, līdz tam NBS karavīru apmācībai tika izmantots firmas ELI (Igaunija) šaušanas simulators SIM-4.

Jaunā NBS koncepcija [42] paredzēja veidot interaktīvu multimediju lāzersimulatoru, kurš paredzēts 8 karavīru vienlaicīgiem treniņiem. 2005. gadā pēc Latvijas Aizsardzības ministrijas pasūtījuma SIA SELKOMS tika izstrādāts šaušanas simulatora SAIKU-8 prototips[9]. Atšķirībā no SIM-4 šis simulators bija apgādāts ar mērķu vizualizācijas sistēmu ar augstas izšķirtspējas projektoru (1280x720 pix) un trāpījumu fiksēšanas sistēmu ar augstas izšķirtspējas lauka skanēšanas kameru (1920 x 1280 pix, 30 fps). kas nodrošina simulatora stabilu darbību un augstu rezultātu ticamību. Simulatora blokshēma parādīta attēlā 1.30. Šaušanas apmācībām tiek izmantots NBS strēlnieku ierocis (trieciensautene, ložmetējs, granātmētējs), (skat. 1.30.att.), kurš papildus tiek nokomplektēts ar šāviena imitējošu lāzera izstarotāju, šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulācijas ierīci (nepieciešamības gadījumā) un šaušanas vadības elektronikas bloku .



1.30.att. Simulatora SAIKU-8 blokshēma

Katra ieroča šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulācijas ierīce ir pievienota ar lokanās caurules palīdzību pie saspīestā gaisa sadales maģistrāles.

Šaušanas simulators darbojas sekojoši [9]: notēmējot uz mērķi un nospiežot ieroča mēlīti, tiek iedarbinātas ieroča šaušanas mehānisms, un ieroča gaiļa sitiena trokšņa audio impulss formē ieroča šāviena komandu, kura tiek pārveidota optiskā signālā ieroča šaušanas vadības elektronikas blokā, un kura tiek pārraidīta ar šāviena sensora palīdzību uz šaušanas simulatora optoelektronisko bloku, kurā tā tiek pārveidota par šāviena elektrisko komandu un padota pa kabeli uz šaušanas stimulatora darba staciju. Papildus ieroča šāviena komanda ieroča šaušanas vadības elektronikas blokā iniciē lāzera gaismas impulsu (šāvieni) pa mērķi, vienlaicīgi ieslēdzot ieroča šāviena atsietiena un munīcijas maiņas simulācijas ierīci, kura veic ar ierīces pneimatisko izpildmehānismu ieroča munīcijas pārlādes simulāciju un ieroča šaušanas mehānisma uzvilksanu šaušanas stāvoklī. Lāzera gaismas impulss izgaismo ieroča šāviena trāpījumu mērķī ekrānā, kura attēlu fiksē video kameras kadra attēlā, kuru plūsma tiek padota uz kadra saņēmēja ierīci šaušanas stimulatora darba stacijā. Katra šaušanas komanda (no jebkura ieroča) pārraidīta no šaušanas simulatora optoelektroniskā bloka liek kadra saņēmēja ierīcei satvert atbilstošo video kadru ar trāpījuma attēlu mērķī. Izdalīto no video plūsmas video kadru grafiski apstrādā ar speciālas programmatūras palīdzību video kadra koordinātu sistēmā, aprēķinot zināmās mērķa koordinātes kadrā ar fiksētā lāzera gaismas trāpījuma koordinātēm. Aprēķinātie trāpījuma rezultāti tika izvadīti uz printera (skat. 1.30.att.).



1.31.att. Simulatora SAIKU-8 iespēju demonstrācija NBS vadībai.

Projekts tika pabeigts 2005. gada nogalē, un izveidotais prototips tika nodots lietošanā NBS Kājnieku skolai, Alūksnē (skat. 1.31.att.).

Šaušanas stimulators SAIKU-8 nodrošina 8 strēlnieku vienlaicīgas šaušanas iespēju ar dažādiem ieročiem, tai skaitā trieciensautenēm savrupšāvieni režīmā vai šaušanu kārtām (fiksētu skaitu: 3 šāvieni kārtā), un ložmetējam iespējas šaut īsām (3 – 4 šāvieni kārtā), tā garām (vairāk par 10 šāvieniem kārtā) kārtām. Šaušana tiek veikta katram ierocim pa savu,

fiksētu un nekustīgu mērķi ar šaušanas tempu, kurš tuvs ieroča reālajam šaušanas tempa, proti, līdz 600 šāvieniem minūtē.

Ievērojot SAIKU-8 ekspluatācijas pieredzi, kā arī pasaulē esošo šaušanas stimulatoru attīstības tendences, 2006.gadā AM veica jauna projekta pasūtījumu, kurā tika prasītas būtiski paplašinātas šaušanas stimulatora iespējas: bez individuālo mērķu šaušanas apmācības iespējām atsevišķiem strēlnieku ieročiem, bija izvirzīta arī prasība veikt strēlnieku grupas taktiskās apmācības, kuru laikā katram strēlniekam būtu iespējams šaut ar atbilstošiem ieročiem pa kustīgiem mērķiem, kuri parādās un pārvietojas pa ekrānu atbilstoši iepriekš izstrādātiem kaujas scenārijiem.

Darbu pie projekta realizācijas konkursa kārtībā uzsāka SIA Polo-Elektronika un jaunajam šaušanas stimulatoram tika būtiski pārstrādāti ieroču elektrooptiskie mezgli, vadības sistēma un stimulatora vadības programmatūra [44].

Praktiski tā bija jauna stimulatora zinātniskā izstrāde ar jaunu šaušanas stimulatora koncepciju: katra šaušanas stimulatora šaujošā ieroča un strēlnieka identifikāciju, tam šaujot visā vizualizācijas ekrāna laukā pa jebkuru mērķi jebkurā iedomātā attālumā. Mērķu, tai skaitā mehānisko transporta līdzekļu, kustību iedomātā attālumā ar redzamo kustības ātrumu šajā attālumā un kaujas scenāriju izmantošanu ar reālistiskas ainavas un skaņas attēlojumu.

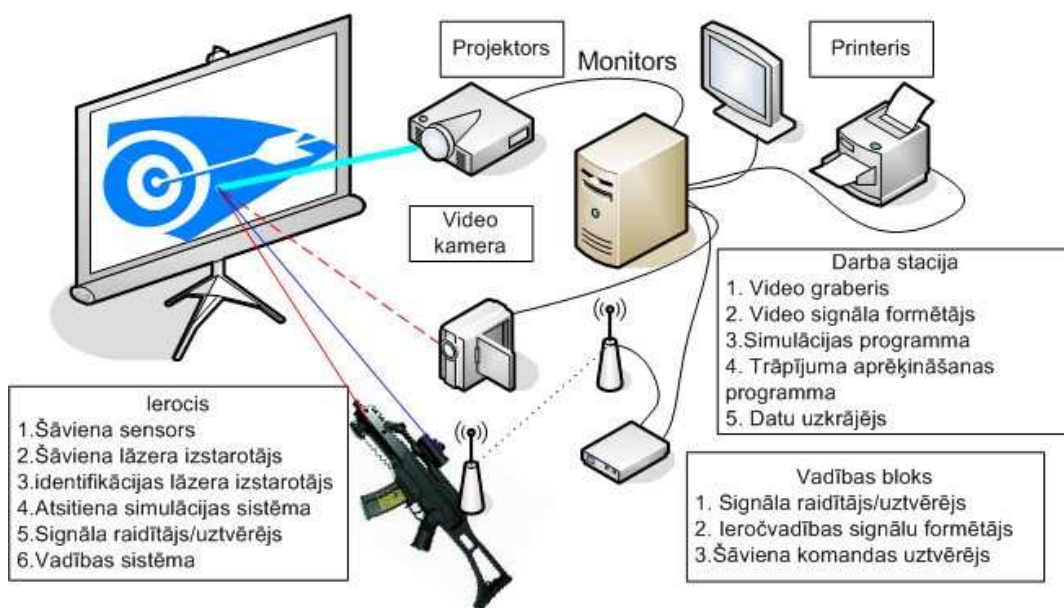


1.32.att. Uzlabotā stimulatora SAIKU-8 shēma.

Šaušanas stimulatora ekspluatācija pierādīja nepieciešamību pēc katra ieroča elektromehānisko mezglu un bloku papildus kontroles un to vadības stāvokļa noteikšanas

nepieciešamības, t.i., atgriezeniskās saites ierocis – vadības darba stacija nodrošināšanas, kas vienkāršāk tiek realizēta saslēdzot kopīgā datu tīklā visus simulatora ieročus ar atsevišķa - ieroču vadības bloka palīdzību, atslogojot vadības darba staciju no daudzu ārējo ierīču apkalpošanas nepieciešamības. Atbilstoši tika izstrādāti jauni ieroču elektrooptiskie mezgli un vadības bloki un ieroču vadības bloks. Tika izstrādāts jauns šaušanas stimulatora programmatūru komplekss: vizualizācijas programmatūra – interaktīvu kaujas scenāriju sastādīšanai un izpildei, trāpījumu identifikācijas un koordinātu apstrādes, ieroču šaušanas vadības un kontroles programmatūras. Uzlabotā simulatora SAIKU-8 blokshēma parādīta attēlā 1.32.

Sakarā ar to, ka NBS pieņēma lēmumu par pāreju uz jauniem strēlnieku ieročiem (G-36 triecienšautenes) šī projekta ietvaros 2008. gadā tika uzsākts darbs pie esošā simulatora piemērošanas jaunā parauga strēlnieku ieročiem, kuri jau atradās NBS apbruņojumā. Šī darba rezultātā tika realizēta bezvadu datu apmaiņa starp ieroci un jaunu centrālo ieroču vadības bloku [44]. Pilnveidotā simulatora vadības blokshēma parādīta attēlā 1.33.



1.33.att. Šaušanas simulatora SAIKU-8 piemērošana triecienšautenei G-36.

Simulatorā izmantotās darba stacijas tehniskie parametri dod iespēju minētā simulatora šaušanas simulācijas programmatūru papildināt ar atsevišķiem blokiem, kas nodrošinātu arī šaušanas apmācības kvalitātes būtisku uzlabošanu, veidojot papildus šaušanas procesa analīzi, tādējādi, intensificējot apmācības procesu [45],[46]. Šai nolūkā šaušanas simulatora konstrukcija būtu jāpapildina ar papildus konstruktīviem elementiem.

1.6. Šaušanas simulācijas iekārtu novērtējums

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 svarīgi arī iekārtas ekspluatācijas un servisa nodrošinājums. Praktiski katrs no parametriem, kurš tiek minēts simulācijas iekārtu tehniskajos raksturojumos, var kalpot par kritēriju to salīdzināšanai, sākot no darbības principa, līdz pat gabarīta izmēriem, kas arī var būt par ierobežojumu iekārtas uzstādīšanai. Šāda pieeja tomēr nedos vēlamu rezultātu un tikai sarežģīs simulatoru izvēli.

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 [47].

Kopumā simulatoru izmantošanai apmācību procesā vajadzētu dot vairākas priekšrocības - padarīt apmācības procesu intensīvāku, relatīvi lētāku un drošāku. Daudzas no ārkārtas situācijām ir iespējams radīt simulatoros nenodarot nekādus bojājumus tehnikai un nekaitējot apmācāmo, pasniedzēju un apkārtējo veselībai, tai pašā laikā radot apstākļus, kas ir maksimāli pietuvināti reālām situācijām. Pēdējos gados dažādu simulācijas iekārtu lietošana dažādās jomās ir strauji pieaugusi un varētu pat runāt par zināmu modi šajā jomā, īpaši tādēļ simulācijas iekārtu un izvēlē vai to projekta parametru noteikšanai ir jābūt pamatotai arī ekonomiski.

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

Pamēģināsim izsekot tiem kritērijiem kādi tiek izmantoti nosakot produkta dzīves ciklā [48].

Pirmā stadijā jebkura produkta iegādei vai izstrādei ir vajadzību izvērtēšana. Šajā stadijā ir jānosaka tās vajadzības, kuras ir kritiskas uzdevuma izpildei. Ja simulators paredzēts, apmācībai ir skaidri jāapzinās, kādas ir tās apmācību vajadzības, kuras nosaka visa apmācību cikla rezultātu (kritiskie uzdevumi), gadījumā ja simulators paredzēts izklaides vajadzībām svarīgi ir saprast potenciālo lietotāju vēlnes, jo tieši viņi noteiks projekta izdošanos.

Otrajā stadijā tiek veikta priekšizpēte, jeb noskaidroti svarīgākie jautājumi, kas saistīti ar simulatoru izstrādi vai iegādi, tiek noteikti iespējamie ierobežojumi, kuri jāņem vērā nākošajā, proti, padziļinātās izpētes stadijā. Tas attiecas arī uz nacionālo likumdošanu.

Padziļinātas izpētes rezultāts ir nepieciešamās iekārtas tehniskā specifikācija vai projekta uzdevums, kurā detalizēti jābūt aprakstītām visām vajadzībām un saprotami izklāstītiem visiem ierobežojumiem. Pēc padziļinātās izpētes un iekārtas specifikācijas sastādīšanas seko iekārtas projektēšana vai iegāde. Šajā stadijā būtu nepieciešama potenciālo lietotāju un projektētāju vai ražotāju sadarbība, lai pareizi tiktu saprastas tehniskajā specifikācijā noteiktās prasības iepērkot gatavas iekārtas jāatrod piegādātājs, kura produkts vispilnīgāk apmierina tehniskajā specifikācijā izvirzītās prasības. Šī fāze noslēdzas ar produkta ražošanu vai iepirkšanu. Sekojošās produkta dzīves cikla fāzes ir saistītas ar iekārtas ekspluatāciju un tās darbības izbeigšanu un utilizāciju. Ņemot vērā strauji pieaugošās vides aizsardzības prasības šis nebūt nav pats mazsvarīgākais jautājums un tas būtu jāņem vērā arī iekārtas specifikācijā, proti, paredzot to izstrādājuma sastāvdaļu utilizācijas izmaksas, kurām nepieciešami speciāli apstākļi, piemēram, radioaktīvie izotopi.

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, atsitiena imitēšanu, cik svarīgi ir iegūt atskaiti par sportista kondīciju un darbībām pirms šāviena (pulss, elpošana, ieroča kustība, mēlītes nospiešanas spēks). Jāņem arī vērā, ka šos simulatorus izmanto jau pieredzējuši šāvēji, kuriem nav nepieciešams apgūt pamatprasmes, bet kuriem ir svarīgi izmantot savus ieročus, kuri ir adaptēti viņu fiziskajām īpatnībām (roktura forma, ieroča laide, ieroča izsvarojums). Jāpiebilst arī, ka klasiskajās šaušanas disciplīnās mērķis ir stacionārs.

Šādām vajadzībām vislabāk piemēroti ir Somijas firmas Noptel un Krievijas uzņēmuma SKATT simulatori. Neraugoties uz Noptel simulatora ST-2000 Sport II un SKATT simulatoru līdzīgajiem tehniskajiem raksturojumiem [11, 12], 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 lētā kā firmas Noptel simulatoram.

Šo simulatoru galvenais trūkums ir tas, ka nav iespējams dinamiski mainīt mērķu izmērus, proti, iedomāto attālumu līdz mērķim un mērķu kustības iespējas ir ierobežotas. Šis trūkums ir saistīts ar izvēlētajiem simulatora darbības principiem, kuri aprakstīti augstāk.

Praktiskās šaušanas piekritējiem daudz iemērotāks ir kompānijas „Laser Shot” simulatori kur tiek izmantoti lāzera izstarotāji un attēls tiek projicēts uz ekrāna. Šai disciplīnā sportistam ir jāpārvietojas šautuvē un jāšauj pa dažādiem mērķiem dažādos attālumos un no dažādām pozīcijām. Šajā gadījumā nav tik svarīgi izmantot tieši savu ieroci jo tiek izmantoti standarta ieroči, bet svarīgi ir mainīt šaušanas stāvokļus un attīstīt reakciju. Šajā gadījumā svarīgi, lai ierocim nebūtu nekādas fiziskas sasaistes ar simulatoru, proti, priekšroka tiek dota bezvadu datu pārraidei.

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. Jāņem vērā tas, ka pamatā, ja neskaita speciālas operācijas, kuras saistītas ar ķīlnieku atbrīvošanu vai pretterorisma operācijām, distances ir īsas un pamatā kā ierocis tiek izmantota pistole vai mašīnpistole. Simulācijās lielāks uzsvars tiek likts uz reakcijas ātrumu un nevis ieroču ballistikajām niansēm. Šajos simulatoros liela uzmanība tiek pievērsta tam, lai modelētās situācijas būtu ar korektu juridisku pamatojumu. Šādiem simulatoriem mērķu projicēšanas iekāra ir pilnīgi nepieciešama, turklāt būtu vēlams, lai treniņa programmā ietilptu arī ieroča sagatavošana šaušanai, īpaši tas attiecas uz pistolēm, tādēļ vēlams, lai ieroči nebūtu aprīkoti ar ierīcēm, kas kavētu brīvu darbību ar tiem. Ierocim ar simulatoru jābūt saistītam izmantojot bezvadu saiti turklāt ieroča darbībai, jābūt maksimāli reālistiskai. Priekšroka tiek dota tiem simulatoriem, kur ieroča stobrā tiek ievietots speciāls ieliktnis. No visa iepriekš minētā var secināt, ka gandrīz vai ideāls šajā gadījumā ir firmas „Laser Shot” simulators TWS-DT. Šis simulators, labi noder drošības struktūru darbiniekiem, uzturētu savas šaušanas prasmes un lai sagatavotos regulārajām šaušanas normatīvu pārbaudēm. Krievijas tiesību sargājošajām struktūrām šai ziņa prasības ir nedaudz atšķirīgas, jo te masveidā tiek izmantoti ieroči, kuri citviet ir tikai armijas vai specvienību rīcībā (trieciensautenes, ložmetēji, granātmetēji).

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 ievērtēt katra konkrētā ieroča ballistiku, turklāt ieroči tiek izmantoti gan šaujot savrūpšāvienu režīmā, gan šaujot kārtām, piektkārt ļoti plašs ir militāro operāciju klāsts, kas ietver sevī sākot ar aizsardzības operācijām stacionārās pozīcijās līdz ofensīvam šķēršļotā apvidū, īpaši sarežģītas ir operācijas apdzīvotās vietās. 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. Praktiski visas šīs prasības ir ļoti grūti apvienot vienā simulatorā. Ņemot vērā arī to, ka šādiem simulatoriem ir arī paaugstinātas mehāniskās izturības prasības to cena ir ievērojama. Vistuvāk ideālam šajā grupā ir kompānijas Meggitt Trainin Systems simulators CST-300D kurš spējīgs darboties kopā ar virtuālo simulatoru JCATT. Bāzes komplekta cena svārstās no 45.000 līdz 50.000 \$. Mācību ieroča iegāde simulatoram ir atsevišķa pozīcija, un tā cena vidēji ir 6500 \$ par vienību.

Daļēji augstās šo simulatoru izmaksas, daļēji atšķirības šaušanas apmācību specifikā liek katrai valstij radīt savus militāros šaušanas simulatorus. Praktiski tas nozīmē, ka Militāro struktūru rīcībā nonāk vairāki šaušanas simulatoru veidi, kas katrs tiek izmantots noteiktās apmācības procesa stadijās. Piemēram, veicot karavīru sākotnējo apmācību, lai apgūtu šaušanas pamat prasmes lietderīgi ir izmantot simulatorus kas fiksē ne vien trāpījumus, bet arī šāvēja stāvokli un ieroča kustību, jāpiezīmē, ka šajā gadījumā atšķirībā no sporta simulatoriem ieroča atsitienu simulācija ir ļoti vēlama, jo kaujas ieročiem atsitienu spēks ir lielāks nekā sporta ieročiem un jau apmācības laikā tas ir jāievērtē.

Organizējot militārās apmācības lauka apstākļos var gadīties, ka personāla skaits, kurš iesaistīts šaušanas nodarbības norises nodrošināšanā, ir lielāks nekā pašu apmācāmo skaits, tādēļ svarīgi ir izmantojot šaušanas simulatorus, īpaši apmācību sākumposmā.

Neraugoties uz visām priekšrocībām, šaušanas simulatori nevar pilnībā aizstāt reālu šaušanu, jo faktori, kas ietekmē šaušanas precizitāti ir ļoti daudzveidīgi, sākot ar dabīgā apgaismojuma īpatnībām, klimata ietekmi un beidzot ar munīcijas kvalitāti. Prakse pierāda, ka šaušanas simulatoru izmantošana ievērojami samazina reālo šaušanas nodarbību skaitu un būtiski paaugstina to efektivitāti, tādejādi sasniedzot izvirzītos uzdevumus: samazināt nodarbību izmaksas un laiku, nepieciešamā apmācību līmeņa sasniegšanai.

1.7. Secinājumi par 1. nodaļu

1. Izveidotais šaušanas apmācības iekārtu klasifikators ļauj viennozīmīgi identificēt iekārtas gan pēc funkcijām, gan pēc uzbūves. Pēc dažādu iekārtu apskata redzams, ka līdzīgu

apmācības uzdevumu risināšanai tiek izmantotas iekārtas ar dažādiem darbības principiem, taču pārsvarā tās balstās uz optisko signālu uztveršanas.

2. Atbilstoši NATO RTO rekomendācijām, simulatora izvēles galvenais kritērijs ir tā efektivitāte. Simulatora efektivitātes noteikšana ir sarežģīts daudzpakāpju process, kurā tiek ņemti vērā dažādi faktori. Galvenais šai procesā ir skaidri definēt uzdevumu, kura veikšanai simulatori nepieciešams, un precīzi noteikt pastāvošos ierobežojumus. Tāpat svarīgi ir ņemt vērā tehnikas nākotnes attīstības tendences.

3. Visperspektīvākie ir lāzera simulatori ar tiešo staru, proti, tādi simulatori, kur trāpījuma noteikšanai tiek izmantots lāzera stars, pie kam vislabāk izmantot ir tieši neredzamā spektra lāzera izstarotājus (IR). Šādi lāzera izstarotāji dod iespēju realizēt dažādus ballistiskus algoritmus.

4. Prasība, kas tiek izvirzīta mūsdienīgam šaušanas simulatoram, ir iespēja realizēt trāpījuma korekcijas atbilstoši modelētajiem apstākļiem (attālums, mērķa kustības virziens, atmosfēras apstākļi).

5. Attiecībā uz ieroča sasaisti ar datu apstrādes iekārtu (datoru) priekšroka noteikti dodama bezvadu risinājumiem, kas nodrošina daudz dinamiskāku darbību ar ieroci.

6. Attiecībā uz atsitiena imitāciju simulācijas laikā, priekšroka dodama tiem simulatoriem, kam tāda ir iespējama. Atsitiena imitācijai šobrīd izdevīgākie ir pneimomehāniskie risinājumi, kurus viegli var integrēt reālos kaujas ieročos uzskatāmi simulatori, lai gan strauji attīstās lineāro motoru pielietošana ieroča mehāniskās daļas darbināšanai (galvenokārt t.s. airsoft ieročiem).

7. Viens no ļoti svarīgiem šaušanas simulatoru elementiem ir trāpījuma fiksēšana, kur lāzera tiešā stara simulatoriem parasti izmanto videokameru, kura fiksē lāzera izstarotāja pēdu uz mērķa. Šobrīd un nākotnē par vislabāko šaušanas simulatoros ir atzīta mērķu projicēšana uz ekrāna, izmantojot video projekcijas aparatūru.

8. Iekļaujot šaušanas stimulatorus 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 šāviena izdarīšanas apstākļiem, proti, šāvēja fizioloģisko stāvokli (pulss, elpošana), ieroča stāvokli (mēlītes nospiešanas spēks, stobra kustība, ieroča sānu nolieces un paceluma 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.

Jebkurš šaušanas vingrinājums dod iespēju pārbaudīt strēlnieka iemaņas un prasmes. Liela nozīme praktiskās šaušanas rezultātu novērtēšanā ir rezultātu izvērtēšanai. Nebūtu pareizi izvērtējot šaušanas rezultātus aprobežoties tikai ar tādu rezultāta novērtējumu, kā teicami, labi, viduvēji un vāji vai ieskaitīts - neieskaitīts. Šāds vērtējums nesniedz nekādu informāciju par vingrinājumu izpildes kvalitāti un neatklāj trūkumus strēlnieka apmācībā.

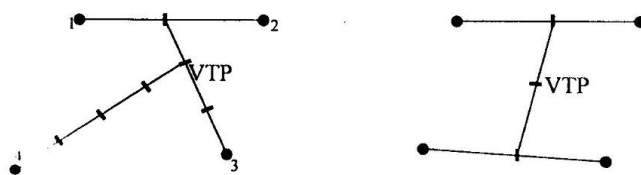
Ikvienā vingrinājumu reizē būtu jāanalizē katra strēlnieka kļūdas un viņam uz tām jānorāda, tādejādi ar katru reizi panākot ar vien labāku sniegumu. Praksē tas nozīmē katru strēlnieku nodrošināt ar personīgo treneri vai instruktoru. Tāpat nemazāk svarīgi ir saglabāt laba snieguma piemērus nostiprinot gūtās iemaņas, kādēļ būtu nepieciešama speciāla uzskaitē.

Samērā ērti šādu kontroli varētu nodrošināt izmantojot šaušanas simulatorus, kuri būtu aprīkoti ar nepieciešamajiem devējiem. Analizējot strēlnieka šaušanas rezultātus nepietiek vien ar mērķi, kurā fiksēti šaušanas sērijas trāpījumi jo dažādām kļūmēm var būt līdzīgs trāpījumu izvietojums, piemēram, trāpījumu izkļiede, kas pārsniedz noteikto normu var liecināt gan par tēmēšanas kļūdām, gan par nepareizu ieroča stāvokli šāvēja rokā, gan par rokas trīcēšanu, u.t.t. Vidējā trāpījuma punkta novirze uz augšu no mērķa centra, pie pietiekama trāpījumu blīvuma var liecināt kā par kļūmi tēmēšanā, tā par ne pareizu ieroča stāvokli. Lai varētu automatizēt šaušanas procesa novērtēšanu nepieciešamas metodes, kuras kvantitatīvi var novērtēt šaušanas rezultātus un kļūdu ietekmi uz tiem.

2.1. Trāpījumu blīvuma – izkļiedes noteikšana.

Šaujot ar vienu ieroci nemainīgos apstākļos, dažādu gadījuma raksturu iemeslu rezultātā ložu trāpījuma punkti atšķiras. Šo parādību sauc par izkļiedi [49].

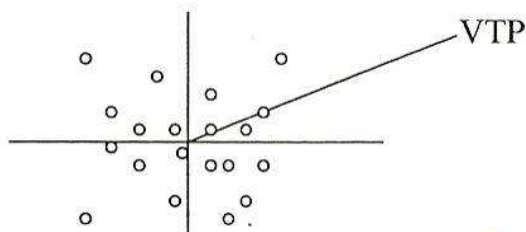
Izkļiedes laukums parasti pieņem apļa vai elipses veida formu un jo lielāks ir šāvienu skaits jo precīzāk šī likumsakarība izpildās. Parasti izkļiedes laukumā ložu trāpījumi ir izvietoti nesimetriski, ar tendenci grupēties tuvāk izkļiežu laukuma centram [42]. Izkļiedes laukumā var noteikt vidējo trāpījuma punktu pret kuru visi trāpījumi izvietoti simetriski.



2.1.att. Grafiska vidējā trāpījuma punkta noteikšana izmantojot nogriežņu dalīšanas metodi

Praksē nelielam trāpījumu skaitam (līdz 5 trāpījumiem) vidējo trāpījumu punktu nosaka grafiski izmantojot nogriežņu dalīšanas metodi, kā parādīts attēlā 2.1.

Lielākam trāpījumu skaitam izmanto metodi, kad trāpījumus sagrupē pēc skaita četrās grupās tās atdalot ar asu līnijām kā parādīts attēlā 2.2.

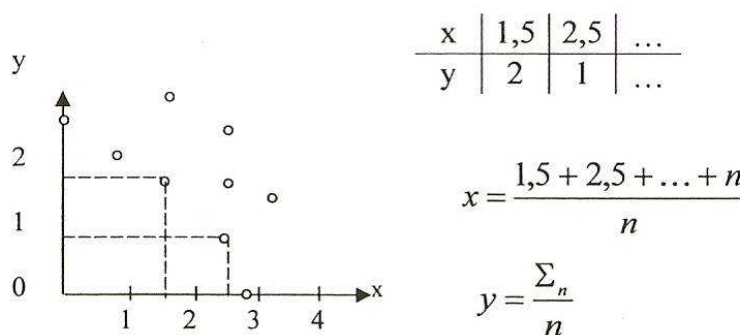


2.2.att. Vidējā trāpījuma punkta noteikšana.

Šajā 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 kā parādīts attēlā 2.3.



2.3.att. Vidējā trāpījuma punkta noteikšana, atrodot vidējo aritmētisko novirzi.

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 [42].

Tā nosakot vidējā trāpījumu koordinātes uz x un y ass lieto formulas (2.1) (2.2)

$$S_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (2.1)$$

$$S_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{N} \quad (2.2)$$

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(2.3)

$$d_s = \sqrt{(x_i - S_x)^2 + (y_i - S_y)^2} \quad (2.3)$$

Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra D_s (2.4)

$$D_s = \frac{\sum_{i=1}^N d_{si}}{N} \quad (2.4)$$

Nosakot vidējo trāpījuma punktu mēs varam nosacīti novērtēt šaušanas kvalitāti. Šāda metodika tiek izmantota SAV armijā [50].

Šaušanas simulatoros šie lielumi 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 trāpījuma kopa, bet arī cik tālu no centra atrodas vidējais trāpījuma punkts [46]. 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 (2.5) kurā x_c un y_c ir mērķa centra koordinātes uz x un y ass.

$$d_c = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (2.5)$$

Šai gadījuma svarīgs ir ne vien attālums, bet arī virziens, 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 (2.6).

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{y_i - y_c}{x_i - x_c} \quad (2.6)$$

Kopēja trāpījumu novirze no mērķa centra tiek aprēķināta izmantojot formulu (2.7)

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^N d_{ci}}{N} \quad (2.7)$$

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

2.2.1. Šaušanas rezultātu ietekmējošie faktori.

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 [42]:

1. pieļaujamās 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, lai gan ir simulatori, kur lodes lidojuma trajektorija tiek koriģēta ar gadījuma skaitļiem, kas prezentē starpību patronas pulvera lādiņā sekojoši lodes sākuma ātruma.

Otrās grupas iemesli, kuri saistīti ar apkārtējās vides apstākļiem nav nekādā veidā ietekmējami no strēlnieka. 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. Tie var ievērojami ietekmēt lodes (lādiņa) lidojuma trajektoriju un tās novirzes. Šeit ļoti būtisks ir attālums līdz mērķim un lodes lidojuma ātrums. Piemēram, īsos attālumos (līdz 100m vēja ietekme uz lodi praktiski nav vērojama un ir nenozīmīga. Simulācijas uzdevums nosaka to vai šie apstākļi tiek ņemti vērā, piemēram, veicot sākotnējo apmācību šāvējam tiek radīti ideāli apstākļi un netiek ņemti vērā nekādi blakus apstākļi, kur pretī trenējot jau pieredzējušus šāvējus šie, apstākļi ir noteikti jāņem vērā.

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.

Kā zināms no cilvēka fizioloģijas un psiholoģijas cilvēks apzināti var kontrolēt tikai vienu darbību, divas vienlaicīgas darbības cilvēks kontrolē ievērojami sliktāk, bet vairāk kā divas vienlaicīgas darbības cilvēks apzināti kontrolēt nespēj, bet tieši vairāku darbību un faktoru vienlaicīga kontrole ir augstu šaušanas rezultātu pamatā [57]. Praktiski šāvējs apzināti kontrolē tikai tēmekļa un mērķa savstarpējo novietojumu jeb tēmēšanu, bet pārējās darbības izpilda automātiski [58], jeb precīzāk tās tiek kontrolētas zemapziņā.

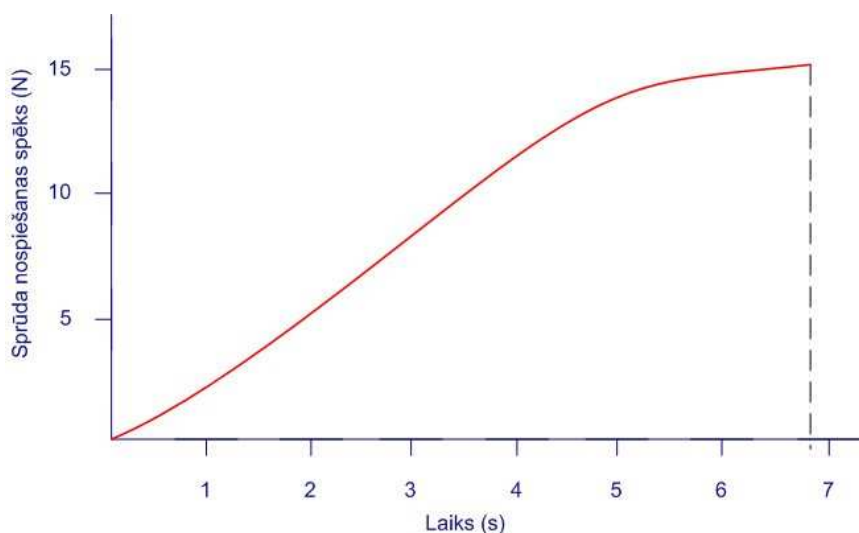
Šai situācijā risinājums slēpjas cilvēka psiholoģijā, proti, vairākas darbības cilvēks izpilda neapzināti, t.i., automātiski un šāda koordinācija tiek panākta treniņu rezultātā.

Pēc būtības jebkura šaušanas simulatora galvenais uzdevums ir trenēt šāvēju, un tā motoriku, lai mazinātu subjektīvo faktoru ietekmi uz šaušanas rezultātu.

2.2.2 Sprūda nospiešanas spēka kontrole.

Tas ir svarīgs faktors, kas tieši ietekmē šāviena precizitāti. Atkarībā no ieroča konstrukcijas un tā pielietojuma veida ir atšķirīgs ne vien sprūda mēlītes nospiešanas spēks, bet arī tās gājiens. Piemēram, kaujas ieročiem mēlītes gājiens ir garāks un mēlītes nospiešanas spēks lielāks. Tas darīts galvenokārt tādēļ, lai izvairītos no šāviena nejauši pieskaroties mēlītei pārvietojoties ar ieroci pa šķēršļotu apvidu. Veicot kaujas uzdevumus ne vienmēr ir iespējams ieroci nodrošināt, vai to vienkārši aizmirst izdarīt – kaujas apstākļos katrai sekundes simtdaļai var būt dzīvības cena. Kaujas ieroču sprūda mēlītes nospiešanas spēks svārstās plašās robežās, no 1,5 līdz 6,5 spēka kilogrami (kgf) jeb 14,7-63,7 N. Tā, piemēram, Kalašņikova automātam AKM sprūda nospiešanas spēkam jābūt robežās no 1,5 līdz 2,5 kgf jeb 14,7-24,5 N [51]. Trieciensautenei G36, kura šobrīd ir Latvijas armijas apbruņojumā, sprūda nospiešanas spēks ir robežās no 30 līdz 55 N [51]. Pistolei USP sprūda nospiešanas spēks ir robežās no 33,3 - 37,6 N [53]. Lielākais spiediens uz mēlītes ir revolveriem ar tā saukto dubulto darbību, kur ar mēlītes nospiešanu ne vien tiek uzvilks gailis, bet arī pagriezts rullītis un spiediens te var sasniegt 63,7 N [54]. Sporta ieročiem īpaši klasiskajās disciplīnās sprūda nospiešanas spēks ir ievērojami atvieglināts, lai iespējami mazāk iespaidotu šaušanas rezultātu. Sporta ieročiem sprūda mēlītes nospiešanas spēks ir no 0,3 līdz 6,8 N šautenēm un no 0,15 līdz 1 N pistolēm [55]. Kā redzams no iepriekš minētā mēlītes nospiešanas spēku izkliede ir ievērojama.

Šeit ir jāsaprot, ka svarīgs nav pats spēks absolūtais lielums, bet gan vienmērīgs tā pieaugums uz sprūda līdz šāviena brīdim [42]. Sprūda nospiešana parasti ilgst vairākas sekundes, bet tās noslēguma fāze turpinās tikai 0,2 – 0,3 s un tieši tas ir brīdis, kurā tiek „norauts” šāviens, jeb stobra gals strauji pavietojās uz leju (skat. 2.4.att.).



2.4.att. Sprūda nospiešanas spēka laika diagramma dienesta pistolei.

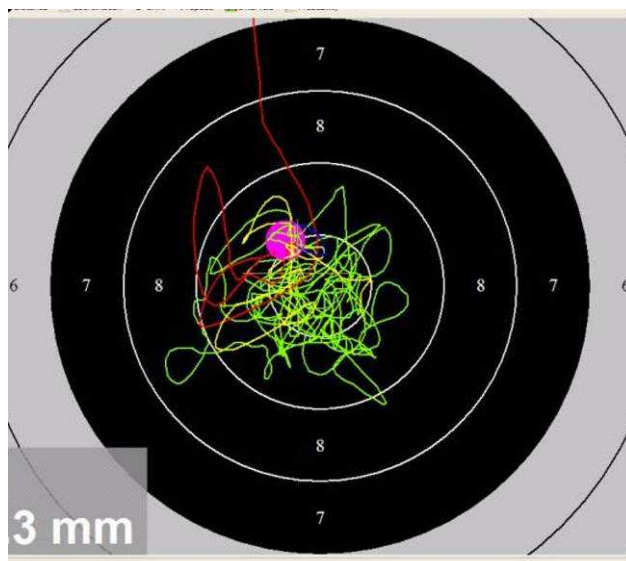
Jo lielāks sprūda nospiešanas spēks, jo lielāka iespējamība panākt ieroča stobra gala pārvietošanos uz leju, kas ir nevēlama. Pieredzējušam strēlniekam šādas nobīdes praktiski nav. Nepieredzējušiem strēlniekiem šī nobīde varētu būt ievērojama un 100m attālumā trāpījuma novirze no mērķa centra var sasniegt pat vairākus metrus [37], [42].

Tātad ieroča tēmēšanas līnija 0.2 – 0.3 sekunžu laikā noliecas par 1°- 3° pa vertikālo asi. Ļoti svarīgi ir kontrolēt ieroča sprūda nospiešanas vienmērīgumu tā, lai nepieļautu lēcienveida spēka pieaugumu pirms šāviena. Sprūda nospiešanas spēku var kontrolēt izmantojot speciālu spiediena devēju vai to konstatēt pēc ieroča stobra nolieces 0.2 s pirms šāviena. Pieņemot, ka ierocis mērķim tiek uzvirzīts no apakšas, šādai kustībai jābūt labi pamanāmai.

2.2.3. Stobra kustības amplitūdas kontrole

Stobra kustības amplitūdas kontrole Nodrošina ieroča noturēšanas stabilitātes fiksēšanu. Ieroča noturēšanas stabilitāte ir atkarīga no šāvēja kustību koordinācijas. Tieši šim elementam ir lielākā ietekme uz precīza šāviena izdarīšanu, un tieši šā elementa izpildi ir iespējams visefektīvāk trenēt [42], [56].

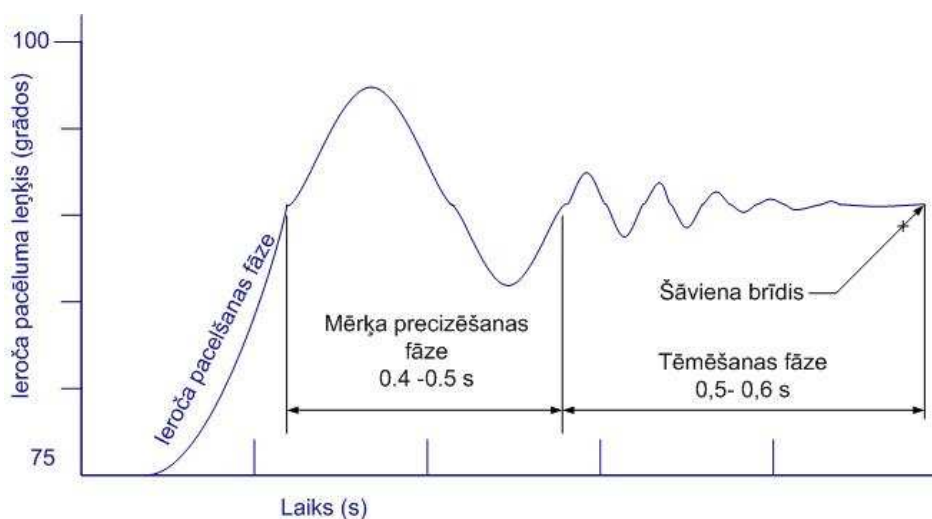
No fizioloģiskā viedokļa par cilvēka muskuļu koordināciju atbild galvas smadzenes, kuras saņem signālus no receptoriem, kuri atrodas muskuļos un spēj dot komandu izmainīt muskuļu tonusu. Jo vairāk šādu receptoru atrodas muskuļos, jo precīzāk iespējams kontrolēt muskuļu stāvokli. Vienlīdz svarīgi kustību koordinācijas nodrošināšanā ir kā receptori tā arī galvas smadzenes, kuras nodrošina adekvātu muskuļu atbildes reakciju receptoru signāliem. Šī muskuļu un smadzeņu mijiedarbība arī nodrošina kustību koordinācija [58]. Stobra kustības amplitūda ir tieši atkarīga no strēlnieka treniņa līmeņa. Cilvēkam praktiski nav iespējams noturēt ieroci nekustīgā stāvoklī un tas vienmēr svārstīsies noteiktā amplitūdā.



2.5.att. Ieroča stobra kustības amplitūda attiecībā pret mērķa plakni.

Kā redzams attēlā 2.5. ieroča kustības ir diezgan haotiskas, bet tajās ir savas likumsakarības. Pirmkārt, tēmēklis tiek tuvināts trāpījuma punktam virzienā no apakšas uz augšu. Otrkārt kustības pamatā veido cilpas astotnieka formā, kaut arī ne visai regulāras un treškārt tuvojoties šāviena brīdim kustību amplitūda kļūst mazāka.

Ideālajā gadījumā stobra kustībai vertikālās ass virzienā būtu jāveido rimstošas svārstības, kuru amplitūdai šāviena brīdī būtu jātuvojas nullei.

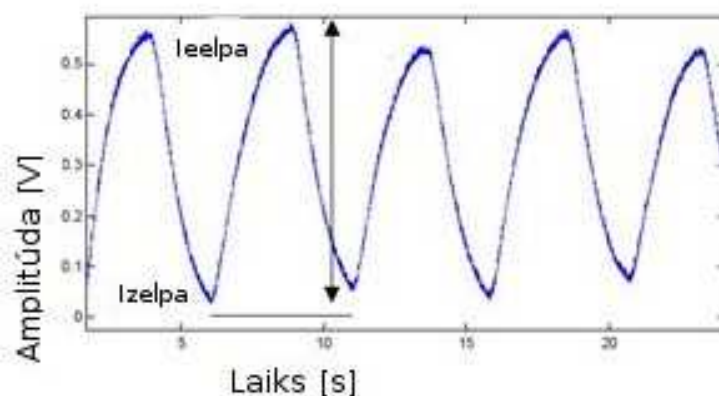


2.6.att. Stobra kustība pa vertikālo asi līdz šāviena izdarīšanas brīdim.

Attēla 2.6. nosacīti ir parādīta stobra kustība līdz šāviena izdarīšanas brīdim. Pirmajā fāzē ierocis tiek pacelts, lai varētu to notēmēt uz mērķi, otrajā fāzē mērķis tiek paņemts „uz grauda” tas ir šajā posmā ieroča stobrs tiek uzvirzīts mērķim skatoties caur tēmēšanas ierīci, trešajā fāzē ierocis tiek precīzi notēmēts un šī fāze parasti noslēdzas ar šāvieni.

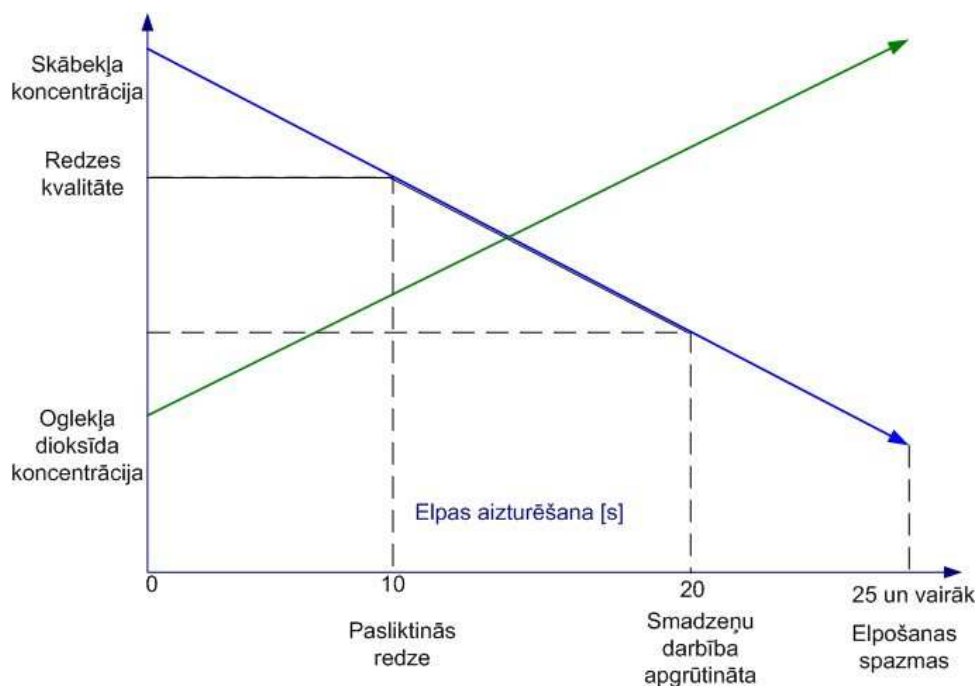
2.2.4. Elpošanas kontrole

Elpošanas kontrole ir svarīgs faktors, kurš ietekmē trāpījuma precizitāti. Elpojot ieroča stobra gals nekontrolējami pārvietojas par 1- 2cm vertikālās ass virzienā, kas 100m attālumā var radīt novirzi no mērķa centra par- 1-2 m [49;56]. Normāls elpošanas cikla piemērs ir parādīts attēlā 2.7.



2.7.att. Vesela cilvēka normās elpošanas cikls

Tēmējot pirms šāvienu izdarīšanas, tiek aizturēta izelpa. Elpu nav ieteicams aizturēt ilgāk par 10 sekundēm. Elpošanas aizturēšana uz ilgāku laiku var tikai pasliktināt šaušanas rezultātus. Attēlā 2.8. shematiski parādīta cilvēka organisma reakcija uz ilgstošu elpošanas aizturēšanu [58].



2.8.att. Cilvēka organisma reakcija uz elpošanas aizturēšanu

Aizurot elpošanu ilgāk par 10s cilvēka organismā (asinīs) pieaug oglekļa dioksīda daudzums, un samazinās skābekļa daudzums kā rezultātā pasliktinās redze (spēja fokusēt

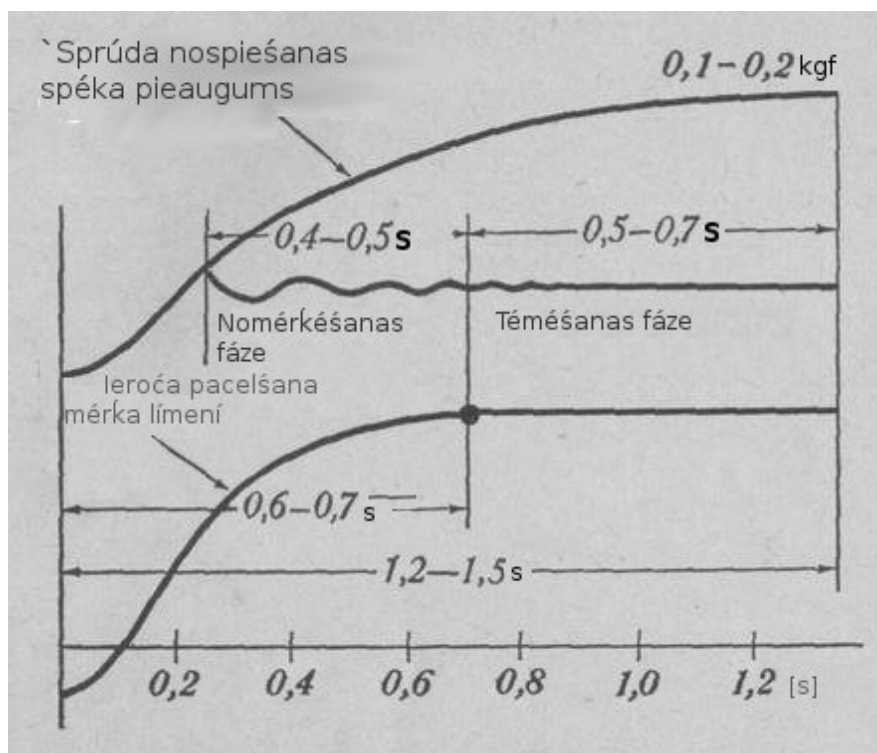
skatienu). Aizturot elpošanu uz 20s var parādīties smadzeņu darbības traucējumi, kas izpaužas kā darbību koordinācijas trūkums vai pat apziņas zudumi, bet aizturot elpošanu virs 25s var iestāties elpošanas spazmas, kad organisms pats cenšas atjaunot elpošanu.

Šis grafiks parāda tikai vidējās vērtības, un katram strēlniekam ir savs elpošanas ritms, kurš atkarīgs ko katra cilvēka fizioloģiskajām īpatnībām, tomēr pārāk ilga elpošanas aizture var novest pie elpošanas ritma traucējumiem kas īpaši negatīvi var izpausties, veicot ātršaušanas vingrinājumus. Visādā gadījumā pēc elpošanas aizturēšanas organismam ir jāatjauno savas skābekļa rezerves.

Tehniski elpošanas monitoringu var realizēt izmantojot to cilvēka organisma īpatnību, ka elpojot cilvēka krūšu kurvīšs paplašinās. Tomēr praktiski ir grūti realizēt šo kontroli tā lai netraucētu šāvējam. Šāds monitorings būtu ļoti noderīgs tieši pašā apmācību sākuma posmā, lai izstrādātu pareizas elpošanas iemaņas un darbības koordināciju. Elpošana, jeb precīzāk sakot elpošanas aizturēšana pirms šāviena, ir tā darbība, kura strēlniekam būtu jāveic automātiski

Ir treniņu metodikās, kurās papildus tiek veikta arī šāvēja sirds ritma, proti, pulsa kontrole. Pamatā tam ir pieņēmums, ka ir iespējams veikt šāvieni starp sirdspukstiem tādejādi izslēdzot jebkādu dabīgā tremora ietekmi uz cilvēku. Šāda metodika ir aprakstīta saistībā ar Krievijā ražoto simulatoru SKATT [37]. Šāda metodika ir sarežģīta, un nesagatavotam cilvēkam nav izmantojama. Tiek uzskatīts, ka normālā stāvoklī cilvēks ar savu apziņu nespēj kontrolēt sirds ritmu un tas miera stāvoklī pieaugušam cilvēkam ir aptuveni 51,5 sitieni minūtē. Pastāv arī zināma saistība sirds ritmam ar elpošanu jo pie ieelpas palielinās pulsa amplitūda. Izmantojot īpašas metodikas, kuras sauc par autogēno treniņu, dažiem cilvēkiem izdodas kontrolēt savu sirds ritmu, to palēninot. Šāds gadījums ir īpašs un to nav iespējams praktizēt bez pieredzējuša instruktora klātbūtnes. Jebkura pašdarbība šajā jautājumā var novest pie smagām veselības problēmām, tādēļ šai metodikai nepieciešamo aprīkojumu izmanto tikai atsevišķi, ļoti augstas klases sportisti vai spēka struktūru snaiperi.

Attēlā 2.9. ir parādīta dažādo darbību koordinācija laikā līdz šāviena izdarīšanas brīdim.



2.9.att. Darbību koordinācija laikā līdz šāviena izdarīšanai.

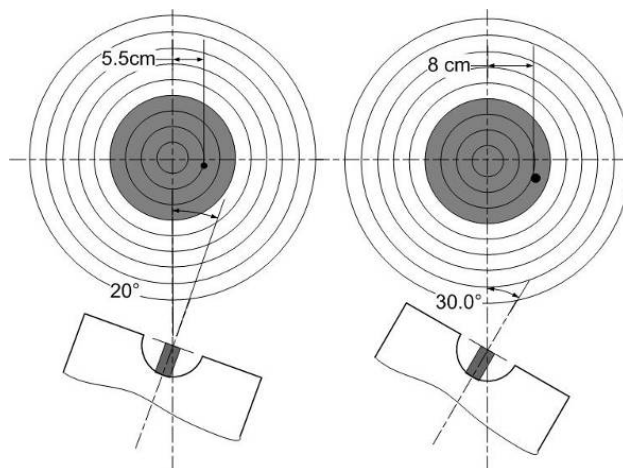
Kā redzams no attēla darbību koordinācija ir visai komplicēta, turklāt jāatceras, ka vēl nepieciešams ievērot elpošanas ritmu un sekot mērķim, kā arī veikt korekcijas, kas saistītas ar vides apstākļiem un mērķa kustību.

2.3.5. Ieroča sānu nolieces kontrole

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 aizsegs, dabiski vai mākslīgi šķēršļi, kuri var pasargāt no pretinieka lodēm vai mazināt iespēju veikt mērķtiecīgu šāvieni.

Ieroča novirze no vertikālās ass rada nelineāru trāpījuma novirzi no paredzamā trāpījuma punkta. Šīs novirzes vērtība nav lineāra un tā ir atkarīga no ieroča un munīcijas parametriem, kā arī sānu nolieces leņķa.

Atbilstoši veiktajiem literatūrā minētajiem datiem [58], [59] 25 m attālumā noliecot pistoli uz sāniem par 20° trāpījums novirzās nolieces virzienā par 5.5 cm pa horizontālo asi, bet pie nolieces 30° novirze pa horizontālo asi ir 8 cm. Šīs novirzes pieaug eksponenciāli palielinoties sānu nolieces leņķim, kā parādīts attēlā 2.10.



2.10.att. Iespējamā trāpījuma novirze no mērķa centra atbilstoši nolieces leņķim.

Ieroča sānu noliece var atstāt negatīvu ietekmi uz sportisko rezultātu tādēļ šaušanas sporta veidu pārstāvji veic speciālus fiziskus treniņus, lai novērstu ieroča nošķiebšanu uz sāniem. Šāda ieroča nošķiebšana uz vienu vai otru sānu var liecināt par nepareizu šaušanas stāvokļa izvēli (nestabila pozīcija), vai nepareizu ieroča satvērienu, tādēļ ieroča sānu nolieces noteikšana ir svarīga, gan iesācējiem veidojot pareizas šaušanas iemaņas, gan pieredzējušiem šāvējiem, lai uzturētu savas prasmes.

Treniņos, kurus veic militāro un tiesībsargājošo struktūru pārstāvji šādu iemaņu trenēšana, proti, šaušanai ar ieroci kas noliekts uz sāniem varētu būt nepieciešama profesionālo iemaņu uzlabošanai. Lai šādus treniņus varētu veikt izmantojot simulāciju iekārtas ir nepieciešams iespējami precīzi noteikt sānu nolieces leņķi un veikt rezultāta pārrēķināšanu atbilstoši tā vērtībai.

Ieroča sānu nolieces fiksēšanai var izmantot nolieces sensoru, kuru nofiksē pie ieroča, bet trāpījuma koordinātes aprēķina izmantojot formulas kur fiksētajām lāzera izstarotāja koordinātēm (pieņemot, ka lāzera izstarotājs ir piešauts pa centru t.i.

$$x_{i\alpha} = x_i + dx \quad (2.8)$$

$$y_{i\alpha} = y_i + dy \quad (2.9)$$

Kur $x_{i\alpha}$ un $y_{i\alpha}$ ir trāpījuma koordinātes ņemot vērā ieroča sānu nolieces leņķi, x_i un y_i simulatora fiksētās lāzera izstarotāja koordinātes, bet dx , dy , ir horizontālā un vertikālā novirze, kas atkarīga no sānu nolieces leņķa α .

$$dx = f(\alpha) \quad (2.10)$$

$$dy = f(\alpha) \quad (2.11)$$

Veicot šaušanas pamatprasmju apmācību ieroča sānu nolieces leņķis parasti nepārsniedz 10° . Augstas klases sportistiem ieroča sānu noliece varētu liecināt par nepareizu ieroča līdzsvarošānu.

2.3 Trāpījuma punkta noteikšana

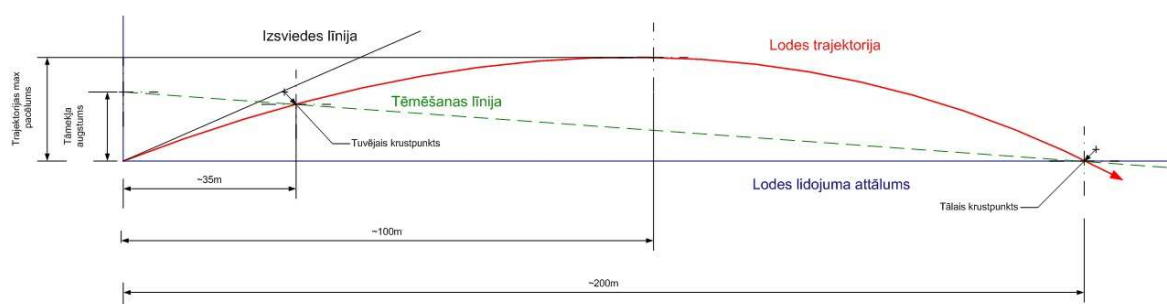
2.3.1. Pistoles lodes ballistiskais modelis.

Kā militārajā dienestā tā tiesībsargājošajās iestādēs plaši ir izplatītas dažāda veida pistoles. Tāpat pistoles pašaizsardzībai un sportam lieto arī liels skaits privātpersonu. No otras puses pistole dod ievērojamu kustības brīvību un šī ieroča pielietošanas stāvokļu daudzveidību ierobežo tikai cilvēka fiziskās spējas. Veidojot pistoles lodes lidojuma trajektorijas modeli jāņem vērā tas, ka šaujot garākās distancēs parasti strēlnieks ne vienmēr var ieņemt stabilu, šaušanas pozīciju. Izmantojot ieroci tuvās distancēs pašaizsardzībai, vai, veicot militārus uzdevumus ievērojami, samazinās laiks reakcijai uz pretinieka uzbrukumu un tādēļ parasti nav iespējams ieņemt pareizu šaušanas stāvokli, lai veiktu atbildes darbības.

Šādā situācijā visu izšķir reakcijas ātrums un var izrādīties, ka trāpījuma precizitātei ir otršķirīga nozīme.

2.3.2. Lodes trajektorija

Lai izprastu lodes lidojuma trajektoriju, ir jāsaprot, ka lode zemes pievilkšanas spēka ietekmē tāpat, kā jebkurš cits fizisks ķermenis, kuram ir piešķirts sākuma ātrums. Tā brīža kad lode pamet stobru tās ātrums samazinās un lodes novirzās tikai uz leju, proti, gravitācijas spēka virzienā.



2.11.att. Šautenes lodes trajektorijas shematiskais attēlojums.

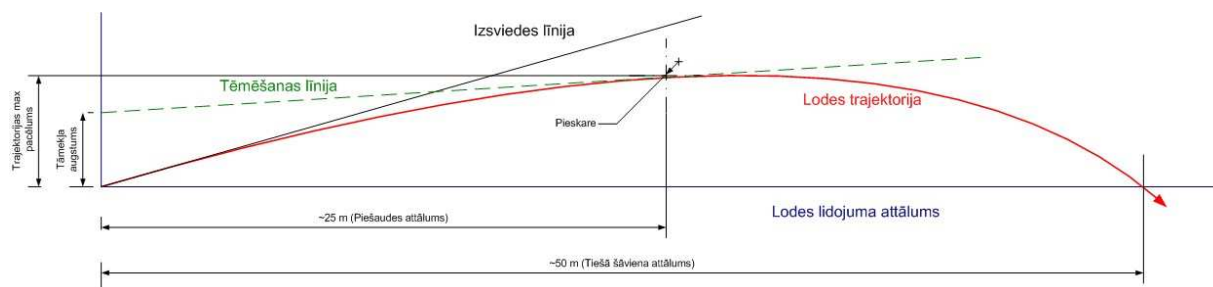
Lai kompensētu lodes novirzi uz leju ieroči konstruktīvi, izveidoti tā, lai tēmēšanas iekārta ievērtētu šo novirzi. Kā redzams attēlā 2.11. šautenes lode, atstājot stobru divreiz, krusto tēmēšanas līniju. Tuvējais krustpunkts lodes trajektorijai ar tēmēšanas līniju atrodas apmēram 25-35m attālumā un šai attālumā lodes trajektorija no apakšas šķērso trajektoriju, lai virzītos uz savu maksimālo pacēlumu, kas ir aptuveni pusceļā starp vietu kur lode atstāj stobru, līdz vietai kur lode otrreiz šķērso tēmēšanas līniju, proti, līdz attālumam, kur ierocis ir,

notēmēts. Lodes trajektorijai ir paraboliska forma un tā ir atkarīga ne vien no gravitācijas spēka, bet arī no citiem spēkiem, kuri darbojas uz lodi.

Trajektorijas pacēlums pusceļā starp tēmēšanas līnijas un trajektorijas tālo krustpunktu (Parasti tas ir attālums, kurā ierocis tiek piešauts pa mērķa centru) tiek izmantots, lai noteiktu munīcijas efektivitāti. Patiesībā maksimālais trajektorijas pacēlums tiek sasniegts nedaudz lielākā attālumā tomēr šī starpība ir nenozīmīga.

Pistoles lodes lidojuma trajektorija ir līdzcīga, bet šeit ierocis tiek piešauts lodes trajektorijas maksimālajā augstumā vietā, kur lodes trajektorija pieskaras tēmēšanas līnijai kā parādīts attēlā 2.12.

Atšķirības lodes trajektorijā starp šauteni un pistoli ir skaidrojamas ar ieroču tēmēšanas ierīču konstrukciju. Parasti šautenēs izmanto jaudīgāku munīciju un smagākas lodes tādēļ to lidojuma attālums ir lielāks.

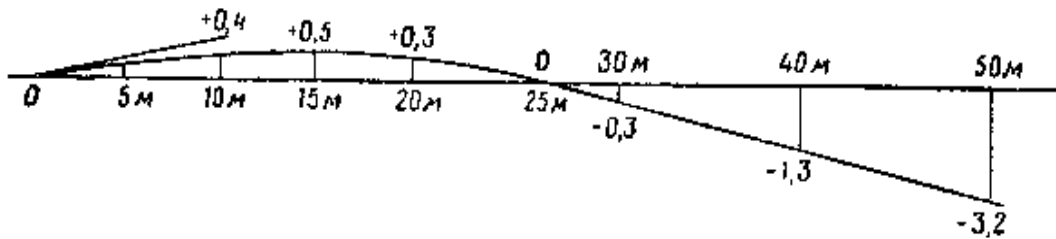


2.12.att. Pistoles lodes lidojuma trajektorijas shematiskais attēlojums.

Pēc izlidošanas no stobra lodes lidojuma trajektorija ir atkarīga no tās sākuma ātruma, lodes formas un svara, kas saistīti ar lodes šķērsriezuma slodzi un lodes ballistisko koeficientu. Lodes šķērsriezuma slodzi nosaka kā lodes svara attiecību pret lodes diametru tās vislielākajā šķērsriezuma vietā. Ballistiskais koeficients ievērtē to kāda ietekme uz trajektoriju ir lodes formai. Ballistiskā koeficienta noteikšanai ir vairākas metodikas, kuras dažkārt dod atšķirīgus rezultātus, turklāt šis koeficients ir atkarīgs no gaisa blīvuma un lodes ātruma.

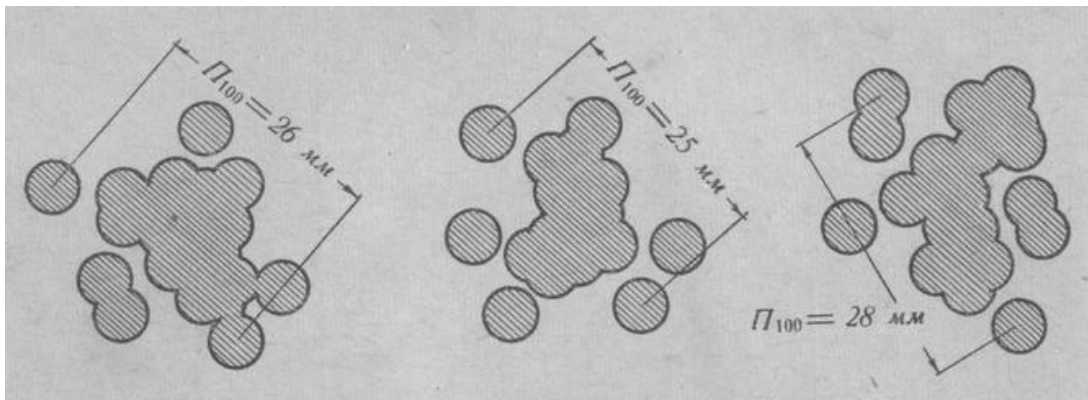
Galvenie spēki, kuri iedarbojas uz lodi pēc izlidošanas no stobra ir smaguma spēks, kas nosaka lodes trajektorijas nolietu un gaisa pretestības spēks, kas samazina lodes sākotnējo ātrumu, kā arī sānu vēja spēks, kas nosaka lodes novirzi uz sāniem. Citu spēku ietekme, kas centrālās efektu saistīti ar Zemes griešanos ap savu asi un lodes aerodinamiku gaisa plūsmas, piemēram, Magnusa spēks, kas saistīts ar paaugstinātu gaisa spiedienu zem lidojošas un ap savu asi rotējošu lodes, ietekme uz trajektoriju kļūst nozīmīga tikai ievērojamos attālumos. Praksē šādus spēkus ņem vērā tikai šaujot uz lielos attālumos (virs 500 m). Šaujot šādās distancēs parasti izmanto optiskās tēmēšanas ierīces.

Lai izveidotu modeli, kurš parādītu trāpījuma novirzi atkarībā no ieroča sānu nolieces nepieciešamas veikt dažus pieņēmumus, kuri ir balstīti uz literatūrā [60, 61] minētajiem piemēriem. Analizējot pistoļu un revolveru tehniskos datus var secināt, ka šos ieročus pielieto tuvās distancēs kas nepārsniedz 50m. Lielākā efektivitāte šiem ieročiem ir attālumā no 10-20 m veiktajiem mērījumu rezultātiem. Attālumu līdz 30 m ir pieņemts dēvēt par tiešā šāviena attālumu.



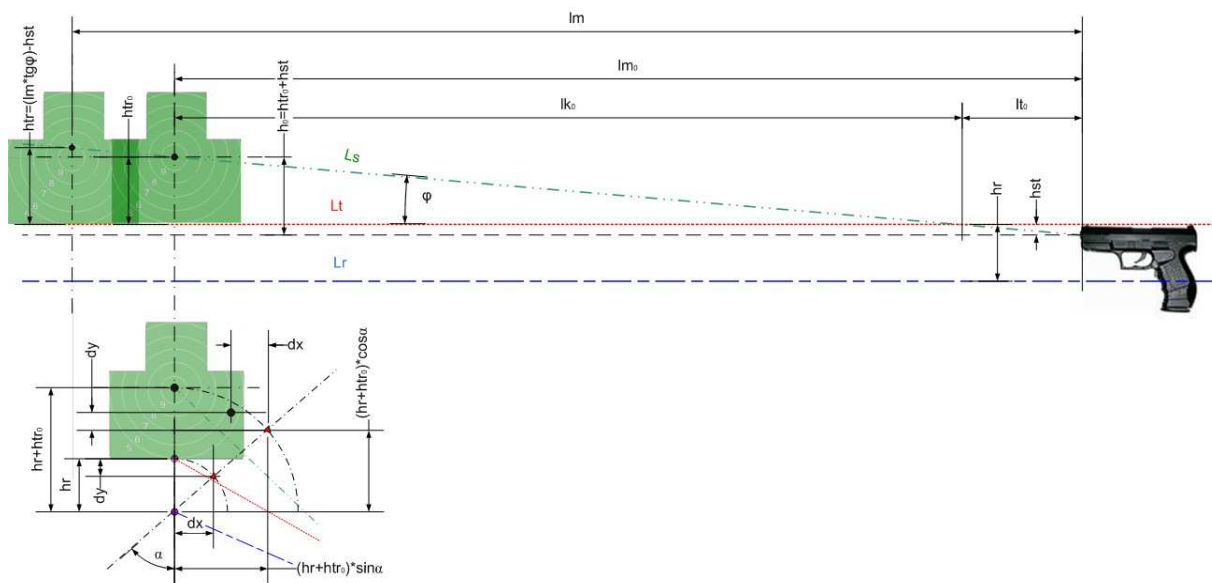
2.13.att. Pistoles lodes trajektorijas novirze no taisnes.

Šajā attālumā lodes patiesā trajektorija novirzās no taisnes ne vairāk par ± 5 mm, kas nepārsniedz mazkalibra lodes diametru un ir ievērojami mazāk par dabisko izkliedi rūpnieciskajai vispārēja pielietojuma munīcijai, kas 25m distancē var būt pat 28mm [62] kā parādīts attēlā 2.14.



Att.2.14. Pistoles 5,6mm patronu dabiskā izkliede 25 m attālumā veicot 3 sērijas pa 20 šāvieniem.

Attēlā 2.15 ir parādīts trāpījuma veidošanās modelis ieroci noliecot uz sāniem. Ņemot vērā ieroča konstruktīvo izpildījumu veidojas leņķis φ starp tēmēšanas līniju Lt un stobra ass līniju Ls , bet ieroča noliece uz sāniem notiek perpendikulāri asij Lr kura atrodas attālumā hr no tēmēšanas līnijas Lt , kas savā starpā savieno tēmēkļa izgriezuma augšējās malas centru grauda augšējo malu un tēmēšanas punktu uz mērķa [63]. Attālums starp stobra centru un grauda augšējo malu ir hst .



2.15.att. Pistoles trāpījuma korekcijas noteikšana atkarībā no sānu nolieces leņķa α .

Attālums l_{m0} 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 h_{m0} (parasti šis attālums ir 10 cm). Noliecot ieroci uz sāniem par leņķi α perpendikulāri asij L_r 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.



2.16.att. Pistoles sānu nolieces leņķis un ieroča rotācijas ass.

Attēlā 2.16 parādīts kā noteikt attālumu starp ieroča stobra centru un grauda augšējo malu h_{st} 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 [64] iegūstam, ka trāpījuma punktu novirzes pa asīm dx un dy atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa α ir :

$$dx = hr \times \sin \alpha \quad (2.12)$$

$$dy = hr - htr \times \cos \alpha \quad (2.13)$$

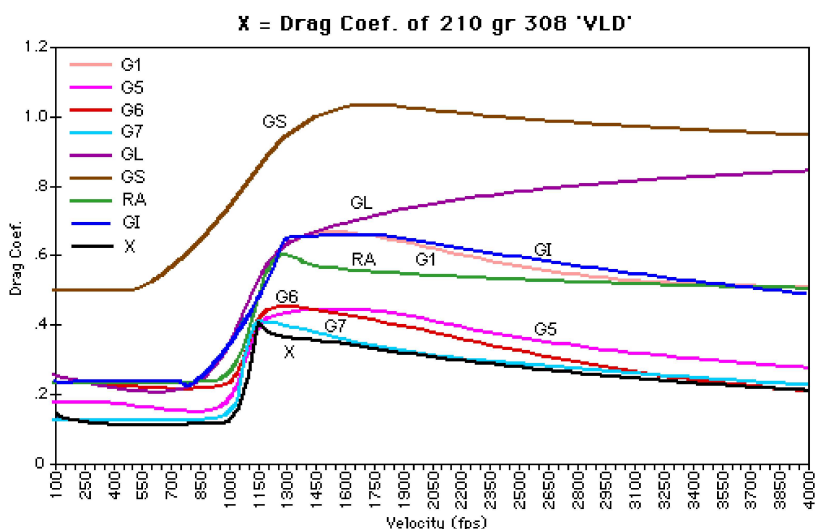
Šaušanas simulatoros parasti izmanto lāzera izstarotājus, kur trāpījums tiek noteikts atbilstoši lāzera stara pēdai uz mērķa pa horizontālo un vertikālo x_0 un y_1 asi. Zinot šīs koordinātes mēs varam noteikt patiesās trāpījuma koordinātes x_1 un y_1 atbilstoši nolieces leņķim α .

$$x_1 = x_0 + ((hr + htr) \times \sin \alpha - dx) \quad (2.14)$$

$$y_1 = y_0 + ((htr - htr_0) - dy) \quad (2.15)$$

Lodes lidojuma trajektorijas aprakstīšanai izmanto dažādus ballistiskos modeļus kas atšķiras, ar to kāda veida munīcijai (lodes formai) tie atbilst.

Pats izplatītākais ballistiskais modelis ir G1 vai Ingalla modelis. Šo matemātisko modeli izmanto arī šaušanas sportā. Modeļi G2 izmanto aberdīna lādiņu trajektorijas noteikšanai. Modeļi G5 izmanto īsajām 7.5 un 6.19 kalibra lodē m ar trapecveida aizmuguri un spicu galu. Savukārt modeļi G6 izmanto 6 kalibra lodēm ar cilindrisku aizmuguri un spicu galu. Pazeminātas pretestības ložu ražotāji dod priekšroku modelim G7. Ložu trajektorijas, kuras aprēķinātas izmantojot dažādās metodikas atšķiras. Atšķirība starp pretestības koeficientiem, kuri aprēķināti izmantojot šos modeļus parādīta attēlā 2.17. atbilstoši Džima Rostova aprēķiniem [63].



2.17.att. Pretestības koeficienta atšķirības atkarībā no izvēlētā aprēķinu modeļa.

2.1. tabula

Mazkalibra pistoles lodes lidojuma trajektorijas un taisnes starpības aprēķina rezultāti.

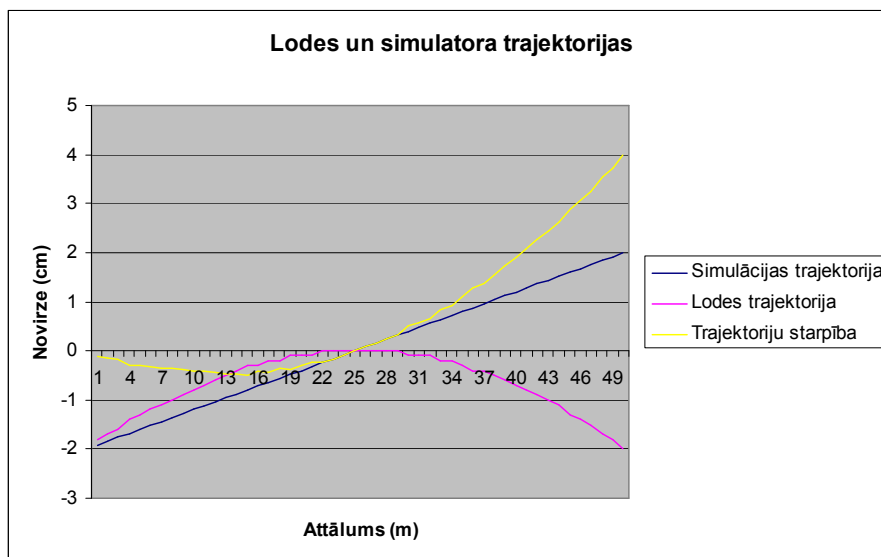
Attālums (m)	Lodes ātrums (m/s)	Vertikālā novirze (cm)	Sānu novirze (cm)	Simulācijas trajektorijas koordinātes	Lodes trajektorijas koordinātes	Starpība starp trajektorijām (cm)
1	417,6	1,8	0	-1,92	-1,8	-0,12
2	416,5	1,7	0	-1,84	-1,7	-0,14
3	415,3	1,6	0	-1,76	-1,6	-0,16
4	414,1	1,4	0	-1,68	-1,4	-0,28
5	412,9	1,3	0	-1,6	-1,3	-0,3
6	411,8	1,2	0	-1,52	-1,2	-0,32
7	410,6	1,1	0	-1,44	-1,1	-0,34
8	409,4	1	0	-1,36	-1	-0,36
9	408,3	0,9	0	-1,28	-0,9	-0,38
10	407,1	0,8	0	-1,2	-0,8	-0,4
11	406	0,7	0	-1,12	-0,7	-0,42
12	404,9	0,6	0	-1,04	-0,6	-0,44
13	403,7	0,5	0	-0,96	-0,5	-0,46
14	402,6	0,4	0	-0,88	-0,4	-0,48
15	401,5	0,3	0	-0,8	-0,3	-0,5
16	400,3	0,3	0	-0,72	-0,3	-0,42
17	399,2	0,2	0	-0,64	-0,2	-0,44
18	398,1	0,2	0	-0,56	-0,2	-0,36
19	397	0,1	0	-0,48	-0,1	-0,38
20	395,9	0,1	0	-0,4	-0,1	-0,3
21	394,8	0,1	0	-0,32	-0,1	-0,22
22	393,7	0	0	-0,24	0	-0,24
23	392,6	0	0	-0,16	0	-0,16
24	391,5	0	0	-0,08	0	-0,08
25	390,4	0	0	0	0	0
26	389,4	0	0	0,08	0	0,08
27	388,3	0	0	0,16	0	0,16
28	387,2	0	0	0,24	0	0,24
29	386,1	0	0	0,32	0	0,32
30	385,1	0,1	0	0,4	-0,1	0,5
31	384	0,1	0	0,48	-0,1	0,58
32	382,9	0,1	0	0,56	-0,1	0,66
33	381,9	0,2	0	0,64	-0,2	0,84
34	380,9	0,2	0	0,72	-0,2	0,92
35	379,9	0,3	0	0,8	-0,3	1,1
36	378,9	0,4	0	0,88	-0,4	1,28
37	377,9	0,4	0	0,96	-0,4	1,36
38	376,9	0,5	0	1,04	-0,5	1,54
39	375,9	0,6	0	1,12	-0,6	1,72
40	374,9	0,7	0	1,2	-0,7	1,9
41	373,9	0,8	0	1,28	-0,8	2,08
42	372,9	0,9	0	1,36	-0,9	2,26
43	372	1	0	1,44	-1	2,44
44	371	1,1	0	1,52	-1,1	2,62
45	370,1	1,3	0	1,6	-1,3	2,9
46	369,1	1,4	0	1,68	-1,4	3,08
47	368,2	1,5	0	1,76	-1,5	3,26
48	367,3	1,7	0	1,84	-1,7	3,54
49	366,4	1,8	0	1,92	-1,8	3,72
50	365,4	2	0	2	-2	4

Lai nodrošinātu rezultātu atbilstību lodes trajektorijai reālos apstākļos izmantojot datus no ballistiskā kalkulatora 2.38 (<http://www.ada.ru/guns/ballistic/calc/PC/>), kas paredzēts sporta un medību ieročiem un izmanto ballistisko modeli G-1. Tika veikti aprēķini mazkalibra pistoles MCM lodes trajektorijas noteikšanai. Aprēķiniem tika izmantota patrona - Laser LAS22LR, kas ražota kompānijā Winchester, ar kalibru -.22LR (5,6 mm).

Aprēķinos izmantoti sekojoši parametri:

- Lodes svars: 2.6 g
- Lodes sākuma ātrums : 419 m/s
- Temperatūra pie kuras tika mērīts lodes ātrums: 15 °C
- Atmosfēras spiediens: 746 mmHg
- Augstums virs jūras līmeņa: 50 m
- Lodes ballistiskais koeficients: 0.139
- Attālums kurā piešauts ierocis: 25 m
- Tēmekļa augstums virs stobra ass : 2 cm
- Sānu vējš : 0,0 m/s

Grafiski iegūtie rezultāti tika attēloti diagrammā (skat. 2.18.att.), kurā redzams, ka lodes trajektorija visvairāk attālumā, kurš lielāks par 30m strauji noliecas uz leju uz lodi darbojošos spēku ietekmē.



2.18.att. Grafiskais trajektorijas aprēķinu rezultāts.

Lai kompensētu novirzes, kuras saistītas ar lodes trajektorijas augstumu virs taisnes, kura reprezentē lodes lidojumu modelī nepieciešams formulu (2.15) papildināt ar novirzi pa vertikālo asi kas iegūta no ballistiskā kalkulatora Δy

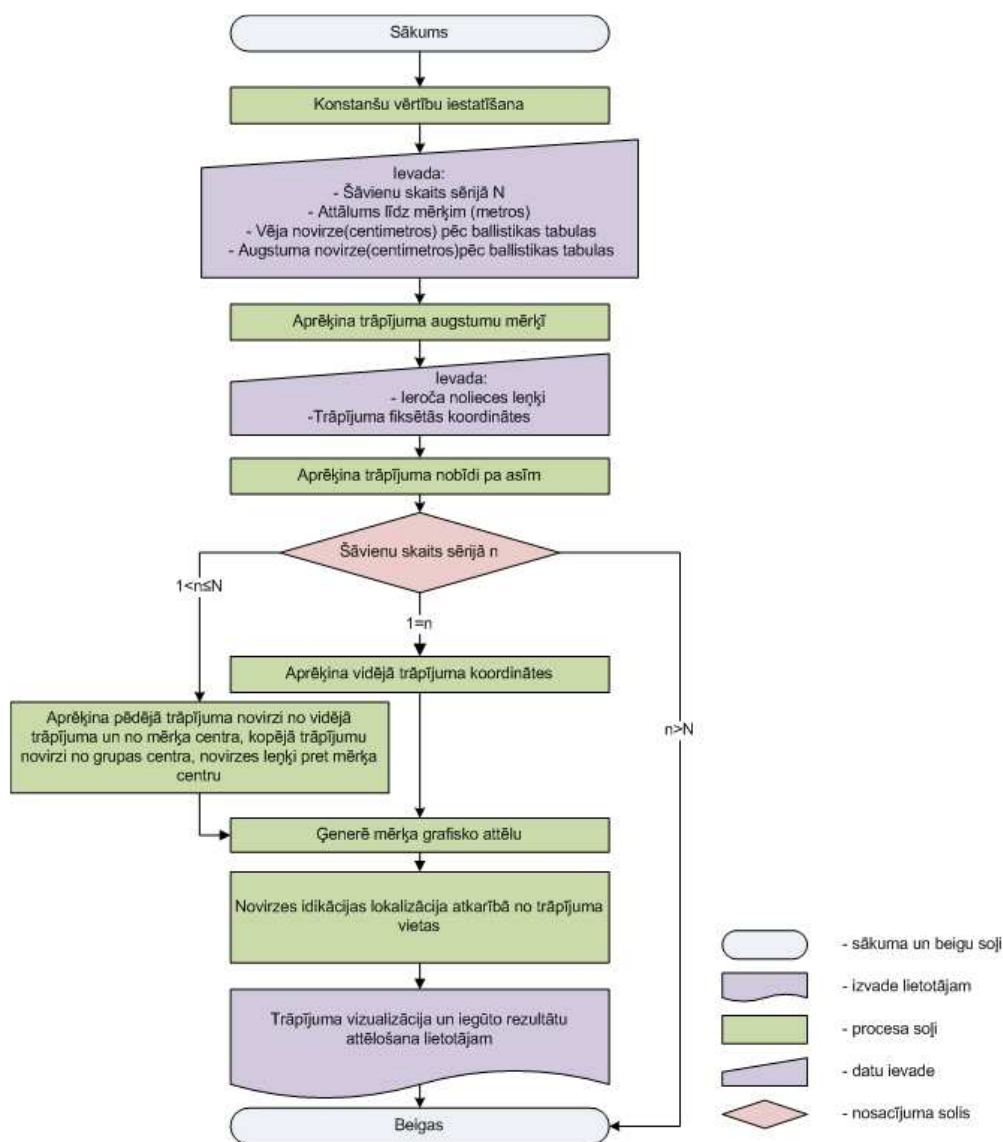
$$y_1 = y_0 + ((htr - htr_0) - dy) + \Delta y \quad (2.16)$$

Lai kompensētu novirzi pa horizontālo asi, kas saistīta ar sānu vēja ietekmi uz lodi formulu (14) papildināt ar novirzi pa horizontālo asi kas iegūta no ballistikā kalkulatora Δx

$$x_1 = x_0 + ((hr + htr) \times \sin \alpha - dx) + \Delta x \quad (2.217)$$

Ir izveidots modelis trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa MatLab vidē ar komentāriem, kas redzama pielikumā Nr.1

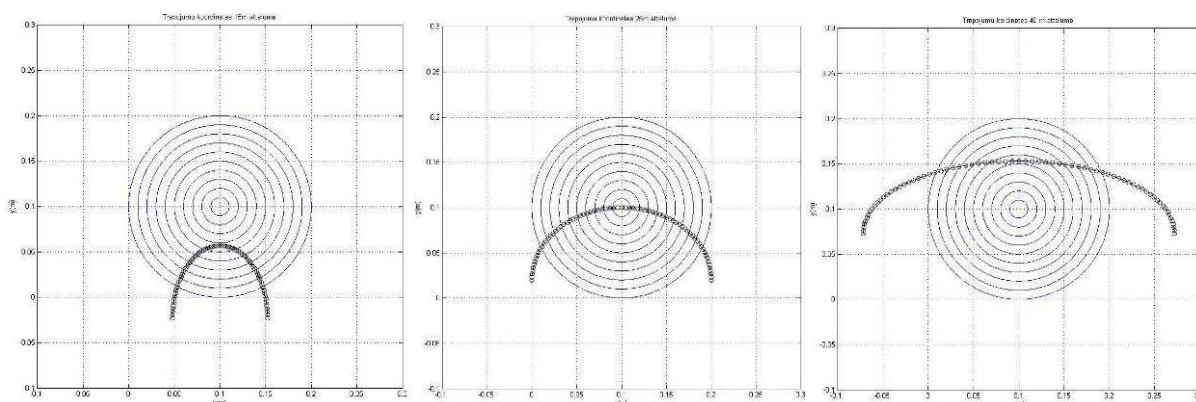
Programmas trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa (pieņemot, ka lode lido pa taisni) redzama attēlā 2.19.



2.19.att. Programmas trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa diagramma.

Izmantojot modeli trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa (1.pielikums) iegūtie rezultāti grafiski parādīti attēlā 2.20.

Lietojot no ballistikās tabulas iegūtos augstuma korekcijas attālumus ir iespējams modelēt trāpījumus jebkurā attālumā.



2.20.att. Aprēķinātie trāpījuma rezultāti 15, 25 un 40m attālumā ieroča sānu noliecei no +90 līdz -90 grādiem.

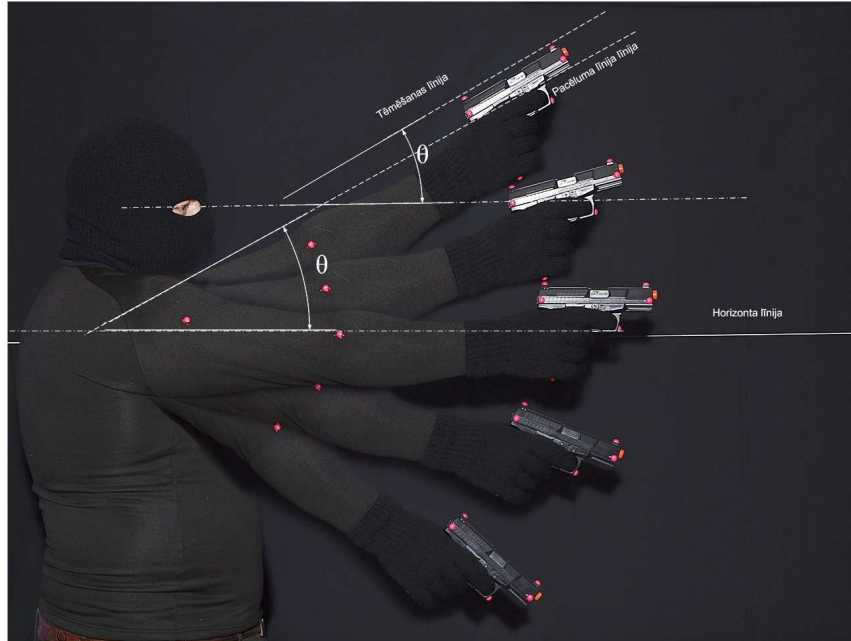
Attēlā 2.20 redzami rezultāti ir aprēķināti MCM mazkalibra pistolei, izmantojot Laser LAS22LR munīciju. Veicot aprēķinus nav vērtēta sānu vēja ietekme, bet lietotas tikai augstuma novirzes, attiecīgi 15m attālumam 0.5cm, 25m attālumā 0 un 40m attālumam 1.9cm.

Visos gadījumos novirzes tiek rēķinātas gadījumam kad tiek tēmēts mērķa centrā neatkarīgi no sānu nolieces trāpījumi rēķināti ar soli 2,5 grādi.

Pilnveidojot modeli noteikti ir jāizskata iespēja, ka ierocis tiek pacelts (nolaists) attiecībā pret horizontu mainoties ieroča pacēluma leņķim mainās lodes lidojuma ballistika jo smaguma spēks uz lodi iedarbojas citā leņķī. Šādas situācijas kad nepieciešams šaut paceļot ieroci pret horizontu stāvā leņķī var rasties pirmkārt jau militārpersonām, un tiesībsargājošo iestāžu darbiniekiem, darbojoties kalnu vai biezi apdzīvotas vietas apstākļos, otrkārt šādi treniņi būtu nepieciešami medniekiem un visbeidzot tas varētu būt interesanti arī izklaides biznesā. Šādus treniņus veikt reālā apvidū ar kaujas ieročiem ir ļoti sarežģīti jo drošības prasības ir ļoti augstas, toties šādas nodarbības organizēt izmantojot simulatorus ir pilnīgi droši un ekonomiski.

Attēlā 2.21 ir parādīts kā veidojas pacēluma leņķis θ pret horizontu, kura vērtība var būt gan pozitīva, gan negatīva, atkarībā no tā ierocis ir vērsts augšup vai lejup.

Lai pilnveidotu iepriekšējo modeli pieņemam, ka sānu nolieces leņķis φ un pacēluma leņķis θ tiek noteikts ar sensora palīdzību, proti, šie lielumi ir zināmi. Tāpat pieņemam, ka attālums līdz mērķim pa horizontāli l_{mt} ir zināms (skat. 2.21.att.). Šāds pieņēmums balstās apstākļi, ka cilvēks bez palīgierīcēm precīzāk nosaka attālumu līdz priekšmetiem tieši horizontālā plaknē.



2.21.att. ieroča pacēluma leņķa noteikšana.

Nosakot precīzu attālumu līdz mērķim lm izmantojam trigonometrisku sakarību:

$$lm = lmt \times \cos \theta \quad (2.18)$$

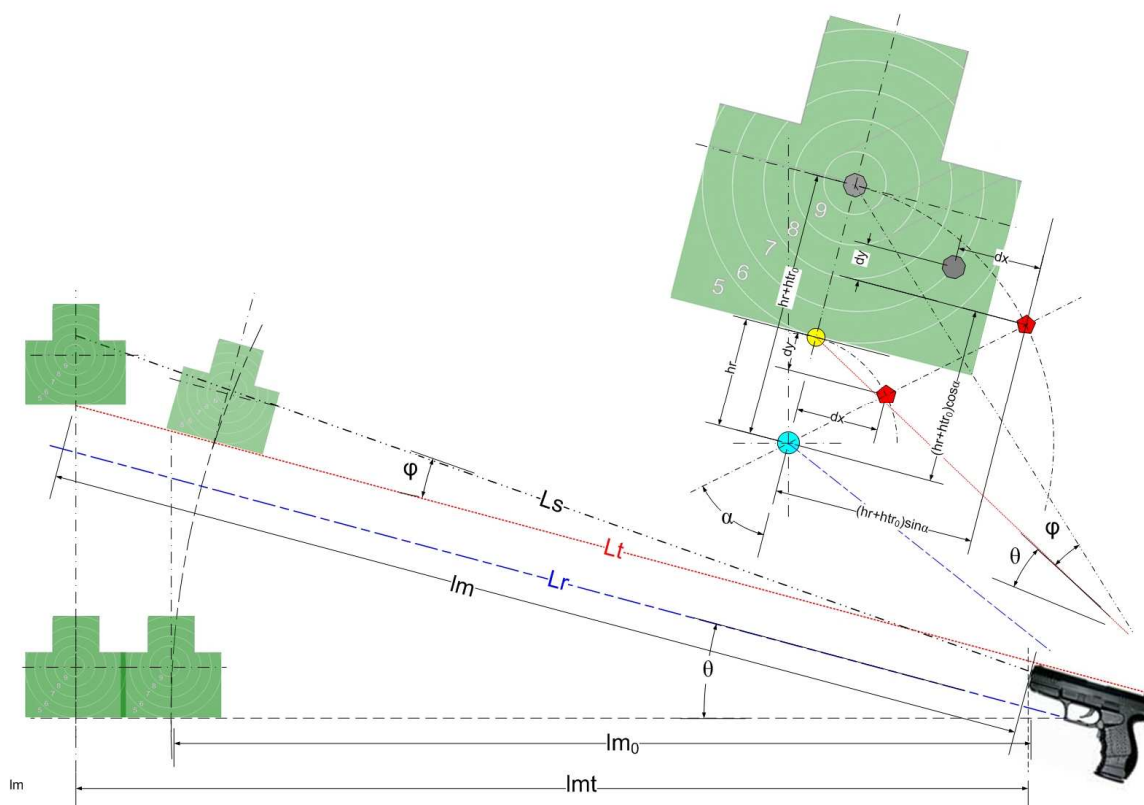
Zinot patieso attālumu līdz mērķim varam noteikt arī trāpījuma punkta augstumu $htrt$ mērķī, kas perpendikulārs tērmešanas līnijai Lt .

$$htrt = lm \times \sin \varphi \quad (2.19)$$

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.

$$htr = \frac{htrt}{\cos \theta} + (tg(\theta + \varphi) \times (htrt \times \sin \theta \times \cos \alpha)) \quad (2.20)$$

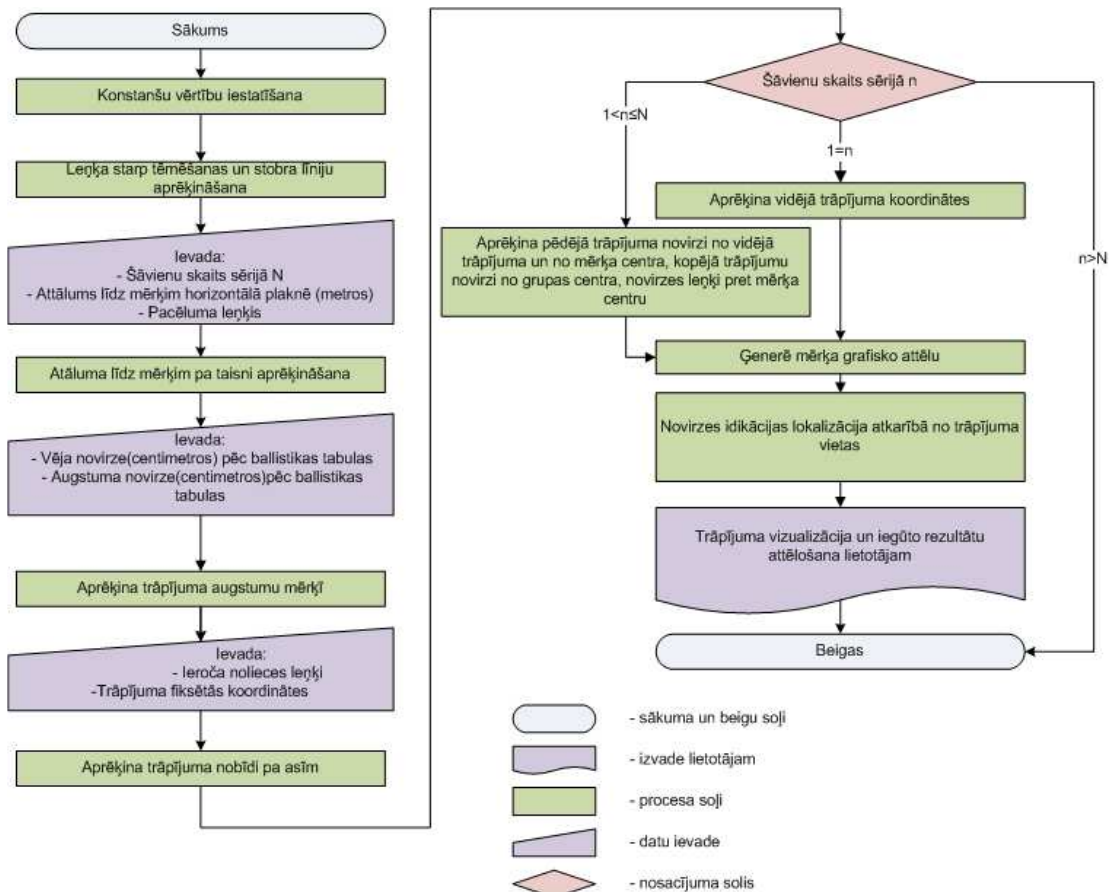
Šeit jāņem vērā, ka leņķis θ var būt arī ar negatīvu vērtību šajā gadījumā vajadzētu izmantot leņķa absolūto vērtību. Ņemot vērā jaunās formulas un izmaiņas aprēķinos ir iespējams sagatavot tāda modeļa programmatūru, kurā ir ievērtēts arī pacēluma leņķis.



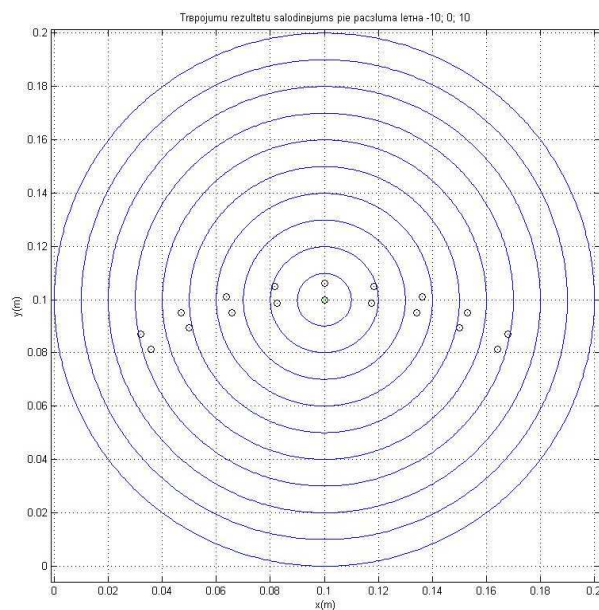
2.22.att. Pistoles trāpījuma korekcijas noteikšana atkarībā no pacēluma leņķa θ sānu nolieces leņķa α .

MatLab vidē izstrādātā programma trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča pacēluma un sānu nolieces leņķa ar komentāriem kura pievienota pielikumā Nr.2 un kuras diagramma parādīta attēlā 2.23.

Izmantojot izveidoto programmu veikti aprēķini trāpījuma punktu noteikšanai pie ieroča sānu nolieces leņķiem α : -40, -30, -20, -10, 0, 10, 20, 30, 40 grādi, un pacēluma leņķa θ : -10, 0, 10 grādi. Attālums līdz mērķim 25m kas vienāds ar piešaudes attālumu Iegūto aprēķinu grafiskais rezultāts parādīts attēlā 2.24.



2.23.att. Programmas trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča pacēluma un sānu nolieces leņķa diagramma



2.24.att. Trāpījuma rezultātu salīdzinājums pie pacēluma leņķiem -10, 0 un 10 grādi.

Iegūtie rezultāti pārlicinoši apstiprina literatūrā [66] minēto faktu, ka pacēluma leņķi, kuru absolūtās vērtības ir vienādas, bet zīmes pretējas, korekcija ir vienā. Tas nozīmē, ka neraugoties 10 un -10 grādu leņķī pacelta ieroča korekcija uz leju no centra ir vienāda. Tāpat no iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka pie nelielām pacēluma leņķa izmaiņām rezultātu starpība ir minimāla, tā piemērām, ± 10 grādu robežās novirze nepārsniedz 6mm. Diemžēl šo modeli ir iespējams pārbaudīt tikai teorētiski, jo Latvijā nav šautuves, kurā varētu veikt atbilstošus vingrinājumus.

2.5. Secinājumi par 2. nodaļu.

1. Šāvēja snieguma novērtēšanai nepietiek tikai ar trāpījuma punktu fiksēšanu. Ir jākonstatē kopējās tendences šāvēja sniegunā un šim nolūkam tiek izmantota vidējā trāpījuma punkta noteikšanas metode Minētā metode ir labi piemērota militārām apmācībām, kur galvenais novērtējuma raksturlielums ir šāvieni blīvums.

2. Datorizēti apkopojot rezultātus rodas iespēja izmantot papildus raksturojošus lielumus, proti, katra šāviena novirzi no mērķa centra un kopējo trāpījumu novirzi no mērķa centra.

3. Ar aprēķinos iegūtajiem rezultātiem var objektīvāk raksturot šaušanas rezultātu un novērtēt šāvēja sniegumu, tomēr arī tie nesniegs pilnu informāciju par kļūmju rašanās cēloņiem.

4. Galvenie iemesli, kuri ietekmē šaušanas rezultātu ir saistīti ar cilvēka faktoru, proti, galvenie šaušanas kļūmju cēloņi ir nepareiza elpošana, nepareiza sprūda mēlītes nospiešana un kļūdas tēmēšanā. Informāciju par šīm kļūmēm var nodrošināt izmantojot šaušanas rezultātu analīzi un sensoru rādījumus.

5. Leņķa devēji, kas uzrāda ieroča stāvokļa novirzi no gravitācijas ass sānu virzienā un pa vertikālo asi var liecināt par nepareizu tēmēšanu.

6. Ieroča sānu noliece un stobra pacēlums tieši ietekmē lodes ballistiku tādejādi nosakot nepieciešamo trāpījuma korekciju šaušanas simulatorā.

7. Ir izvestas formulas trāpījuma punkta korekcijas noteikšanai atkarībā no ieroča nolieces leņķa.

3. ŠAUŠANAS SIMULATORA IEROČU APRĪKOJUMS ŠĀVĒJA SNIEGUMA MONITORINGAM

Mūsdienīgas sarežģītās simulācijas iekārtas parasti darbojas ar augstu ticamības pakāpi reālā (kvazireālā) laika mērogā un izmanto precīzas modelēšanas programmas [5], kuras realizē modelējošais dators (parasti DCS (*distributed control system*) vai SCADA (*supervisory control and data acquisition*) sistēmā).

Modelēšanas dators, izmantojot ievada/izvada sistēmu, ir saistīts ar lietotāja interfeisu. **Lietotāja interfeiss** var būt izveidots [9] kā vadības un kontroles paneli, vai kā video terminālis vai arī kā dalīta videotermināļu vadības sistēma. Parasti lietotāja interfeisa fiziskās īpašības precīzi vai iespējami tuvu atspoguļo modelējamo procesu. Modelēšanas dators atkarībā no simulācijas procesa sarežģītības var būt kā personālais dators, tā ultramoderna daudzprocesoru skaitļošanas iekārta.

Imitējošais modelis ir datora programma, kas tiek izmantota modelēšanas datorā, lai maksimāli precīzi atspoguļotu imitējamā procesa īpašības, tā komponentu darbību un savstarpējo ietekmi. Vēlams, lai šie modeļi darbotos maksimāli ātri un precīzi reālā laika mērogā.

Lietotāja interfeiss dod iespēju apmācāmajam risināt simulētā procesa uzdevumus manipulējot (vadot) apgūstamo iekārtu ar analogiskiem vadības orgāniem un tādā veidā, kā tas ir reālajai iekārtai.

Instruktoru stacija ir simulācijas vadītāja darba instruments ar kura palīdzību tiek vadīts simulācijas process – tiek izvēlēts vingrinājums un uzdoti vai izmainīti simulācijas parametri.

Papildus aprīkojums ir paredzēts simulācijas realitātes sajūtas radīšanai un simulācijas rezultātu fiksēšanai. Tajā ietilps dažādas ierīces, kas modelē apkārtējo vidi un apstākļus, kā arī dažādas datu uzkrāšanas un atainošanas ierīces, piemēram, printeris, signalizācijas iekārtas, skandas utt.

3.1. Vispārējs simulācijas iekārtu ar integrētiem sensoriem apraksts

Balstoties uz iepriekš secināto par šaušanas simulatora darbības uzlabošanu ar jaunu sensoru ieviešanu, tiek likta priekšā jauna sistēmas struktūrshēma (skat. 3.1.att.). Atbilstoši iepriekš formulētajām prasībām var izveidot vispārinātu šaušanas simulatora uzbūves shēmu (skat. 3.1. att.).

Shēmā ir iekļauti visi galvenie šaušanas simulatora bloki. Šaušanas simulatora **lietotāja interfeiss** ir ierocis vai tā mulāža, pie kam ierocim vai tā mulāžai ir jāspēj pilnībā imitēt ieroča darbība reālas šaušanas laikā, ieskaitot atsitienu un darbības munīcijas papildināšanai (aptveres maiņa). Simulācijas laikā lietotāja interfeiss (ierocis) iedarbojas u uz mērķi. Ekrāns ar mērķi ir elements, kas saista lietotāja interfeisu ar imitējošo modeli. Iedarbība uz mērķi notiek, izmantojot gaismas (lāzera) staru. Ir iespējams izmantot arī mehāniskas iedarbības metodes (atsevišķos speciālos simulatoros aktīvais ekrāns pat dod iespēju mērķi „pagrūst” ar roku [67]), bet atsevišķos simulatoros, īpaši netiešās uguns ieročiem, t.i., ieročiem, kuru tēmēklī nav nepieciešams redzēt mērķi, piemēram, mīnmetējiem, trāpījuma noteikšanai izmanto stobra telpiskās orientācijas noteikšanu attiecībā pret virtuālo mērķi un šajā gadījumā nav tiešas saites starp ieroci un mērķi. Iespējams ir arī lietotāja interfeisu un mērķi saistīt mehāniski, kā tas bija pirmajos spēļu automātos, tomēr šādu metodi šaušanas simulatoriem vairs neizmanto galvenokārt tādēļ, ka simulācijas realitātes līmenis ir ļoti zems.

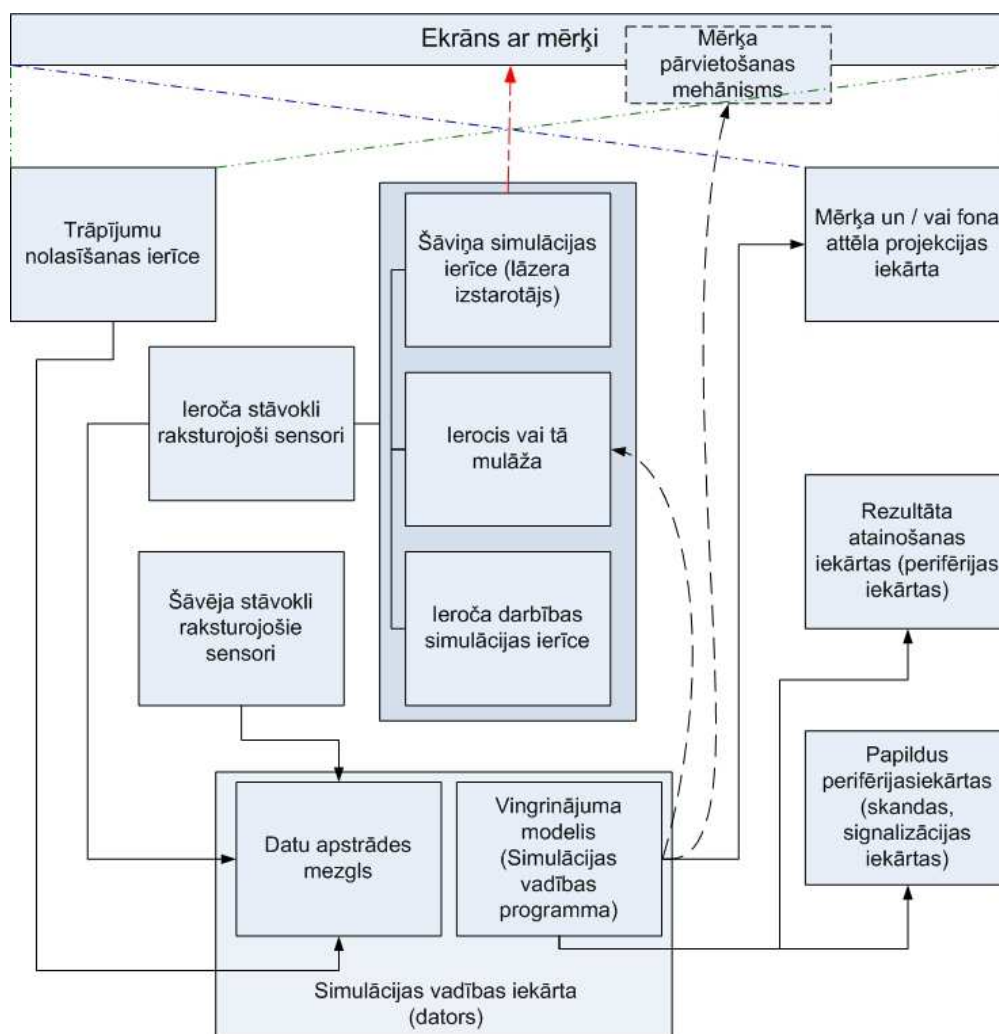
Izmantojot lāzera izstarotājus, ekrānam ir jābūt ar noteiktām gaismas caurlaidības vai atstarošanas īpašībām, lai trāpījuma nolasīšanas ierīce, kas dotajā gadījumā ir gaismas uztvērējs (videokamera vai fotoelements), varētu fiksēt virtuālā trāpījuma vietu. Mūsdienās praktiski vairs netiek lietoti ekrāni, kuri sastāv no daudziem fotoelementiem, piemēram, fotodiodēm, jo šādu ekrānu izgatavošana ir ļoti darbietilpīga un dārga. Izdevīgāk ir izmantot videokameru, kuras gaismu uztverošā matrica fiksē „izšautā” gaismas stara atrašanās vietu fiksētā attēlā, pēc kura savukārt var noteikt trāpījuma vietu.

Vienkāršākajā gadījumā trāpījumu nolasīšanas ierīce var būt konstruktīvi saistīta ar mērķa pārvietošanas mehānismu, kas imitē mērķa kustību un trāpījuma gadījumā var mērķi nolaist, tādejādi imitējot mērķa reakciju uz trāpījumu. Tomēr mērķa mehāniskās pārvietošanas metodei ir vairāki trūkumi: grūti ir ievērtēt ieroča ballistiku un realizēt mērķa pārvietošanos pa sarežģītām trajektorijām, kādēļ šādas simulācijas realitāte ir zema. Līdzīgs princips gan tiek izmantots taktiskajos lauka šaušanas simulatoros, bet tajos kā „mērķis” ir pats karavīrs vai kaujas tehnika, kurai piestiprina speciālus atstarotājus vai fotoelementus un to kustība tiek nodrošināta, izmantojot objekta iekšējos resursus reālā apvidū.

Lai šaušanas simulatori varētu veikt šāviņa ballistisko īpašību ietekmes ievērtēšanu, informācija no gaismas uztvērēja tiek nodota datu apstrādes mezglam šaušanas simulatora vadības iekārtā, kura veic trāpījuma punkta koordināšu noteikšanu uz mērķa, kā arī dod nepieciešamo ierosmi vingrinājuma vadības programmai, kura, atkarībā no sarežģītības, vai nu tikai fiksē datus par trāpījumu, vai arī veic mērķa izmaiņu formēšanu projekcijas ierīcei.

Nemot vērā to, ka lāzera stars virzas pa taisni trāpījuma korekcijas iespējams veikt tikai nosacīt. Ieviešot simulatora konstrukcijā ieroča stāvokļa sensorus ir iespējams precīzi noteikt ieroča stāvokli attiecībā gan pret mērķa horizontu, gan attiecībā pret gravitācijas asi. Šādi dati dod iespēju viennozīmīgi noteikt korekcijas vērtību, kas saistītas ar ieroča stāvokli.

Datu apstrādes mezgls parasti ir modelēšanas datora sastāvā (šaušanas simulatora vadības stacijā), lai gan nereti to veido kā atsevišķu mezglu, un tas tiek darīts, lai maksimāli atbrīvotu modelēšanas datoru no papildus informācijas apstrādes un tādejādi paaugstinātu tā ātrdarbību. Vingrinājuma modelis, kurš atrodas vadības stacijā, ir programma, kura nodrošina visu šaušanas simulatora mezglu saskaņotu darbību un nodrošina informācijas izvadīšanu par šaušanas simulācijas rezultātiem lietotājam saprotamā veidā.



3.1.att.. Šaušanas simulatora uzbūves vispārīgā shēma

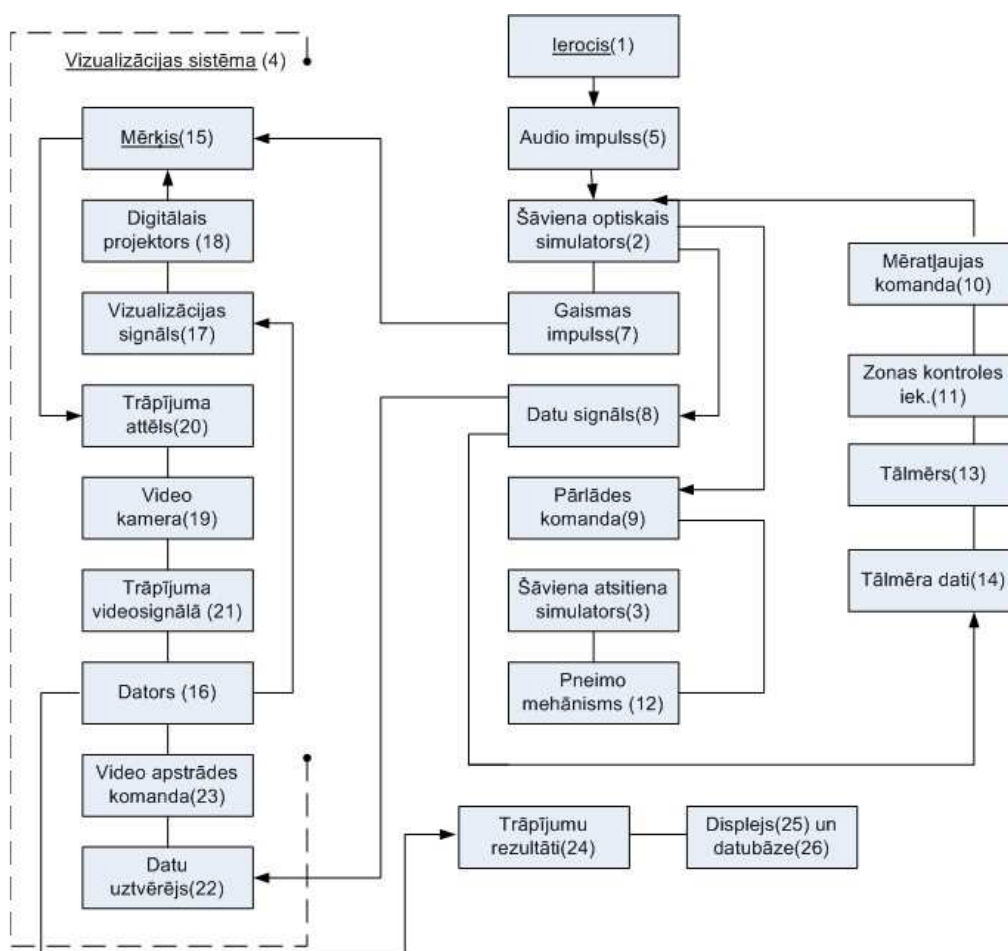
Strēlnieka šaušanas rezultāts var tikt atainots gan uz projicētā attēla, gan izmantojot perifērijas iekārtas (monitorus un indikatorus). Informāciju par trāpījumu var papildināt ar informāciju, kas tiek saņemta no papildus devējiem (šāvēja pulss, mēlītes nospiešanas spēks,

ieroča sagāzums utt.), kuri ir saistīti ar ieroci un tā lietotāju, tādējādi dodot papildus informāciju šāviena kvalitātes novērtēšanai. Šādi papildus devēji var arī nebūt tieši saistīti ar vingrinājuma vadības modeli un darboties pēc atsevišķas programmas, tomēr to darbība vienmēr tiek sinhronizēta ar lietotāja interfeisu, proti, ieroci.

Papildus perifērijas iekārtas, kuras tiek izmantotas šaušanas simulatoros ir daudzveidīgas un tās var iedalīt divās galvenajās grupās: datu uzkrāšanas un simulācijas realitātes nodrošināšanas iekārtas.

3.2. Šaušanas simulatora darbības funkcionālā shēma

Atbilstoši prasībām (skat. nod.3.1), kuras tiek izvirzītas šaušanas simulatoram un, izvērtējot tuvāko analogos izstrādājumus (CST-300D, kompānija FATS – ASV un SAIKU 8 - Latvija), projektējamo datorizēto šaušanas simulatoru apraksta sekojoša funkcionālā shēma (skat. 3.2.att.).



3.2. att. Šaušanas simulatora funkcionālā shēma

Šaušanas apmācībām izmantoto štata ieroci (1) papildus komplektē ar ierīcēm: šāviena optisko (2) un šāviena atsitiena un munīcijas maiņas (3) simulatoriem (pēdējais nav

reaktīvajiem granātmetējiem). 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 sitiena troksni – audio impulsu (5) – *šāviena komandu*). Šāviena optiskajā simulatorā (2) audio impulss (5) tiek pārveidots (ar audio signāla uztvērēju) par šāviena elektrisku komandu (6) (3.1. attēlā nav parādīts) – impulsu, kurš *iniciē*:

- optisko – *šāviena* (simulācijas) *gaismas impulsu* (7) (skat. 3.2. att.), 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 (trīcienšautenei, 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 šaujamo ieroča šāviena atsitiena un munīcijas maiņas simulāciju.

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.

Sistēmas (4) dators (16) izstrādā *vizualizācijas* (mērķu un fona) video *signālu* (17), kuru padod uz digitālo projektoru (18), kas *projicē* atbilstošu šaušanas simulatora *mērķi* (un fona) (15) 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).

3.3. Šaušanas simulatora vizualizācijas sistēmas lineārie un leņķiskie aprēķini

Vizualizācijas sistēmas projektors projicē atbilstošus šaušanas mērķu un fona attēlus uz ekrāna, kuru (pilnu tā lauku) „redz” šaušanas simulatora sistēmas video kamera un uztver trāpījuma attēlu šajā ekrāna laukā. Šaušanas simulatora sistēma tiek uzstādīta noteiktu izmēru telpā, un tiek veikta simulēta šaušana ar reāliem ieročiem – pistolēm/revolveriem iedomātā attālumā. Atbilstoši šīm prasībām, šaušanas simulatora iedomātais šaušanas attālums ir no 10 līdz 100 m (šo parametru nosaka ieroču tehniskie parametri un to pielietošanas īpatnības). Sekojoši, ir jāveic precīzi mērķu un ainavas fona objekts (vēlams) lineāro izmēru aprēķini atbilstoši iedomātam šaušanas attālumam, lai varētu veikt projektētās sistēmas galveno ierīču: projektora un video kameras izvēli, kuri spētu attēlot mērķus šaušanas simulācijai atbilstošiem iedomātiem attālumiem.

3.3.1. Šaušanas simulatora šautuves izvietojums

Šaušanas simulatora šautuve tiek izveidota sekojoši (skat. 3.3.att.) kur :

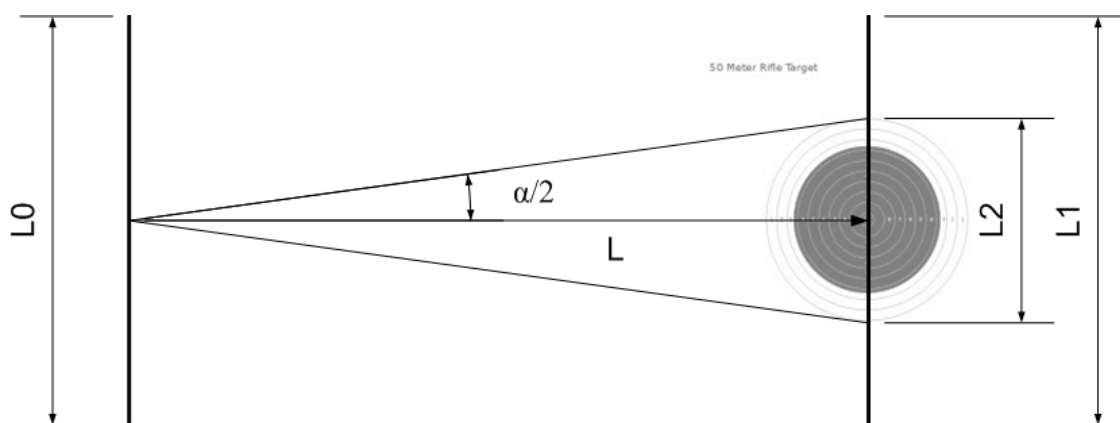
L_0 – strēlnieku grupas rindas aktīvais garums,

L – attālums no šaušanas vietas (uguns līnijas) līdz ekrānam,

L_1 - ekrāna garums (fiziskais),

α - redzamais pilna ekrāna leņķiskais redzes lauks strēlniekam, stāvošam uz ugunslīnijas viduspunkta,

L_2 - mērķa lauka redzamais lineārais izmērs iedomātā attālumā.



3.3.att. Šaušanas simulatora izvietojums

Šautuvi ir paredzēts izmantot strēlnieku grupas kolektīvai vienlaicīgai apmācībai, sekojoši, izvēloties minimālo viena cilvēka apmācības darbības telpas lauku var noteikt strēlnieku grupas rindas garumu L_0 (t.i., nepieciešamās telpas platumu). Minimālais viena strēlnieka apmācībai drošas darbības telpas lauks ir riņķis 1,5 m diametrā, – sekojoši, telpas platumam ir jāatbilst strēlnieku rindas garumam L_0 , piemēram, 4 strēlnieku vienības

vienlaicīgas šaušanas nodarbības veikšanai šautuves telpas platumam L_0 ir jābūt ne mazākam par 6 m.

Zemāk 3.1. tabulā ir attēloti, atbilstoši 3.3. attēla šautuves izvietojumam, strēlnieka redzes lineāro un leņķisko lauku aprēķinu [70] rezultāti, kur L_2 – *iedomātais* strēlnieka redzamā lauka (ekrāna) izmērs pie L_3 – *iedomātā* šaušanas attāluma.

Tabulā 3.1. ir aprēķināti *iedomātā* redzamā lineārā lauka L_2 izmēri strēlniekam, kurš atrodas uz šaušanas līnijas L_0 centrā L m attālumā pretī projekcijas ekrānam ar platumu $L_1 = 4$ m *iedomātā* attālumā L_3 līdz mērķim (ekrānam). Piemēram, pie attāluma (L) 10 m no šaušanas līnijas (L_0) līdz mērķim (šajā gadījumā pilns ekrāns), strēlnieks 25 m *iedomātā* attālumā (L_3) uz 4 m plata ekrāna (L_1) redzēs 10 m platu *iedomātu* šaujamlauku (pilnu ekrāna lauku).

3.1.tabula

Strēlnieka *iedomātais* redzamais lineārais lauks 4 m platā ekrānā *iedomātos* attālumos

L (m)	$L^{1/2}$ (m)	tg $\alpha/2$	$\alpha/2$ (grādi)	L2 (m)			
				L3=10m	L3=25m	L3=50m	L3=100m
5	2	0.4	21°48'	8	20	40	80
6		0.333	18°26'	6.7	16.7	33.3	66.6
7		0.286	15°57'	5.72	14.3	28.6	57.2
8		0.25	14°02'	5	12.5	25	50
10		0.2	11°19'	4	10	20	40

Augstāk minētās 4 strēlnieku vienības vienlaicīgas šaušanas nodarbības veikšanas gadījumā katram strēlniekam šaušanas simulatorā (ekrānā) ir jāpārredz (skat. 3.1. tabulu) atbilstoša daļa no aprēķinātā *iedomātā* mērķa lauka L_2 , kuru var atbilstoši aprēķināt, piemēram, katram strēlniekam pārredzamais šaušanas sektors (leņķiskās vienībās: $\alpha/4$ un lineārās vienībās: $L_2/4$) atkarībā no L_3 (*iedomātā* šaušanas attāluma) un L_1 (ekrāna platumā). Piemēram, pie ekrāna platumā $L_1 = 4$ m (skat. 3.1. tabulu), pie attāluma līdz ekrānam $L = 10$ m un *iedomātā* attālumā $L_3 = 25$ m līdz mērķim, katrs strēlnieks pārredz *iedomātos* $L_2 = 2.5$ m – atsevišķu standarta mērķi vai reālu objektu, piemēram, atsevišķas mājas daļu (piemēram, ieeju vai loga aili). No aprēķinu rezultātiem (skat. tabulu 3.1.) var redzēt, ka minimālais saprātīgais šaušanas līnijas attālums līdz ekrānam ir 5 m, kas ir pieņemams gadījumā, kad $L_0 = L_1$, t.i., ekrāns ir uguns līnijas garumā (6 m) un katrs strēlnieks šauj tieši sev pretī stāvošajā

mērķī, citādi ir precīzi jāfiksē katra ieroča stāvoklis šāviena brīdī un trāpījuma vieta uz ekrāna. Pēdējais nosacījums tiek izpildīts vienmēr, kamēr ieroča stāvokļa vieta ir zināma aptuveni, un pēdējais ienes paralakses kļūdu simulācijas šaušanā. Izmantojot saīsinātu ekrānu, piemēram, 4 m platu, praktiski katram strēlniekam ir cits attālums no viņa ieroča līdz viņa mērķim (uzskatot, ka tuvākais strēlniekam mērķis ir īstais), sekojoši, katra strēlnieka šaušanas vieta ir jāpiesaista ar konkrēto mērķi (ar attālumu līdz tam). Attālums no katra strēlnieka ieroča līdz viņa mērķim ir būtisks, aprēķinot trāpījuma algoritmu katram mērķim, un ievērojot:

- ieroču ballistiskos labojumus pēc ieroča šaušanas mērījumu tabulām, jo ballistiskie vienādojumi – ražotāju dati, parasti ieročiem nav pieejami,
- katra izvietotā uguns līnijā ieroča paralakses, ņemot vērā tā attālumu līdz mērķim,
- iedomātos klimatiskos labojumus.

Paralakses ienesto kļūdu samazināšanai ir lietderīgi maksimāli palielināt L – attālumu no šaušanas vietas (uguns līnijas) līdz ekrānam. Līdzīgi tiek ienesta paralakses kļūda pa mērķa augstumu pie ieroča un mērķa centra augstumu atšķirības, kura tāpat tiek ievērtēta.

3.3.2. Vizualizācijas sistēmas ierīču izšķiršanas spējas novērtējums

Strēlnieku individuālo ieroču šaušanas mērķu izveidi nosaka cilvēka acs (teorētiskās – vidējās) redzes īpašības [69], [70]:

- pirmkārt – tās izšķiršanas spēja d , kas ir $\sim I'$ (loka minūte) pie normāla apgaismojuma,
- otrkārt - apgaismojums šaušanas laikā un objekta krāsa (piem., krēslā – d var būt 10 reizes sliktāka),
- klimatiskie apstākļi (atmosfēras caurspīdība) šaušanas laikā.

Loka minūte atbilst mērķa lineāriem izmēriem [70]:

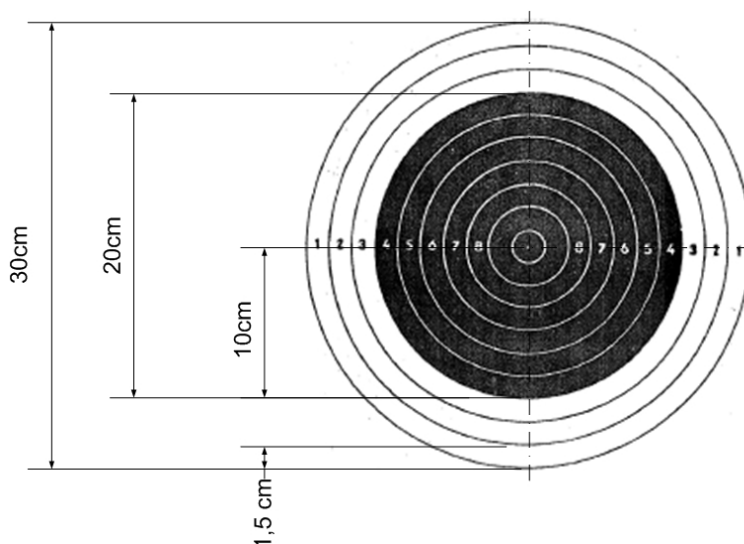
$$dL = 2.908882 \times 10^{-4} \times L \quad , \quad (3.1)$$

kur: dL - izšķirtspējas lineārie izmēri (cm);

piemēram, mērķim atrodies 100 m attālumā, $d_{100} = 2.9$ cm un $d_{350} = 10.2$ cm (350 m attālumā). Mazākus punktveida objektus atbilstošajos attālumos cilvēka acs (vidējā, pie normāla apgaismojuma) neizšķir.

Zemāk ir mērķa redzamības aprēķinu piemērs standarta sporta mērķim, skat. attēlu 3.4. Mērķa ārējā riņķa rādiuss: $R_a = 15$ cm, iekrāsotā ārējā riņķa rādiuss: $R_k = 15$ cm; attālums starp mērķa atsevišķiem riņķiem $r = 1.5$ cm.

Tabulā 3.2. ir attēloti mērķa (skat. 3.4.att.) aplū rādiusu R_i pret mērķa fizisko centru redzami leņķiskie izmēri $\alpha/2$, redzot mērķi iedomātā attālumā L_3 , kur $i = 1, 2, \dots, 10$ – trāpījuma svars N (vienībās) no 10 līdz 1.



3.4. att. Mērķis ar apliem (Sporta mērķis)

Kā var redzēt no aprēķiniem tabulā 3.2. mērķa centra aplis ir izšķirams spīgtā gaismā iedomātā 100 m attālumā. Mērķa tumšais aplis ($N=4$) ir izšķirams pie nomināli apgaismota ar video projektoru ekrāna iedomātā 100 m attālumā. Pie vāji izgaismota mērķa tas var būt izšķirams tikai iedomātā 50 m attālumā.

3.2.tabula

Mērķu aplū rādiusu R_i redzami leņķiskie izmēri $\alpha/2$ iedomātā attālumā L_3

N	R _i (cm)	$\alpha/2$			
		L ₃ =10 m	L ₃ =25 m	L ₃ =50 m	L ₃ =100 m
10	1.5	5'.15	2'.06	1'.03	0'.51
9	3	10'.3	4'.12	2'.06	1'.03
8	4.5	15'.45	6'.18	3'.09	1'.54
7	6	20'.6	8'.24	4'.12	2'.06
6	7.5	25'.8	10'.3	5'.15	2'.58
5	9	30'.9	12'.36	6'.18	3'.09
4	10.5	36'.1	14'.44	7'.22	3'.61
3	12	41'.2	16'.48	8'.24	4'.12
2	13.5	46'.4	18'.56	9'.28	4'.64
1	15	51'.6	20'.6	10'.3	5'.15

Tabulā 3.3. ir attēloti mērķa (atbilstoši 3.4. att. 3.2. un tabulai) redzamo apļu rādiusi $Ri(L3)$ attālumā $L = 10$ m no uguns līnijas iedomātā attālumā $L3$, kur $i = 1, 2, \dots, 10$ – trāpījuma svars N (vienībās) no 10 līdz 1.

3.3.tabula

Mērķu apļu redzami rādiusi $Ri(L3)$ attālumā $L=10$ m no uguns līnijas iedomātā attālumā $L3$

N	Ri (cm)	Ri(L3) (cm) pie L=10 m			
		L3=10m	L3=25m	L3=50m	L3=100m
10	1.5	1.5	0.6	0.3	0.15
9	3	3	1.2	0.6	0.3
8	4.5	4.5	1.8	0.9	0.45
7	6	6	2.4	1.2	0.6
6	7.5	7.5	3	1.5	0.75
5	9	9	3.6	1.8	0.9
4	10.5	10.5	4.2	2.1	1.05
3	12	12	4.8	2.4	1.2
2	13.5	13.5	5.4	2.7	1.35
1	15	15	6	3	1.5

Acs vidējā lineārā izšķiršana spēja d (atbilstoši formulai 5 - 1) attālumā $L = 10$ m ir $d_{10} = 0.29$ cm (~ 3 mm), sekojoši, kā var redzēt no aprēķiniem tabulā 3.3. mērķa centra aplis ir izšķirams spilgtā gaismā iedomātā 100 m attālumā. Mērķa tumšais aplis ($N=4$) ir izšķirams pie nomināli apgaismota ar video projektoru ekrāna iedomātā 100 m attālumā. Pie vāji izgaismota mērķa tas var būt izšķirams tikai iedomātā 50 m attālumā. Tabulas 3.3. dati tiek izmantoti adekvātas mērķa figūras veidošanai šaušanas simulatora projektoram.

Ideālā gadījumā, lai nodrošinātu adekvātas mērķa figūras (mūsu gadījumā - koncentrisku riņķu) attēlojumu, to veidojošo digitālā projektora projicēto punktu (pix - pikseļu) izmēriem ir jābūt pēc iespējas daudziem un mazākiem. No otras puses, pikseļu izmēriem ir jāatbilst lineārai acs vidējai izšķiršana spējai d šaušanas attālumā, piemēram, pie $L = 10$ m mērķa figūru veidojošo figūru pikseļa izmēriem ir jābūt ne lielākiem par 0.29 cm, citādi būs saskatāma traucējoša attēlu veidojošo punktu struktūra. Treškārt, nav nepieciešamības ievērojami samazināt pikseļa izmēru minētajā piemērā, jo šo kvalitatīvo mērķa attēla uzlabojumu acs nespēj saskatīt.

Papildu problēma ir mērķa figūras (mūsu gadījumā - koncentrisku riņķu) attēlošana uz ekrāna. Atbilstoši tabulas 3.3. datiem, ir jāveido šie attēli ar noteiktiem izmēriem, piemēram, centrālais mērķa aplis ($N=10$) ar diametru 0.3 cm, iedomātā attālumā $L3=100$ m, pie atsevišķa pikseļa izmēriem 0.29 cm, kas acīmredzami nav iespējams. Sekojoši, tieši adekvāta mērķa figūras attēla veidošana ir būtiska mērķa figūru veidojošo figūru pikseļa izmēru noteikšanai.

Būtiska ietekme uz šaušanas simulatora trāpījumu (koordinātu) precizitāti ir ieroča šāvienu imitējošā šaušanas lāzera izstarotāja staru kūļa forma, izmērs un šo parametru nemainība laikā. Ideālā gadījumā trāpījuma attēlam („šāviena” lāzera apgaismotam laukam) uz ekrāna ir jābūt simetriskam un jāizgaismo (video kameras reģistrācijas līmenī) vismaz 100 pikseļi, kas dod iespēju aprēķināt trāpījumu (attēla smaguma centru) līdz pikseļa daļām.

Sekojoši, tieši ar šādas kārtas precizitāti (pikseļu daļām) ir:

- jāmēra trāpījuma koordinātes,
- jālinearizē (šajā gadījumā – jāmēra un jāaprēķina ekrāna lineārā lauka kļūdu modelis) mērķa lauks (kā projektoram, tā video kamerai), ievēdot šos labojumus trāpījuma koordinātu aprēķinos.

3.3.3. Šaušanas simulatora komplektējošo ierīču parametru izvēle

Ievērojot augstāk minēto un praktiskos (aprīkojuma un telpu izmaksu) apsvērumus ir lietderīgi izvēlēties šaušanas simulatoram viena projektorā apgaismotu ekrānu ar projektorā veidotu attēla formātu 16 : 9 pie ekrāna garuma, piemēram, 4 m, kas formētu projicētos mērķu lauka attēlus ar atbilstošiem izmēriem: 4 m x 2,25 m, atbilstoša formāta: 16 : 9 video kameru un attālumu no uguns līnijas līdz ekrānam: 10 m, un atbilstošu šautuves telpu ar izmēriem 12 – 14 m x 6 m x 3 (G x P x A – garums, platums, augstums) vai 72 m².

Iepriekš minētie nosacījumi ierobežo vizualizācijas sistēmas ierīču un šautuves parametru izvēli ar:

- attālums no šaušanas vietas (uguns līnijas) līdz ekrānam: $L = 10$ m,
- viens ekrāns, tā garums: $L_1 = 4$ m,
- viens projektorā ar tā optisko izšķiršanas spēju: 1080 x 1920 pix (1 pix = 2.08 cm),
- video kameras optiskā izšķiršanas spēja: 1080 x 1920 pix,
- lāzera stara diametram uz ekrāna ir jābūt: ~ 20 mm.

3.4. Iekārtas darbības laika diagramma

Atbilstoši šaušanas simulatora iekārtas projekta elektriskai blokshēmai (skat. 3.2.att.), tiek novērtētas iekārtas atsevišķo mezglu darbības laika diagrammas ar mērķi noteikt atbilstošo elektrisko bloku un sistēmas ātrdarbību [71].

Iekārta darbojas sekojoši: ieroča (pistoles) inicializācijas troksni (belžeņa sitienu pa dzelksni) uztver ar mikrofoni (36) laika momentā T_0 kurš nav iepriekš prognozējams, jo atkarīgs no šāvēja darbības, un tā izejas elektriskā impulsa (*šāviena komandas*) priekšējo fronti formē ar uztvērēju-formētāju (37) par noteikta garuma impulsu, kas tiek pārraidīts uz

vadības moduli (39), kurš savukārt izstrādā noteikta garuma impulsu, kas tiek padots uz lāzerdiodi (38) (redzamās gaismas vai infrasarkanā – IS starojuma), no kuras tiek izstarots noteikta garuma lāzera gaismas impulss laika momentā:

$$T1 = T0 + \Delta T1 \quad , \quad (3.2),$$

$\Delta T1$ – šāviena komandas signāla aparatūras aizture no ieroča belzeņa sitiena momenta līdz lāzera diodes (38) izstrādātai gaismas impulsa priekšējai fronteī; novērtējot tradicionālos elektronisko mezglu risinājumus ir sagaidāms: dažas 10 μ s.

Katram ierocim šāviena komandas impulss iniciē telemetrisko datu pakešu (šāviena datu) noraidīšanu laika momentā no raidītāja (35) (raidīšanas sākuma moments):

$$T2 = T0 + \Delta T2 \quad , \quad (3.3),$$

$\Delta T2$ – telemetrisko datu radio (vai IS) raidītāja signāla aparatūras aizture no ieroča belzeņa sitiena mirkļa līdz 1.-ās telemetriskās datu paketes priekšējai fronteī; novērtējot tradicionālos elektronisko mezglu risinājumus – aiztures laiks sagaidāms: līdz 1 ms.

Video kamera (2) uztver (reģistrē) „trāpījuma” attēlu laika momentā – ne vēlāk kā:

$$T3 = T1 + \Delta T3 + \Delta T4 \quad , \quad (3.4),$$

kur - $\Delta T3$ – signāla aparatūras aizture no lāzera diodes izstarotā gaismas impulsa priekšējās frontes līdz lāzera diodes gaismas impulsa attēla parādīšanās momentam uz LSS matricas; sagaidāms: daži 10 ns,

$\Delta T4 = 2 \times Tfr$ (novērtēts), kur Tfr ir videokameras kadra ilgums (garums), jo „trāpījuma” attēls var parādīties mirklī, kad notiek vai tikko ir beigusies tekošā LSS matricas kadra ekspozīcija, piem., pie video kadru plūsmas: 30 kadru/ sek - Tfr ir ~33,33 ms un sekojoši $\Delta T4$ ir 66,66 ms.

Minimālais $\Delta T4$ var sasniegt $Tex + Tfr$, gadījumā, ja „trāpījuma” attēls ir parādījies tieši pirms kadra ekspozīcijas (Tex – ir kadra ekspozīcijas ilgums) un, piem., pie $Tex = 0,5$ ms, $\Delta T4$ ir 33,83 ms.

Datora (4) video datu satvērēja kartē (27) „trāpījuma” attēla video signāls ir parādījies laika momentā:

$$T4 = T3 + \Delta T5 + \Delta T6 + \Delta T7 + \Delta T8 \quad , \quad (3.5),$$

kur : $\Delta T5$ ir signāla aparatūras aizture video kamerā elektriskajās ķēdēs no LSS sensora (16) līdz uztvertā attēla datu izvada interfeisa (20) izejai; sagaidāms: dažas 10 μ s,

$\Delta T6$ - signāla aparatūras aizture datu kabeļos (23) un (24); sagaidāms: dažas μ s,

$\Delta T7$ - signāla aparatūras aizture video datu atkārtotajā – repīterā (25); sagaidāms: dažas 10 μ s,

$\Delta T8$ ir signāla aparatūras aizture video datu satvērēja kartes (27) elektriskajās ķēdēs no kartes datu ieejas interfeisa (29) līdz datora šinas interfeisam (30); sagaidāms: dažas 10 μ s.

Būtiska ir video kameras datu pārraides formāta izvēle, kas ir saistīta ar video sensora (16) izmēriem, piem., izmantojot 1 x 1 kpix melnbalto sensoru ar attēla pelēkā toņa spilgtuma izšķiršanas dziļumu 10 biti/pix un kadru daudzumu 30 kadri/s, maksimālā video datu plūsma no video kameras uz video datu satvērēja karti var sasniegt 300 Mb/s, kas ir jānodrošina datu pārraides maģistrālei. Šādu ātrumu nodrošina datu maģistrāle CameraLink formātā, kura šajā izstrādē arī ir izvēlēta.

Datora (4) maģistrālē „trāpījuma” attēla pilns video kadra signāls ir ievadīts laika momentā:

$$T5 = T4 + \Delta T9 \quad (3.6)$$

$\Delta T9$ – pilna video kadra nodošanas ilgums pa CameraLink datu maģistrāli no videokameras uz datoru; ne ilgāk par 30 ms (kameras dati), bet praktiski stipri mazāk, atkarībā no video informācijas daudzuma kadrā (~5 – 10 ms). Faktiski, pēdējais dod iespēju izmantot video kameru ar lielāku izmēru (1 x 2 kpix) ar ātrumu 30 kadri/sek.

Šaušanas simulatora iekārtas darbības laikā dators nevar reģistrēt visus video kameras kadrus to lielā informācijas apjoma dēļ, piem., izvēloties iepriekš minētās kameras datus, video informācija būtu jāuzkrāj ar maksimālo ātrumu 18Gb/min un tālāk tā jāapstrādā. Sekojoši, video informācijas apjoma samazināšanai, no video sensora (kameras) datu plūsmas tiek atdalīti tikai „trāpījuma” kadri sekojošā veidā.

Noraidīto telemetrisko datu paketes no katra ieroča raidītāja (35) uztver ar uztvērēju (46) un dekodē kodu-komandu blokā (47) laika momentā (dekodētās komandas sākuma moments):

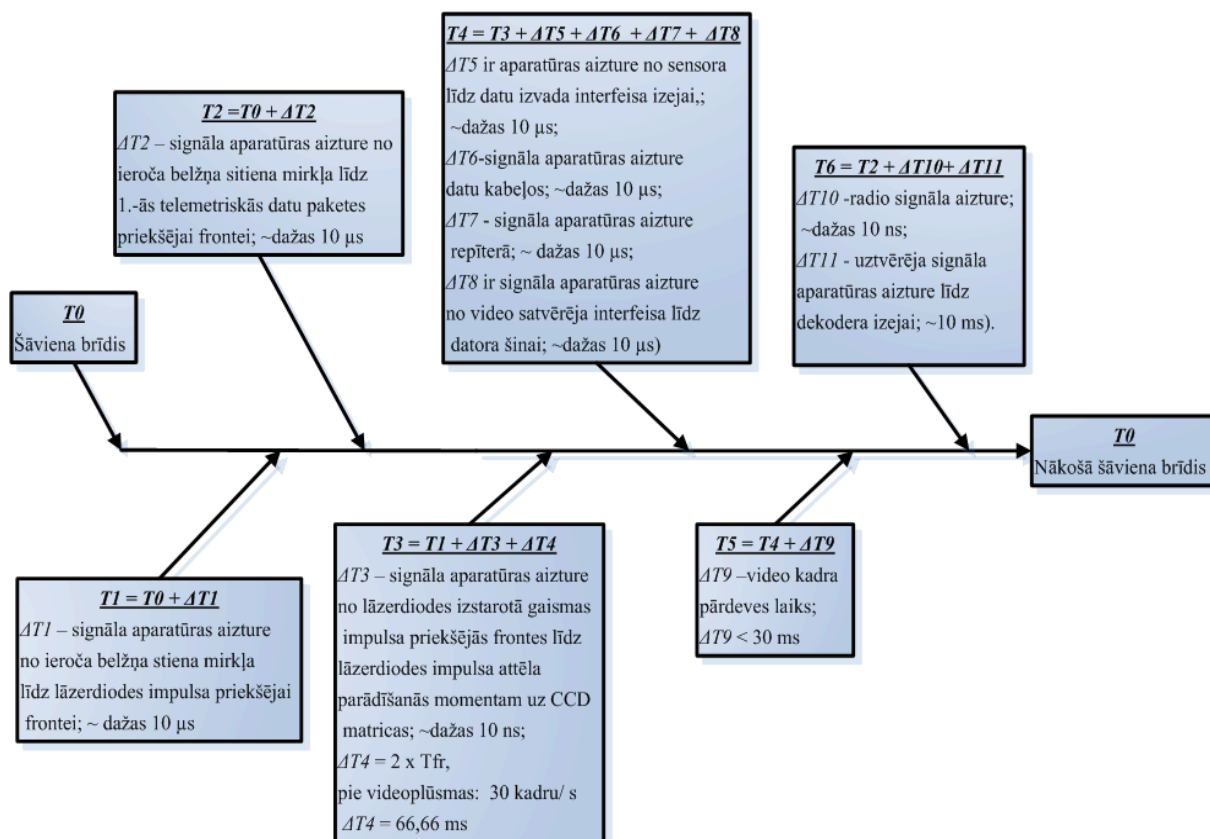
$$T6 = T2 + \Delta T10 + \Delta T11 \quad , \quad (3.7)$$

$\Delta T10$ - telemetrisko datu signāla aizture laikā ceļā no raidītāja līdz uztvērējam; sagaidāms: dažas 10 ns,

$\Delta T11$ - telemetrisko datu radio uztvērēja signāla aparatūras laika aizture no uztvērēja antenas (IS diodes) līdz radio (IS) uztvērēja koda dekodera izejā 1.-ās telemetriskās datu paketes priekšējai fronteī; novērtējot tradicionālos elektronisko mezglu risinājumus - sagaidāms: aptuveni no 1-10 ms.

Kā var redzēt no attēla 3.5, „trāpījuma” kadri, kurus reģistrē video kamera var būt 1 vai 2 sekojošie viens otram kadri laikā tieši pēc lāzera „šāviena”. Kadru ieraksta komandu formē no radio (vai IS) uztvērēja uztverto šaušanas optiskā simulatora noraidīto telemetrisko

signālu paketēm, atbilstoši sinhronizējot tās laikā ar video kadru nodošanas ilgumu uz datora datu šinas no video kameras.



Pēc $T_3 > 67$ ms trāpījums ir fiksēts videokameras vienā (otrajā) vai (pirmajā un otrajā) video kadros

3.5. att. . Šaušanas simulatora darbības laika diagramma

Kā var redzēt no iepriekš minētā, „trāpījuma” kadru ieraksta laiks datorā pēc „šāviena” ir mazāks par 100 ms, sekojoši, izmantojot video kameru ar darbības ātrumu vienādu vai lielāku par 30 kadriem/sek, var reģistrēt šaušanas rezultātus automātiskajam ierocim ar šaušanas tempu 10 – 12 šāvieni sekundē (600 – 720 šāvieni/minūtē). Papildus var konstatēt, ka lāzera diodes izstarojuma impulsa garumam jābūt ~66 ms.

3.5. Ieroča atsitiena simulācija

Lai nodrošinātu šaušanas simulatora darbību ar augstu atbilstību reāliem apstākļiem ir nepieciešama ieroča darbības imitēšana, nodrošinot gan atsitiena, gan munīcijas maiņas funkciju, galvenokārt tas attiecas uz pistolēm kur munīcijas maiņai (izšautās patronas čaulītes izmešanai un jaunas patronas ielādēšanai no aptveres pistoles patrontelpā un tās noslēgšanos pirms šāviena) tiek izmantots aizslēga rāmja atpakaļgājieni. Revolveriem patronas atrodas cilindriskā aptverē (rullītī) kas mehāniski pagriežas paralēli stobra asij veicot nākamo šāvieni

un nodrošinot jaunas patronas atrašanos pretī stobram šāviena brīdi. Šajā gadījumā nav nepieciešami atsevišķi simulācijas mehānismi.

Ieroča atsitiena spēks ir atkarīgs ne vien no atpakaļejošā aizslēga rāmja ātruma un masas, bet arī no stobru atstājošās lodes masas, ātruma un rotācijas ātruma ap savu asi, kuru izraisa stobra kanālā esošā vītne. Tieši spēks, kas darbojas uz ieroča stobra galu izraisa tā nobīdi uz augšu un pa kreisi (labi, atkarībā no stobra kanālā esošās vītnes virziena) jeb pārfrāzējot, ieroča atsitiena rezultējošais spēks nav vērsts pretēji lodes lidošanas virzienam, bet veido noteiktu leņķi ar to, kā vertikālajā tā horizontālajā virzienā [42].

Ieroču darbības imitēšanai, ja jānodrošina ieroču šaušanas spēju saglabāšana, ir aprīkojami ar ieroča atsitiena un munīcijas maiņas simulatoriem, nemainot ieroča konstrukciju, sekojoši, tas arī nosaka to iespējamo konstruktīvo risinājumu: Ieroča atsitiena imitēšanai nevajadzīgo ieroču detaļu noņemšanu un uzglabāšanai (ieroču vēlākai šaušanas spēju atjaunošanai) un papildus detaļu un mezglu (ierīču) uzlikšanu uz ieroča, atsitiena un munīcijas maiņas simulācijas procesa izpildei. Ieroču atsitiena un munīcijas maiņas simulācijas ierīces parasti tiek darbinātas izmantojot saspiesto gaisu (CO₂ gāzi), kuru iespējams pievienot maza izmēra rezervuāros, kuri ietilpst ieroča aptverē.

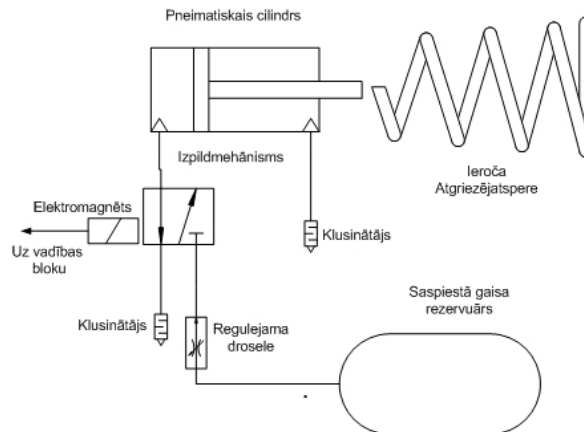
Šajā gadījumā parasti izmanto tikai aizslēga rāmja atpakaļgājieni un rezultējošais atsitiena spēks ir vērsts pa stobra asi šāvēja virzienā.

Šāda atsitiena simulācija ir, plaši izplatīta, jo darbojas mehāniski, proti, pistoles belznis uzsit pa adaptera pneimatisko vārstu nodrošinot saspiegtā gaisa ieplūšanu pneimatiskajā mehānismā, kurš nodrošina aizslēga rāmja atpakaļgaitu, veidojot it kā pneimatisku cilindru ar atveri tā galējā stāvoklī pa kuru izplūst saspiegtajam gaisam, tādējādi nodrošinot atkārtotu sprūda palaišanas mehānisma uzvilkšanu nākamā šāviena izdarīšanai. Aizslēga rāmi sākotnējā stāvoklī atgriež pistoles mehānisma atgriezējatspere. Lai nodrošinātu šāda mehānisma vieglāku darbību parasti pie pārveidošanas simulāciju veikšanai izmanto atsperes ar samazinātu pretestības koeficientu.

Gadījumā ja netiek izmantots kaujas ierocis, kurš pēc simulācijas jāatgriež kaujas stāvoklī, bet tiek lietota ieroča mulāža, atbilstoši šaušanas simulatora izstrādei formulētajām prasībām (skat. 1. nod.). Šai gadījumā ir iespējams nodrošināt rezultējošā atsitiena spēka vektora virziena atbilstību reālajam virzienam[10]. Lai nodrošinātu drošu sistēmas darbību un mazinātu izmaksas ir lietderīgi atsitiena un munīcijas maiņas simulācijai pielietot rūpniecībā izmantojamās pneimatikas tehnoloģijas un ierīces, kuras tiek ekspluatētas atbilstoši rūpniecībā pieņemtajiem standartiem. Šādu pieeju parasti izmanto lielāka izmēra ieročiem, kuru mulāžu korpusos šādu sistēmu ir tehniski iespējams izvietot.

Ieroča atsitiena un munīcijas maiņas simulators (skat. 3.6.att.) sastāv no:

- ieroča atsitiena mehānisma (daļu kopas, atgriezēj atspere),
- pneimatiskais izpildmehānisms,
- saspīstā gaisa plūsmas regulatora (regulējama drosele),
- saspīstā gaisa (CO₂ gāzes) rezervuāra.



3.6.att. Ieroča atsitiena simulācijas sistēma.

Ieroča atsitiena mehānisms (daļu kopas) aizvieto oriģinālās ieroča detaļas (mezglus), izpildot ieroča ‘šāviena’ atsitiena un munīcijas pārlādes funkcijas un ir raksturīgs tikai katram ieroča veidam.

Ieroča pneimatiskais izpildmehānisms ir mezgls, kas mehāniski vada ieroča atsitiena un munīcijas pārlādes mehānismu, izpildot mehānisko kustību ar saspīstā gaisa palīdzību.

Saspīstā gaisa plūsmas regulators nodrošina saspīstā gaisa daudzuma padošanu, nepieciešamu un pietiekamu pneimatiskā izpildmehānisma darbināšanai.

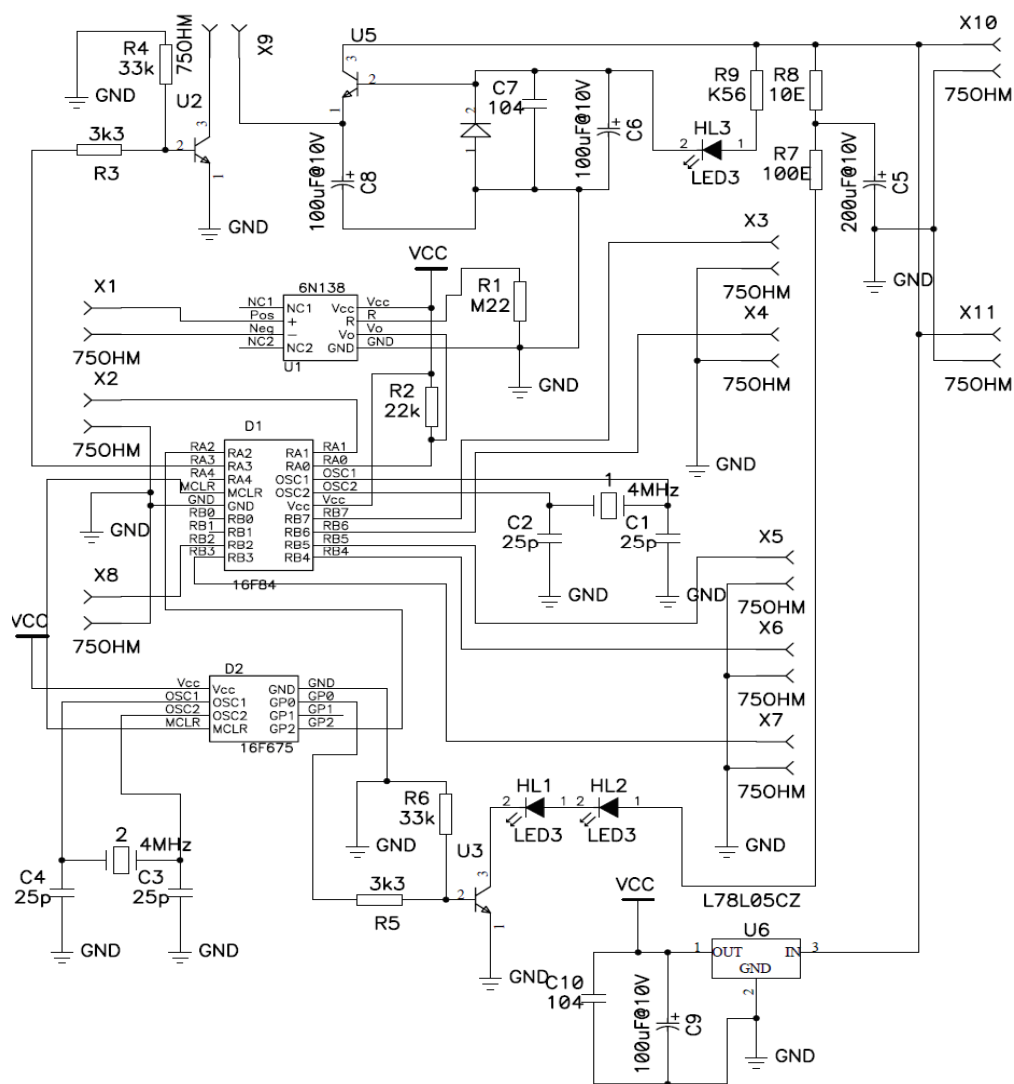
No saspīstā gaisa (CO₂ gāzes) rezervuāra saspīsto gaisu padod ieroču atsitiena un munīcijas maiņas simulatora darbināšanai noteiktā spiediena diapazonā.

Abos gadījumos ir jānodrošina pietiekošs aizslēga rāmja gājiens, kas nodrošinātu ieroča gaiļa uzvilšanas funkciju jaunam šāvienam.

3.6. Simulatora ieroča vadības bloks.

Simulatora ieroča vadības blokam ir jānodrošina ieroča darbības laika diagrammas izpilde un jākoordinē atsevišķā mezglu darbība. Lai ievērotu noteiktos laika ierobežojumus un izvairītos no atgriezenisko un parazītisko saišu rašanos ieroča vadības blokā ir izmantoti mikrokontrolleri, kas atbild par precīzu impulsu secību un ilgumu dažādām izpildierīcēm. Pēc ieroča vadības stabilitātes apsvērumiem vadības shēmā tika ievietoti 2 mikrokontrolleri (skat. 3.7.att.) – laika aizturu formētājs un IS signāla (IS raidītājam) formētājs. Katram mikrokontrollerim ir savs atsevišķs takts ģenerators, kas nodrošina stabilu darbību plašā

temperatūras diapazonā. Darba spriegumi tiek stabilizēti ar integrālajiem stabilizatoriem, kas nodrošina stabilu mikrokontrolleru darbību.



3.7.att. Ieroču vadības bloka principiālā shēma.

3.6.1. Laika aizturu formētāja mikrokontrolleris

Laika aizturu formētāja mikrokontrolleram par ieejas devēju tiek izmantots mikrofons, kas caur optronu formē ieejas signālu uz mikrokontrollera ieejas. Mikrokontrollera uzdevums ir nolasīt un izanalizēt ieejas signālu pēc noteiktiem apsvērumiem. Katram ierocim izpildmehānisms darbojas ar nelielām laika nobīdēm, tāpēc katram ierocim programma, pēc kuras tas tiek vadīts, ir pieskaņota. Laika aizturu formētāja mikrokontrollera uzdevums ir formēt 3 signālus:

4. lāzera diodes impulsu, izgaismot
5. telemetrisko datu formētāja un telemetrisko datu IS raidītāja vadības impulsus,

6. izformētu impulsu uz šāviena atsietena un munīcijas maiņas simulatora elektromehānisko vadības bloku

Elektromehāniskā vadības bloka elektriskais impulss tika pielāgots katram ierocim atsevišķi, to mehānisko īpašību dēļ. Lāzerdiodes uzdevums ir izgaismot 2 video kadrus uz ekrāna, t.i. 66.6 ms – ko nodrošina vadības programma. IS raidītāja impulss ir 10 ms, kas ir starta impulss IS raidītāja modulim.

Papildus, vadības mikrokontroleris nosaka to, vai ierocis strādā manuālajā vai automātiskajā režīmā. Automātiskā režīma cikla garums (trieciensāutenēm) tiek pielāgots katram ierocim individuāli.

Vadības bloka laika aizturu formēšanas mikroprocesora programmas pievienots pielikumā Nr.3.

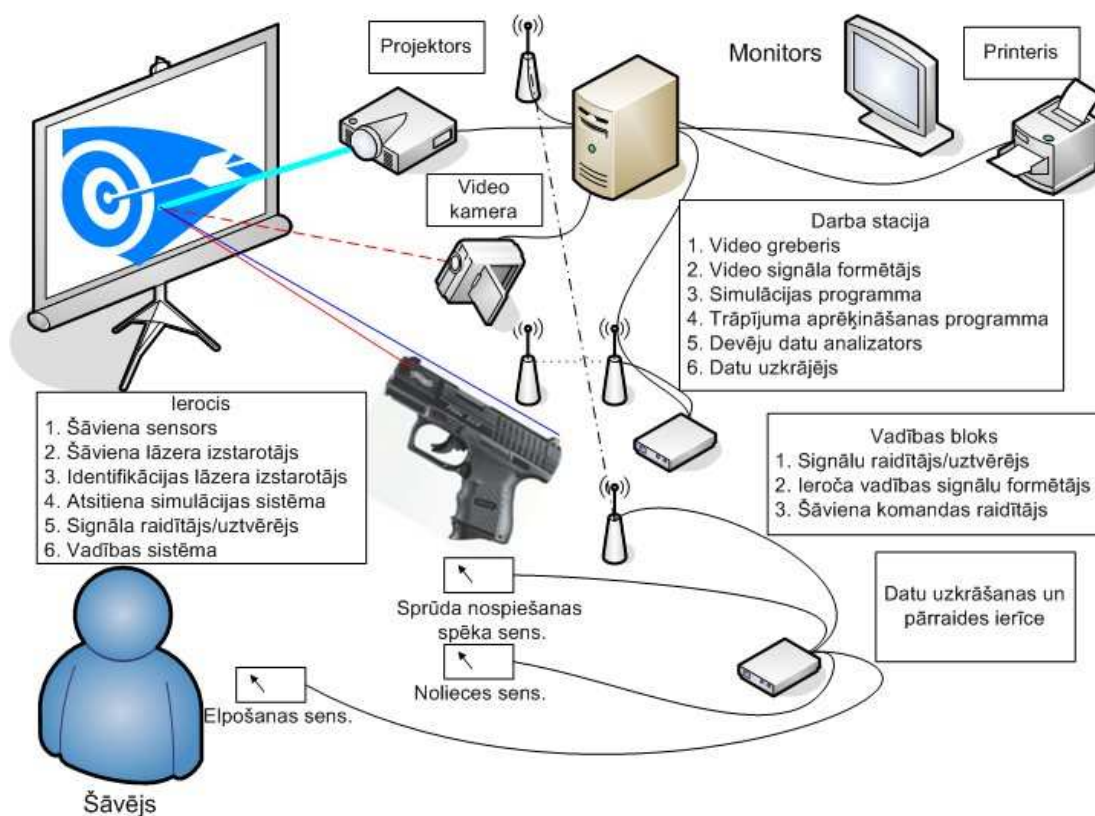
6.6.2. IS starojuma formētāja mikrokontroleris

IS starojuma formētāja mikrokontrollera uzdevums ir: pēc komandas noraidīt IS signāla paketi, kas satur informāciju par ieroci. Tā kā RC5, RC6 un SIRC [53] infrasarkanie protokoli izrādījās pārāk lēni, tika izstrādāts speciāls datu pārraides protokols, kas 10 – 15 reizes pārsniedz SIRC protokola ātrdarbību un drošumu. Pirmās paketes dekodēšana ir iespējama pēc 0,4 ms, kas ir svarīgi, lai dotu komandu datoram, kas vada video kadru satvērēja plati. Lielākas aiztures var radīt kļūdas video kadru apstrādes sistēmas darbībā.

3.7. Sensoru integrēšana šaušanas simulatora sistēmā

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 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.



3.8.att. Sensoru integrēšana šaušanas simulatoros.

Attēlā 3.8. 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.

3.7.1. Elpošanas kontroles sistēma

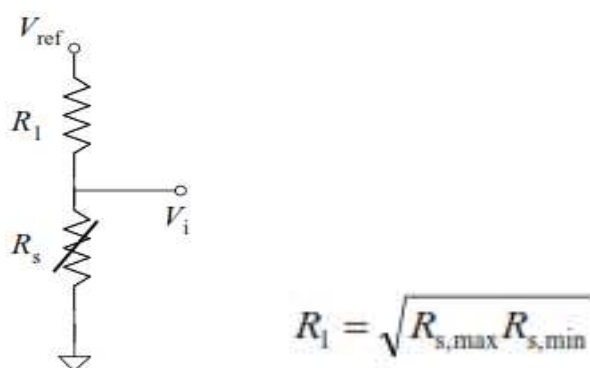
Šaušanas apmācību laikā liela uzmanība tiek pievērsta apmācāmā elpošanas cikla kontrolei, īpaši to sākotnējā posmā. Elpošanas cikla pareizas organizācijas nozīme ir aprakstīta šī darba 2.2.4 sadaļā.

Pastāv vairākas metodes kā kontrolēt elpošanas amplitūdu un biežumu [69]:

Mērīt ieelpojamā / izelpojamā gaisa plūsmu; šai nolūkā izmantojot plūsmas devējus;

Akustiski noteikt ieelpas un izelpas laiku – šādu metodi izmanto ārsti, un tās realizācijai jāizmanto stetoskops;

Mērīt krūšu kurvja apjoma palielināšanos, šai nolūkā var izmantot gan spiediena gan rezistīvos devējus. Praktiski tiek pielietotas abas metodes, tomēr pie seklas elpošanas to efektivitāte ievērojami samazinās.



3.9.att. Rezistīvā sensora uzbūve un dalītāja pretestības aprēķināšanas formula.

Attēlā 3.9. parādīta vienkārša rezistīvā sensora shēma un dalītāja pretestības aprēķināšanas formula, kas dod iespēju iegūt labāko sensora sniegumu[72].

3.7.2. Sprūda nospiešanas spēka kontroles sistēma.

Sprūda nospiešanas spēka kontroles sistēma ir cieši saistīta ar ieroča konstrukciju. Ņemot vērā lielo amplitūdu, kas pastāv sprūda nospiešanas spēkos dažādiem ieročiem sākot ar 0.15 N sporta ieročiem un beidzot ar 63.7 N kaujas ieročiem, grūti rast vienotu tehnisku risinājumu šai problēmai turklāt mēlītes nospiešanas spēks var ievērojami atšķirties pat viena tipa ieročiem atkarībā no ieroča konstruktīvajām īpatnībām un tehniskā stāvokļa. Ideāli būtu izmantot vienkāršu spiediena devēju, kuru varētu piestiprināt ieroča mēlītei un kas būtu pietiekami elastīgs, lai adaptētos mēlītes formai. Tāds materiāls ir izstrādāts Rīgas Tehniskajā universitātē profesora M.Knites vadībā [73]. Materiāls, kurš, veidots uz gumijas bāzes, maina savu īpatnējo pretestību atkarībā no tā saspiešanas spēka. Diemžēl mani mēģinājumi šī materiāla izmantošanai ieroča mēlītes nospiešanas spēka kontrolei šobrīd ir izrādījušās neveiksmīgi, jo materiālam ir liela inerce, proti, tas lēni reaģē uz spiediena izmaiņām, īpaši pēc spēka sazināšanas. Tāpat materiāls ir jūtīgs pret temperatūras izmaiņām. Materiāls slikti reaģē uz maziem spiedieniem.

Praktiski sprūda nospiešanas spēka kontrolei ir nepieciešams iejaukties ieroča konstrukcijā jo nepieciešams fiksēt mēlīte pārvietošanos. Ņemot vērā, ka jebkura ieroča mēlīte pagriežas ap nekustīgu asi būtu iespējams izmantot pagrieziņa sensoru, šajā gadījumā varētu noteikt sprūda nospiešanas ātrumu un vienmērīgumu tai pat, laikā tieši nemērot spiedienu [74].

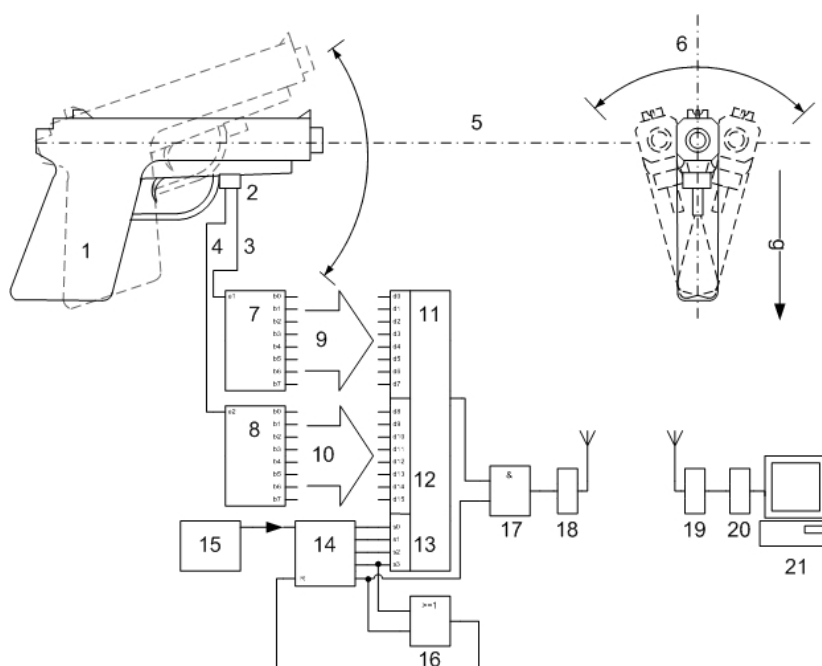
3.7.3. Simulatora ieroča stobra nolieču informācijas sistēma

Simulatora ieroča stobra nolieču informācijas sistēma ir paredzēta ieroča stāvokļa noteikšanai attiecībā pret mērķa plakni. Šādu sistēmu var izmantot šaušanas simulatoriem,

kuri trāpījuma noteikšanai izmanto lāzera izstarotājus un konkrētāk uz šaušanas simulatoriem, kuri rada stara pēdu uz mērķa virsmas.

Šobrīd galvenais trūkums ir tas, ka šaušanas simulatoros trāpījuma rezultāti tiek noteikti, neņemot vērā ieroča nolieci, tādējādi, neievērojot šaušanas ballistikos principus, proti, noliecot ieroci uz sāniem, trāpījuma punkts pārbīdās ieroča nolieces virzienā un ir atkarīgs no ieroča nolieces leņķa. Pilnveidojot šaušanas simulatorus un tuvinot to trāpījuma rezultātus reāla ieroča trāpījuma rezultātiem, konstatējot ieroča nolieču kļūdas.

Simulatora ieroča stobra nolieču informācijas sistēmā ir parādīta attēlā 3.10. Ieroča korpusam pievienojot nolieču sensoru ar divām analoģo signālu izejām par novirzēm no gravitācijas ass, šie signāli pievienoti katrs savam analoģā signāla konvertoram ciparu signālā, šo konvertoru izejas biti pievienoti multiselektora datu ieejām, bet multiselektora norādes digitālās ieejas – binārajam skaitītājam ar izejas bitu skaitu par vienu lielāku nekā norādes ieejai pieslēgtie, pie tam skaitītāja brīvais vecākais bits un multiselektora izeja pievienoti VAI loģiskā elementa ieejām, bet šī elementa izeja – radioraidītājam, skaitītāja brīvais vecākais bits un nākamais vecākais bits pievienoti UN loģiskā elementa ieejām un šī pēdējā elementa izeja - skaitītāja nullēšanas ieejai, radioraidītāja pārraidītais signāls tiek uztverts ar radiouztvērēju, kura signāls pievienots normalizācijas mezglam, bet šī mezgla izeja – minētā rezultātu aprēķina un novērtējuma datora pieslēgvietai, bet datora vizualizācijas sistēma uzrāda aprēķinātās trāpījuma koordinātes, ievērtējot ieroča novirzi.



3.10.att. Ieroča nolieču informācijas sistēma

Dators, izmantojot programmu, datus transformē ekrāna attēlā, kurā tēmēšanas laikā var redzēt sagaidāmo kļūdu, kā arī norādīt šāvējam reālo kļūdu, kas bijusi šaušanas brīdī.

Par šīs sistēmas izveidi ir saņemts Latvijas patents uz izgudrojumu Nr. 14311 par šaušanas simulatora ieroču nolieču kontroles informatīvo sistēmu.

3.8. Secinājumi par 3. nodaļu

1.Šaušanas sistēmā var tikt izmantots standarta elementu elektroniskais aprīkojums, kurā ietilptu ieroča nolieču sensoru un elpošanas sensoru ieviešana.

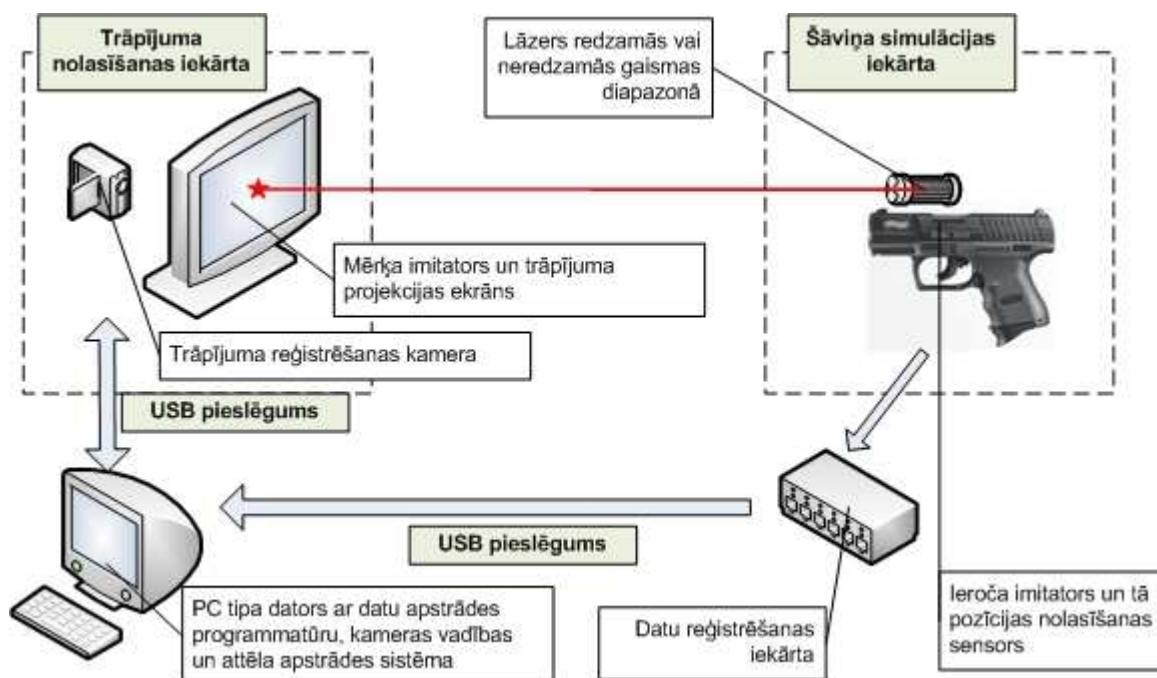
2.Simulatora papildus aprīkojums ir atkarīgs no simulācijas mērķa, ieroča veida un apmācības uzdevumiem.

3.Katram ierocim ir specifiska notikumu laika diagramma, pie tam šīs diagrammas var atšķirties atkarībā no tehniskās konstrukcijas un ieroča tehniskā stāvokļa.

4. REALIZĒTĀ DATU APSTRĀDES SISTĒMA ŠAUŠANAS SIMULATORĀ UN TĀS IZPĒTE

4.1. Datu apstrādes sistēmas apraksts

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 (4.1.att.).



4.1. att. Šaušanas simulatora bloku sasaistes shēma.

Kā redzams 4.1. attēlā, stimulators 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.

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 atklūdošanas 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.

3. Datu reģistrēšanas iekārta.

Iekārta paredzēta vairāku datu kanālu mērījumu reģistrēšanai, nodrošinot 100 mērījumus sekundē. Darba ietvaros paredzēto eksperimentu veikšanai šāds datu reģistrēšanas biežums ir pietiekams, jo šaušanas laikā ieroča imitators tiek fiksēts konkrētā pozīcijā, šādi nodrošinot drošus eksperimenta rezultātus. Datu reģistrēšanas iekārtas savāktie dati tiek nosūtīti datoram tālākai apstrādei. Datu nosūtīšanai tiek izmantots USB pieslēgums ar signāla pastiprinātājiem, kas ļauj nosūtīt datus pietiekami lielā attālumā (atbilstoši specifikācijai USB 2.0 maksimālais pieļaujama datu nosūtīšanas attālums bez pastiprinājuma ir 10m) [75].

4. Mērķa imitators.

Mērķa imitators ir paredzēts trāpījuma punkta izcelšanai, t.i., fona gaismas nofiltrēšanai un trāpījuma kontrasta izcelšana. Šis mērķis tiek sasniegts, izmantojot atbilstošu materiālu, kas spēj aizturēt fona gaismu, radot melnu attēlu trāpījuma reģistrēšanas kamerā. Kad uz materiāla tiek „uzspīdināts” lāzera stars, materiāls, ņemot vērā augsto gaismas intensitāti, tiek spēcīgi izgaismots un kļūst gaišāks trāpījuma vietā. Tas nepieciešams arī tādēļ, lai pasargātu trāpījuma reģistrēšanas kameru no pārāk spilgta apgaismojuma, kas spēj sabojāt kamerā izmantoto sensoru. Konkrēta materiāla izvēle ir atkarīga no lāzera indikatora tipa. Eksperimentu laikā tika izmantots biroja papīrs ar svaru 80g/m^2 , kas pilnībā nodrošina gaismas filtra funkciju. Ja tiek izmantots IS lāzers, tad ir jāizmanto tādi materiāli, kas ir ar augstāku gaismas aizturēšanas spēju.

5. Trāpījumu reģistrēšanas kamera.

Trāpījuma (lāzera punkta uz mērķa imitatora) reģistrēšanai tiek izmantota digitālā kamera. Eksperimenta veikšanai ir pietiekama ātrdarbība līdz 30 kadriem/s, kas nodrošina tādu ātrdarbību, lai reģistrētu trāpījuma vietu, ņemot vērā ieroča imitatora pozīcijas maiņu reāla laika apstākļos.

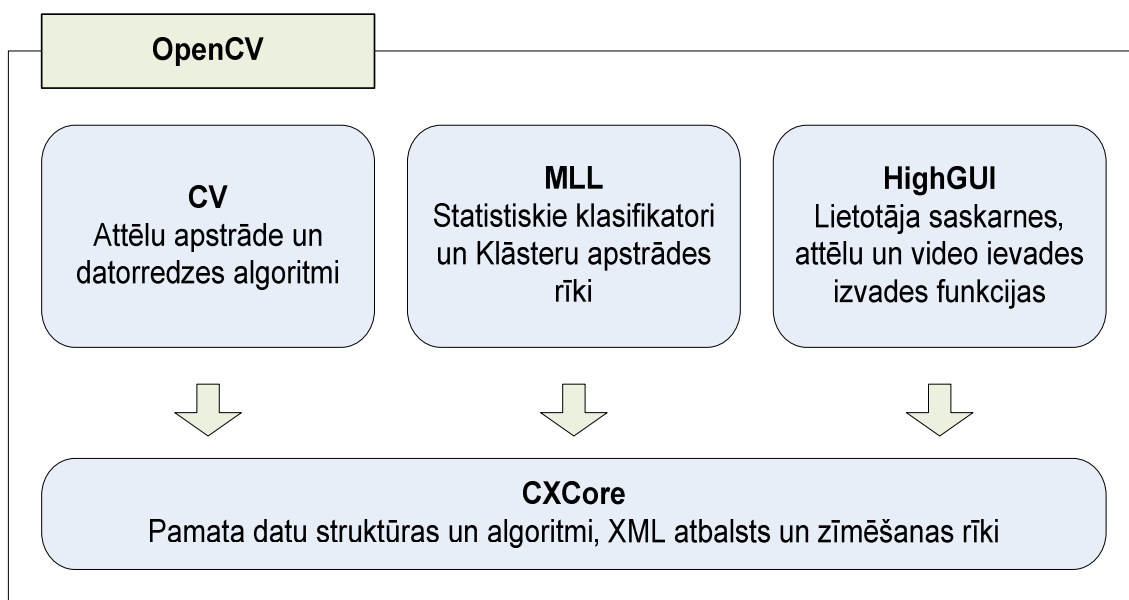
Visu iekārtu savstarpējā sadarbība tiek nodrošināta, izmantojot datora darbinātu programmatūru un atbilstošus datu pārraides protokolus. Datu apstrāde tiek veikta divos soļos:

1. Tiek veikta ieroča imitatora pozīcijas datu nolasīšana un trāpījuma pozīcijas nolasīšana;

2. Dati tiek kombinēti, lai iegūtu trajektorijas aprēķinus, kā arī ieroča pozīcijas novērtējumu. Šī programmatūras daļa sastāv no diviem moduļiem – attēla atpazīšanas moduļa un aprēķinu moduļa;

Imitatora pozīcijas nolasīšanai un priekšapstrādei, kas ietver nosūtāmo datu formatēšanu un apvienošanu datu pakotnēs, tiek izmantots gatavs datu reģistrēšanas programmatūras nodrošinājums, kuru piedāvā iekārtas ražotājs Velleman.

Trāpījuma pozīcijas nolasīšanai un kameras vadībai ir izstrādāta īpaša programmatūra, kas balstīta uz pasaulē plaši pielietotu vizuālās informācijas apstrādes bibliotēku komplektu OpenCV [76]. Izmantoto bibliotēku komplekta arhitektūra attēlota zemāk 4.2. attēlā.



4.2. att. OpenCV bibliotēku komplekta arhitektūra

Papildus 4.2. attēlā redzamajiem moduļiem ir pieejams modulis CvAux, kas ietver papildus funkcionalitāti cilvēka sejas atpazīšanai, attēla segmentēšanai, fona atdalīšanai, kā arī vairākus eksperimentālus algoritmus, kas pagaidām nav pietiekami labi dokumentēti un tādēļ oficiālajā literatūrā netiek aplūkoti.

Ir jāuzsver, ka OpenCV ir atvērtā koda projekts, kas bez ierobežojumiem ļauj to izmantot kā komerciāliem, tā arī nekomerciāliem un akadēmiskiem projektiem. Šī bibliotēku komplekta izvēle ir balstīta ātrdarbības novērtējumiem, kas ļauj secināt, ka OpenCV pašlaik ir ātrākā tirgū pieejamā vizuālās informācijas apstrādes bibliotēkām, salīdzinot ar bibliotēkām LTI un VXL [76].

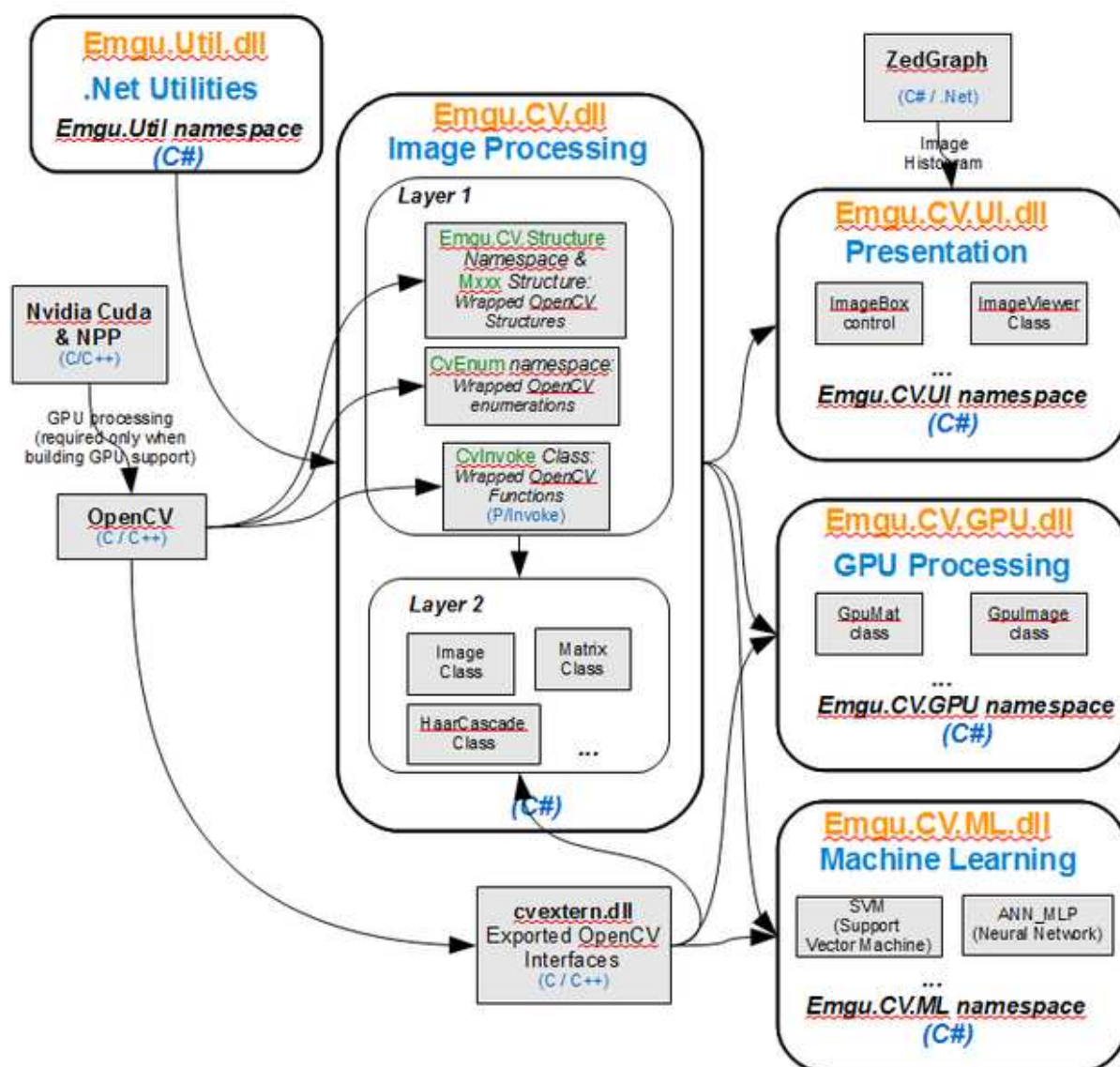
Sākotnēji bibliotēku komplekts ir ticis veidots Linux tipa operāciju sistēmām. Ņemot vērā, ka darba autors nav Linux speciālists, darba izstrādei bija nepieciešamība izmantot īpašu bibliotēkas ietvaru (no angļu val. *Wrapper*), kas nodrošināja darbu Windows vidē un ļāva izmantot augstākā līmeņa programmēšanas valodu C#. Šim mērķim tika izvēlēts ietvars OpenCV EMGU, kas nodrošina savietojamību ar .NET platformu, tādējādi ļaujot izmantot .NET pārraugamā koda un atklūdošanas iespējas. Ietvara arhitektūra redzama 4.3. attēlā. Ietvara izvēle balstīta uz funkcionalitātes un pielietojuma salīdzinājumu, kuru sniedz ietvara izstrādātājs. Tas redzams 4.1. tabulā.

4.1.tabula

Ietvara funkcionalitātes un pielietojuma salīdzinājums

Rīks / atbalstāmās tehnoloģijas	Emgu CV (Komerciāls)	Emgu CV (Atvērts)	OpenCVSharp	OpenCVDotNet	SharperCV	Code Project
OpenCV 2.2	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X
GPU skaitļošana	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X
Mašīnāpmaiņa	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X	
Intel TBB	Atbalsta	X	X	X	X	X
Intel IPP (paralelizācija)	Atbalsta	X	X	X	X	X
Intel C++ kompilators	Atbalsta	X	X	X	X	X
Izņēmumu apstrāde	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X
Vizuāla atklūdošana	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X
Licences tips	Komerciāla	Nekomerciāli pielietojumi	Nekomerciāli pielietojumi	Nekomerciāli pielietojumi	Nekomerciāli pielietojumi	Nekomerciāli pielietojumi
FedoraLinux atbalsts	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X	X
Ubuntu atbalsts	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X	X
Vai tiek aktīvi pilnveidots	Atbalsta	Atbalsta	Atbalsta	X	X	X

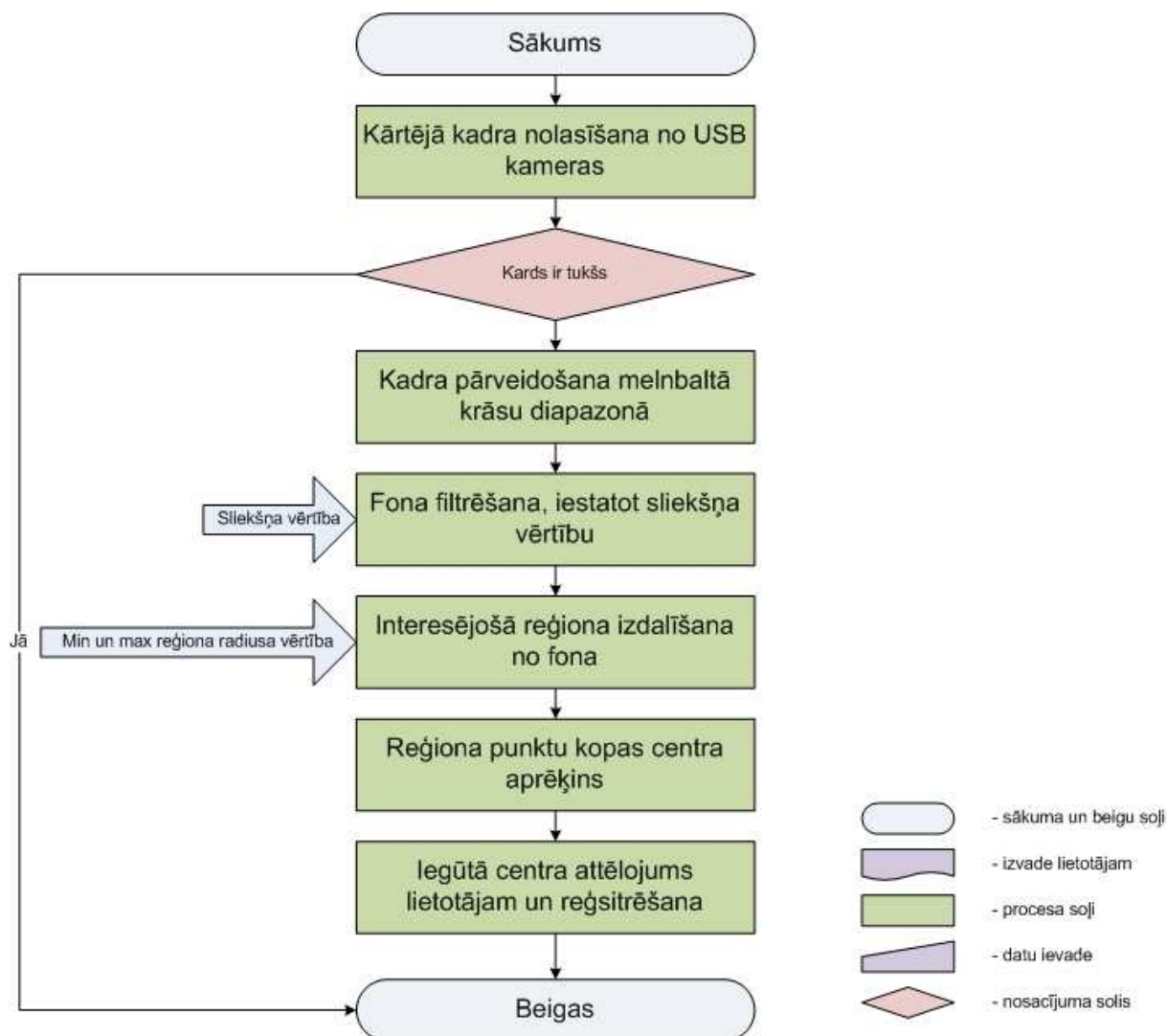
Lai arī pašreizējā realizācijā sistēma netiek darbināta Linux vidē, ir nepieciešams tehniskais atbalsts šīm vidēm, lai nodrošinātu pilnveidošanas iespējas nākotnē. Licences tipam ir nozīme tikai tadēļ, ka darba ietvaros nebija iespējams iegādāties komerciālus risinājumus, kā arī to piedāvātā funkcionalitāte – dažādi paralelizācijas paņēmieni, nav aktuāla darba ietvaros. Izmantojot minēto ietvaru, trāpījuma pozīcijas noteikšana tiek veikta atbilstoši algoritmam, kas redzams 4.3. attēlā.



4.2. att. OpenCV EMGU ietvara arhitektūra (Advantage of Emgu CV/
http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page)

Lai veiktu attēlu apstrādi sinhroni ar ieroča imitatora pozīcijas datu apstrādi, tiek izmantots taimers, kas 10 reizes sekundē veic nepieciešamo datu konsolidāciju un galīgo novērtējumu

iegūšanu. Šādi tiek nodrošināta eksperimentālo datu pilnīga atbilstība laikā, t.i., konkrētai ieroča imitatora pozīcijai atbilst konkrēts trāpījums.



4.3. att. Trāpījuma pozīcijas aprēķins

Attēla apstrādes procedūras C# kods ar paskaidrojumiem redzams pielikumā Nr. 4

Kā redzams no procedūras koda, katrs identificētais balto punktu rajons – kontūra (ši termins tiek lietots, lai nodrošinātu atbilstību OpenCV terminaloģijai) tiek apvilkti ar taisnstūri. Šo procesu un nepieciešamos aprēķinus pilnībā nodrošina OpenCV bibliotēka. Taisnstūra diagonāļu krustpunkts tiek uzskatīts par trāpījuma punktu. Pēc tam tiek aprēķinātas trāpījuma punkta ekrāna koordinātes (koordinātes attiecībā pret attēla sākuma punktu kreisajā augšējā stūrī), kuras, savukārt tiek pārrēķinātas absolūtajām koordinātēs. Tās tiek izmantotas, lai novērtētu trāpījumu, kā arī veiktu trajektorijas aprēķinus.

Otra programmatūras komponente veic trajektorijas aprēķinus, kā arī nodrošina trāpījuma vizualizāciju lietotājam, kas ļauj vienlaicīgi novērtēt šaušanas tehniku, kā arī vienkāršo programmatūras atklūdošanas procesu. Šī programmatūras daļa izstrādāta MatLab vidē un tās pirkods ir attēlots darba 2. nodaļā. Tiek izmantotas divas koda versijas – ar un bez iroča pacēlumu pret horizontu. Aprēķinu secība redzama 4.4. attēlā.

Aprēķinos tiek izmantotas šādas sakarības:

Vidējā trāpījuma koordinātes (Sx,Sy):

$$Sx = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n}, \quad Sy = \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n}, \quad (4.1.)$$

kur n-šāvienu skaits, xi un yi, trāpījumu x un y koordinātes

Pēdējā trāpījuma novirze (Dekarta attālums) no vidējā trāpījuma:

$$ds = \sqrt{(x_n - Sx)^2 + (y_n - Sy)^2}, \quad (4.2.)$$

kur xn un yn, pēdējā trāpījuma koordinātes

Pēdējā trāpījuma attālums (Dekarta attālums) no mērķa centra:

$$dc = \sqrt{(x_n - x_c)^2 + (y_n - y_c)^2}, \quad (4.3.)$$

kur xc un yc mērķa centra koordinātes

Kopējā novirze no mērķa centra:

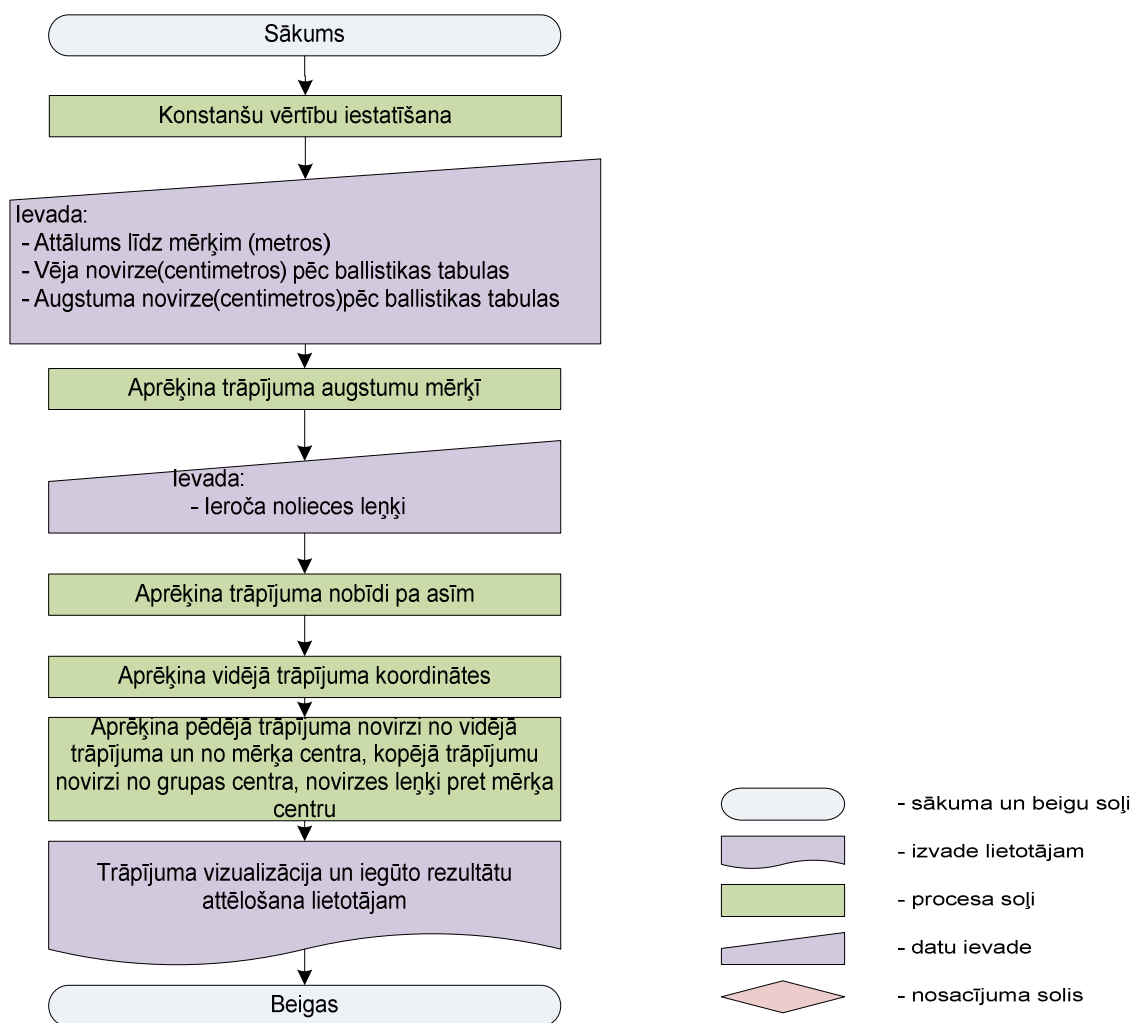
$$DC = \frac{\sum_{i=0}^n dc_i}{n}, \quad (4.4.)$$

kur dc_i, kārtējā trāpījuma novirze no mērķa centra

Novirzes leņķis pret mērķa centru:

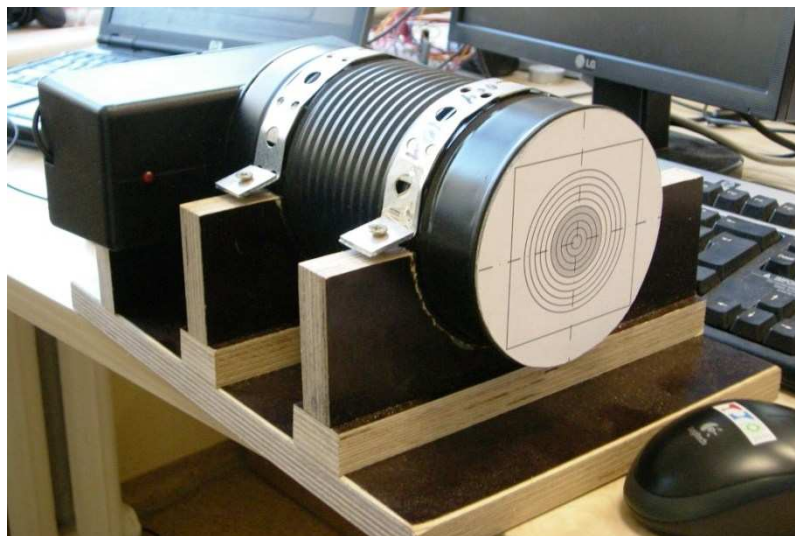
$$si = \tan^{-1}\left(\frac{y_n - y_c}{x_n - x_c}\right), \quad (4.5.)$$

kur yn un xn pēdējā trāpījuma koordinātes, bet xc un yc mērķa centra koordinātes.



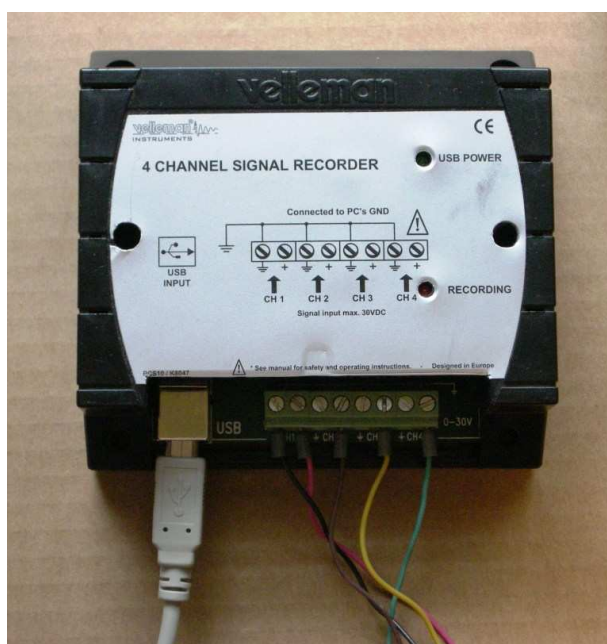
4.4. att. Trāpījuma datu apstrādes algoritma blokshēma

4.5. 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 pašā laikā nodrošinot pietiekami augstu rezultātu precizitāti.



4.5. att. Izveidotā mērķa novērošanas videosistēma ar daļēji caurspīdīgu ekrānu.

4.6. att. parādīta datu lasīšanas iekārta Velleman 4048, kas nodrošina izmantoto sensoru signālu multipleksēšanu un ievadīšanu datorā caur USB portu.



4.6. att. Nolieču un citu sensoru datu multipleksēšanas ietaise saistībai ar datoru caur USB

Attēlā 4.7. 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 atsitiena 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



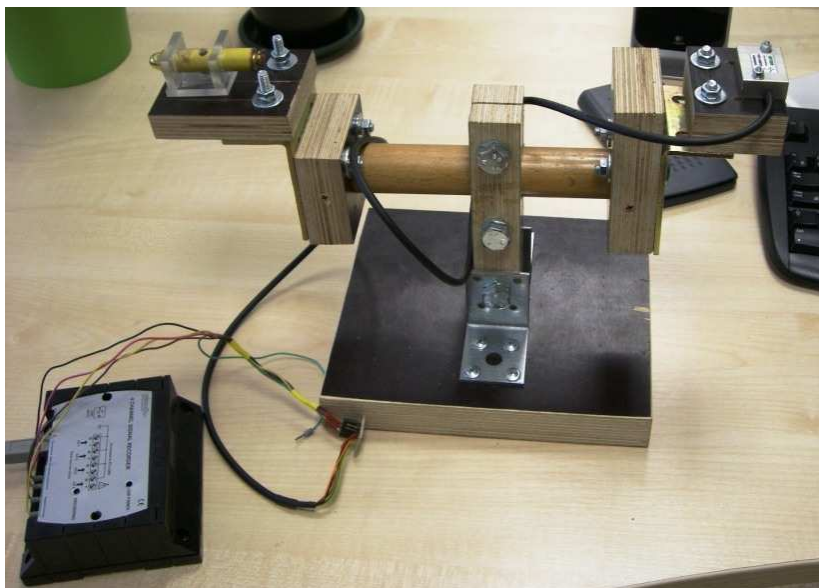
4.7. att. Pistole ar sensoriem: 1) divvirzienu nolieču sensors, 2) mikrofons, 3) lāzera izstarotājs, 4) pistoles Walther P99C pneimatiskais modelis.

Attēlā 4.8. parādīts vienkāršs elpošanas sensors, kas darbojas pēc rezistīvās pretestības izmaiņas principa elpošanas iespaidā. Jostai ir pievienots bīdes potenciometrs, kursa viens gals nekustīgi pievienots jostas vienam galam, turpat ar atsperes starpniecību pievienots arī bīdnis tā, lai atsperē ar zināmu pretestību turētu bīdni galējā stāvoklī. Tāpat bīdnis ir savienots ar jostas pretējo galu, izmantojot nestiepijošos 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.



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

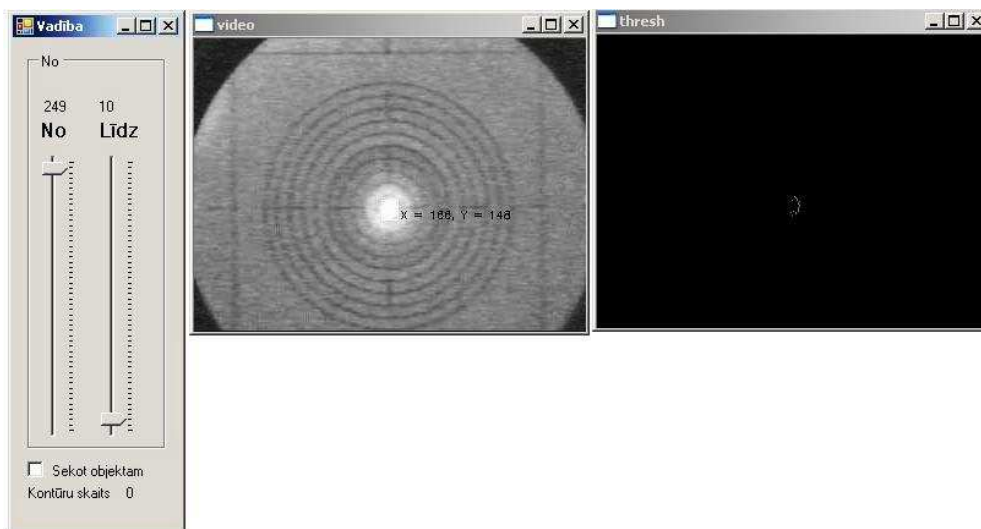
Attēlā 4.9. parādīts nolieču sensora kalibrēšanas stends. Stends nepieciešams programmas darba spēju pārbaudei, kad ilgāku laiku nepieciešams lāzera staru nekustīgi vienā punktā. Tāpat ar šī stenda palīdzību tiek noteiktas mērķa robežas uz uztverošās matricas un noteikts faktiskais mērķa centrs.



4.9. att. Mērķa centra kalibrēšana ar nolieču sensoru

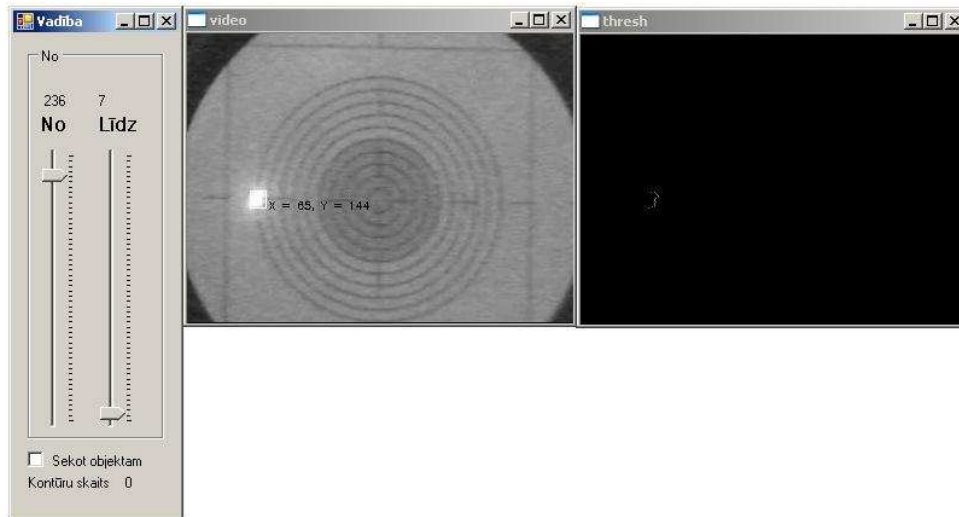
4.2. Sensoru sistēmas darbības izpēte

Sensoru iekārtas darbības izpēte jāuzsāk ar mērķa kalibrēšanu. Ir zināms, ka kadra izmēri uztverošajā videokamerā ir 320×240 pix. Uzvirzot staru mērķa centram tiek fiksētas faktiskās mērķa centra koordinātes kā parādīt attēlā 4.10.



4.10. att. 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



4.11. att. Mērķa sāna atrašana ar kalibrēšanas ietaisi
 Faktiskais mērķa diametrs uz ekrāna ir 5,5 cm zinot to un ar formulas 4.6 palīdzību var noteikt faktiskos pikseļa izmērus, kas noteiks mērījumu precizitāti.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4.6)$$

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,

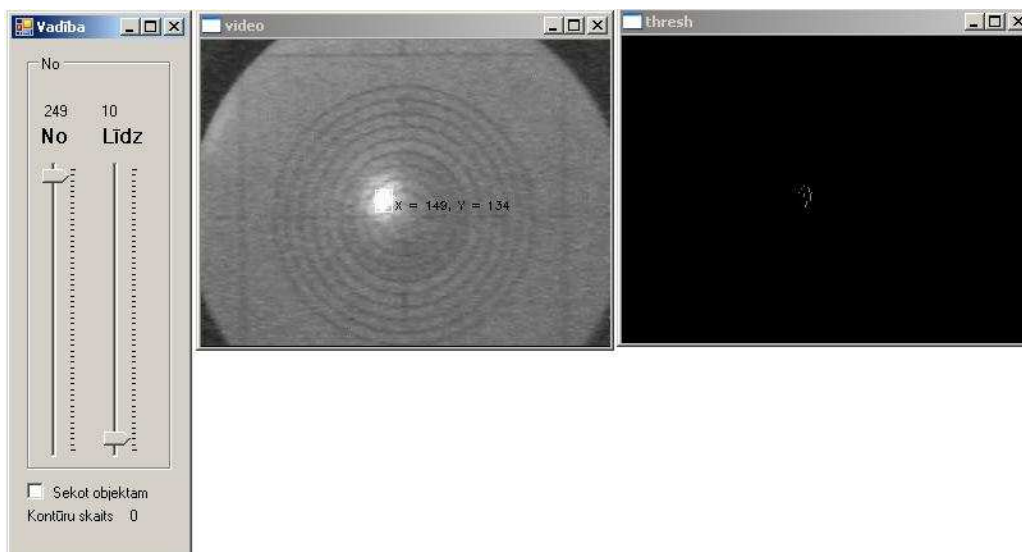
izmantojot 2. nodaļā iegūto programmu.

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 un iegūstam pozitīvu vērtību.



4.12.att. Kameras fiksētais šāviena attēls

Attēlā 4.12. 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 attēlam tiek noteikti arī sensoru rādījumi, kas atainots kā teksta fails. Tālāk dots fragments no mērījumu teksta faila kas sagatavots ar multiplexora standarta programmatūru:

CH1/V uzrāda sprieguma izmaiņas no pieslēgtajam mikrofonam voltos;

CH2/V uzrāda sprieguma izmaiņas no pieslēgtajam elpošanas sensoram voltos;

CH3/V uzrāda sprieguma izmaiņas no pieslēgtā nolieču sensora sānu noliecēm voltos;

CH4/V uzrāda sprieguma izmaiņas no pieslēgtā nolieču sensora pacēluma leņķim voltos.

START: 2011.07.02. 21:59:19

STOP : 2011.07.02. 21:59:36

TIME STEP:

100 = 1s

VOLTAGE RANGE:

CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V

CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
0	17	187	107	114	0.00	0.200	4.400	2.518	2.682
1	21	188	107	114	0.01	0.247	4.424	2.518	2.682
2	17	187	107	114	0.02	0.200	4.400	2.518	2.682
3	20	188	106	115	0.03	0.235	4.424	2.494	2.706
4	17	187	106	115	0.04	0.200	4.400	2.494	2.706
5	20	188	106	115	0.05	0.235	4.424	2.494	2.706
6	17	187	106	115	0.06	0.200	4.400	2.494	2.706
7	21	188	107	115	0.07	0.247	4.424	2.518	2.706
8	16	187	107	115	0.08	0.188	4.400	2.518	2.706
9	22	188	108	116	0.09	0.259	4.424	2.541	2.729

10	16	187	108	116	0.10	0.188	4.400	2.541	2.729
715	19	161	104	114	7.15	0.224	3.788	2.447	2.682
716	18	160	105	114	7.16	0.212	3.765	2.471	2.682
717	20	160	105	114	7.17	0.235	3.765	2.471	2.682
718	18	160	105	114	7.18	0.212	3.765	2.471	2.682
719	20	160	105	114	7.19	0.235	3.765	2.471	2.682
720	18	160	105	113	7.20	0.212	3.765	2.471	2.659
721	19	160	104	113	7.21	0.224	3.765	2.447	2.659
722	19	160	104	113	7.22	0.224	3.765	2.447	2.659
723	19	160	104	114	7.23	0.224	3.765	2.447	2.682
724	13	160	105	107	7.24	0.153	3.765	2.471	2.518
725	128	160	139	201	7.25	1.506	3.765	3.271	4.729
726	1	160	128	13	7.26	0.012	3.765	3.012	0.306
727	3	160	139	91	7.27	0.035	3.765	3.271	2.141
728	7	160	58	62	7.28	0.082	3.765	1.365	1.459
729	13	160	108	92	7.29	0.153	3.765	2.541	2.165
730	22	160	154	135	7.30	0.259	3.765	3.624	3.176
731	38	160	135	143	7.31	0.447	3.765	3.176	3.365
732	55	159	107	127	7.32	0.647	3.741	2.518	2.988
733	60	160	101	112	7.33	0.706	3.765	2.376	2.635
734	55	160	72	100	7.34	0.647	3.765	1.694	2.353
735	49	160	80	104	7.35	0.576	3.765	1.882	2.447
736	41	160	93	113	7.36	0.482	3.765	2.188	2.659
737	36	160	102	120	7.37	0.424	3.765	2.400	2.824
738	29	160	105	122	7.38	0.341	3.765	2.471	2.871
739	28	160	107	120	7.39	0.329	3.765	2.518	2.824
740	25	160	107	115	7.40	0.294	3.765	2.518	2.706
741	23	160	104	112	7.41	0.271	3.765	2.447	2.635
742	18	160	107	113	7.42	0.212	3.765	2.518	2.659
743	19	160	110	113	7.43	0.224	3.765	2.588	2.659
744	17	160	112	113	7.44	0.200	3.765	2.635	2.659

Kā redzams, mērījumi tiek veikti ar 0,01 s intervāliem. Ar sarkanu iezīmēts šāviena brīdis.

Sensoru nolāstījumi leņķu noteikšanai jāņem pirms šāviena brīža

Leņķa noteikšanai izmanto formulu izmantotajam nolieču sensoram KAS902-04

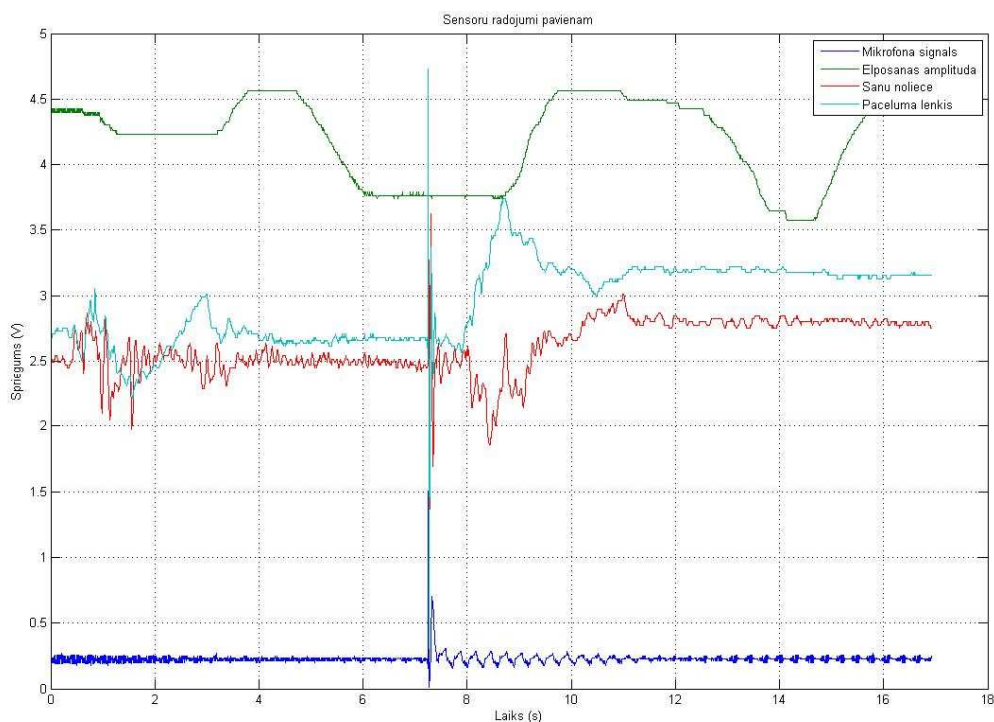
$$a = \arcsin\left(\frac{V_{out} - 2,5}{S}\right) \quad (4.7)$$

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. 4.13. att. parādīta sensoru izejas signālu diagrammas vienam šāvienam. Gaiši zilā līnija parāda uz mērķi vērstā 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.



4.13. att. 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 paceluma leņķus pirms, jāfiksē sensora rādījums 7,23s

Tālāk lai ar aprēķinu formulām un 2.nod. iegūto MATLAB programmu, veiktu patiesā trāpījuma punkta parēķināšanu atbilstoši reālam mērķim šaušanas sērijas laikā iegūtie dati apkopoti tabulā 4.2.

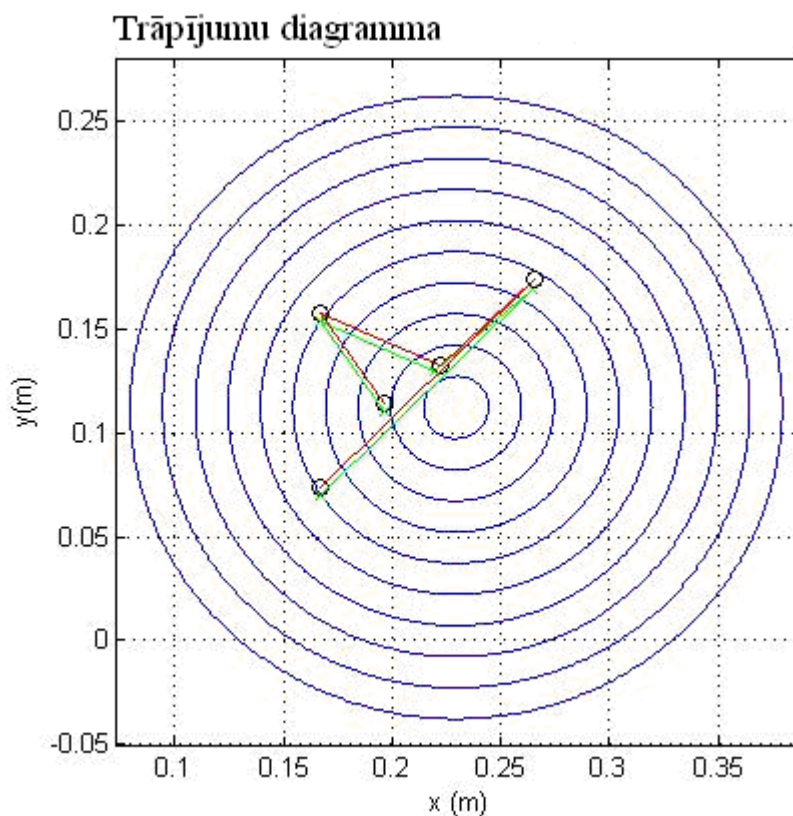
4.2.tabula

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	-	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 ballistiskā 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.

Izmantojot 2. nodaļā izstrādāto programmu no iegūstam sekojošu rezultātu kas attēloti grafiski attēlā 4.14.



Att.4.14. Šaušanas sērijas rezultātu grafiskais attēlojums.

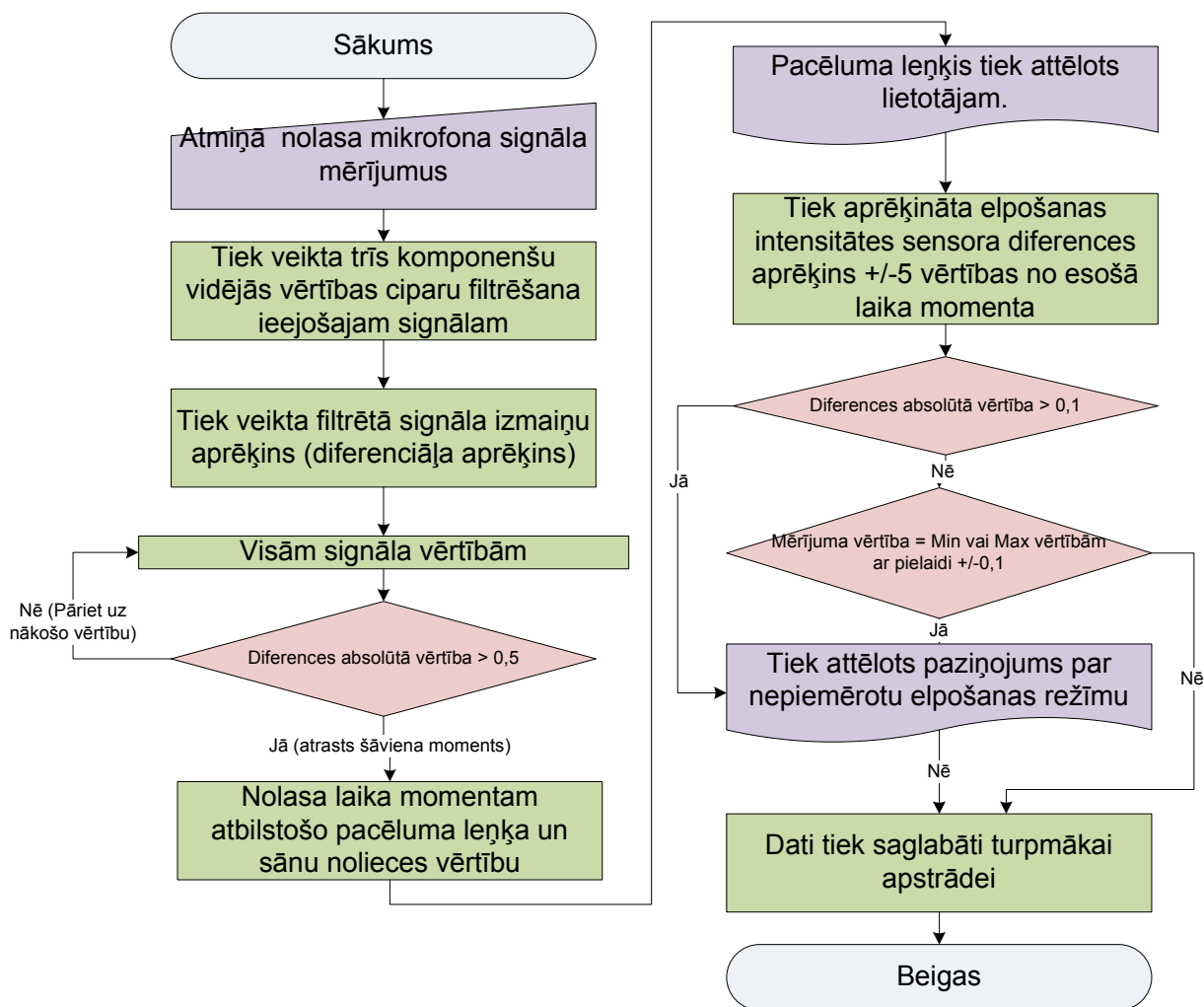
Papildus iegūti sekojoši rezultāti:

Vidējā trāpījumu punkta koordinātes attiecīgi – $L_x = 0.225$ cm ; $D_y = 0,147$ cm

Vidējais attālums līdz vidējam trāpījuma punktam $s = 0.292$ cm;

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

Lai varētu analizēt elpošanas diagrammu tiek piedāvāta sekojoša procedūra, kura attēlota attēlā 4.15.



4.15.att. Elpošanas cikla datu apstrādes blokshēma.

Analizējot elpošanas sensora diagrammu ar šīs programmas palīdzību būtu iespējams automātiski noteikt vai apmācāmais ievēro pareizas elpošanas principus.

4.3. Secinājumi par 4. nodaļu

4.Šaušanas simulatora sistēmā integrētās ierīces ir darboties spējīgas un spēj nodrošināt ar apmācāmos un instruktorus ar ticamu informāciju.

5.Simulatora papildus aprīkojums atkarīgs no ieroča tehniskajiem parametriem un apmācības uzdevumiem.

6.Katram ieroču veidam nepieciešamam individuāla stiprinājumu sistēma un pielāgošana tā tehniskajiem parametriem.

7.Iegūtos rezultātus var izmantot šaušanas procesa analizēšanai.

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 nolietu pret šaušanas asi sensori par sānu un vertikālajām novirzēm. Bez tam 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 nolietiem, ievērojot klasiskās ballistikas metodes un ieviešot tās datorprogrammā.

4. Izveidotā datorprogramma ļauj iegūt atgriezenisko saiti starp ieroča nolietiem 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 vēlamu 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, atsietena imitācijas iedarbi un citas.

8. Izstrādātā sistēma ir integrējama esošajās šaušanas simulatoru tipveida sistēmā, piemēram, Latvijā lietotajā SAIKU-8. Pie tam ar simulatoru varēs veikt tādas 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. Dr. habil.sc. ing. Kārlis Krēšlīšs: Par Nacionālās sporta attīstības programmas izstrādi 2006. – 2012. gadam / Internets. – <http://www.saufed.lv/index.php?current=m3p82i0&lng=1Lat>;
2. Latvijas dalība starptautiskajās operācijās / Internets. - http://www.mod.gov.lv/Par%20nozari/Politikas_planosana.aspx;
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. Interaktīvā šautuve/ medību stimulators / Internets. - http://purnavumuiza.lv/lv/hunt_simul/aprakstsgarais/ ;
6. Experience the Game's Full Intensity! / Internets. – <http://tngames.com/products> ;
7. Тарасов В.М. Практическое применение компьютерно-тренажерной технологии в обучении огневой подготовке из стрелкового оружия,, ЯВФЭИ, г. Ярославль; Сборник материалов I Международного форума «Лазерполитех-2005» «Технологии и средства обеспечения огневой подготовки» / Internets. - <http://www.lasertools.ru/sbornik.htm#%C4%CF%CB%CC%1%4%CF%D7> ;
8. Psychological Effects of Combat, Dave Grossman and Bruce K. Siddle, Academic Press, 2000 / Internets. – http://www.killology.com/print/print_psychological.htm ;
9. Šaušanas simulatora izveide NBS karavīru mācību procesa nodrošināšanai / Pētnieciskā projekta Nr. AĪVA2004/152 pārskats, SIA SELKOMS, Rīga, 2005
10. 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.
11. 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%1%4%CF%D7> ;
12. Принцип работы стрелкового тренажера СКАТТ / Internets. - <http://www.scatt.ru/home/> ;
13. Noptel specializes in optoelectronics / Internets. - http://www2.noptel.fi/eng/mil/index.php?doc=3_products/miltrainer ;
14. Risto Myllyla, Harri Kopala, Juha Kostamovaara, Raimo Ahola. Assignee: Noptel Ky, Optoeletronic Target Practice Apparatus. US Patent Nr.4,640,514 Date of Patent: Feb.3,1987
15. 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.
16. Raimo Ahola, Harri Kopala, Risto Myllyla. Assignee: Noptel Ky, Method for shooting practice. US Patent Nr.4,553,943 Date of Patent: Nov.19,1985
17. Tom Slear. This Ain't your daddy's firing range// MS&T. The international defence training journal. - 2007. ISSN 1471-1052, 18.-22. page;
18. Small Arms Systems / Internets. – http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=16&name=Military_Live_Small_Arms_Systems;
19. Russians Form Center of Computing for Physics and Technology Internets/ <http://veonpc.com/index.php/production/trainers>;

20. Uldis Jaspers. Juanas medicīnas tehnoloģijas// "Slimnīcas ziņas" Paula Stradiņa Klīniskās universitātes slimnīcas izdevums Nr.2(25) Jūnijs. - 2009. 5. lpp;
21. Қиплокс J., Раңкис I., Vjaters J. Shooting Simulator System // Electronics and Electrical Engineering. - Kaunas, LIETUVA: Department of Electronics Engineering, Kaunas University of Technology,, 2008. - 19.-24. lpp.
22. Terminu vārdnīca / Internets. – http://www.ttc.lv/advantagecms/LV/meklet/meklet_terminus.html ;
23. Я. Я. Берзин, Я. Я. Штраль. Военный латышско-русский, русско-латышский словарь. государственное словарно-энциклопедическое изд-во «Советская Энциклопедия». – Москва, 1933.
24. A.Baums, J.Borzovs, A.Gobzemis, I.Freibergs, G.Fricnovičs, I.Ilziņa. Angļu-latviešu-krievu skaidrojošā vārdnīca. – Rīga: A/s Dati, 1998.
25. Dictionary of Contemporary English „Longman” edition 2003, 1950 p. ISBN 1-405-81126-9
26. Симулятор / Internets. – <http://ru.wikipedia.org/wiki> ;
27. U.S. Army Training Support Center presentation. NATO TSWG UK Conference 13.-17.03.2006. Salisbury, UK
28. 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.
29. Richard Nance. Mean Stret Simulators// Tactical Weapons Magazine. – 2010. 11. - 60.-64.p.,
30. Weapons Trainers / Internets. - http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=2&name=Military_Virtual_Small_Arms_Trainer ;
31. BlueFire Weapons / Internets. - http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=25&name=LE_Virtual_Bluefire_Weapons ;
32. Tactical Weapon Simulators / Internets. – <http://www.lasershot.com/military> ;
33. 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
34. 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
35. 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> ;
36. Профессиональные стрелковые тренажеры для тренировочных беспулевых стрельб из пистолета системы Макарова и автомата Калашникова серии ОЭТ / Internets. – <http://www.ama.spb.ru/index.htm> ;
37. Статьи о технике стрельбы, практика применения тренажеров СКАТТ / Internets. - <http://www.scatt.ru/articles/> ;
38. О компании ООО НТЦ «Лазерные технологии» / Internets. – www.lasertools.ru ;
39. Современные лазерные интерактивные тирсы / Internets. -<http://www.lasertools.ru/> ;
40. Федеральное государственное унитарное предприятие / Internets. - <http://www.tsnitochmash.ru/about.html> ;
41. Стрелковые тренажеры / Internets. – <http://www.tsnitochmash.ru/trenager.html> ;
42. A.Valters, Šaušanas pamati, Rīga NAA 2001. 182 lpp., ISBN 9984-625-27-3;
43. J.Vjaters, M.Polakovs, R.Rizikovs, Small Arms Shooting Simulators, Militārais apskats . - 3/4 . (2009) page 107-109. ;

44. 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.;
45. 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.;
46. 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.
47. 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 ;
48. 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;
49. Mazpulka dalībnieka vadonis šaušanas apmācībā. Militārās literatūras apgādes fonda izdevums, Rīga. -1938. - 78.lpp.;
50. 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.
51. 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> ;
52. G36 E / G36K E Rifles MG36E Machine Gun. Instruction manual, Heckler & Koch, INC, 40 p.
53. HK USP, USP Compact Pistol & USP Specialty Pistols Operators Manual (Includes LEM), Heckler & Koch, INC, 52 p.
54. Пистолет или револьвер, курок или спусковой крючок - в чем отличия? / Internets. – http://www.shooting-ua.com/arm-books/arm_book_188.htm ;
55. Пулевая спортивная стрельба, А.А.Юрьев, Москва, "Физкультура и спорт", 1973 г / Internets. – <http://lib.algid.net/pss/o3g04p01.php> ;
56. Учебное пособие по начальной военной подготовке, под редакцией Одинцова А.И.,Москва:ДОСААФ, 1973. - 312 л.
57. Psychological Effects of Combat. Dave Grossman and Bruce K. Siddle. Academic Press, 2000 / Internets. - www.killology.com/print/print_psychological.htm ;
58. Бозержан Ж. Справочник по спортивной стрельбе. Ростов н/Д , Феникс,: 2006, 192 ст, ISBN: 5-222-08756-5
59. 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.
60. 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.
61. Fundamentals of Ballistics. Gunther Dyckmans (2007–2010) / Internets. – <http://e-ballistics.com/> ;
62. А.А.Юрьев, Пулевая спортивная стрельба. М.: Физкультура и спорт, 1973 (3-е изд.), 250.с.;
63. A Short Course in External Ballistics / Internets. - <http://www.molonlabe.net/johns/extbal.htm> ;

64. Christopher Tremblay. Mathematics for game developers. - USA, Boston. - 2004. – 632.p.
65. 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.
66. Стрельба под углом к горизонту / Internets. -
<http://www.ada.ru/Guns/ballistic/angles/index.htm> ;
67. Interactive Shooting Simulator Design//Ahmed A. Abd El_Wahab, W. Gharieb / Internets. – <http://faculty.ksu.edu.sa/wahied/PAPERS%20LIBRARY/MIEC4.pdf> ;
68. Protocols in Optical Networks / Internets. –
http://www.telematica.polito.it/mellia/corsi/07-08/reti_ottiche_master/ON-Poli-protocols.pdf ;
69. Populārā medicīnas enciklopēdija – R: LZA, 1975. 624lpp.
70. Шаронов В. В. Свет и цвет. - М.: Физматгиз, 1961, 311 с;
71. Алферов В.В. Конструкция и расчет автоматического оружия. - М., Машиностроение, 1977, 248 с.
72. On the Design of Low-Power Signal Conditioners for Resistive Sensors/ Internets. –
http://www.imeko2009.it.pt/Papers/FP_268.pdf ;
73. Novikovs V., Muhins V., Zavickis J., Zīke 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.
74. Fraden Jacob, Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications / Springer. 2004, 590 p. ISBN 0-387-00750-4
75. USB 3.0 Specification / Internets. - <http://www.usb.org/developers/docs/> ;
76. G. Bradski, A. Kaehler Learning OpenCV, 2008, O'Reilly Media;

Pielikumi

Programma MatLab vidē trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča sānu nolieces leņķa

```

%Programma trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča
%sānu nolieces leņķa
%(pieņemot, ka lode lido pa taisni)
format compact
format short
%echo on
disp ('Trāpījuma koordināšu aprēķināšana')
disp ('Gadījums ja ierocim nav pacēluma leņķa')
%Konstantes
hr=0.08;%Attālums no tēmēšanas līnijas līdz rotācijas centram (metros)
htr=0.1;%Attālums no tēmēšanas punkta līdz trāpījuma punktam piešautajā attālumā
(metros)
hst=0.015;%Attālums no tēmekļa centra līdz stobra centram (metros)
lm=25;%Piešaudes attālums (metros)
xc=0.1; %Mērķa centra x koordinātes
yc=0.1; %Mērķa centra y koordinātes
disp ('Standarta piešaudes attālums 25m!')
%Datu ievade

sk=input('Šāvieni skaits sērijā sk=')%ievadām šāvieni skaitu sērijā
lm=input('Attālums līdz mērķim (metros)lm = ')
kx=input('Vēja novirze(centimetros)pēc ballistikas tabulas kx = ')
ky=input('Augstuma novirze(centimetros)pēc ballistikas tabulas ky = ')
htr=((htr+hst)/lm)*lm-hst %aprēķina trāpījuma augstumu mērķī
%Iztīram atmiņu
xj=zeros(1:sk);
yj=zeros(1:sk);
xi=zeros(1:sk);
yi=zeros(1:sk);
ds=zeros(1:sk);
dc=zeros(1:sk);
for n=1:sk
disp ('Skaitītāja stāvoklis')
n
%Ieroča nolieces leņķis
al=input('Ieroča sānu nolieces leņķis (grādos) al=');
disp('Trāpījuma novirzes pa asīm (metros)')
dx=((hr+htr)*sind(al))-(hr*sind(al))
dy=hr-hr*cosd(al)
disp('Kameras fiksētās koordinātes')
%ievadām matricas elementu trāpījuma x koordinātes
xj(n)=0.01*input('Uz mērķa fiksētās koordinātes pa X asi (centimetros) xj=');
xj
%ievadām matricas elementu trāpījuma y koordinātes

```

```

    yj(n)=0.01*input('Uz mērķa fiksētās koordinātes pa y asi (centimetros) yj=');
yj
    xi(n)=(xj(n)-dx)+(kx*0.01);
    xi
    yi(n)=((yj(n)-dy)+(htr-htr0)+(kx*0.01));
    yi
    disp('Šaušanas rezultātu novērtēšana')
    if n==1
    Sx=xi(n)
    Sy=yi(n)
    else
    %Vidējā trāpījuma punkta x koordinātes aprēķināšana
    Sx=sum(xi(n))/n
    %Vidējā trāpījuma punkta y koordinātes aprēķināšana
    Sy=sum(yi(n))/n
    end
    %Pēdējā trāpījuma attālums no vidējā trāpījuma punkta
    ds=sqrt(((xi(n)-Sx)^2)+((yi(n)-Sy)^2));
    ds
    %Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra
    Ds=sum(ds)/n;
    Ds
    %Pēdējā trāpījuma attālums no mērķa centra
    dc=sqrt(((xi(n)-xc)^2)+((yi(n)-yc)^2));
    dc
    %Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra
    Dc=sum(dc)/n;
    Dc
    %Novirzes leņķis pret mērķa centru
    si=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc));
    si
    %Novirzes indikācija atkarībā no trāpījuma vietas
    if abs(yi(n)-yc)<=20*eps&abs(xi(n)-xc)<=20*eps
    fi=0
    k=0
    disp('!!!Bingo!!!')
    elseif yi(n)>yc
    fi=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
    k=-1
    disp('uz leju')
    if xi(n)>xc
    disp('pa kreisi')
    elseif abs(xi(n)-xc)<=20*eps
    disp('pa centru')
    elseif xi(n)<xc
    disp('pa labi')
    end
    elseif abs(yi(n)-yc)<=20*eps
    fi=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
    if xi(n)>xc

```

```

k=-1
disp ('līmenī pa kreisi')
elseif xi(n)<xc
k=1
disp ('līmenī pa labi')
end
elseif yi(n)<yc
fi=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
k=1
disp ('uz augšu')
if xi(n)>xc
disp ('pa kreisi')
elseif abs(xi(n)-xc)<=20*eps
disp ('pa centru')
elseif xi(n)<xc
disp ('pa labi')
end
end
%Mērķa ārējais aplis (metros)
t=[0:0.01:2*pi];
a0=0.1+(0.01*cos(t));
d0=0.1+(0.01*sin(t));
a1=0.1+(0.02*cos(t));
d1=0.1+(0.02*sin(t));
a2=0.1+(0.03*cos(t));
d2=0.1+(0.03*sin(t));
a3=0.1+(0.04*cos(t));
d3=0.1+(0.04*sin(t));
a4=0.1+(0.05*cos(t));
d4=0.1+(0.05*sin(t));
a5=0.1+(0.06*cos(t));
d5=0.1+(0.06*sin(t));
a6=0.1+(0.07*cos(t));
d6=0.1+(0.07*sin(t));
a7=0.1+(0.08*cos(t));
d7=0.1+(0.08*sin(t));
a8=0.1+(0.09*cos(t));
d8=0.1+(0.09*sin(t));
a9=0.1+(0.1*cos(t));
d9=0.1+(0.1*sin(t));
plot(a0,d0,'b',a1,d1,'b',a2,d2,'b',a3,d3,'b',a4,d4,'b',a5,d5,'b',a6,d6,'b',a7,d7,'b',a8,d8,'b',a9,d9,'b');
axis square;grid on
hold on
%Mērķa centrālās asis
R=0.1;
E=[-0.1:0.05:0.3];
U=[-0.1:0.05:0.3];
I=0.1;
plot(R,E,'k',U,I,'k');axis square
hold on

```

```
%Trāpījuma koordināšu vizualizācija
plot(xj(1:n),yj(1:n),'gx',xi(1:n),yi(1:n),'ko',xj(1:n),yj(1:n),'g',xi(1:n),yi(1:n),'r');axis square;grid
on
end
%echo off
```

Programma MatLab vidē trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča pacēluma un sānu nolieces leņķa ar komentāriem.

```

%Programma trāpījumu koordināšu noviržu aprēķināšanai atkarībā no ieroča
%pacēluma un sānu nolieces leņķa
format compact
format short
%echo on
disp ('Trāpījuma koordināšu aprēķināšana')
%Konstantes
hr=0.08;%Attālums no tēmēšanas līnijas līdz rotācijas centram (metros)
htr=0.1;%Attālums no tēmēšanas punkta līdz trāpījuma punktam piešautajā attālumā
(metros)
hst=0.015;%Attālums no tēmēkļa centra līdz stobra centram (metros)
lm0=25;%Piešaudes attālums (metros)
xc=0.1; %Mērķa centra x koordinātes
yc=0.1; %Mērķa centra y koordinātes
fi=asind(htr/lm0)%Leņķis starp stobra līniju un tēmēšanas līniju
disp ('Standarta piešaudes attālums 25m!')
%Datu ievade
sk=input('Šāvieni skaits sērijā sk=')
lmt=input('Attālums līdz mērķim pa horizontāli (metros)lmt = ')
teta=input('Pacēluma leņķis (grādos)teta = ')
lm=lmt/cosd(teta);
lm
disp ('Atbilstoši lm vērtībai izvēlās ky')
ky=input('Augstuma novirze(centimetros)pec ballistikas tabulas ky = ')
kx=input('Veja novirze(centimetros)pec ballistikas tabulas kx = ')
htrt=lm*sind(fi)%Aprēķina trāpījuma augstumu mērķim, kurš perpendikulārs tēmēšanas
līnijai
%Iztīram atmiņu
xj=zeros(1:sk);
yj=zeros(1:sk);
xi=zeros(1:sk);
yi=zeros(1:sk);
ds=zeros(1:sk);
dc=zeros(1:sk);
for n=1:sk
disp ('Skaitītāja stāvoklis')
n
al=zeros;
htr=zeros;
%Ieroča nolieces leņķis
al=input('Ieroča sānu nolieces leņķis (grādos) al=');
if teta<0
kq=(htrt/(cosd(teta)))*(-1);

```

```

kk=((tand(teta+fi))*(((htrt*sind(teta))))*cosd(al))*(-1);
htr=(kq+kk)*(-1);
else
kq=htrt/(cosd(teta));
kk=((tand(teta+fi))*((abs(htrt*sind(teta))))*cosd(al));
htr=kq+kk;
end
disp('Trāpījuma novirzes pa asīm (metros)')
dx=((hr+htr)*sind(al))-(hr*sind(al))
dy=hr-hr*cosd(al)
disp('Kameras fiksētās koordinātes')
%Ievadam matricas elementu trāpījuma x koordinātes
  xj(n)=0.01*input('Uz mērķa fiksētās koordinātes pa X asi (centimetros) xj=');

%Ievadam matricas elementu trāpījuma y koordinātes
  yj(n)=0.01*input('Uz mērķa fiksētās koordinātes pa y asi (centimetros) yj=');
  xi(n)=(xj(n)-dx)+(kx*0.01);
  yi(n)=((yj(n)-dy)+(htr-htr0)+(ky*0.01));

disp('Šaušanas rezultātu novērtēšana')
if n==1
Sx=xi(n)
Sy=yi(n)
else
Sx=sum(xi(n))/n% Vidējā trāpījuma punkta x koordinātes aprēķināšana
Sy=sum(yi(n))/n% Vidējā trāpījuma punkta y koordinātes aprēķināšana
end
%Pēdējā trāpījuma attālums no vidējā trāpījuma punkta
  ds=sqrt(((xi(n)-Sx)^2)+((yi(n)-Sy)^2));
  ds
%Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra
Ds=sum(ds)/n;
Ds
%Pēdējā trāpījuma attālums no mērķa centra
  dc=sqrt(((xi(n)-xc)^2)+((yi(n)-yc)^2));
  dc
%Kopējā trāpījumu novirze no grupas centra
Dc=sum(dc)/n;
Dc
%Novirzes leņķis pret mērķa centru
si=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc));
si
%Novirzes indikācija atkarībā no trāpījuma vietas
if abs(yi(n)-yc)<=20*eps&abs(xi(n)-xc)<=20*eps
  si=0
  k=0
  disp('!!!Bingo!!!')
elseif yi(n)>yc
  si=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
  k=-1

```

```

disp ('uz leju')
if xi(n)>xc
disp ('pa kreisi')
elseif abs(xi(n)-xc)<=20*eps
disp ('pa centru')
elseif xi(n)<xc
disp ('pa labi')
end
elseif abs(yi(n)-yc)<=20*eps
si=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
if xi(n)>xc
k=-1
disp ('līmenī pa kreisi')
elseif xi(n)<xc
k=1
disp ('līmenī pa labi')
end
elseif yi(n)<yc
si=atand((yi(n)-yc)/(xi(n)-xc))
k=1
disp ('uz augšu')
if xi(n)>xc
disp ('pa kreisi')
elseif abs(xi(n)-xc)<=20*eps
disp ('pa centru')
elseif xi(n)<xc
disp ('pa labi')
end
end
end
%Mērķa ārējais aplis (metros)
t=[0:0.01:2*pi];
a0=0.1+(0.01*cos(t));
d0=0.1+(0.01*sin(t));
a1=0.1+(0.02*cos(t));
d1=0.1+(0.02*sin(t));
a2=0.1+(0.03*cos(t));
d2=0.1+(0.03*sin(t));
a3=0.1+(0.04*cos(t));
d3=0.1+(0.04*sin(t));
a4=0.1+(0.05*cos(t));
d4=0.1+(0.05*sin(t));
a5=0.1+(0.06*cos(t));
d5=0.1+(0.06*sin(t));
a6=0.1+(0.07*cos(t));
d6=0.1+(0.07*sin(t));
a7=0.1+(0.08*cos(t));
d7=0.1+(0.08*sin(t));
a8=0.1+(0.09*cos(t));
d8=0.1+(0.09*sin(t));
a9=0.1+(0.1*cos(t));

```

```

d9=0.1+(0.1*sin(t));
plot(a0,d0,'b',a1,d1,'b',a2,d2,'b',a3,d3,'b',a4,d4,'b',a5,d5,'b',a6,d6,'b',a7,d7,'b',a8,d8,'b',a9,d9,'b');
axis square;grid on;hold on
%Mērķa centrālās asis
R=0.1;
E=[-0.1:0.05:0.3];
U=[-0.1:0.05:0.3];
I=0.1;
plot(R,E,'k',U,I,'k');axis square;hold on
%Trāpījuma koordināšu vizualizācija
plot(xj(1:n),yj(1:n),'gx',xi(1:n),yi(1:n),'ko',xj(1:n),yj(1:n),'g',xi(1:n),yi(1:n),'r');axis square;grid
on
end
%echo off

```

Vadības bloka laika aizturu formēšanas mikroprocesora programma.

DEfine OSC 4

```
OPTION_REG.7 = 0 ' Set pullups on PORTB
TRISA = $01
TRISB = $FF
```

```
IN    VAR PORTA.0
SHOT  VAR PORTA.1
IR    VAR PORTA.2
LASER VAR PORTA.3
```

```
MANAUT VAR PORTB.2
FULL1  VAR PORTB.3
FULL2  VAR PORTB.4
FULL3  VAR PORTB.5
SHOT1  VAR PORTB.6
SHOT2  VAR PORTB.7
```

```
FTIME  VAR BYTE
LASTIME VAR BYTE
SHTIME VAR BYTE
TIMES  var byte
```

```
LASER = 0
IR = 0
SHOT = 0
```

```
FULL1 = 0
FULL2 = 0
FULL3 = 0
SHOT1 = 0
SHOT2 = 0
```

```
FTIME = 0
LASTIME = 0
SHTIME = 0
```

```
IF SHOT1 = 0 AND SHOT2 = 0 THEN
shtime = 5
lastime = 30
endif
```

```
IF SHOT1 = 1 AND SHOT2 = 0 THEN
shtime = 15
lastime = 20
endif
```

```
IF SHOT1 = 0 AND SHOT2 = 1 THEN
shtime = 25
```

```
lastime = 10  
endif
```

```
IF SHOT1 = 1 AND SHOT2 = 1 THEN  
shtime = 35  
lastime = 0  
endif
```

```
if full1 = 0 and full2 = 0 and full3 = 0 then ftime = 30  
if full1 = 1 and full2 = 0 and full3 = 0 then ftime = 40  
if full1 = 0 and full2 = 1 and full3 = 0 then ftime = 50  
if full1 = 1 and full2 = 1 and full3 = 0 then ftime = 60  
if full1 = 0 and full2 = 0 and full3 = 1 then ftime = 70  
if full1 = 1 and full2 = 0 and full3 = 1 then ftime = 80  
if full1 = 0 and full2 = 1 and full3 = 1 then ftime = 90  
if full1 = 1 and full2 = 1 and full3 = 1 then ftime = 100
```

```
Loop:  
if in = 0 then goto loop
```

```
repeat  
until in = 0
```

```
if manaut then  
times = 1  
else  
times = 10  
endif
```

```
Shooting:
```

```
if times = 0 then goto loop  
laser = 1  
ir = 1  
Shot = 1  
times = times - 1  
PAUSE 25  
ir = 0  
PAUSE SHTIME  
SHOT = 0  
PAUSEUS 6540  
PAUSE LASTIME  
laser = 0  
pauseus 3400  
pause 3  
pause ftime  
goto shooting
```

```
end
```

Attēla apstrādes procedūras C# kods ar paskaidrojumiem

```

IntPtr frame; //Atmiņas piešķiršana kārtējā kadra saglabāšanai
frame = capture.QueryGrayFrame(); //Nolasa kārtējo kadru no kameras
IntPtr a = new IntPtr(0); //Izveido tukšu rādītāju, lai būtu ar ko salīdzināt iegūto attēlu

//Izveidojam jaunu bildi, kas kalpos par zīmēšanas rāmi
if (frame == a)
{
//Tiek filtrēts fona attēls, lai iegūtu veigli apstrādājamu attēlu
IntPtr imgThresh = GetThersholdedImage(frame);
//Izveido atsevišķu attēlu, kas tiek prezentēts lietotājam
imgScrabble = CvInvoke.cvCreateImage(CvInvoke.cvGetSize(frame),
    Emgu.CV.CvEnum.IPL_DEPTH.IPL_DEPTH_8U, 1);
}

//Kontūru meklēšana
if (imgThresh != a)
{
//Izveido atmiņas buferi atrasto kontūru glabāšanai
IntPtr storage = CvInvoke.cvCreateMemStorage(0);
//Kontūras mainīgais
IntPtr contour1 = new IntPtr();
//Kontūru meklēšanas procedūra
CvInvoke.cvFindContours(imgThresh, storage, ref contour1,
    StructSize.MCvContour,
    Emgu.CV.CvEnum.RETR_TYPE.CV_RETR_LIST,

    Emgu.CV.CvEnum.CHAIN_APPROX_METHOD.CV_CHAIN_APPROX_SI
    MPLE,
    new Point(0, 0));
//Atrasto kontūru masīvs
Seq<Point> contour = new Seq<Point>(contour1, null);
int Kontura = 0;
//Katras atrastās kontūras apstrāde
for (; contour != null && contour.Ptr.ToInt32() != 0; contour = contour.HNext)
{
    Kontura++;
//Izveido taisnstūri ap katru no atrastajām kontūrām
Rectangle bndRect = CvInvoke.cvBoundingRect(contour, 0);
Point pt1 = new Point(0, 0);
Point pt2 = new Point(0, 0);

pt1.X = bndRect.X * 2;
pt1.Y = bndRect.Y * 2;
pt2.X = bndRect.X * 2 + bndRect.Width * 2;
}
}

```

```

pt2.Y = bndRect.Y * 2 + bndRect.Height * 2;

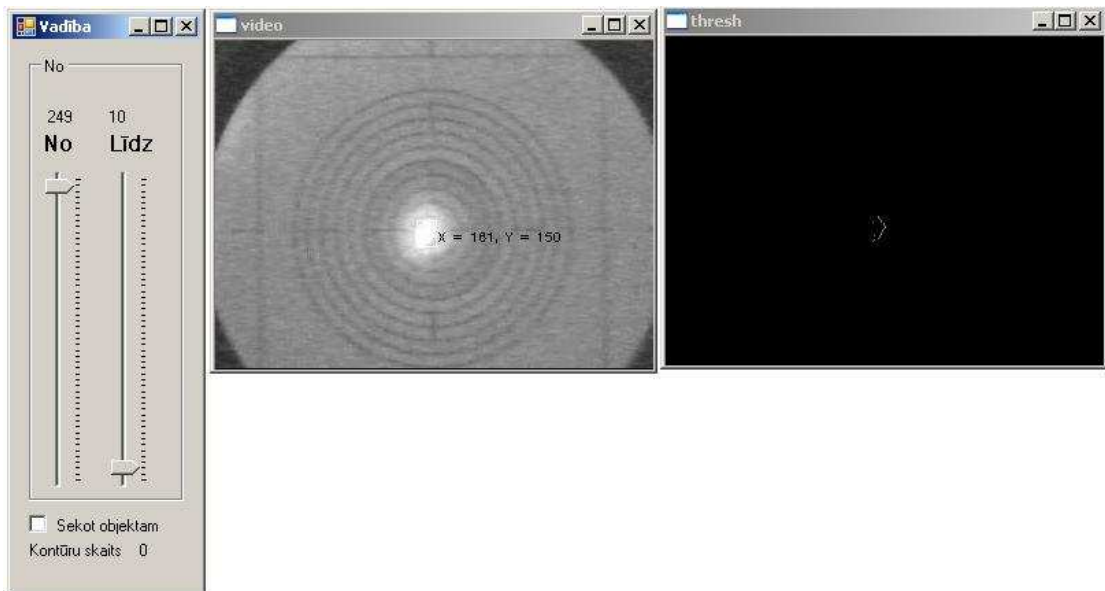
//Mainīgais Lidz norāda minimālo kontūras izmēru
//Tiek pievienots teksts ar atbilstošajām taisnstūra koordinātēm
if (bndRect.Width >= Lidz)
{CvInvoke.cvRectangle(frame, pt1, pt2, new MCvScalar(255, 0, 0),
    1, LINE_TYPE.FOUR_CONNECTED, 1);
    string str = "X = " + System.Convert.ToString(bndRect.X + bndRect.Width) + ", Y = "
    + System.Convert.ToString(bndRect.Y + bndRect.Height);
    CvInvoke.cvPutText(frame, str, new Point(bndRect.X + 15, bndRect.Y + 15), ref
    imgFont, new MCvScalar(0, 0, 0));
}
}
}
//Sākotnējam kadram uzklāj kontūru taisnstūrus un centra koordinātes
CvInvoke.cvAdd(frame, imgScrabble, frame, a);
//Attēlo sākotnējo un filtrēto attēlu atsevišķos logos
CvInvoke.cvShowImage("thresh", imgThresh);
CvInvoke.cvShowImage("video", frame);

```

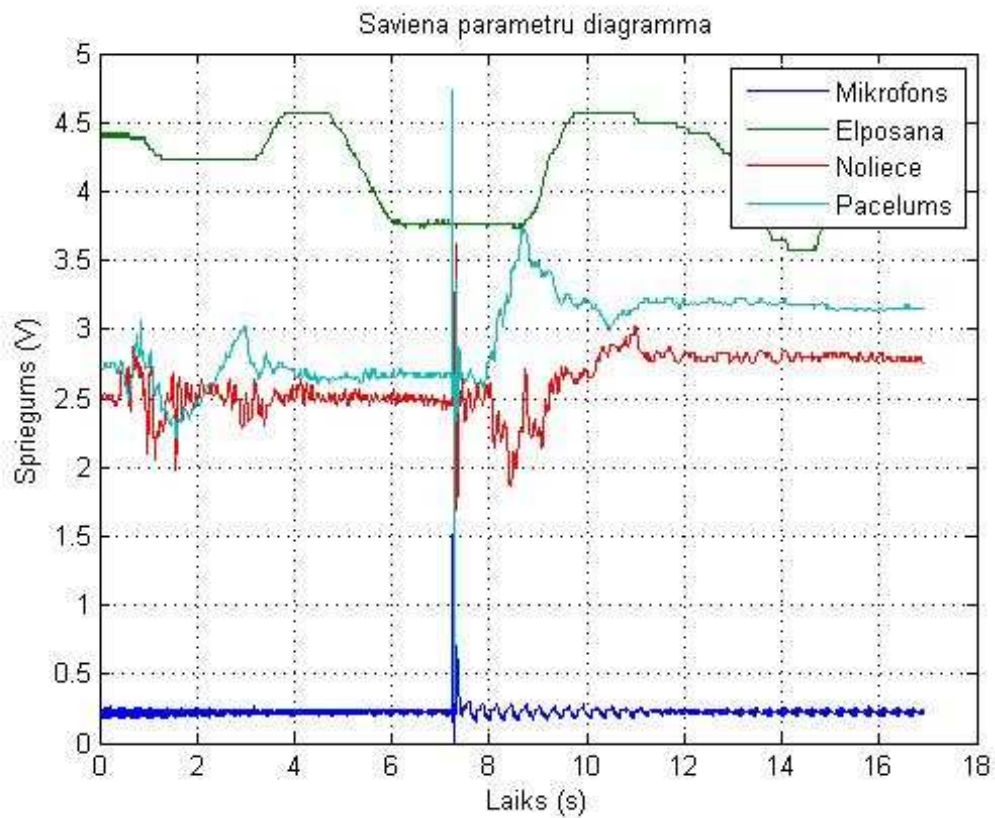
Pielikums Nr.5
Trāpījumu fiksēšanas rezultāti

1.šāviens

Trāpījumu attēls ar noteiktajām koordinātēm.



Nolasāmo parametru grafiskais attēls.



Datu lasītāja faila fragments

START: 2011.07.02. 21:59:19
STOP : 2011.07.02. 21:59:36
START: 2011.07.02. 21:52:50
STOP : 2011.07.02. 21:53:06

TIME STEP:
100 = 1s

VOLTAGE RANGE:
CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V
CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

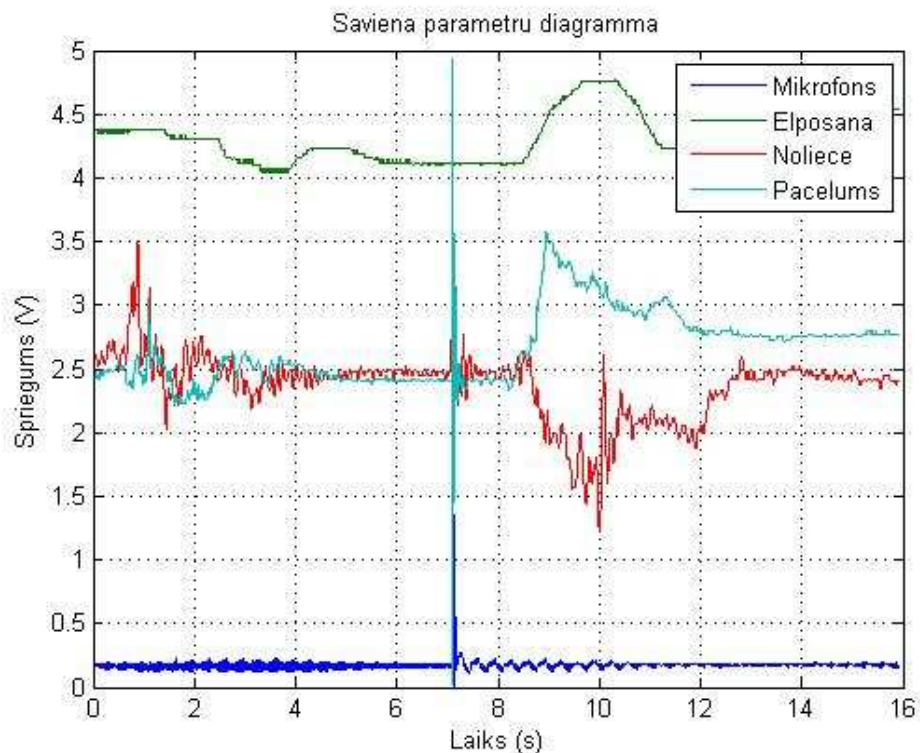
N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
0	17	187	107	114	0.00	0.200	4.400	2.518	2.682
1	21	188	107	114	0.01	0.247	4.424	2.518	2.682
2	17	187	107	114	0.02	0.200	4.400	2.518	2.682
3	20	188	106	115	0.03	0.235	4.424	2.494	2.706
4	17	187	106	115	0.04	0.200	4.400	2.494	2.706
<hr/>									
720	18	160	105	113	7.20	0.212	3.765	2.471	2.659
721	19	160	104	113	7.21	0.224	3.765	2.447	2.659
722	19	160	104	113	7.22	0.224	3.765	2.447	2.659
723	19	160	104	114	7.23	0.224	3.765	2.447	2.682
724	13	160	105	107	7.24	0.153	3.765	2.471	2.518
725	128	160	139	201	7.25	1.506	3.765	3.271	4.729
726	1	160	128	13	7.26	0.012	3.765	3.012	0.306

2.šāviens.

Trāpījumu attēls ar noteiktajām koordinātēm.



Nolasāmo parametru grafiskais attēls.



Datu lasītāja faila fragments.

START: 2011.07.02. 21:54:56
 STOP : 2011.07.02. 21:55:30

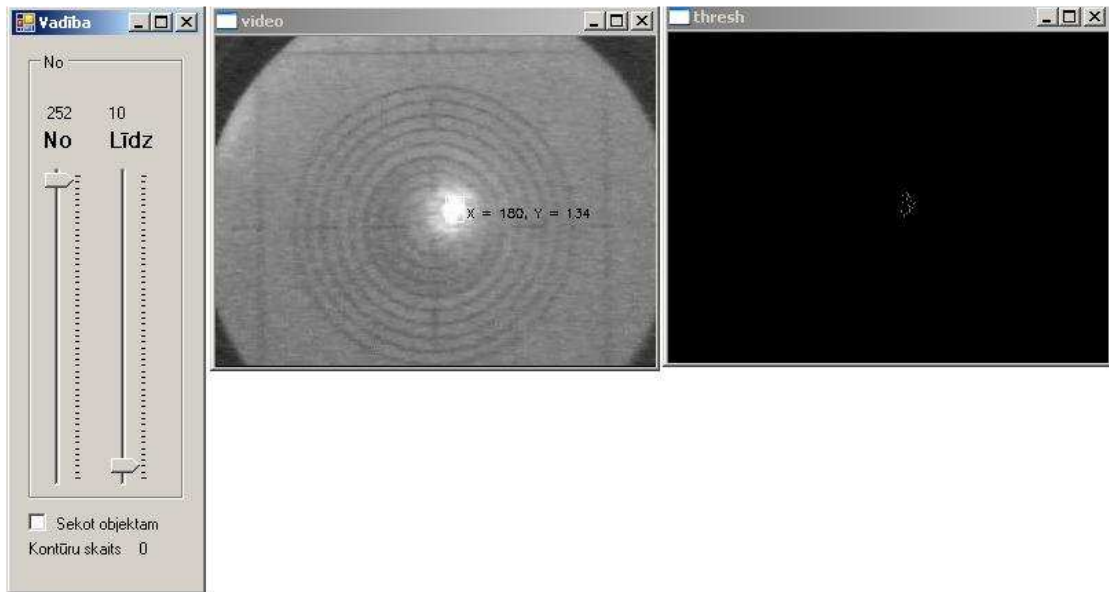
TIME STEP:
 100 = 1s

VOLTAGE RANGE:
 CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V
 CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

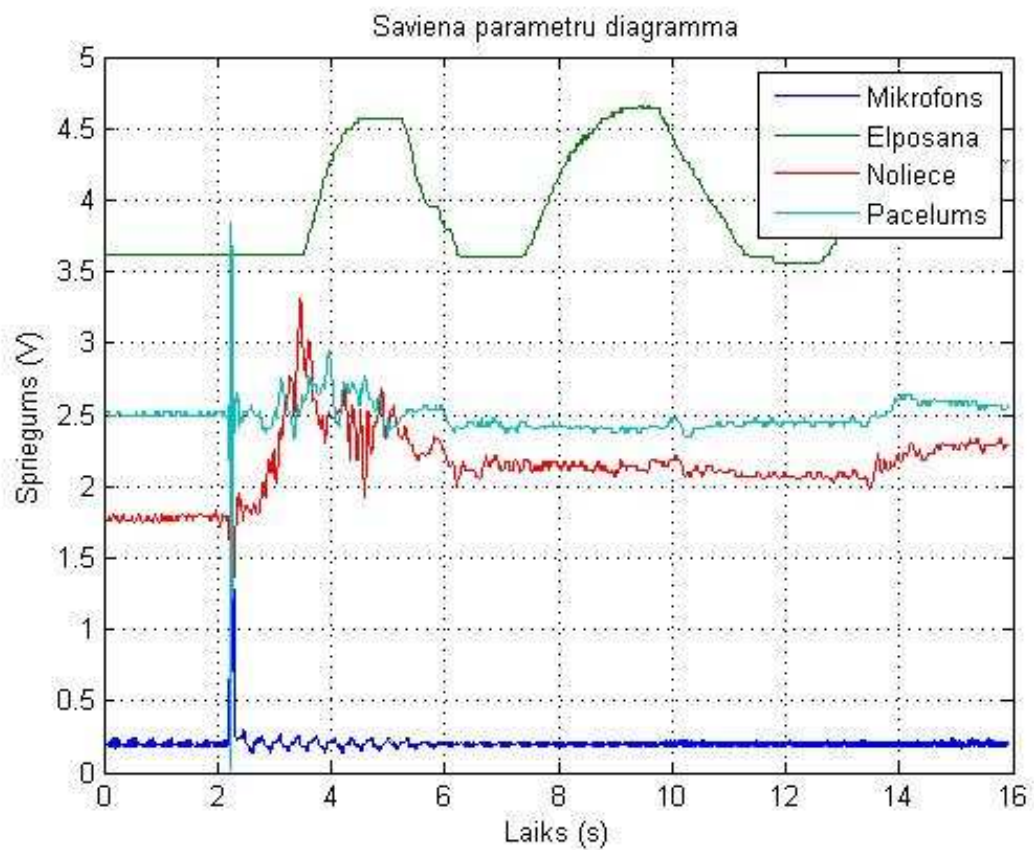
N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
0	13	186	110	104	0.00	0.153	4.376	2.588	2.447
1	16	186	110	104	0.01	0.188	4.376	2.588	2.447
2	14	186	110	105	0.02	0.165	4.376	2.588	2.471
3	16	186	111	104	0.03	0.188	4.376	2.612	2.447
4	14	186	111	104	0.04	0.165	4.376	2.612	2.447
<hr/>									
705	16	175	106	103	7.05	0.188	4.118	2.494	2.424
706	13	175	106	102	7.06	0.153	4.118	2.494	2.400
707	15	175	105	102	7.07	0.176	4.118	2.471	2.400
708	13	174	105	102	7.08	0.153	4.094	2.471	2.400
709	27	175	106	88	7.09	0.318	4.118	2.494	2.071
710	139	175	117	210	7.10	1.635	4.118	2.753	4.941
711	161	175	127	1	7.11	1.894	4.118	2.988	0.024

3. šāviens.

Trāpījumu attēls ar noteiktajām koordinātēm.



Nolasāmo parametru grafiskais attēls.



Datu lasītāja faila fragments.

START: 2011.07.02. 21:55:56
STOP : 2011.07.02. 21:56:13

TIME STEP:
100 = 1s

VOLTAGE RANGE:
CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V
CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

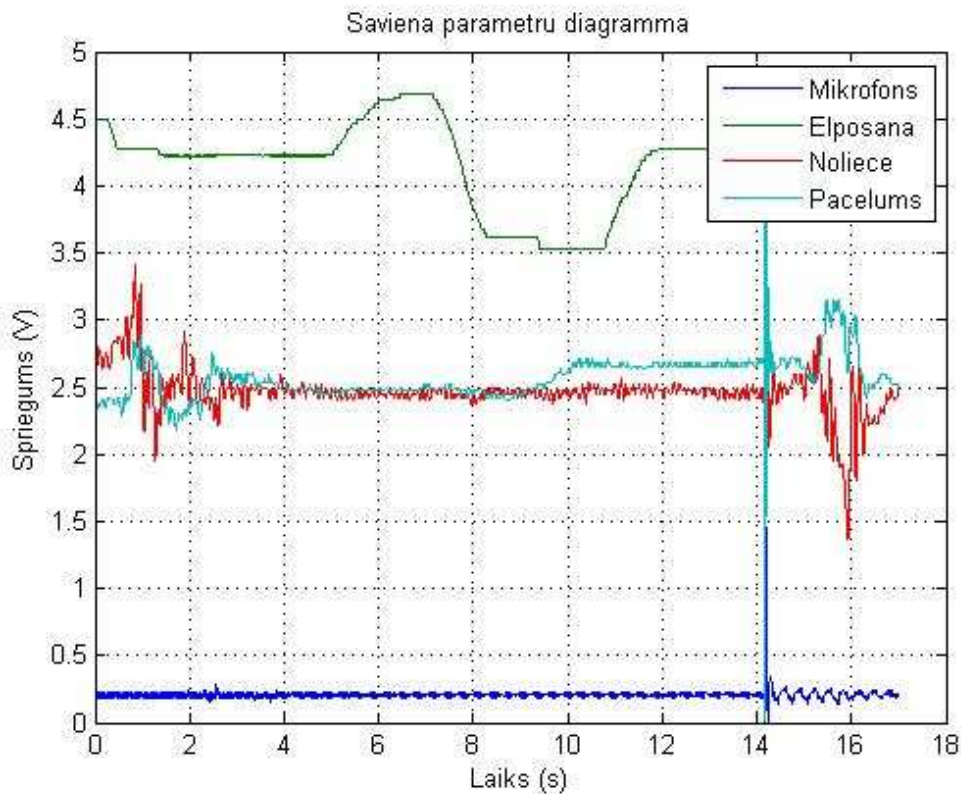
N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
0	14	172	104	96	0.00	0.165	4.047	2.447	2.259
1	17	154	74	106	0.01	0.200	3.624	1.741	2.494
2	17	154	74	106	0.02	0.200	3.624	1.741	2.494
3	17	154	74	106	0.03	0.200	3.624	1.741	2.494
4	17	154	74	107	0.04	0.200	3.624	1.741	2.518
217	16	154	75	105	2.17	0.188	3.624	1.765	2.471
218	18	154	74	105	2.18	0.212	3.624	1.741	2.471
219	17	154	75	106	2.19	0.200	3.624	1.765	2.494
220	17	154	76	106	2.20	0.200	3.624	1.788	2.494
221	18	154	74	93	2.21	0.212	3.624	1.741	2.188
222	94	154	64	126	2.22	1.106	3.624	1.506	2.965
223	109	154	37	1	2.23	1.282	3.624	0.871	0.024
224	94	154	57	163	2.24	1.106	3.624	1.341	3.835

4.šāviens.

Trāpījumu attēls ar noteiktajām koordinātēm.



Nolasāmo parametru grafiskais attēls.



Datu lasītāja faila fragments.

START: 2011.07.02. 21:59:19
 STOP : 2011.07.02. 21:59:36

TIME STEP:
 100 = 1s

VOLTAGE RANGE:
 CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V
 CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

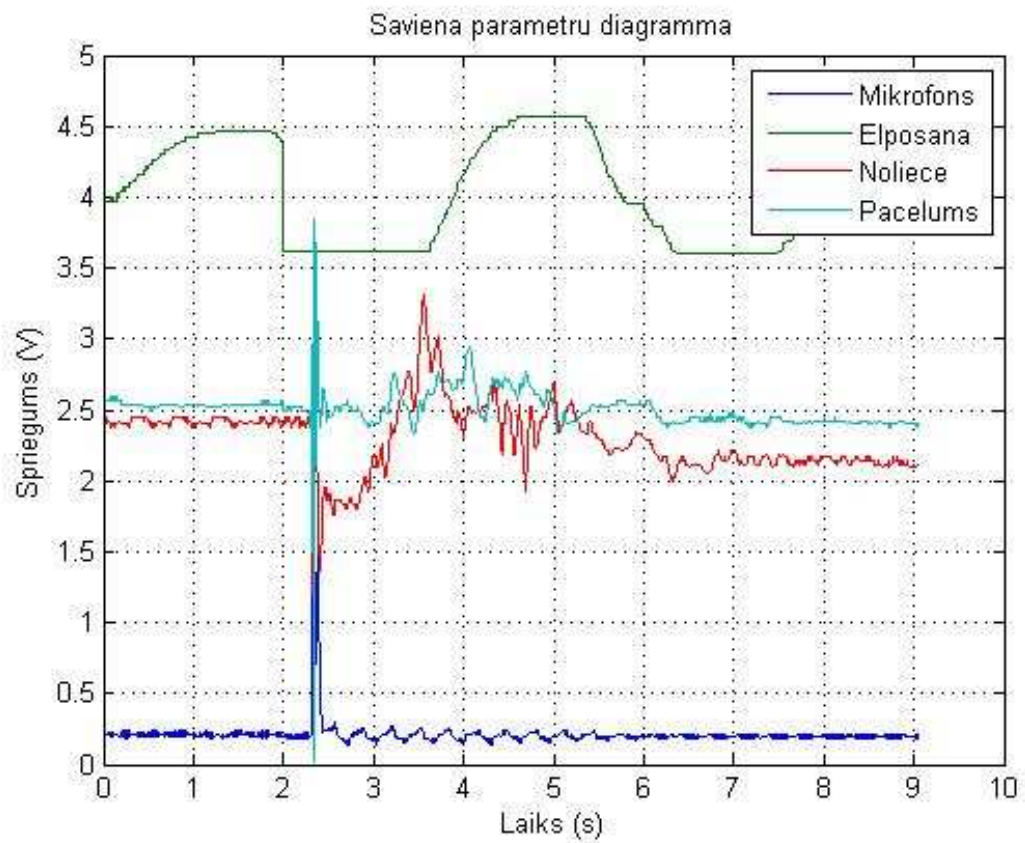
N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
0	16	191	115	100	0.00	0.188	4.494	2.706	2.353
1	18	191	114	100	0.01	0.212	4.494	2.682	2.353
2	16	191	113	100	0.02	0.188	4.494	2.659	2.353
3	18	191	113	101	0.03	0.212	4.494	2.659	2.376
4	16	191	113	100	0.04	0.188	4.494	2.659	2.353
<hr/>									
1413	18	182	104	115	14.13	0.212	4.282	2.447	2.706
1414	16	182	102	114	14.14	0.188	4.282	2.400	2.682
1415	18	182	101	115	14.15	0.212	4.282	2.376	2.706
1416	25	182	100	100	14.16	0.294	4.282	2.353	2.353
1417	0	182	73	159	14.17	0.000	4.282	1.718	3.741
1418	6	182	94	1	14.18	0.071	4.282	2.212	0.024
1419	23	182	122	130	14.19	0.271	4.282	2.871	3.059
1420	17	182	93	77	14.20	0.200	4.282	2.188	1.812

5.šāviens.

Trāpījumu attēls ar noteiktajām koordinātēm.



Nolasāmo parametru grafiskais attēls.



Datu lasītāja faila fragments.

START: 2011.07.02. 22:00:56
STOP : 2011.07.02. 22:01:01

TIME STEP:
100 = 1s

VOLTAGE RANGE:
CH1: 255 = 3V CH3: 255 = 6V
CH2: 255 = 6V CH4: 255 = 6V

	N	CH1	CH2	CH3	CH4	Time/s	CH1/V	CH2/V	CH3/V	CH4/V
	0	17	194	119	76	0.00	0.200	4.565	2.424	1.788
	1	18	169	127	109	0.01	0.212	3.976	2.447	2.565
	2	18	169	127	109	0.02	0.212	3.976	2.447	2.565
	3	17	169	128	109	0.03	0.200	3.976	2.447	2.565
	4	18	169	128	109	0.04	0.212	3.976	2.400	2.565
<hr/>										
	228	18	176	127	109	2.28	0.212	3.624	2.447	2.471
	229	17	175	127	109	2.29	0.200	3.624	2.447	2.494
	230	17	174	127	109	2.30	0.200	3.624	2.450	2.475
	231	19	174	127	109	2.31	0.212	3.624	2.451	2.263
	232	18	174	127	109	2.32	1.106	3.624	1.506	2.965
	233	19	174	127	109	2.33	1.282	3.624	0.871	0.024
	234	17	173	127	109	2.34	1.106	3.624	1.341	3.835
	235	19	173	127	109	2.35	1.294	3.624	2.635	1.224