



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“–Скопје
Факултет за информатички науки и
компјутерско инженерство



М-р Димитар С. БОГАТИНОВ

**РАЗВОЈ, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ЕВАЛУАЦИЈА НА
НАПРЕДНИ ОБРАЗОВНИ ТЕХНОЛОГИИ ВО ВОЕНО
ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУКА**

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА -

Скопје, 2016



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“–Скопје
Факултет за информатички науки и
компјутерско инженерство



**РАЗВОЈ, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ЕВАЛУАЦИЈА НА
НАПРЕДНИ ОБРАЗОВНИ ТЕХНОЛОГИИ ВО ВОЕНО
ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУКА**

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА -

Изработил:

м-р Димитар Богатинов

Ментор:

проф.д-р Владимир Трајковиќ

Скопје, 2016

Ментор:

проф. д-р Владимир Трајковиќ, ФИНКИ - Скопје, Р. Македонија

Комисија за оцена и одбрана:

1. проф. д-р Драган Михајлов, претседател, ФИНКИ - Скопје, Р. Македонија
2. проф. д-р Владимир Трајковиќ, ментор, ФИНКИ - Скопје, Р. Македонија
3. проф. д-р Стојче Десковски, член, ТФБ - Битола, Р. Македонија (професор во пензија)
4. проф. д-р Верица Бакева, член, ФИНКИ - Скопје, Р. Македонија
5. вон. проф. д-р Соња Филипоска, член, ФИНКИ - Скопје, Р. Македонија

Датум на одбрана:

Датум на промоција:

Дисертацијата е од областа на техничките науки

Благодарност

Голема почит и благодарност на проф. д-р. Владимир Трајковиќ, ментор на мојата докторската дисертација, за насоките и подришката, за перманентниот поттик, стручните совети, консултации и интересирање за текот на изработката.

Неизмерна благодарност чувствувам кон м-р Петре Ламески, за стручните напатствија, консултации и интересирање во изработката на математичкиот модел и апликацијата за симулаторот.

Голема благодарност сакам да изразам и до моето семејство за нивното трпение, разбирање и подришка за време на изработката на овој труд и прилагодување на нивното време на моите потреби.

Апстракт:

Јадрото на оваа дисертација е создавањето на симулатор за тактички огнени оружја кој е со ниска цена на чинење и е базиран на Мајкрософт Кинект сензорот за следење и детекција на движењата, како и виртуелна симулација ВБСЗ. Развиениот симулатор користи Мајкрософт Kinect SDK базирана апликација која ги користи влезените кинект сензори за да ја пресмета точката на нишанење на екранот, да ги препознае гестикациите на корисникот и аудио влезовите, и во согласност од добиените влезови да емулира команди во симулацијата.

За процесот на евалуација креирав три тест модули кои што користат различни калибрациски точки и математичка рамка за прецизно трансформирање на погодокот од кинект во пиксел координати. Евалуацијата покажа дека резултатите од вистинските гагања и резултатите добиени од симулаторот имаат големо ниво на корелација, и тоа со коефициент 0.82. Ова покажува дека симулаторот може да се користи за обука, и во согласност од податоците добиени од кратката анкета со тест корисниците, тој претставува добра алтернатива за скапите симулатори кои што постојат на пазарот.

Оваа дисертација, исто така, го опфаќа и концептот за имплементација на симулаторот во образованието и обуката во Воената академија и во АРМ.

Keywords: *Мајкрософт Кинект, ВБСЗ, Симулатор, Обука, Сензори*

Abstract:

The core of this PhD dissertation is the creation of new low cost firearms simulator based on a motion-tracking sensor - Microsoft Kinect and virtual simulation VBS3. This simulator uses Microsoft Kinect SDK based application that utilizes the input from the embedded Kinect sensors to calculate the aiming point at the screen, recognizes the user's gestures and the audio inputs, and emulates commands in a simulation based on those inputs.

For the evaluation process I have created three test modules that use different calibration points and mathematical frameworks to accurately transform the gunshot targeting point in proper pixel coordinate. The initial experiments with the proposed firearms simulator show that the results are accomplished by humans using the simulator and the results accomplished in the real live firearms shooting have a high correlation coefficient of 0.82. This shows that the proposed simulator can be used in firearms training, and according to the data from the survey of the test users, it is a good alternative to the existing expensive simulators available on the market.

This dissertation also gives a concept how this simulator can be implemented in the education and training at the military academy and in the Macedonian army.

Keywords: *Microsoft Kinect, VBS3, Simulator, Training, Sensors.*

СОДРЖИНА

Кратенки:	4
Попис на слики и табели	6
1. ВОВЕД	8
1.1. Предмет на дисертацијата	8
1.2. Преглед на досегашните истражувања во оваа област	8
1.3. Цели и придобивки на истражувањето	12
1.4. Структура на докторската дисертација	13
1.5. Листа на објавени трудови	15
2. СИМУЛАЦИСКИ СОФТВЕР - ВИРТУЕЛНО БОЈНО ПОЛЕ (ВБС)	18
2.1. Сериозни игри	18
2.1.1. Дефинирање на сериозните игри	19
2.1.2. Употреба на сериозни игри во воени намени	20
2.2. Карактеристики и можности на ВБС3	22
2.2.1. Карактеристики и напредни функции на ВБС3	22
2.2.2. Преглед после акција (AAR) модулот.....	26
3. КИНЕКТ	28
3.1. Општи податоци за Кинект	29
3.2. Хардвер компоненти и спецификации на Кинект	30
3.3. Кинект Windows SDK	33
3.3.1. Карактеристики и можности	34
3.3.2. Развојна алатка за Кинект	35
3.4. Природна интеракција	36
3.4.1. Природен кориснички интерфејс (NUI).....	37
3.4.2. OPENNI	37
3.4.2.1. Способности на OpenNI.....	39
3.4.3. NITE (Natural Interaction Technology for End-user).....	40
3.4.3.1. NITE Алгоритми	41
3.5. FFAST (Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit)	44

4. РАЗВОЈ И ЕВАЛУАЦИЈА НА СИМУЛАТОРОТ НА ТАКТИЧКИ ОРУЖЈА	46
4.1. Опис на компонентите на целокупниот систем.....	46
4.1.1. Искористени функционалности на Кинект во симулаторот за гаѓање.....	46
4.1.2. Интерфејс и функционалност на креираната кинект апликација	48
4.1.3. Модел на процесот на нишанење	49
4.1.4. Методи на контрола на курсорот.....	50
4.2. Математички модел на процесот на нишанење со помош на Кинект	51
4.2.1. Дефинирање на правата која го сече екранот.....	52
4.2.2. Дефинирање на рамнината и пресекот на правата со рамнината	53
4.2.2.1. Општ модел.....	53
4.2.2.2. Модел за симулаторот	54
4.2.3. Процес на калибрација	55
4.2.4. Трансформација на погодокот во соодветна пиксел координата.....	57
4.2.4.1. Дефинирање на систем на линеарни равенки за првиот и вториот тест модул.....	58
4.2.4.2. Дефинирање на систем на нелинеарни равенки за третиот тест модул	60
4.2.5. Решение за кликањето (окинувањето) на оружјето	61
4.3. Евалуација на симулаторот за тактички оружја	63
4.3.1. Дефинирање на тест сценаријата	65
4.3.2. Евалуација и дискусија за добиените резултати.....	66
4.4. План за идни надградби.....	75
5. КОНЦЕПТ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ВО ОБУКА ВО ВОЕНАТА АКАДЕМИЈА И АРМ	78
5.1. Досегашното искуство во обуката за гаѓање.....	78
5.2. Намена и организациска поставеност на симулаторот за гаѓање	80
5.3. Потребна хардверска и сензорска опрема	81

5.4. Потребен персонал и просторни капацитети	82
5.5. Фази за имплементација во обуката	84
5.6. Очекувани резултати и придобивки	86
6. ЗАКЛУЧОК.....	88
7. АНЕКСИ.....	90
Анекс 1. Мети добиени при изведувањето на сценаријата од страна на првиот корисник.	90
Анекс 2. Њутон-Рафсон нумеричка метода.....	93
<i>Проблеми со Њутн-Рафсон методата.....</i>	<i>94</i>
Програмско решение на нелинеарните равенки (Њутон Рафсон метода)	95
8. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	97

Кратенки:

1. **АРМ** - Армија на Република Македонија;
2. **ВА** – Воена академија;
3. **ВБС** - виртуелно бојно поле (virtual battle space);
4. **МВР** - Министерство за внатрешни работи;
5. **МО** - Министерство за одбрана;
6. **НАТО** - Северно-атланска договорна организација (North Atlantic treaty organization);
7. **САД** - Соединетите Американски Држави;
8. **ИЦ** – Инфрацрвено;
9. **2Д** - дводимензионално;
10. **3Д** - тридемензионално;
11. **AAR** - преглед после акција (after action review);
12. **API** – интерфејс за програмирање апликации (application program interface);
13. **CNR** - мрежно радио (combat net radio);
14. **DARPA** - агенција за напредни одбрамбени истражувања (defense advanced research projects agency);
15. **DC** – еднонасочна струја (direct current);
16. **FAAST** - алатник за артикулирани скелет гестикулации (Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit)
17. **FPS** – човек/поединец стрелец (First person shooter)
18. **HCI** –човек-компјутер интеракција (human-computer interaction);
19. **IED** – импровизирани експлозивни направи (improvised explosive devises);
20. **IT** – информатички технологии (information technology);
21. **LCD** – дисплеи од течен кристал (liquid-crystal-display);
22. **NI** – природна интеракција (natural interaction);
23. **NITE** - природна интеракција за крајни корисници (Natural Interaction technology for end-user);
24. **NUI** – интерфејс за природна корисничка интеракција (natural user interface);
25. **POW** – воени затвореници (prisoner of war);
26. **SDK** – алатка за развој на софтвер (software development kit);

27. **USB** – пренослива меморија (universal serial bus);
28. **VGA** – видео графика (Video Graphics Array)
29. **VRPN** – периферна мрежа за виртуелна реалност (virtual reality peripheral network);

Попис на слики и табели

Попис на слики

Слика бр. 1.	Разлика помеѓу игри и сериозни игри [29]	20
Слика бр. 2.	DepthJS [34]	29
Слика бр. 3.	Сензорските елементи на Кинект. [37]	30
Слика бр. 4.	Инфрацрвен светлосен примерок од Кинект [37]	31
Слика бр. 5.	Длабочинска детекција на Кинект [37], [40]	32
Слика бр. 6.	OpenNI Архитектура (Извор http:// openni.org)	38
Слика бр. 7.	Nite приказ на слоевите. Приказ на процесот на прием и обработка на длабочинските податоци	40
Слика бр. 8.	NITE приказ на зглобови. Го илустрира координатниот систем и приказот на скелет на корисник во NITE кога е вклучен ефектот на огледало	43
Слика бр. 9.	Приказ на искоритените функционалности на Кинект во симулаторот за гагање	47
Слика бр. 10.	Изглед на интерфејсот на креираната апликација	48
Слика бр. 11.	Дијаграм на 3Д пристапот за одредување на позицијата на погодокот	52
Слика бр. 12.	Одредување на 4 точки за процесот на калибрација	55
Слика бр. 13.	Одредување на 9 точки за процесот на калибрација, и нивните Xe и Ye вредности	56
Слика бр. 14.	Приказ на добиени вредности за Xk и Yk по калибрацијата за сите 9 точки	57
Слика бр. 15.	Решение за кликање (окинување) на оружјето со помош на електричен прекинувач-тест приод	63
Слика бр. 16.	Изглед на експерименталната околина	64
Слика бр. 17.	Дијаграм за користените 6 сценарија	66
Слика бр. 18.	Изглед на метата од тест модулите користена за евалуација на погодоците	67
Слика бр. 19.	Графички приказ на добиените резултати	70

Слика бр. 20.	Боца со воздух, и станица за полнење на рамките на оружјето	76
Слика бр. 21.	Илустрација на нелинеарноста помеѓу калибрациските точки и добиените вредности од Кинект сензорот.....	77
Слика бр. 22.	Предната проекција и потребните просторни димензии	83
Слика бр. 23.	Просторно и функционално позиционирање на симулаторот за тактички оружја во Центарот за обука со ВБС.....	84
Слика бр. 24.	Графички приказ на Њут-Рафсон методата [64].	93

Попис на табели

Табела бр. 1.	Добиени резултати со наголемување на употребата на ВБС2	9
Табела бр. 2.	Спецификација на сензорите на Кинект [38]	33
Табела бр. 3.	Работен досег на Кинект [37]	33
Табела бр. 4.	Табеларен приказ на добиените резултати.....	69
Табела бр. 5.	Моменталната потребна хардверска и сензорска опрема за работа на симулаторот за гаѓање.....	82

1. ВОВЕД

1.1. Предмет на дисертацијата

Објект на истражувањето на докторската дисертација е развој, имплементација и евалуација на користењето на напредни образовни технологии во доменот на военото образование и одбраната, посебно во делот на развој и имплементација на симулаторот на тактички оружја кој е базиран на виртуелната симулација ВБСЗ и Кинект сензорот.

Поважни придобивки од имплементација на напредни образовни технологии во военото образование и обука се следниве: усвојување на технологиите за примена на моделирање и симулации за поддршка, обука во гаѓање, осовременување на военото образование и обука, современа обука на офицерите на напредните офицерски курсеви во Воената академија, подобрување на едукацијата и обуката на питомците во Воената академија, подобрување на интероперабилноста со НАТО, подобрување на ефикасноста во планирањето воени операции како и изведување на најразлични вежбовни активности на државно мултинационално и регионално ниво.

Предложениот симулатор за тактички оружја самиот по себе прави комбинација на виртуелните со живите симулации, со што е постигната реалистичност на повисоко ниво каде што се воведува еден нов тип на обука кој ги следи современите трендови во доменот на одбраната.

1.2. Преглед на досегашните истражувања во оваа област

Во литературата можат да се најдат информации за многу истражувања, компании, воени индустрии, софтвери и слично, кои работат на решенија за употреба на напредните образовни технологии во военото образование и обука.

Истражувањето кое е направено во канадскиот тренинг центар [1], [2] претставува одличен пример за корелацијата на ефикасноста и ефективноста на обуката базирана на сериозни игри.

За потребите на офицерските курсеви во овој центар, во обуката бил воведен и тестиран посебен тип на сериозна игра - ВБС2. Првата класа на офицери имала само 1 (еден) ден обука со ВБС2, а останатите 5,5 (пет и половина) недели практична теренска обука, додека втората класа имала 2,5 (две и половина) недели обука со ВБС2 и 3 (три) недели практична теренска обука. Трошоците за втората класа се намалиле за 33% поради намалената потреба од гориво, храна, дневници и средства за обука.

Резултатите од ова истражување се добиени врз основ на бројот на студенти кои го поминале курсот, врз основа на времето за кое е постигнато потребното ниво за завршување на истиот. Во Табела 1 споредбено се прикажани резултатите за 3 класи кои учествувале во истражувањето, класата 0602 немала никаква обука со ВБС2 и се сметала како контролна група. Сите три класи имале по 18 студенти кои имале слични резултати во работата и приближно исти интелектуални капацитети.

Табела бр. 1. Добиеени резултати со наголемување на употребата на ВБС2 [1]

	Класа 0602 (Без ВБС2)	Класа 0701 (1 ден ВБС2)	Класа 0702 (2.5 недели ВБС2)
% поминати на 1 ^{то} оценување	0	30%	67%
% поминати на 1/2 од курсот	61%	72%	100%
% поминати на крај од курсот	72%	83%	100%

Добар пример исто така се тригодишните истражување од страна на Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) [3], која со помош на набљудување и тестирања ја оценувала ефикасноста на обуката со ВБС. Општата цел на ова истражување било да се одреди ефикасноста и ефективноста на обука базирана на компјутерски игри, за персонал на Американската армија, пред да спроведе традиционална практична обука со нив. Целиот персонал кој што имал можност да ги изведува сценаријата во компјутерски генерираната околина, пред истите да ги изведе практично имал 100% успешност во сите обиди, додека контролната група (без проба во компјутерски генерираната околина) била успешна само во 80% од обидите.

Исто така, истражувањата покажале дека персоналот кој имал можност да ги изведува сценаријата во симулацијата пред практично изведување, ги завршиле зададените мисии за пократок временски период со помала употреба на комуникација меѓу учесниците за изведување на истите. На контролната група во просек и требале 6 секунди повеќе за секоја мисија и многу повеќе комуникација за да ја завршат мисијата.

Во трудот на Krista Langmaker Ratwani, Kara Orvis и Bruce Knerr [4] се врши истражување на ефикасноста на обуката базирана на сериозни игри. Во 2009 година авторите на трудот направиле истражување врз група од 165 припадници на војската на САД. Овие 165 припадници биле дел од 9 засебни водови со различно ниво на обученост, со просечни 25,2 години старост, од кои само 33% имале искуство со ВБС од некои претходни обуки. Конвој тренинг била областа за која било спроведена обуката и истражувањето. Обуката била спроведена во посебни објекти, со посебен компјутер за секој од учесниците и со посебна улогата во конвојот. За време на обуката секој од учесниците ја менувал својата улога во посадата (нишанџија, возач, командир на возило и слично), сè со цел секој од учесниците да добие слика за улогата во посадата и нивното влијание во изведувањето на мисијата. Пред почетокот на обуката учесниците биле запознаени со мисијата, оперативната наредба и задачите како што би биле во реални услови пред изведување на реална мисија.

Првична евалуација се извршила пред почетокот на мисиите, а дополнителната по завршувањето на секоја од мисиите. Од добиените резултати може да се заклучи дека нивото на кохезивност во изведување на задачите значително пораснало, познавањето на местото и улогата во посадата како и ефикасноста и ефикасноста на секој од учесниците исто така значително пораснале. Споредбената анализа која се вршела од една до друга мисија покажала дека учесниците се чувствувале поподготвени и давале подобри резултати во секоја од следните мисии, иако секоја следна мисија била потешка од претходната.

Во светот постојат голем број на компании, воени организации кои произведуваат симулатори за гаѓање за потребите на безбедносните и армиските структури. Едни од најпознатите симулатори се ВБС2 (Laser Shot) модулот –

Симулатор на тактички оружја [5], [6], VirTra 100 MIL симулаторот [7], Meggitt Training Systems - симулаторот [8]. Овие симулатори работат на следниов принцип: Симулираната графика се проектира на голем екран; најчесто на десетина метри спротивно од екранот се наоѓаат луѓето кој се обучуваат за гаѓање, а екранот претставува нивна нишанска цел. Со притискање на окинувачот, се испраќа ласерски зрак до екранот, овој зрак се детектира од камерата за детекција на погодоците, по што со споредба на детектираниот зрак и познатите растојанија на екранот и стрелиштето го пресметува и претставува погодокот на екранот.

Сите овие системи користат ласерски направи кои се поставени во близина на нишанот на оружјето и сите тие користат камери за детекција на погодоците. Голем недостаток им е тоа што се премногу скапи, и имаат големи проблеми со: ласерските сензори, камери, имплементацијата и одржувањето на истите [9]. Камерата за детекција на погодоците прави големи проблеми во простории каде што има промени на светлина, и имаат докажани проблеми во компатибилноста на драјверите со WindowsXP, Vista, или Windows 7 [10].

Во литературата постојат примери кои користат други типови на сензори за нишанење/целење кон екранот или за пресметка на точката на нишанење кои користат детекција на движењата. Во [11] е прикажана употреба на Wii сензорот за нишанење во FPS (First person shooter) игри. Во трудот [12] е прикажан еден нов пристап за интеракција на врвот од прстот со големи екрани користејќи ја гестикацијата на посочување, употребувајќи веб камера и дефинирана линија која ги поврзува раката и главата за да ја одреди дирекцијата на посочувањето со прстот. Но овој пристап има големи проблеми со прецизноста бидејќи нема вметнато процес на калибрација за попрецизно пресметување на посочувањето кон екранот.

Исто така, може да се најдат и повеќе примери на калибрациски методи кои што се опишани во [13], како и калибрациски методи за следење на погледот (зеницата) на корисникот кои користат RANSAC и VIRSELECT алгоритам [14]. Овие методи се слични на линеарната трансформација која што се користи кај тест модулите 1 и 2 кои што ги имам креирано за евалуација на креираниот симулатор.

Тактичкиот симулатор за оружја што е предложен во моите објавени трудови користи релативно ефтини сензори, кои имаат големо ниво на точност, лесно се имплементираат, и одржуваат. Една од најголемите предности на предложениот симулатор за тактички оружја е отсуството на камерата за детекција на погодоците, прилагодлив е на било кој тип на десктоп апликација и го дава јадрото на моделот кој што во иднина планирам да го надградувам и да го вметнам во секојдневната обука.

1.3. Цели и придобивки на истражувањето

Главната цел на оваа докторска дисертација е развој на симулаторот за тактички оружја базиран на сензори и виртуелни симулации, негова имплементација за предметите поврзани со тактичка обука и вооружување како и во делот по предметот моделирање и симулации. Покрај ова, дополнително ќе се разработи и концепт за имплементација на виртуелните симулации во комбинација со симулаторот за тактички оружја, во наставните планови и програми во Воената академија за предметите поврзани со тактичка обука и вооружување.

Искуствата од досегашните истражувања кои се однесуваат на примената на напредни образовни технологии во военото образование и обука укажуваат дека овој тип на образование е поприфатлив за новите генерации и дека е поефективна и поефикасна алатка за образование и обука во комбинација со постојните класични методи за образование и обука.

Главни придобивки од оваа докторска дисертација се:

- Развој на симулатор на тактички оружја базиран на виртуелни симулации и Кинект сензорот;
- Евалуација на грешките при гаѓање на развиениот симулатор, и споредба со реални резултати;
- Обработка на резултатите и избор на најдобриот модул/сценарио за поставеноста и условите во кои се користи Кинект сензорот.
- Концепт за имплементација во Военото образование и обука во Воената академија „Генерал Михаило Апостолски“ – Скопје.

Развојот на ваков симулатор за тактички оружја создава можност за истражување и анализа за значењето на виртуелните симулации и општо симулациите во подобрување на военото образование и обука, како и за евалуација на моделот, начинот и концептот за имплементација на виртуелните симулации во наставата.

1.4. Структура на докторската дисертација

Докторската дисертација е организирана во следниве подглавја:

Во **првото поглавје** е опишан предметот на дисертацијата, преглед на досегашните истражувања како и целите и придобивките од самата дисертација.

Второто поглавје дава дефиниција на сериозните игри како и опис на можностите и досегашното искуство во употреба на овој тип на сериозни игри од доменот на виртуелни симулации во военото образование и обука. Во понатамошниот дел се образложени кои се причините за употреба во ВБСЗ сериозната игра, а направен е и краток преглед на карактеристиките и напредните функции на ВБСЗ сериозната игра која ќе ја користам како дел од софтверската поддршка при изработка на дисертацијата. Ова поглавје завршува со накратко објаснение на Преглед после акција (AAR) модулот кој е носител на образовната функција на ВБСЗ сериозната игра.

Третото поглавје е посветено на Кинект сензорот кој го користам во изработката на симулаторот на тактички оружја. Самото поглавје започнува со општи податоци за сензорот и објаснение на неговите хардверски компоненти со постојано објаснение за што се користат истите во самиот симулатор. Во понатамошниот е објаснета Windows SDK платформата која се користи за изработка на Кинект апликацијата, како и OpenNI и NITE деловите за интеракција човек-компјутер. Ова поглавје завршува со објаснување на FFAST алатката која се користи за задавање и препознавање на дадени гестикации, кои при нивното детектирање ги вршат зададените емулирани команди.

Второто и третото поглавје се всушност објаснение на софтверот и опремата или подетално опис на карактеристиките и платформите кои ќе се користат при изработка на симулаторот за тактички оружја.

Во **четвртото поглавје** е направен детален опис на развојот на симулаторот за тактички оружја базиран на виртуелни симулации и кинект сензорот. На почетокот е дадена детална слика на користените компоненти во целиот систем со детални скици за хардверските компоненти, опис на искористените функционалности на Кинект како и детален опис на интерфејсот и функционалностите на креираната Кинект апликација. Во понатамошниот дел е зададен моделот за нишанење и контрола на курсорот кои се користат во апликацијата. Следно е направен математички модел на процесот на гаѓање кој опфаќа дефинирање на права и пресек на таа права со рамнината (екранот), процес на калибрација кој понатаму се користи за трансформација на координатите добиени од Кинект сензорот во координати на екранот (пиксел координати) со помош на развиените системи на линеарни и нелинеарни равенки, кои ја вршат горенаведената трансформација во Кинект апликацијата преку зададените три тест модули. Исто така објаснето е и решението за кликање (окинување) на оружјето.

Понатамошниот дел од ова поглавје е посветен на евалуација на прецизноста на креираната апликација и самиот сензорот како и целокупна евалуација на развиениот симулатор за тактички оружја. На почетокот дефинирани се тест сериите и сценаријата, објаснување на целта за креирање на овие серии и сценарија. Во понатамошниот дел со табеларен и графички приказ претставени се добиените резултати, и на крај е дискусијата за добиените резултати користејќи го Пирсоновиот (Pearson) коефициент на корелација [15] како и анализа на анкетата која што е спроведена со тест корисниците. Ова поглавје завршува со објаснување на надградби на симулаторот кои планирам да ги доработам во иднина.

Петтото поглавје го опфаќа концепт за имплементација на симулаторот во обука во Воената академија и АРМ. Имајќи го во предвид досегашното искуство во обуката за гаѓање, во концептот е опфатено: намената и организациската поставеност на симулаторот за гаѓање, потребна хардверска и сензорска опрема, потребниот персонал и просторни капацитети, како и фази за имплементација во обуката и очекуваните резултати и придобивки од него.

Во **шестата глава** е даден на заклучок.

1.5. Листа на објавени трудови

Објавените трудови поврзани со оваа дисертација се наведени хронолошки во продолжение:

1. **КАРАКТЕРИСТИКИ НА СИМУЛАЦИСКИОТ ПАКЕТ ВИРТУЕЛНО БОЈНО ПОЛЕ (ВБС) И МОЖНОСТИ ЗА ПРИМЕНА ВО ВОЕНОТО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУКА**, *Димитар Богатинов*, Славко Ангелевски, Невена Серафимова, Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, Септември 2009 година.
2. **“СЕРИОЗНИ ИГРИ“ – ПРИМЕНА НА ТЕХНОЛОГИЈА НА КОМПЈУТЕРСКИ ИГРИ ВО ВОЕНОТО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУКА**, Славко Ангелевски, Невена Серафимова, *Димитар Богатинов*, Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, Септември 2009 година.
3. **ПРОТОТИП АПЛИКАЦИЈА ЗА Е- АРХИВ**, Југослав Ачковски, Славко Ангелевски, *Димитар Богатинов*, Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, Септември 2009 година.
4. **MODEL OF FIREARMS SIMULATOR BASED ON A SERIOUS GAME AND SENSOR TECHNOLOGY**, *Dimitar Bogatinov*, Slavko Angelevski, Vladimir Trajkovik, 5th European Conference on Games Based Learning, Athens, Greece 20-21 October 2011
5. **IMPLEMENTING SERIOUS GAMES IN ARMY EDUCATION AND TRAINING-CONCEPT OF THE MACEDONIAN MILITARY ACADEMY**, *Dimitar Bogatinov*, Slavko Angelevski, Vladimir Trajkovik, ICT Inovations, Skopje, Republic of Macedonia, 14-16 September 2011.
6. **КОНЦЕПТ ЗА ПРИМЕНА НА „СЕРИОЗНИ ИГРИ“ ВО ВОЕНОТО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУКА**, *Димитар Богатинов*, Славко Ангелевски, Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, 16-20 Септември 2011 година.

7. **СИМУЛАЦИЈА НА ПРОЦЕСОТ НА ПРОЦЕСОТ ЗА ПЛАНИРАЊЕ
НА РАСПОРЕДУВАЊЕ НА ВОЕНИ ЕДИНИЦИ**, Славко Ангелевски,
Зоран Миленковски, *Димитар Богатинов*, Национална конференција за
електроника, телекомуникации, автоматика и информатика, Национална
конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и
информатика - ЕТАИ, Охрид, 16-20 Септември 2011 година.
8. **USB FLASH DRIVES - SECURITY RISKS AND PROTECTION**, *Dimitar
Bogatinov*, Slavko Angelevski, International Scientific Conference: The
Balkans between Past and Future: Security, Conflict Resolution and Euro-
Atlantic Integration, 5-8 June 2013, Ohrid, Republic of Macedonia
9. **VIRTUAL ENVIRONMENT FOR MILITARY TRAINING BASED ON
COMPUTER GAMMING TECHNOLOGY**, Slavko Angelevski, *Dimitar
Bogatinov*, Jugoslav Ackovski and Nevena Serafimova, *XI international
Conference ETAI 2013, 26-28 September 2013 Ohrid, Macedonia*.
10. **GAME-THEORETIC MODELS FOR ASSESSING SECURITY OF A
SOA BASED INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEM**, Nevena
Serafimova, Jugoslav Achkoski, Slavko Angelevski and *Dimitar Bogatinov*, *XI
International Conference ETAI 2013, 26-28 September 2013 Ohrid,
Macedonija*.
11. **OPERATIONAL VALUE AND ACCESSIBILITY OF SERVICES IN A
SOA-BASED INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS**, Jugoslav
Achkoski, Nevena Serafimova, Slavko Angelevski, Metodija Dojchinovski,
Dimitar Bogatinov, TEM Journal 2013, 2(3), 211-217.
12. **COMPUTER GAMMING TECHNOLOGY FOR MILITARY TRAINING
– SERIOUS GAMES**, Slavko Angelevski and *Dimitar Bogatinov*,
*International scientific defence, security and peace journal of the Ministry of
Defence of the Republic of Macedonia*, June, 2014, 73-85, ISSN 1409-8199
13. **PERFORMANCE ANALYSIS OF STATISTICAL QOS ROUTING
SCHEMES FOR MULTIHOP WIRELESS AD HOC NETWORKS**, Mitko
Bogdanoski, *Dimitar Bogatinov* and Saso Gelev, *International Journal of
Future Generation Communication and Networking* 7.5 (2014): 119-128, ISSN:
2233-7857.

14. **AI-BASED CYBER DEFENSE FOR MORE SECURE CYBERSPACE.** *Dimitar Bogatinov*, Mitko Bogdanoski, and Slavko Angelevski. Chapter in Handbook of Research on Civil Society and National Security in the Era of Cyber Warfare, IGI Global (2015): 220-237.
15. **ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE TCP SYN FLOOD DDOS ATTACKS AND PROPOSED COUNTERMEASURES,** Aleksandar Toshevski, Mitko Bogdanoski, *Dimitar Bogatinov*, *XII international Conference ETAI, 2015 Ohrid, Macedonija.*
16. **FIREARMS TRAINING SIMULATOR BASED ON LOW COST MOTION TRACKING SENSOR,** *Dimitar Bogatinov*, Petre Lameski, Vladimir Trajkovik and Katerina Mitkovska-Trendova, Multimedia Tools and Applications Journal, pp 1-15, (DOI 10.1007/s11042-015-3118-z), vol 74 no 24, 2015 (Thomson Reuters Journal Citation Report IF: 1.346)

2. СИМУЛАЦИСКИ СОФТВЕР - ВИРТУЕЛНО БОЈНО ПОЛЕ (ВБС)

Идејата на самиот симулатор за тактички оружја е да е употреблив со било кој тип на сериозна игра или било која игра наменета за комерцијална употреба. Апликацијата креирана за Кинект сензорот врши емуляција на командите кои што се генерираат од тастатурата и глушецот, и истата со мали прилагодувања може да се употреби за било кој софтвер.

ВБС софтверот е избран да се користи со самиот симулатор за тактички оружја, бидејќи според претходно изнесеното во поглавјето 1.2. тој претставува еден од најкорисните и најупотребуваните сериозни игри во светските армии, но и поради фактот дека ја поседуваме најновата верзија на овој софтвер и можеме да вршиме измени во мисиите, објектите како и на дел од кодот на самиот софтвер [16], [17].

Во самиот симулатор за тактички оружја од ВБС најмногу ќе се користи модулот за креирање и измена на мисиите за обука во гаѓање, избор на цели, карактеристики на непријателот како и измена на карактеристиките на корисниците и оружјето кое што тие го користат [18], [19].

Во ова поглавје накратко ќе бидат опфатени сериозните игри, како и карактеристиките и напредните функции на новата ВБС3 верзија на софтверот, бидејќи во [20], [21], [22], а посебно во [23] подетално се опфатен карактеристиките и можностите на дотогашната ВБС2 верзија на софтверот.

2.1. Сериозни игри

Во последните 10-15 години активно е започнато користење на сериозни игри во практичната обука во најразлични области меѓу кои и во доменот на одбраната. Сериозните игри им овозможуваат на корисниците да се најдат во одредени сценарија/ситуации кои е невозможно да се креираат за обука во реалноста, првенствено бидејќи истите имаат безбедносни ограничувања, премногу чинат за да се симулираат, одземаат многу време и слично [24], [25].

Истражувањата и искуството од употребата на сериозните игри покажуваат дека тие имаат позитивен исход во развојот на когнитивните вештини, како што се донесување на тактичка обука, изведување на мисии и слично. [1], [4], [26], [24], [17].

2.1.1. Дефинирање на сериозните игри

Луѓето реагираат различно на терминот „игра“ во зависност од тоа дали играле или не играле видео игри додека растеле. Ова во суштина претставува разлика во генерациите, бидејќи генерациите кои се родени после 1980 година целиот свој живот имаат контакт со видео игри и затоа тоа не е нешто ново, необично и неприфатливо за нив, додека за постарите е многу потешко прифатливо.

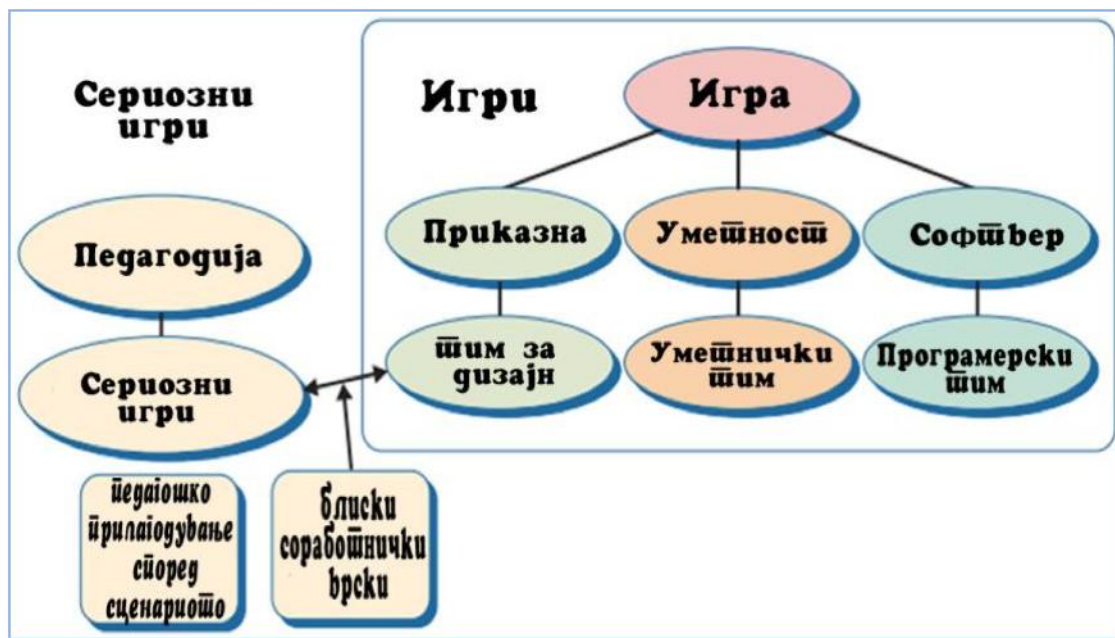
За да може да ги дефинираме сериозните игри, мора прво се дефинира што се тоа игри и видео игри. Според светските речници игра претставува физички или ментален натпревар, кој се одвива според однапред одредени правила и цел. Видео игри најчесто се дефинирани како „игра против компјутер“ или „игра на компјутер“. Најцелисходна дефиниција на видео игра е следнава: „видео игра е ментален натпревар, кој се изведува на компјутер според претходно одредени правила, заради забава, рекреација или одредено поентирање“.

Сериозните игри се дефинирани како:

Игри кои ја користат графичката средина како медиум за да пренос на пораки, за пренос на одредени лекции кои овозможуваат стекнување на искуство и на кои забавата и задоволство при користењето не им се примарни цели [27].

Игри кои се дизајнирани за надминување на некои проблем или потешкотија, и истите да дадат одреден фидбек на корисникот за неговото залагање за време на користењето [28].

Сериозните игри се многу повеќе од приказна, забава и рекреација, тие користат посебни педагошки пристапи со кои учесниците учат според виденото и доживеаното во играта со што се зголемува нивното ниво на обученост. (Слика бр.1)



Слика бр. 1. Разлика помеѓу игри и сериозни игри [29]

Педагошките пристапи мора да се прилагодат според дадената цел, па поради тоа при креирање на сериозните игри и сценаријата, покрај тимовите кои ќе работат на компјутерскиот дизајнирање, мора да се вметнат и тимови од педагози и експерти од областа, за да може посакуваната цел да се вметне и постигне со самата изработка на софтверот, со што самата забава и изведување на мисијата би биле на прво место, па по нив би следел педагошкиот пристап [29].

2.1.2. Употреба на сериозни игри во воени намени

Војската има многу голема историја во употреба на воени игри за обуката. Најстарите игри кои биле користени се: Chaturanga во Индија и Кинеската Wei Nei, и двете од пред четири илјади години [27].

На почетокот на 19 век за обуката на офицерите во пруската армија пред да бидат поставени на командните и штабните должности задолжително морале

да поминат користење на игри на стратегија. Подоцна, во Втората светска војна за обука на тогашните пилоти почнале да се користат механички симулатори за летање [30].

Овие игри биле со едноставни правила, кои им овозможувале на офицерите подобро да се обучат и подготват за подготовка во изведувањето на дадени мисии. Со самиот напредок на технологијата тие прераснале во екстремно комплексни симулатори за тенкови, хеликоптери, околина со виртуелна реалност и слично.

Првата сериозна игра која била употребувана и креирана за армиски намени е „Army Battlezone“ дизајнирана од страна на Атари во 1980 година, која и покрај ограничувањата на тогашната технологија, го отворила патот за употреба на овие виртуелни игри во военото образование и обука.

Еден од најпознатите примери за употреба на сериозни игри во воени намени претставува софтверот America's Army, кој бесплатно бил пуштен во употреба во 2002 година, за разлика од сите останати софтвери со слична содржина во тоа време. Овој софтвер бил доста напреден за тоа време и за разлика од Halo 2 и Doom 3, креираната околина, оружјата, опремата и процедурите за борба, многу малку се разликувале од реалноста [31]. До крајот на 2004 година, America's Army била превземена преку 17 милиони пати, и за истата имало 4 милиони регистрирани корисници, а секој месец бројот се зголемувал во просек за 100.000 корисници [27]. Според [31], овие бројки се добиени бидејќи „Насилството, војната се тип на игри кои луѓето сакаат да ги играат, но во исто време истите мора да бидат интересни, бидејќи доколку не се интересни играта нема да успее“.

America's Army била пуштена за слободно користење за да се надмине проблемот кој војската на САД го имала кон крајот на деведесеттите години со намалувањето на бројот на нови регрути. Со инвестирање на 16 милиони долари во овој софтвер, војската на САД, заштедила дури 15% средства за регрутирање на војници отколку со било која друга регрутна програма. Во исто време, овој софтвер потпомогнал во почетната обука на овие нови регрути, а исто така со идните модификации истите продолжиле да се обучуваат и подготвуваат за идните мисии [27]. Покрај оваа придобивка, истражувањата покажале дека 30%

од Американците на возраст од 16 до 24 години изјавиле дека се што знаат за армијата научиле од овој софтвер [31].

Од воена перспектива, употребата на сериозните игри има значајно влијание во способност за работа во тим користејќи минимална комуникација, координација на раце и очи, зголемена способност за паралелно извршување на повеќе задачи и подготвеност за изведување на агресивни акции [27].

На многу од претходно користените софтвери главна цел им е тактичка подготовка на мисиите, но во поново време се повеќе се осврнува внимание на останатите вештини како што сè учење на странски јазици, култура на непријателот и слично, кои се многу потребни за војниците кои одат во мисии. Покрај ова, сериозните игри се повеќе се користат за здружени вежби и заедничка обука на коалиционите партнери, како што е и ВБС2 НАТО верзијата. Оваа верзија, исто така, ја добивме од страна на НАТО и таа овозможува поврзување на НАТО сервер и изведување на заеднички мисии и сценарија со сите членови на НАТО и земји аспиранти за членство во НАТО кои го имаат софтверот и привилегиите за користење [16], [24].

2.2. Карактеристики и можности на ВБС3

Во овој дел ќе бидат објаснети карактеристиките и напредните функции на ВБС3, дел од нив ќе бидат набројани, а дел детално објаснети, бидејќи поголем дел од нив се надградени или воопшто не постоеле во претходната верзија.

Покрај ова ќе биде опфатен и надградениот AAR (Преглед после акција) модул кој ја дава образовната карактеристика на овој софтвер и неговата класификација како сериозна игра [32].

2.2.1. Карактеристики и напредни функции на ВБС3

ВБС2 повеќе од 5 години е стандард за воена симулација на поголемиот дел на НАТО партнерите која во 2014 година е заменета со најновата ВБС3 верзија. Оваа верзија се појавува на пазарот на 31 декември 2013 година, а надградбите за ВБС3 се купени од страна на голем број на воени организации

вклучувајќи ги Војската на САД, Маринскиот корпус на САД, Канадската војска, Шведските вооружени сили, Австралиската војска, Војската на Нов Зеланд и Холандија.

ВБСЗ претставува целосно интерактивен 3Д систем, кој со својата префинета виртуелна околина овозможува примена во најразлични воени обуки. Самиот систем подржува рапиден развој на терен (со димензии 100x100 километри) со досега ненадминато ниво на графички приказ на ентитетите и реалистичност на настаните. Овој софтвер има подобрен и понапреден AAR модул, како и напреден едитор на мисии кој што овозможува креирање и едитирање на било кое сценарио и мисии во реално време.

Главни карактеристики на ВБСЗ се:

- редизијниран, почист и поедноставен кориснички интерфејс;
- подобрена ефикасност на мрежата, овозможувајќи зголемување на бројот на играчи;
- подобрени процедурални и теренски мапи;
- поддршка за висока графика;
- подобрена поддршката за морската животна средина, како и зголемување на деталите на бродовите и пловните објекти;
- подобрена вештачка интелигенција на вештачки генерираните противници;
- преработени анимации за зголемување на реалноста;
- интегрирана дигитална табла во 2Д и 3Д.

Напредни функции на ВБСЗ се:

Можност за рушење на објекти и деформирање на терен

Оваа функција им овозможува на посадите кои користат проектили од голем калибар, при дејствување и погодок на даден објект, да креираат одредена дупка на објектите или рушење на дел од нивната конструкција, без притоа целосно да го уништат објектот/конструкцијата (во зависност од калибарот, типот на проектилот и материјалите од кои е изграден објектот и слично). Покрај оваа функција за рушење на објектите, исто така, симулирано е деформирање теренот при експлозија од конкретен проектил.

Морал

Во едиторот на мисии е овозможено дефинирање на нивото на морал и замореност на нашите сили и ботовите со вештачка интелигенција. Ниското ниво на морал и нивото на замореност влијаат на перформансите на војниците, зголемувајќи го нивото на стрес, со што во исто време ја намалуваат борбената готовност на единицата и самата единица е поранлива и би претрпела поголеми загуби во евентуален контакт со непријателот.

Нуклеарни, биолошки и хемиски напади

ВБСЗ овозможува основна симулација на нуклеарни, биолошки и хемиски напади. Самиот војник кој што се обучува, во зависност од заштитното одело кое го поседува и времето за кое ќе го наметне заштитното одело, целосно или делумно би се заштитил од симулираните нуклеарни, биолошки и хемиски напади како што би било во реални услови.

Воени затвореници (POW) функционалност

Ова функционалност во ВБСЗ се прилагодува кога е вклучено нивото на морал. Со самото намалување на нивото на морал, непријателските сили може да се предадат на доминантните сили.

Самата вештачка интелигенција ќе направи пресметка на веројатноста за предавање на ботовите во зависност од ситуацијата и следниве фактори:

- Морал;
- Ниво на замореност;
- Повреди;
- Обученост, како и времетраење на вклученост во операциите;
- Засилување (дали постои можност);
- Резервите на муниција;
- Бројност и присутност на сопствените сили во дадената област.

Не-смртоносно оружје и муниција

Вклучен е голем избор на не-смртоносна муниција која може да се додаде во употреба за мисии и сценарија кои вклучуваат употреба на овој тип на муниција и оружје.

Непријателски настроени цивили

Оваа функционалност вклучува генерирање на цивили кои креираат и учествуваат во протести, во даден момент вршат ескалација на ситуацијата, а истите може да се искористат за поставување на барикади во дадена област.

Онеспособување на импровизирани експлозивни направи (IED)

Импровизирани експлозивни направи може да бидат пронајдени со помош на симулираните кучиња трагачи како и со опрема за таа намена. Откако ќе бидат пронајдени импровизираните направи на лице место се врши деактивација. Времетраењето на деактивирањето зависи од типот на импровизираната направа како и од нивото на обученост на тимот кој го врши деактивирањето.

Замореност на цела единица

Замореноста на целата единица ќе се зголеми при движење и борбени дејствија во зависност од следниве услови:

- Тежина на опремата која што се носи;
- Носење/влечење на ранети и други објекти;
- Потреси предизвикани од експлозии;
- Движење во отежнати услови и препреки;
- Совладување на големи висински разлики.

Замореноста влијае на брзината на срцето и дишењето на војниците, кое се манифестира со отежнато ракување со оружјето, тежина при нишанење како и на темпото на понатамошното движење и слично.

Извлекување на возила

Оваа функционалност вклучува прикачување на каблите за влечење и извлекување на возилата на друга локација, независно од типот на возилата, нивото на гориво кое го имаат како и големината на оштетеност на возилата.

Безпилотни летала и роботи

Голем број на безпилотни летала и роботи може да се генерираат во мисиите, и за истите да се симулира начинот на придвижување и контрола, како и податоците кои што тие ги даваат на излез во зависност од ситуација на терен.

Симулирање на борбено радио (CNR)

Симулаторот на борбеното радио, претставува мулти платформски радио симулатор кои дава можност:

- да се избераат уредите кои што ќе се користат,
- со помош на графичкиот интерфејс да се конфигурираат избраните уреди и да се воспостави врска;
- снимање на целата комуникација која што се изведува за време на мисиите и репродукција на снимената комуникација за време на AAR [32].

2.2.2. Преглед после акција (AAR) модулот

AAR модулот овозможува прибирање, снимање и репродукција на податоци за мисиите, овозможувајќи истите да се искористат за обука и анализа на мисијата. Модулот прибира најразлични податоци за секој корисник поединечно, како и глобални податоци за ефикасноста на цела единица. Податоците подоцна се користат за анализата на постапките на поединците или на целата единица, со што се зголемува нивото на научени лекции и обученост на корисниците.

Интерфејсот на AAR модулот има напредната временска рамка која овозможува лесна идентификација на активностите на единицата за време на мисијата. Во самиот AAR интерфејс има алатки за едитирање кои овозможуваат приказ и ограничување на настани потребни за анализа на мисијата.

Самиот модул генерира податоци како што се: Поминато растојание, убиени непријатели, ранети непријатели, потрошено гориво и муниција, итн. Покрај ова администраторот може да зачува некој специфичен настан за време на мисијата и истиот да се потенцира за време на анализата.

Самиот модул врши детекција и запис на контакт меѓу спротивставените страни. Записот за контакт се креира во следниве случаи:

- Единицата го забележува непријателот;
- Има окинување на огнено оружје на бојното поле;
- Единицата трпи загуби од било каква форма на експлозија или погодок.

При некој од овие случаи сите припадници на единицата се запишуваат дека влегле во контакт сè додека не се заврши дадениот контакт [32].

Овој модул исто така има важна улога за симулаторот за тактички оружја бидејќи ја дава образовната карактеристика на самиот симулатор при што ќе дава можност да се разгледуваат, дискутираат и оценуваат грешките при изборот на целта, грешки во нишанењето, слаба координација меѓу корисниците, и слично [18], [19].

3. КИНЕКТ

Бидејќи, како што во претходниот текст напознав, скоро сите симулатори за тактички оружја користат ласери и камери за детекција на погодоците, тие користат технологија која не се развива последните 20 години. Исто така најголем дел од системите ограничуваат употреба само со еден тип на софтвер, ограничен број на мисии кои се вклучени со самиот симулатор и кај истите нема можност за едитирање и прилагодување според потребите.

Во изработка на симулаторот за тактички оружја одлучив да го користам Кинект сензорот, бидејќи:

- независен е, не користи ласери и детекциони камери;
- овозможува детекција на гестовите како и приказ на истите во симулацијата, (останатите системи ја симулираат само работа на пушка и погодоците).
- овозможува емуляција на команди на тастатура и глушец, со што овозможува користење со сите софтвери и системи кои како влезни уреди ги користат тастатурата и глушецот.
- лесно се поставува, програмира и прилагодува според нашите потреби;
- лесен и евтин за одржување;
- независен е од оружјето кое се користи.

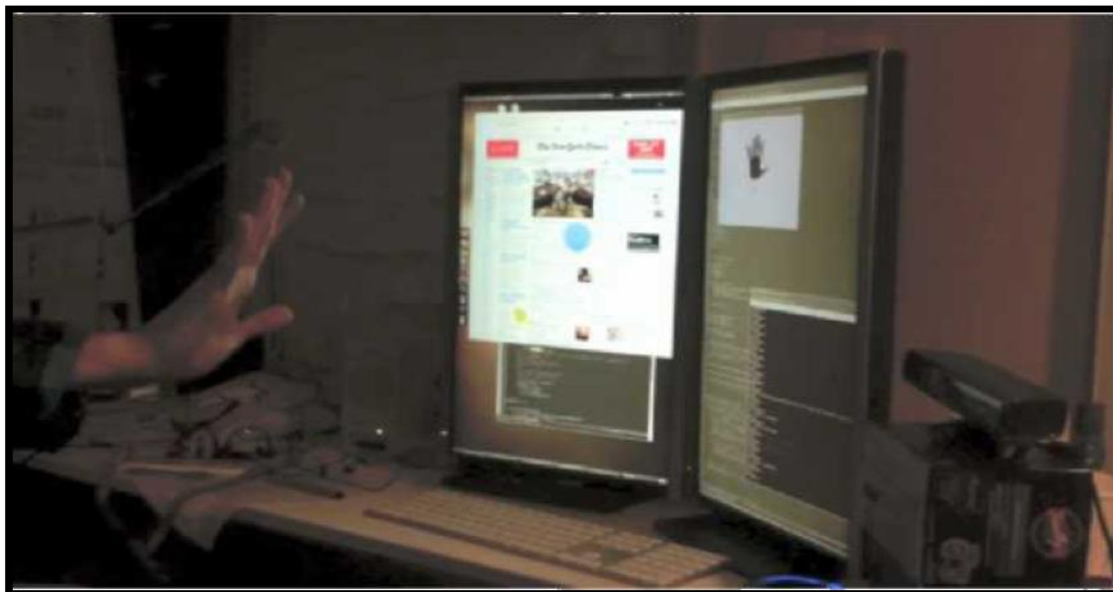
Најважна карактеристика според мене е што истиот постојано се надградува бидејќи е еден од најкористените сензори за комерцијални намени.

Во понатамошниот текст накратко ќе бидат објаснети карактеристиките на Кинект, а посебно вградените сензори, како и карактеристиките и платформите кои ќе се користат при изработка на симулаторот за тактички оружја.

3.1. Општи податоци за Кинект

Кинект е направа која е креирана и развиена од страна на Микрософт. Нејзината главна намена е детекција на движења кои се користат за контрола и интеракција без присуство на контролор¹ [33].

Со неговото појавување на интернет се појавени голем број на хакерски и универзитетски проекти кои го нагласуваат потенцијалот на ваков вид технологија, а самиот Микрософт го забележа овој феномен, па поради тоа слободно дозволи да се користи не-комерцијална верзија на Кинект Software Development Kit (SDK) за Windows од 16.06.2011 година. На Слика бр. 2 е прикажан добро познатиот "Kinect hack" - DepthJS, кој е развиен од страна на група од MIT Media Lab која се нарекува Fluid Interfaces Group [34], и претставува рамка која овозможува било која веб страна да има интеракција со Микрософт Кинект преку користењето на Јава скрипта.



Слика бр. 2. *DepthJS* [34]

¹<http://www.xbox.com/en-US/kinect> [Последен пристап 15.01.2015 година].

Со продажбата на 8 милиони парчиња во првите 60 дена по пуштањето во продажба, Кинект го држи Гинисовиот рекорд за "најбрзо продавана електронска направа" [35].

3.2. Хардвер компоненти и спецификации на Кинект

Кинект не претставува направа која се состои од само еден дел, туку е составена од различни компоненти и технологии на кои главна цел им е да овозможат на корисниците едно забавно искуство кое вклучува различни сетила [36], [37].

Кинект е дизајниран да биде поставен над или под видео дисплејот и во главно е формиран од хоризонтално поставени сензори кои се поврзани во една мала база со моторизиран постамент. Оваа моторизирана база овозможува промена на вертикала нагоре и надолу до $\pm 28^\circ$ [38]. Слика бр. 3 ги покажува главни сензори на Кинект или подобро кажано "очите и ушите на Кинект".



Слика бр. 3. Сензорските елементи на Кинект [37]

Под бројот 1 (еден) се наоѓа инфрацрвен (ИЦ) проектор, под 2 (два) е длабочинската монохроматска CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) камера, под 3 (три) се наоѓа (RGB) камерата со резолуција 640x480 и 32-битна боја на 30 фрејмови во секунда, под 4 (четири) се наоѓа моторот и постаментот на кинект, под 5 (пет) се наоѓа акцелерометарот, а под 6 (шест) се наоѓаат 4-те микрофони кои се поставени во линија, три од нив се на левата страна и еден на десната, и сите се поставени на долниот дел од направата. Уште еден важен аспект кој треба да се разгледа кога се опишува хардверот се побарувањата за струја. Кинект работи на 12 (DC) волти, троши 12 вати за време на своето работење. Ова е многу повеќе од 5 волти и 2.5 вати кои се вградени во Universal

Serial Bus (USB) портите во најголемиот број домашни компјутери. Ова значи дека Кинект има додатен адаптер кој го користи како дополнителен извор на енергија [39], [40].

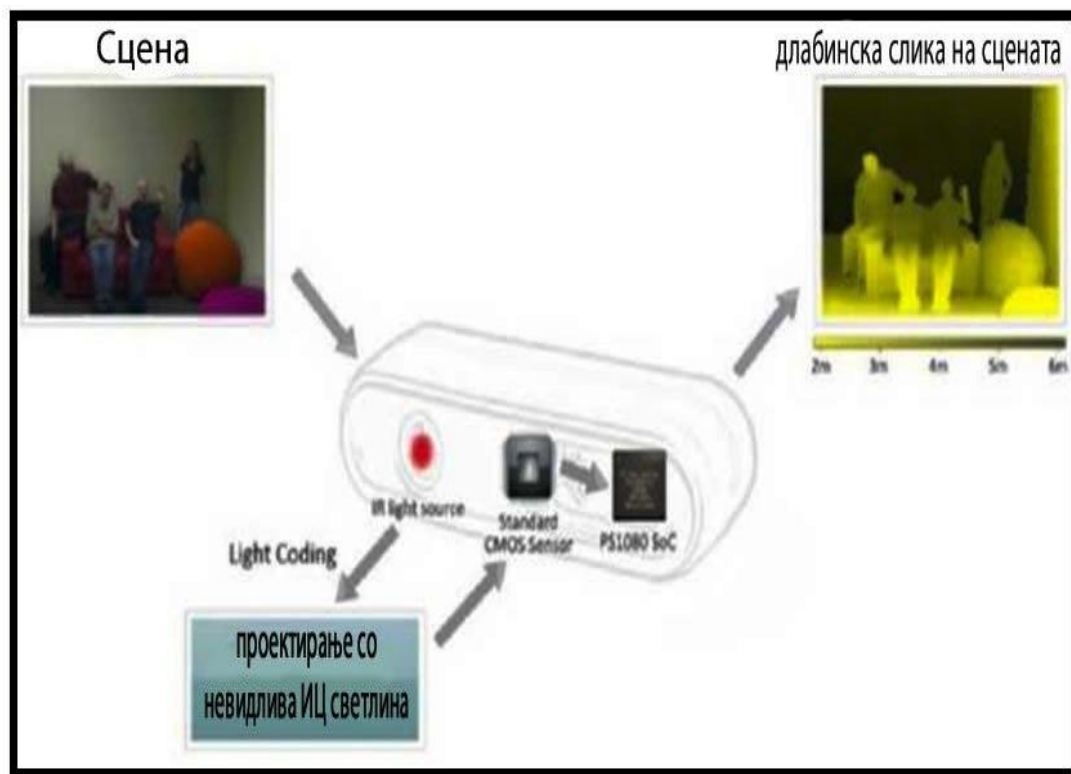
Инфрацрвениот проектор кој од надвор личи на камера, постојано генерира шема на ИЦ точки со 830nm бранова должина (невидливи за човековото око) или вкупно 633x495 ИЦ точки во просторот Слика бр. 4.



Слика бр. 4. Инфрацрвен светлосен примерок од Кинект [37]

Кога некоја од овие точки ќе удри во објект врши пореметување на шемата на ИЦ точки, ова пореметување се пренесува до длабочинската камера која ги дава 3Д координатите (x, y, z) за објектот и подоцна прави соодветен длабински 3Д модел на објектите [41]. Овој процес може да се види на Слика бр. 5.

Овие (x,y,z) длабински податоци за секоја точка се користат за пронаоѓање на точките кои ни се потребни за да ја одредиме позицијата и правецот на нишанењето.



Слика бр. 5. Длабочинска детекција на Кинект [37], [40]

Кинект е комплетна направа бидејќи нуди и аудио елементи, четирите микрофони кои се поставени на дното имаат улога да симулираат уши. Поседувањето на различни приемни точки на звук овозможува детектирање на звукот, дестинацијата на истиот и анализира на различните временски периоди во кој звукот стигнува до секој микрофон.

Во симулаторот за тактички оружја постои модул кој при конфигурацијата на симулаторот содржи снимка од звукот на опалување на оружјето. Кога ќе се детектира истиот тој звук, се генерира претходно конфигурираниот настан - во нашиов случај лев клик на глушец (опалување на оружјето).

Во Табела бр. 2 набројани се поважните спецификации на вгнездените сензорски во Кинект.

Табела бр. 2. Спецификација на сензорите на Кинект [38]

ВИД НА СЕНЗОР	СПЕЦИФИКАЦИЈА НА ОПСЕГОТ
Агол на покривање	43° вертикален и 57° хоризонтален опсег
Опсег на механизираниот постамент (вертикално)	±28°
степен (длабочина и боја) резолуција,	30 фрејмови во секунда (FPS) QVGA
Степен на длабочинска резолуција, боја	(320x240) VGA (640x480)
Аудио формат	16-kHz, 16-bit (PCM)
Аудио карактеристики	Збир од четири микрофони со 24-битен аналого-дигитален конвертор(ADC) и вграден процесор во Кинект за акустично ехо и супресија (потиснување) на бучава.

Кога станува збор за следењето на човечко тело, Кинект не е ограничен само на едноставна детекција на тело, туку овозможува и употреба на платформа која овозможува следење на зглобови и различни делови од телото. Ова е една од највозбудливите можности кои им ги нуди Кинект на оние кои развиваат нови интерактивни апликации. Во табела што следи е дефиниран работниот досег во кој направата е во можност да направи добро телесно следење.

Табела бр. 3. Работен досег на Кинект [37]

Работен досег	
Боја и длабочина	(1.2 до 3.5 метри)
Телесно следење	(1.2 до 3.5 метри)

3.3. Кинект Windows SDK

Кинект SDK [42] претставува алатка за програмирање кој е овозможен за користење од страна на истражувачкиот тим на Микрософт. Тој на програмерите им овозможува полесен пристап до компонентите на Кинектот, отворајќи простор за развој и експериментирање со апликации кои се подржани во Windows оперативниот систем. Оваа рамка е дизајнирана за програмери кои

креираат апликации во C++, C#, или Visual Basic користејќи го Microsoft Visual Studio 2010² [43].

3.3.1. Карактеристики и можности

Kinect SDK во својот состав има библиотека која овозможува директна интеракција со сензорите на: камерата, микрофоните и моторот на Кинект, со што може да се креираат апликации за препознавање на гестикации и говор.

Со помош на Kinect SDK можат да се изведат следниве операции [42]:

Процесирање на длабочинските податоци од сликата во боја

Кинект сензорот праќа 16-bit битни податоци, секој пиксел од тие податоци ја претставува далечината помеѓу објектот и сензорот. Покрај овие можности постои и Near Mode опцијата, која овозможува следење на човечкото тело на многу блиски растојанија од сензорот (до кај 40 сантиметри).

Исто така, овозможува и сегментација на сликата и препознавање и детекција на одредена боја.

При развојот на симулаторот сакав да ја искористам оваа можност, па поради тоа поставив објект (мало топче) на врвот од цевката на оружјето и истиот беше пронајден и детектиран од страна на Кинектот, како и неговите длабински карактеристики (позиција во просторот). Но, се откажав од овој пристап бидејќи покажа дека многу го оптоварува процесорот на компјутерот и има големи доцнења во повратните далечински податоци и доцнење во извршувањето на зададените команди.

²<http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio> [Последен пристап 16.01.2015 година].

Детекција на инфрацрвените податоци

Доколку светлината во која што се наоѓа сензорот е многу ниска, може да се искористи инфрацрвениот сензор на Кинект за да се добие инфрацрвена 16 битна длабочинска слика со резолуција од 640 x 480 и 30 фрејмови во минута.

Следење на движењата на човечкиот скелет и зглобовите

Кинект сензорот може да следи до 20 зглобови од поединечен скелет, може да препознае 6 лица кои што се позиционирани пред сензорот, но може да даде податоци (позиции на зглобовите) за само 2 од тие 6 лица.

Препознавање на говор

Со помош на податоците добиени од микрофоните може да се креираат апликации кои ќе го препознаваат говорот и врз основа на претходно зададен сет од гласовни команди ќе изведуваат зададени акции и контрола на апликацијата. Ова овозможува да се креираат апликации кои во исто време ќе препознаваат гестикулации и говор и врз основа на комбинации од тие две, може да се задаваат команди на одредена апликација.

Препознавањето на гестикулации

Оваа карактеристика им овозможува на луѓето да влезат во интеракција со компјутерите користејќи ги своите природни движења. Кај Кинект SDK, не постои API кое ги препознава гестикулациите, но со користење на позициите на зглобовите и длабочинските слики, може да се креира API кое може да препознава одредени гестикулации врз основа на позицијата и поставеноста на зглобовите и нивното релативно поместување. Исто така, може да се прави комбинација користејќи и OpenNI и NITE заедно со Кинект SDK.

3.3.2. Развојна алатка за Кинект

Развојната алатка од Кинект е дополнителен сет на компоненти кој овозможува пристап до одредени алатките и дополнителни API, овозможува креирање на софистицирани апликации.

Оваа алатка се состои од: голем број на веќе изработени примери, документација за SDK, API библиотеки, Кинект Студио (алатка која овозможува

снимање и репродукција на податоците од Кинект), како и SDK за следење на лице [42].

SDK за следење на лице се состои од неколку сетови на API кои може да се користат за да се следи човечкото лице. SDK ја детектира и ја следи позицијата и ориентацијата на лицето, и во реално време може да ја прикажува позицијата на очната шуплина и формата на устата. SDK за следење на лице може да се користи на повеќе места, како што се препознавање на изрази на лицето, NUI интеракција со помош на лицето, креирање на апликации за инвалиди и слично.

Оваа особина на Кинект SDK во иднина ќе овозможи подобрување на самиот симулатор за тактички оружја, бидејќи како една од точките за нишанење ќе се земе и позицијата на окото, со што би се зголемила прецизноста на системот. Истата планирам да ја користам во иднина бидејќи постојниов сензор што го користам нема можност за прецизно одредување на позицијата на окото за разлика од новиот Кинект V2 сензорот [43].

Кинект студиото овозможува снимање и репродукција на податоците од Кинект и претставува многу корисна алатка на програмерите кога ги развиваат и дебагираат своите апликации.

Оваа студио се користи во мојот симулатор за тактички оружја за да се снимат целата интеракција за време на обуката, во видео и аудио, па потоа да се користи за време на анализата.

3.4. Природна интеракција

Природната интеракција (NI) се однесува на концептот во кој интеракцијата со направите е базирана на човечките сетила. Оваа нова парадигма се однесува на периферните делови од човечкото тело кои се користат при примената на електронски направи, како на пример далечински управувачи, тастатури и компјутерски глушец.

3.4.1. Природен кориснички интерфејс (NUI)

Кинект може да се дефинира како (NI) направа, која функционира во контекст на Природниот Кориснички Интерфејс (NUI), што е нова метафизичка парадигма која е во подем во областа на Човечко-компјутерската интеракција (HCI). NUI е следниот чекор во еволуцијата на интерфејсот која има за цел да создаде поорганизиран интерфејс кој е базиран врз потрадиционалните парадигми на човечка интеракција, како на пример допир, вид, говор и најважното, креативноста [44].

Главната цел на NI парадигмата е да го трансформира наследството кое го оставиле интерфејсите и направите за време на годините во кои се одвивала технолошката еволуција на начин кој ќе биде интуитивен и природно интерактивен, без да се појави потребата од носење на одредени направи или совладувањето на комплицирани упатства за користење.

Како што спомнав и порано, NI е повеќе фокусиран на начините на одреден тип на интеракција и NUI пристапи:

Следење на телесно движење – анализата и интерпретацијата на 3Д податоци кои овозможуваат следење на цело тело и телесно препознавање кое може да ги лоцира посебните зглобови и различните делови од телото

Препознавање на гестикулации со рака - овде се препознаваат претходно дефинирани гестикулации со рака и истите се користат да се овозможи нов поприроден начин за контрола на направите.

Препознавање на говор и команди – дефинирање на гласовни команди кои поттикнуваат извршување на одредени акции на направите [45], [46].

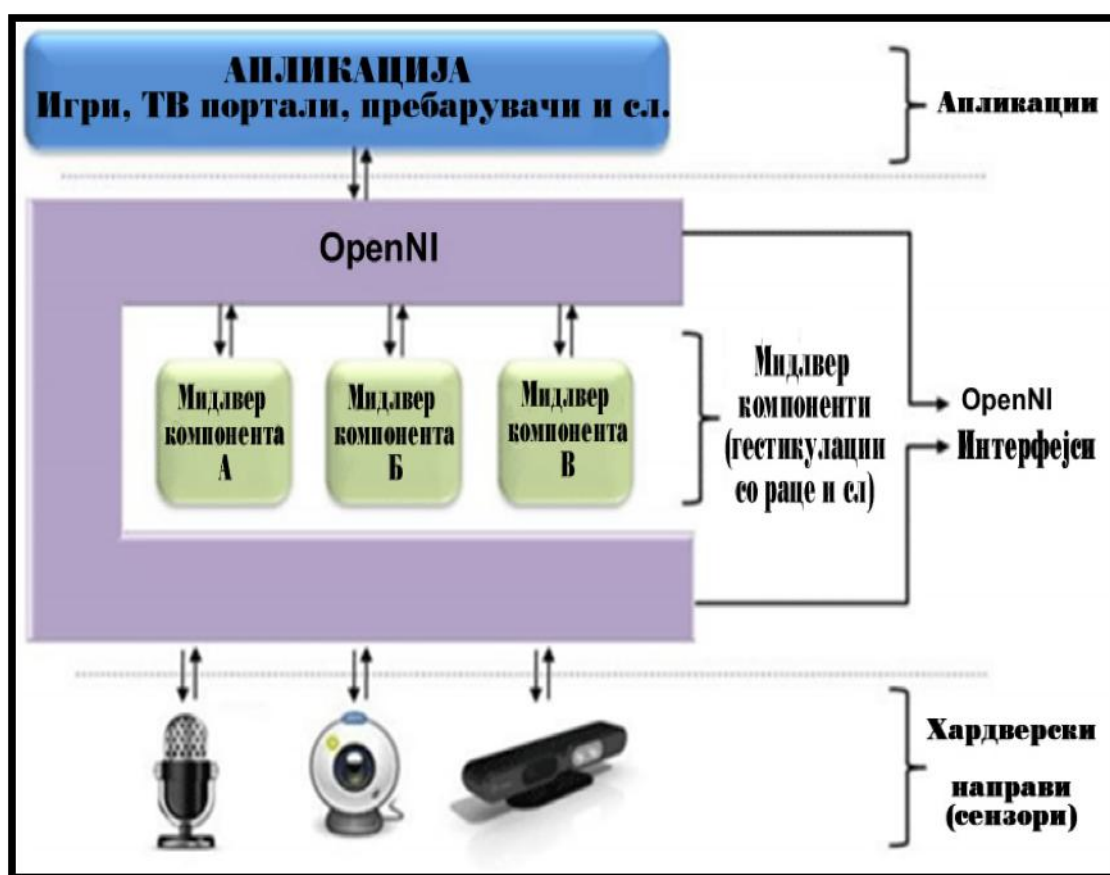
3.4.2. OPENNI

Open Natural Interaction (OpenNI) - претставува индустриски водена, непрофитна организација, која се занимава со Природна Интеракција (NI) и развој на API за NI, основана во ноември 2010 година.

API-то на OpenNI се состои од: сет на API кои може да бидат имплементирани во најразлични NI сензори и дополнителен сет на API кој е

имплементиран од страна на мидлвер компонентите кои претставуваат софтверски компоненти кои ги анализираат сите добиени податоци од сензорите.

OpenNI може да се претстави со помош на три слоеви. Првиот слој го претставува софтверот кој го користи API-то добиено од рамката. Средниот слој го претставува самиот OpenNI, кој всушност претставува комуникациски интерфејс меѓу сензорите и мидлверот, и долниот слој ги прикажува хардверските направи кои служат за прибирање на сензорски податоците од околината.



Слика бр. 6. OpenNI Архитектура (Извор [http:// openni.org](http://openni.org))

Оваа архитектура овозможува апликациите да бидат компатибилни со најразлични мидлвер модули и типови на сензори, без притоа да се прават измени и прилагодувања на кодот. Со помош на OpenNI возможно е да се креираат апликации кои користат податоци од било кој тип на сензори, и

обратно – овозможува било кој сензор да е компатибилен со секоја OpenNI компатибилна апликација.

3.4.2.1. Способности на OpenNI

OpenNI подржува регистрација на голем број на мидлвер компоненти и направи. Во API-то на OpenNI се дефинирани дополнителни екстензии, наречени способности, кои дефинираат дополнителна функционалност, овозможувајќи им на провајдерите индивидуално да одлучат дали може да подржуваат одредена способност.

Во моментот постои специфичен сет на способности, со можност за дополнително дефинирање на способности во иднина.

Способностите кои се подржани во моментот се:

Алтернативен поглед – оваа способност овозможува било кој тип на генератор на мапи (длабочински, слика, инфрацрвен) да направи трансформација на податоците за да изгледа дека сензорот се наоѓа на друга позиција.

Сечење (cropping) - ова е многу корисна способност која ги зголемува перформансите. Оваа способност овозможува било кој тип на генератор на мапи како излез да дава само одредена исечена слика.

Синхронизирање на слика овозможува синхронизација на сликите од два различно поставени сензори давајќи една слика.

Ефект на огледало е една од најкористените способности, која исто така се користи од Кинект. Ефектот на огледало е корисен кога сензорот е сместен пред корисникот, со што десната рака на корисникот би се појавила како лева на фигурата која што се генерира.

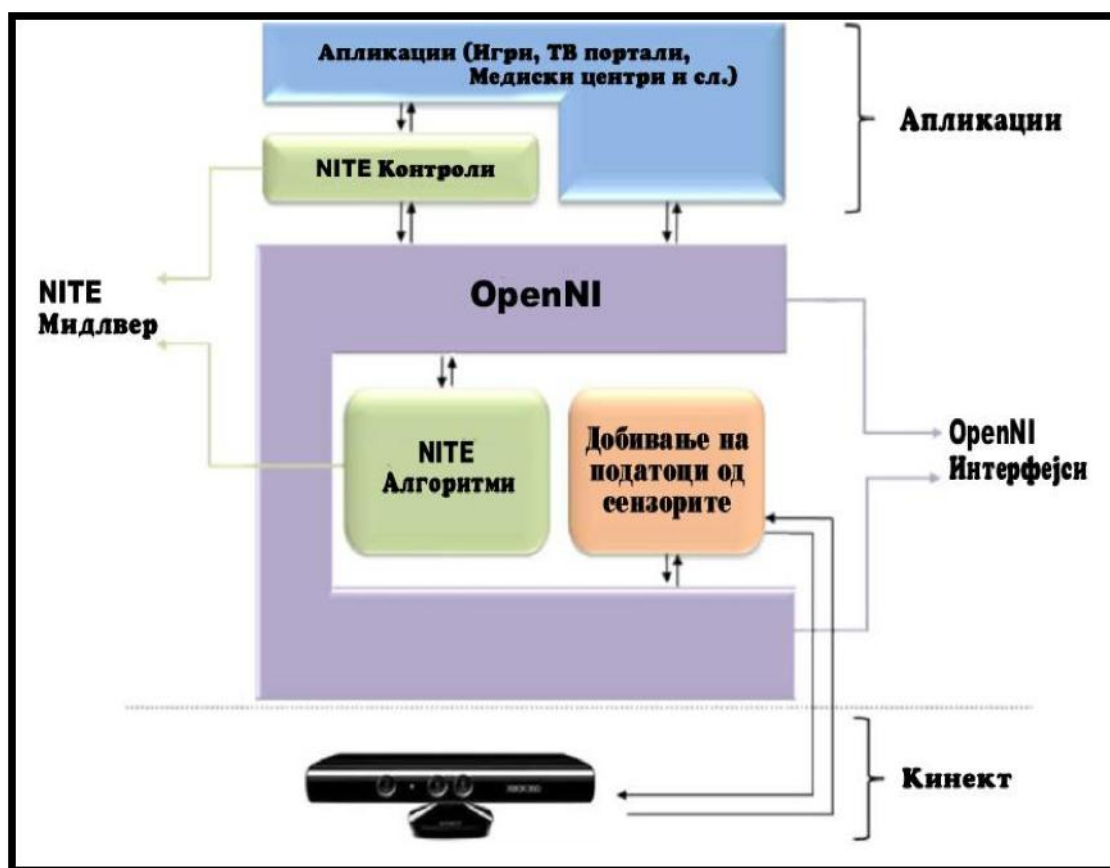
Скелет - овозможува генерирање на излез на податоци за скелетот на корисникот. Во овие податоци се опфатени и податоци за зглобовите на скелетот, позициите и детекција на поза на корисникот.

Позиција на корисникот - овозможува детекција на позицијата на корисникот, овозможувајќи му на длабочинскиот генератор да ја оптимизира длабочинската мапа за специфичен дел од набљудуваната околина.

3.4.3. NITE (*Natural Interaction Technology for End-user*)

NITE претставува мидлвер кој ја претставува околината во 3Д, преведувајќи ги добиените длабочински мапи во разбирливи податоци. Кинект сензорот ја набљудува околината, додека NITE има улога на детектор кој може да направи дистинкција меѓу телото и околината при тоа забележувајќи евентуална интеракција. NITE овозможува најразлични интеракции како што се: идентификација на корисникот, детекција на движење, препознавање на гестукулациите на корисникот користејќи сет на рамки во API-то кои се дефинирани при имплементацијата на NI. NITE овозможува софтверска имплементација (NITE алгоритми) за сите OpenNI модули [47], [48].

Рамката се состои од повеќе слоеви како што е прикажано на Слика бр. 7.



Слика бр. 7. Nite приказ на слоевите. Приказ на процесот на прием и обработка на длабочинските податоци

Како основен слој е OpenNI инфраструктурата со сите интерфејси на двете страни, со драјвери за сензорот и мидлвер софтвер. OpenNI подржува

регистрација на разни модули, а NITE имплементира генератори на гестикулации, рака и корисник, како и анализатор на околина со што врши препознавање на скелетот.

Вториот слој се состои од претходно споменатите NITE алгоритми, кои претставуваат алгоритми кои може да ги процесираат длабочинските податоци трансформирајќи ги во информации и модели кои NITE контролите може да ги разберат.

Следниот слој е претставен со NITE контролите - апликациска рамка која врши идентификација на гестикулациите (настаните) и дефинираните кориснички контроли, овозможувајќи им на програмерите на апликациите да развиваат нови апликации базирани на дефинираните настани и контроли генерирани од NITE алгоритмите.

Најгорниот слој ги претставува NI базирани апликации. Овие апликации може да добиваат повратни информации од NITE контролите или да стапат во директна интеракција со OpenNI за да пристапат до податоците кои се генерирани од сензорите.

3.4.3.1. NITE Алгоритми

NITE алгоритмите го претставуваат првиот слој од повеќеслојната NITE рамка. Овој мидлвер слој користи друг тип на алгоритми за да ги процесира добиените необработени сензорски податоци преку OpenNI архитектурата. Овие алгоритми имаат способност да ја поделат самата сцена на повеќе сегменти и во истите да направат дистинкција меѓу корисниците, околината и објектите при тоа вршат: детекција на позицијата на раката, следење на претходно дефинираните гестикулации и следење на позата на корисникот добивајќи целосен скелет откако ќе ги обележат сите зглобови на корисникот [49].

Алгоритми за контрола со помош на гестикулации

Како што е опишано во [49] може да се контролира целокупниот систем со помош на претходно дефинирани специфични гестикулации на корисникот кој што се наоѓа во видното поле на Кинект. За да се започне со контролата треба да се изведе одредена фокус на гестикулација како што се мавтање со рака или клик со рака. Оваа контрола се губи кога ќе се напушти просторот кој го

покрива сензорот, или кога сензорот ќе изгуби детекција на раката. Постојат повеќе различни типови на гестикулации кои може да се изведат и детектираат, и за истите да се предефинираат одредени команди, неколку од тие гестикулации се:

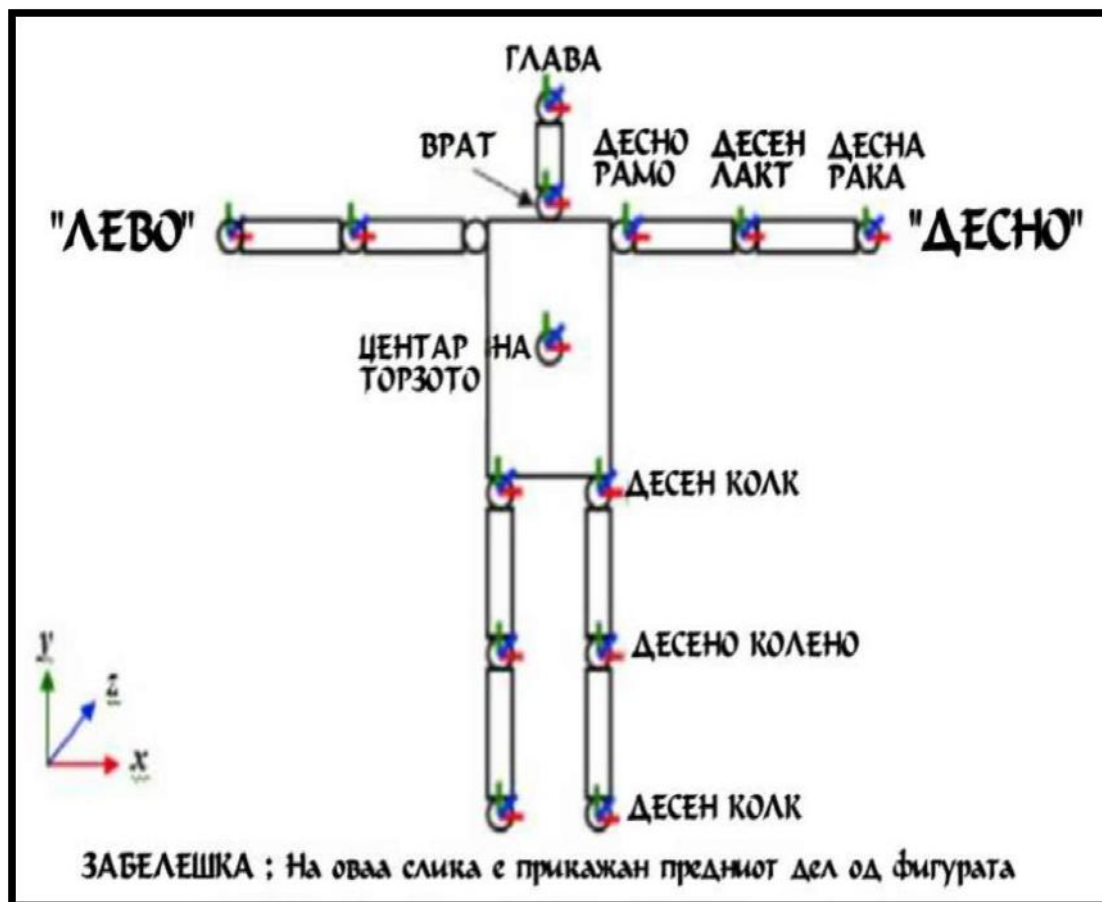
- клик;
- мавтање со рака;
- засукување на телото во лево/десно;
- кревање на раката на корисникот;
- удар со ногата.

Алгоритми за дистинкција на корисници

Постои сет на алгоритми со кои се вржи дистинкција на корисниците, со што може да се следат повеќе корисници. Според [49] корисникот кога ќе влезе во полето не сензорот добива сопствен ИД и им се задава различна боја на скелетот кој што се следи, доколку корисникот излезе од полето и пак влезе повторно добива нов ИД и друга боја на обележување.

Алгоритми за следете на скелетот

Според упатството дадено во [49] за идеална околина за следење на скелетот е онаа во која нема околни објекти или други корисници, а идеална далечина од сензорот е околу 2,5 метри. Корисникот треба неколку секунди да ја задржи “Psi” позата како што е прикажано на Слика бр. 8, за да се изврши прилагодување на скелетовиот модел и пропорциите на корисникот. На Слика бр. 8 е илустриран координатниот систем на скелетот на корисник кој што е со лице свртен кон сензорот.



Слика бр. 8. NITE приказ на зглобови. Го илустрира координатниот систем и приказот на скелет на корисник во NITE кога е вклучен ефектот на огледало

Од сликата може да се види дека дефинирањето на “лева“ и “десна“ страна е многу значајно за самото следење на скелетот. Но како што претходно споменавме постои способност - ефект на огледало, со што корисникот на екранот може да види приказ на себе како на огледало и доколку ја придвижите десната рака се придвижува десната страна од екранот.

Постојат некои познати проблеми кои ги забележав во текот на фазата на тестирање и практично користење на системот. Неколку од овие проблеми се :

- доколку рацете се постават близу до телото следењето е многу непрецизно, и во тој случај може да не ја препознае раката;
- следењето на нозете е доста непрецизно;
- главата секогаш мора да биде видлива;

- понекогаш потребно е повторно да се заземе “Psi” позата за да се отстрани застојот во следењето.

Комплетна листа на проблеми кои што настанувале при користење на Кинект, а се добиени од искусствено користење може да се најдат во [49].

3.5. FAAST (Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit)

Алатката која се базира на OpenNI и NITE, а е користена во симулаторот за тактички оружја посебно во делот за детекција и приказ на движењата и потребната интеракција за подобрување и поприродна употреба на симулаторот е FAAST (Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit).

FAAST претставува алатка кој движењата на човековиот скелет ги користи за контрола и командување на апликации со виртуелна реалност и видео игри [50].

FAAST зема два типа на информации од сензорот: акциски и артикулирачки скелети. Артикулирачкиот скелет се состои од позицијата и ориентацијата на секој зглоб од човечката фигура, и има примена во напредни сериозни/видео игри и виртуелна реалност, бидејќи овозможува директна контрола на движењата на виртуелниот аватар.

Користејќи VRPN - Virtual Reality Peripheral Network, популарен софтверски пакет за интеракција со познатите сензори за детекција на движење [51], ги добива податоците за позицијата и ориентацијата на зглобовите и ги пренесува на корисничката апликација. Креираниот VRPN сервер за FAAST ја користи позицијата на зглобовите на скелетот, во врзан систем со шест степени на слобода, кој при детекција на одредени движења и гестикации го активира предефинираниот настан – емулираната команда, на пример лев клик на глушецот.

Наспроти артикулирачките податоци, акциските податоци за скелетот се покомплексни бидејќи истите се користат за препознавање на позата на телото, движењата и гестикациите на корисникот во одредена временска рамка. NITE овозможува распознавање на некои основни гестикации поврзани со рацете на корисникот како што се: замавнување, мавтање, кружење со раката и слично.

Овие акции се погодни за 2Д интерфејси, но не се погодни за 3Д интерфејси, поради што FFAST е конфигуриран да препознава покомплексни гестикулации и движења како што се: наведнување (напред, назад, лево и десно), сукање на телото (лево и десно), движење на рацете, скокање, движење во место и слично³.

Сите претходно набројани акции може да се детектираат и да се емулираат предефинирани команди од тастатурата и глушецот и истите во реално време да се претстават на активниот прозорец. Овие команди може да се прилагодуваат според потребите и карактеристиките на самиот корисник и апликацијата. [52].

Со оваа можност е овозможен емулација на команди за мојот симулатор како и за било која апликација вклучувајќи off-the-shelf видео игри кои не подржуваат сензори за детекција на движење.

³<http://www.openni.org/files/nite/> [Последен пристап 10.02.2015 година].

4. РАЗВОЈ И ЕВАЛУАЦИЈА НА СИМУЛАТОРОТ НА ТАКТИЧКИ ОРУЖЈА

Во ова поглавје ќе биде објаснет целокупниот систем, кој ги вклучува:

- компонентите од кои се состои целокупниот систем;
- математичкиот модел;
- процесот на калибрација;
- трансформацијата на координатите од Кинект координатен систем во пиксел координатен систем;
- дел од програмското решение.
- процесот на евалуација и добиените резултати од истата;
- планирани идни надградби на симулаторот.

Постои голем избор на програмски софтвери и платформи со кои може да се програмира решението за симулаторот на тактички оружја. Но, поради интеграцијата на SDK-то на Кинект и Microsoft Visual Studio, јас избрав да го користам C# за програмското решение поради достапноста на литературата и поради тоа што Visual studio целосно го подржува и инкорпорира SDK-то на Кинектот - кој целосно е интегриран со .NET библиотеките со кои е овозможен пристап до голем број на функционалности и поддршки [53].

4.1. Опис на компонентите на целокупниот систем

4.1.1. Искористени функционалности на Кинект во симулаторот за гаѓање

Кинект сензорот ги добива податоци од вградените сензори и врши обработка на истите со помош на OpenNI и NITE. Со помош на FFAST се следат сите гестови на корисникот и со незабележливо доцнење се прикажуваат на екранот. Понатаму преку обработка на податоците според математичкиот модел за детекција на дефинираните точки, извршената калибрација и

трансформација (подетално ќе бидат објаснет во понатамошните поглавја), овозможено е прецизно нишанење кон екранот [53].

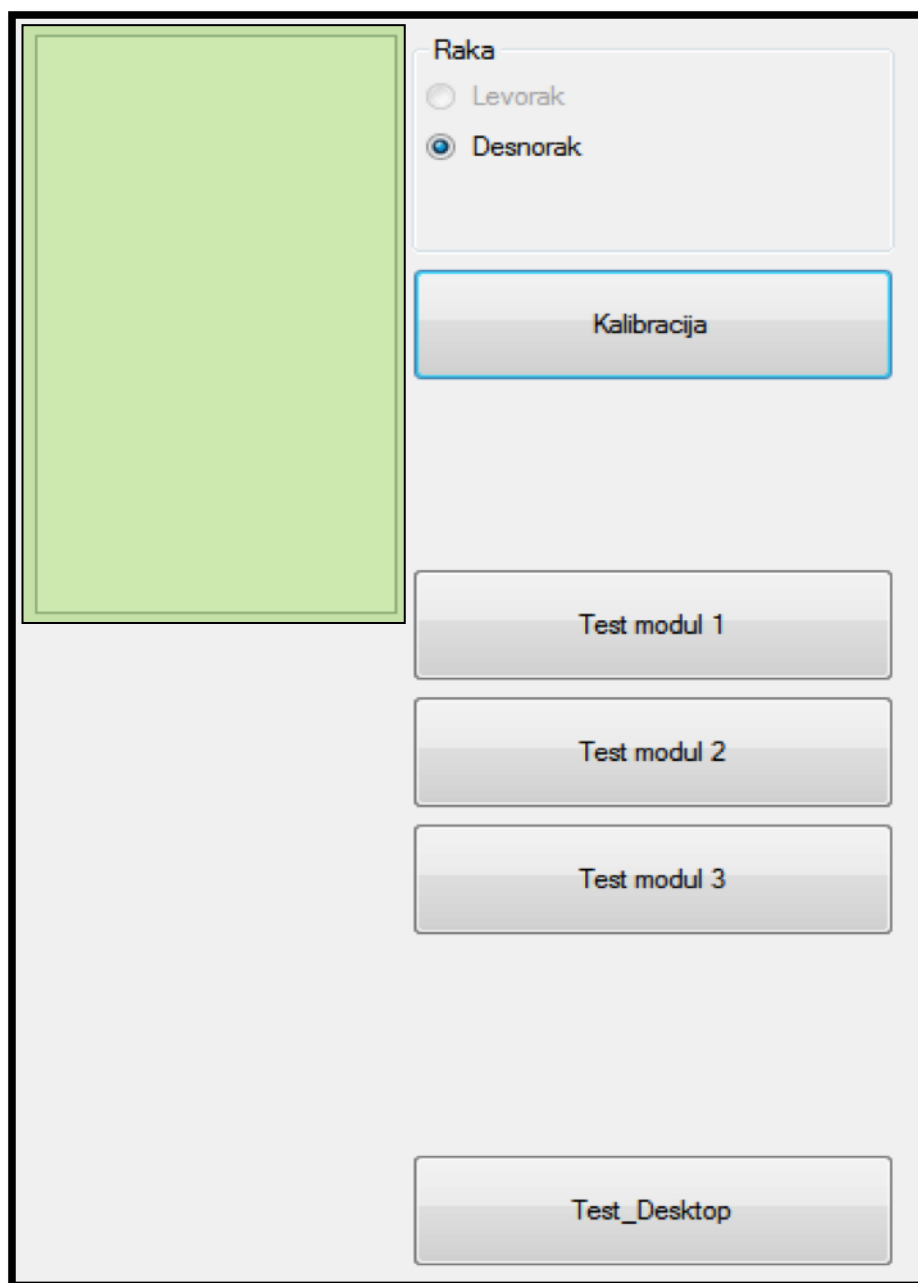
Исто така, со помош на микрофоните кои постојано „слушаат“ се врши детекција на аудио запис кој претходно е снимен преку менито и при подудирање на звукот со претходно сниманиот звук, се емулира предефинирана команда од Кинект Windows SDK – во мојот случај се емулира опалување (клик) на екранот [53]. Целиот овој процес е прикажан во Слика бр. 9.



Слика бр. 9. Приказ на искоритените функционалности на Кинект во симулаторот за гагање

4.1.2. Интерфејс и функционалност на креираната кинект апликација

На Слика бр. 10 е прикажан креираниот интерфејс на заднинската апликација која е креирана преку Кинект SDK за потребите на симулаторот за гаѓање.



Слика бр. 10. Изглед на интерфејсот на креираната апликација

Лево од прикажаната слика (исечено од интерфејсот за подобар приказ) постои голем прозорец на кој може да се види слика - излез од VGA камерата, за корисникот да може да види каде се наоѓа и дали сензорот го детектира и целосно пронаоѓа во просторот.

Следна работа која што корисникот треба да направи во апликацијата е да избере е дали е леворак или деснорак, и во зависност од неговиот избор, во кодот се врши промена на точките кои се користат при пресметките на позицијата на нишанењето (оваа опција е предефинирана како е деснорак).

Калибрациското мени се користи секогаш кога: симулаторот е користен од нов корисник, се користи ново оружје, или има промена на условите (промена на позиција на кинект, димензии на екран и сл), а истото се прескокнува кога нема промена на некој од претходно спомнатите параметри. Во квадратчето кое е обележано со зелен транспарентен правоаголник се добиваат вредностите од калибрацијата откако ќе се изврши калибрацијата за сите 9 точки.

Ова мени и останатите тест менија и нивната функција подетално ќе бидат прикажани и објаснети во понатамошните поглавја.

На крај откако ќе се завршат калибрацијата се преминува на започнување на апликацијата (`test_desktop`), минимизирање на истата и премин на ВБСЗ софтверот.

4.1.3. Модел на процесот на нишанење

Симулаторот за тактички оружја кој што го развив е наменет за обука за процесот на нишанење и подготвителни гаѓања од огнена позиција. За симулаторот за тактички оружја ќе се користат готови мисии или креирани мисии во согласност со [54], при што екранот е стационарен, не се поместува со поместувањата на корисникот или пак со поместувањето на оружјето на корисникот. Најважна карактеристика која што сакав да ја постигнам при развојот на симулаторот е големата прецизност на правецот на нишанење. Поради тоа го применив 3Д моделот за контрола на курсорот и одредување на правецот на целење, кој дава голема прецизност и подетално ќе биде објаснет во поглавјето што следува.

4.1.4. Методи на контрола на курсорот

Процесот на нишанење во симулатор за тактички оружјав вклучува: нишанење кон екранот, кое во компјутерскиот свет може да се поистовети со контрола на курсорот што се прикажува и движи на екранот. Постојаното прикажување на покажувачот на курсорот на екранот не оди во прилог за целокупниот концепт на симулаторот, па поради тоа ја користев опцијата од почетното подесување на самата виртуелна симулација ВБСЗ, која овозможува исклучување и неприкажување на курсорот, туку само генерира настан - погодок на моменталната пиксел локација на курсорот.

Во моментот во литературата може да се пронајдат два различни пристапи за контролирање на курсорот со помош на Кинект, кои се дефинирани како 2Д и 3Д пристапи.

Првиот, или 2Д пристап, е почесно користен и поедноставен начин за контрола на курсорот, бидејќи истиот ги користи само x и z (хоризонталните и вертикалните) координати од корисничката рака, игнорирајќи ја y (длабочинската) координата. Овој метод врши аналогија на движењата на корисникот и истите соодветно ги прикажува на екранот користејќи го претходно опишаниот ефект на огледало. Единствена работа која што треба да се направи кај овој пристап е да се направи прилагодување на соодносот на движењето на раката со приказот и големината на екранот. Доколку овие прилагодувања не се доволно прецизни или доколку се врши промена во основните прилагодувања на големината на екранот и позицијата на Кинектот, самото придвижување на курсорот е многу тешко или пак премногу осетливо.

Постојат повеќе примери од 2Д пристапот за контролирање на курсорот, едни од најрелевантните примери се: „Kinect Magic Cursor“ [55] и “Kinect-cursor-control“ [56]. Овие два примери се доста слични меѓу себе, бидејќи ја користат раката, и движењето на истата за придвижување на курсорот, но зависат од прилагодувањето на соодносот на движењето на раката со приказот и големината на екранот и самото придвижување на курсорот.

3Д пристапот е многу покомплексен пристап и користи математички пресметки за да ја одреди точката на нишанење кон екранот со голема

прецизност, користејќи ги координатите на корисникот, како и позицијата и карактеристиките на екранот.

Во [57], позицијата на курсорот е пресметана со користење на 3Д линијата која ги поврзува координатите на рамото и раката и точката на пресек со екранот. Точката на пресек е дадена во милиметри и потоа трансформирана во логичка пиксел координата користејќи ја резолуцијата на екранот и ширината и висината на истиот. Овој метод е сличен на пристапот кој што е користен во изградба на симулаторот, но кај истиот изостанува калибрација, користи различни точки за креирање на правата и има многу мала прецизност.

Во [58], авторите предлагаат метод кој што вклучува користење на Кинект сензорот и виртуелен екран – за да може да се направи интеракција на корисникот со тој голем виртуелен екран. Ова го прават користејќи едноставна векторска алгебра (глава-око) и Калман филтер кој што служи да ја следи траекторијата на движењето на врвот на прстот за да се намалат грешките.

Овој пристап, поради неговата математичка природа и тежината за имплементација се одбегнува да се користи, и затоа ретки се примерите каде се прават обиди математички да се пресмета позицијата на курсорот за истата потоа да се користи во некоја апликација.

4.2. Математички модел на процесот на нишанење со помош на Кинект

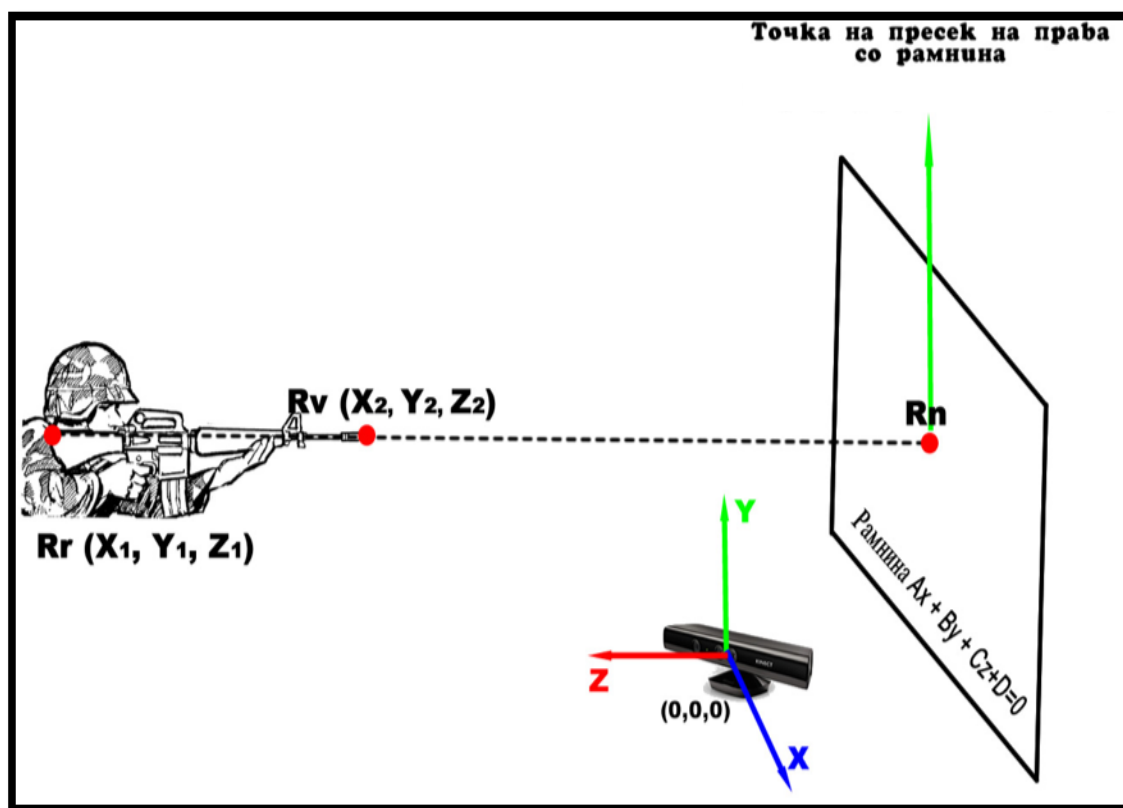
Целта на самиот симулатор е да се овозможи да се нишани како со реално оружје, што се сведува физички да се цели кон одредена цел, и сето тоа во реално време да се прикаже на екранот кога ќе се направи окинување со оружјето. За сево ова да се изведе потребни се следниве чекори:

- првиот чекор е да се дефинира правата која го сече екранот, а таа права започнува од рамото на корисникот, поминува низ врвот на цевката и продолжува се до пресекот со рамнината (Слика бр. 11);
- вториот чекор е да се дефинира рамнината на која што лежи екранот, и да се најде пресекот на претходно дефинираната правата со таа рамнината;

- третиот чекор е да се изврши калибрација;
- и последниот чекор е да се трансформираат точки од пресекот од кинект координатен систем во пиксел координатен систем и да се одреди соодветно погодениот пиксел на екранот.

4.2.1. Дефинирање на правата која го сече екранот

Првиот чекор во овој метод е доста едноставен, прво што направив е дефинирање на точката $R_v(x_2, y_2, z_2)$ точката од врвот на цевката, како и $R_r(x_1, y_1, z_1)$ точката од рамото на корисникот, со поврзување на овие две точки се креира права која го сече екранот прикажано на Слика бр. 11.



Слика бр. 11. Дијаграм на 3Д пристапот за одредување на позицијата на погодокот

Положбата на една права во просторот е напoлно определена ако се дадени две нејзини точки [59], во мојот случај тоа се $R_r(x_1, y_1, z_1)$ и $R_v(x_2, y_2, z_2)$ точките. Равенката што следи служи за пресметување на компонентите на насочениот вектор на правата

$$\vec{\vartheta} = \langle a, b, c \rangle, a = x_2 - x_1; b = y_2 - y_1; c = z_2 - z_1; \quad (4.1)$$

На оваа равенка одговараат три параметарски равенки на права.

$$\begin{aligned} x &= x_1 + (x_2 - x_1)t & x &= x_1 + lt \\ y &= y_1 + (y_2 - y_1)t & \text{или} & y &= y_1 + mt \\ z &= z_1 + (z_2 - z_1)t & z &= z_1 + nt \end{aligned} \quad (4.2)$$

каде што $t \in \mathbb{R}$.

Бидејќи податоците за точките R_v и R_r ги добивам во реално време од кинект сензорот, со истите ги пресметувам дадените равенки и ги користам во понатамошните пресметки.

4.2.2. Дефинирање на рамнината и пресекот на правата со рамнината

4.2.2.1. Општ модел

Откако е направен првиот чекор, следна работа која што треба да се направи е да се дефинира рамнината на која што лежи екранот, и со помош на математичките равенки од линеарна геометрија за пресек на права со рамнина објаснети во [59] се одредува точката на пресек $R_n(x_n, y_n, z_n)$ меѓу правата и рамнината прикажано на Слика бр. 11.

Бидејќи во овој математички модел сакаме да дефинираме едно општо решение за R_n точката на пресек како за општ случај ќе ја користиме општата равенка на рамнина и ќе ги изведеме општите равенки за пресек со рамнината

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (4.3)$$

Со замена на равенките од (4.2), ја добиваме следнава равенка

$$A(x_1 + lt) + B(y_1 + mt) + C(z_1 + nt) + D = 0 \quad (4.4)$$

Ако извршиме множење ќе ја добиеме следнава равенка

$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D + (Al + Bm + Cn)t = 0 \quad (4.5)$$

Од (4.5) равенката ќе ја добиеме следнава равенка за t

$$t = - \frac{Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D}{Al + Bm + Cn} \quad (4.6)$$

Со замена на t од (4.6) равенката во (4.2) равенката ги добиваме координатите на единствената пресечна точка на правата со рамнината, во мојот случај

$$(X_n, Y_n, Z_n) = (X_1, Y_1, Z_1) + t(X_2 - X_1, Y_2 - Y_1, Z_2 - Z_1) \quad (4.7)$$

4.2.2.2. Модел за симулаторот

Бидејќи во мојот случај сакам да го најдам пресекот на правата (на нишанење) со рамнината (на екранот), тогаш тие треба да припаѓаат во единствен координатен систем. Но бидејќи правата е променлива (согласно нишанењето), а екранот е фиксен, логично е на екранот да се фиксира една координатна рамнина (на пример xz како што е направено во мојот модел, а третата оска (y) да е насочена 'кон нишанцијата'.

Координатниот почеток (во овој случај сензорот кинект) го поставив во иста рамнина со што $z=0$, за x и y може да избирам било кои вредности, за да ги поедноставам пресметките користам (1, 1, 0), за x,y,z соодветно. Оттука, рамнината (4.4.) ќе биде всушност координатна, со равенка $z=0$. Со замена во равенката за пресек на правата и рамнината веднаш се добива $t = \frac{z_1}{z_1 - z_2}$

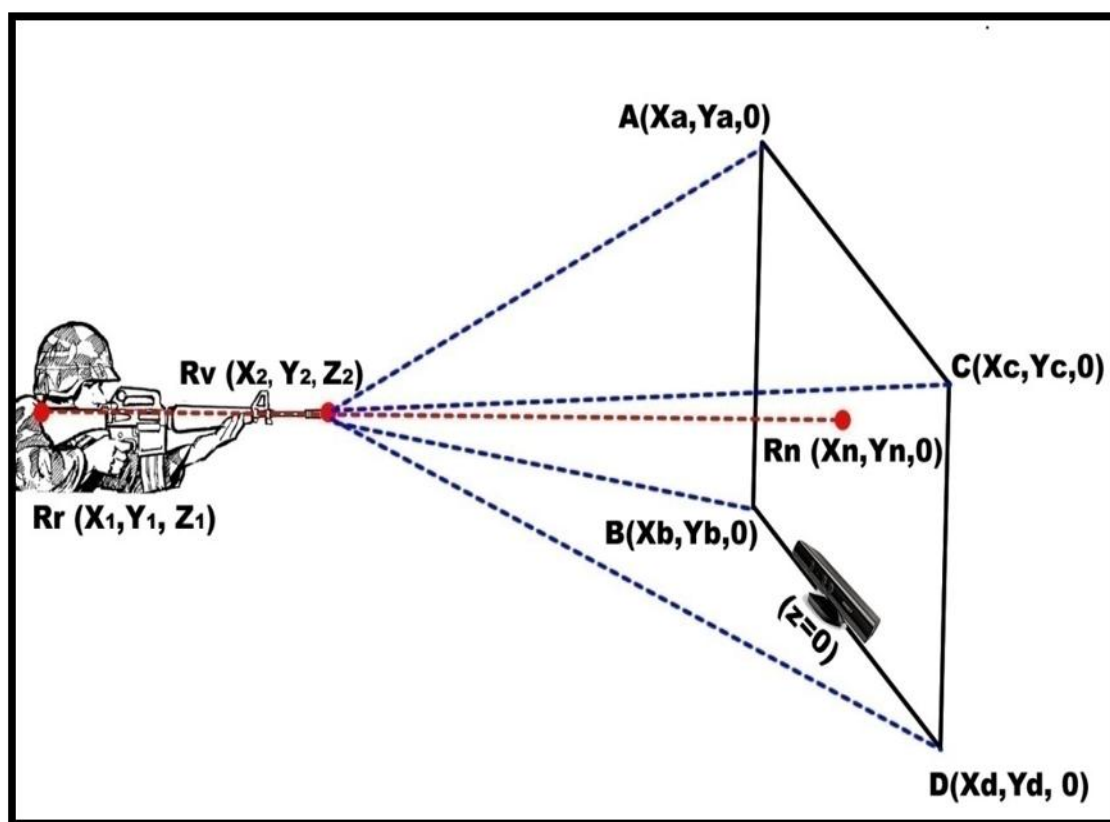
односно координатите на точката на пресек се:

$$\left(X = x_1 - z_1 * \frac{x_2 - x_1}{z_2 - z_1}, Y = y_1 - z_1 * \frac{y_2 - y_1}{z_2 - z_1}, Z = 0 \right) \quad (4.8)$$

4.2.3. Процес на калибрација

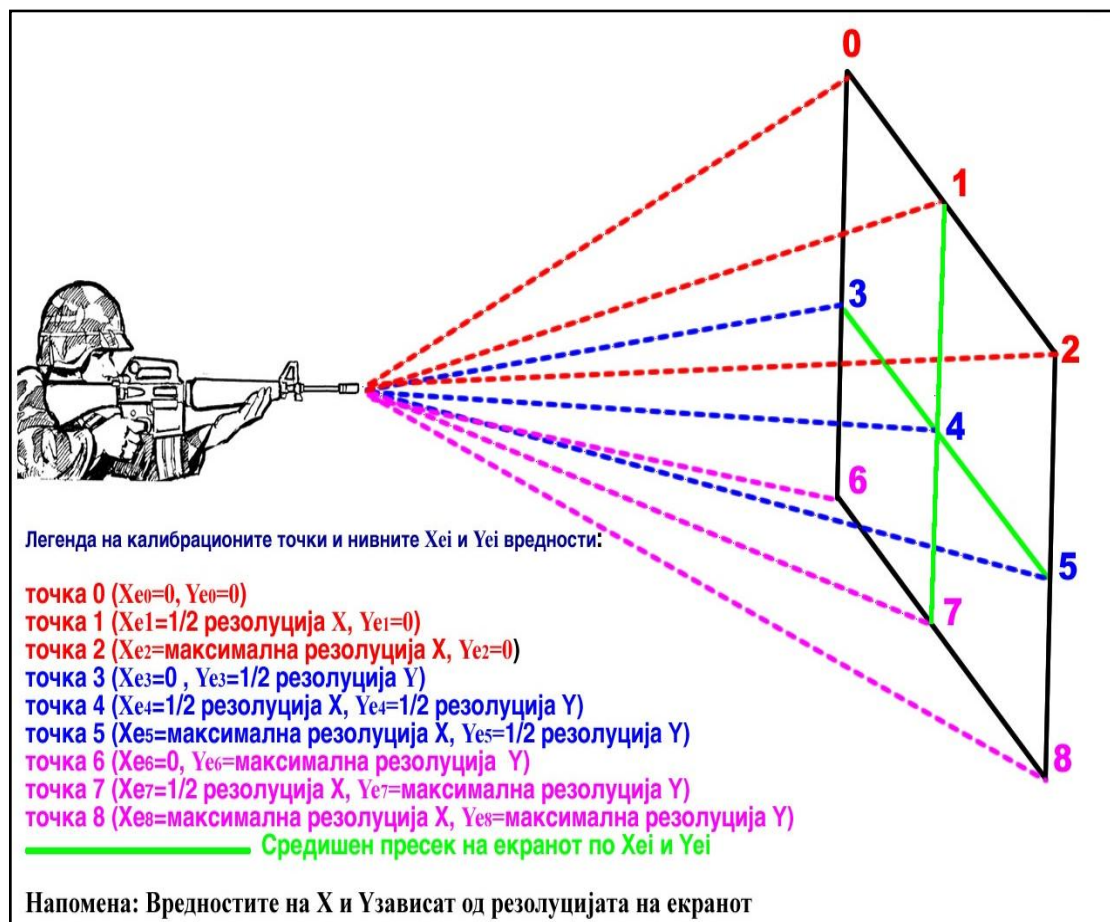
Бидејќи трансформација на R_n точка (точката на погодокот) во соодветна пиксел координата на екранот, и соодносот точка/пиксел многу тешко може да се одредат само со претходно дефинираните формули, во самиот модел вметнав процес на калибрација. Со калибрацијата се добиваат коефициенти за трансформацијата од кинект во пиксел координатниот систем со што се зголемува прецизноста и се поедноставува моделот.

За да го изведам процесот на калибрација првенствено дефинирав 4 точки на аглиите на екранот $A(x_a, y_a, 0)$, $B(x_b, y_b, 0)$, $C(x_c, y_c, 0)$, и $D(x_d, y_d, 0)$, а кинектот го поставив во линија со екранот, со што $z=0$, како што е прикажано на Слика бр. 12.



Слика бр. 12. Одредување на 4 точки за процесот на калибрација

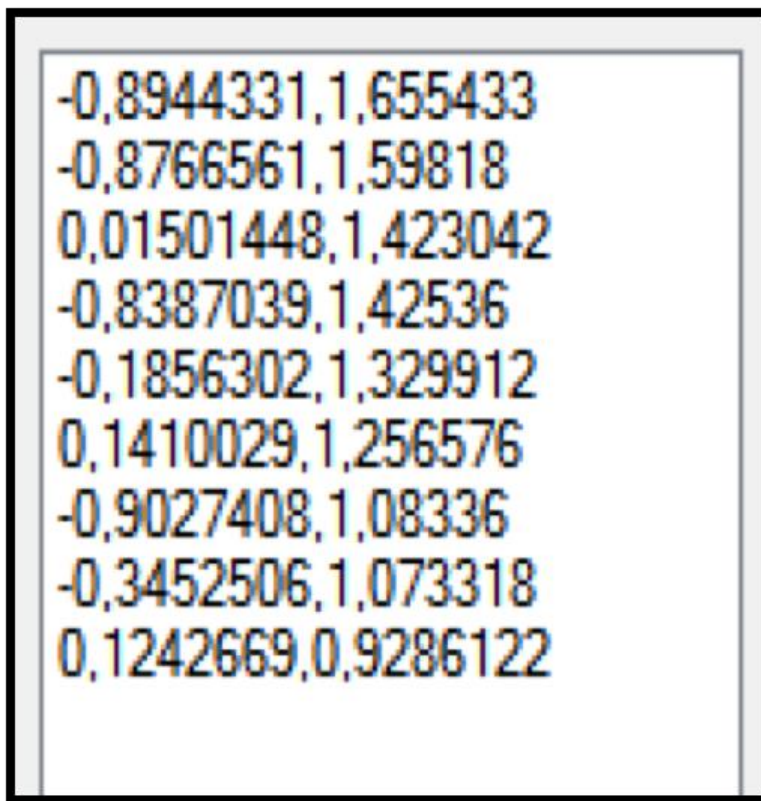
Со вметнување на третиот тест модул, морав да додадам дополнителни 5 точки со помош на кои може да се изведе пресметката на нелинеарните равенки кои ги вметнав за поголема прецизност на системот. Со ова бројот на калибрациски точки се зголеми од 4 точки на 9 точки, како што илустративно е прикажано на Слика бр. 13.



Слика бр. 13. Одредување на 9 точки за процесот на калибрација, и нивните X_e и Y_e вредности

При покренување на процесот на калибрација од креираната апликација Слика бр. 10 се поткрева форма – графички интерфејс која овозможува приказ на позициите кон кои треба да се нишани корисникот за да се изведе калибрацијата. Откако ќе се направи окунувањето на една калибрациска точка се земаат 10 последни пресметки за погодокот R_n , по што се зема средна вредност од тие десет вредности за погодокот, а потоа се преминува на следната точка со обезбедување конзистентен и корисен графички интерфејс со кој се олеснува процесот на калибрација.

Откако ќе се заврши со сите точки се појавува текст дека калибрацијата е завршена, а во позадина се добиваат X_k и Y_k вредностите за R_n точката на пресек за претходно дефинираните 9 точки кои се дадени во пиксел координати X_e и Y_e на Слика бр. 13, и истите понатаму се користат при трансформацијата.



Слика бр. 14. Приказ на добиени вредности за X_k и Y_k по калибрацијата за сите 9 точки

Доколку има потреба може да се изврши нова калибрација со повторно кликање на копчето за калибрација. Калибрацијата е засебно мени кое е независно од ВБС софтверот. По завршување на калибрацијата може да се премине на користење на ВБС софтверот.

4.2.4. Трансформација на погодокот во соодветна пиксел координата

Линеарните и нелинеарните равенки се користат за многу различни примени и апликации, затоа решавањето на овие равенки е корисно за голем број на корисници. Во мојот пример со помош на овие равенки се добива

резултат – пикселот во кој што се нишани, односно X_e и Y_e е пиксел координатата.

4.2.4.1. Дефинирање на систем на линеарни равенки за првиот и вториот тест модул

За да извршам трансформација на погодокот врз основа на линеарна зависност го имам проблемот $(X_e, Y_e) = f(X_k, Y_k)$, каде (X_e, Y_e) претставуваат пиксел координати на екранот, а (X_k, Y_k) се координатите кои се добиваат со помош на равенката (4.8), а f е функција со која се дефинира линеарната трансформација. Непознати ни се коефициентите A_i каде што $i=1 \dots 6$, а познати ни се 9 точки (X_{kj}, Y_{kj}) и соодветни (X_{ej}, Y_{ej}) каде што $j=0 \dots 8$ – деветте калибрациски точки од Слика бр. 13.

Во суштина проблемот е даден во следните равенки:

$$\begin{aligned} X_{ej} &= A_1 X_{kj} + A_2 Y_{kj} + A_3 \\ Y_{ej} &= A_4 X_{kj} + A_5 Y_{kj} + A_6 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Бидејќи координатниот почеток $(0,0)$ е во средината на Кинектот сензорот, а координатниот почеток $(0,0)$ на екранот е во горниот лев агол, се додават слободните членови A_3 и A_6 . Во следната равенка е прикажано како изгледаат проширените равенки кои се користат за решавање на детерминантите.

$$\begin{aligned} X_{ej} &= A_1 X_{kj} + A_2 Y_{kj} + A_3 + 0A_4 + 0A_5 + 0A_6 \\ Y_{ej} &= 0A_1 + 0A_2 + 0A_3 + A_4 X_{kj} + A_5 Y_{kj} + A_6 \end{aligned} \quad (4.10)$$

Првенствено замислата беше да се користат само четирите точки: $A(x_a, y_a, 0)$, $B(x_b, y_b, 0)$, $C(x_c, y_c, 0)$, и $D(x_d, y_d, 0)$, прикажани на Слика бр. 12 и притоа да се избераат 6 случајни равенки од можните 8 за да се решат равенките.

Но подоцна со вметнувањето на нелинеарниот модел и потребата од повеќе точки дефинирав дополнителни 5 точки прикажани на Слика бр. 13, со

што вкупниот број на калибрациони точки порасна на 9 и бројот на можни равенките порасна на 18.

Во првиот тест модул се користат само 4 точки: А, В, С и D или точките со број (0, 2, 6 и 8) за во изборот на редовите на матрицата случајно да се изберат 6 равенки од можните 8.

Следните вредности кои се прикажани во равенките се за точки А, В, С и D или точките 0, 2, 6 и 8.

$$\begin{bmatrix} X e_0 \\ Y e_0 \\ X e_2 \\ Y e_2 \\ X e_6 \\ Y e_6 \\ X e_8 \\ Y e_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X k_0 & Y k_0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X k_0 & Y k_0 & 1 \\ X k_2 & Y k_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X k_2 & Y k_2 & 1 \\ X k_6 & Y k_6 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X k_6 & Y k_6 & 1 \\ X k_8 & Y k_8 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X k_8 & Y k_8 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

Во вториот тест модул во изборот на редовите на детерминантата од 18-те можни равенки се бираат случајни 6 равенки за да се избегне сите да имаат десно 0.

Бидејќи решавањето го правиме според Крамеровото правило за решавање систем N равенки со N непознати (подетално објаснето во [60]), при што за 6 непознати кои ги имам во дефинираните линеарни равенки потребни ни се 6 линеарно независни равенки. Значи практично ми се се потребни само 3 калибрациони точки за да се пронајде единствено решението за линеарната равенка од тест модулите 1 и 2.

Креираната апликација прима три параметри, првите параметри се типот на равенката, бројот на непознатите, и кои се непознатите, при што врши пресметка на зададените параметри.

4.2.4.2. Дефинирање на систем на нелинеарни равенки за третиот тест модул

Бидејќи сакав да додадам дополнителен тест модул во кој ќе се искористат повеќе точки и равенки од калибрацијата додадов дополнителна зависност со што системот на равенки станува нелинеарен и попрецизно се решава со Нутн-Рафсон⁴ нумеричката метода. Квадратните функции се зададени за системот побргу да конвергира и полесно да се реши.

За нелинеарни равенки се користи истиот пристап само што детерминантата има 13 елементи во редот значи определуваме 12 члена A_i каде што $i=1 \dots 12$ (коефициенти пред линеарните и нелинеарните вредности).

$$\begin{aligned} X_{ej} &= A_1 X_{kj} + A_2 Y_{kj} + A_3 + A_7 X_{kj}^2 + A_8 Y_{kj}^2 + A_9 X_{kj} Y_{kj} \\ Y_{ej} &= A_4 X_{kj} + A_5 Y_{kj} + A_6 + A_{10} X_{kj}^2 + A_{11} Y_{kj}^2 + A_{12} X_{kj} Y_{kj} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Проширената равенка изгледа вака:

$$\begin{aligned} X_{ej} &= A_1 X_{kj} + A_2 Y_{kj} + A_3 + 0A_4 + 0A_5 + 0A_6 + A_7 X_{kj}^2 + A_8 Y_{kj}^2 + \\ &\quad A_9 X_{kj} Y_{kj} + 0A_{10} + 0A_{11} + 0A_{12} \\ Y_{ej} &= 0A_1 + 0A_1 + 0A_3 + A_4 X_{kj} + A_5 Y_{kj} + A_6 + 0A_7 + 0A_8 + 0A_9 + \\ &\quad A_{10} X_{kj}^2 + A_{11} Y_{kj}^2 + A_{12} X_{kj} Y_{kj} \end{aligned} \quad (4.13)$$

⁴Подетално објаснето во Анекс 2

Вредностите на равенките се слични како погоре само што имаат повеќе елементи. Пример за 1 точката од калибрацијата е:

$$\begin{bmatrix} X e_1 \\ Y e_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X k_1 & Y k_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & X_{k1}^2 & Y_{k1}^2 & X k_1 Y k_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X k_1 & Y k_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & X_{k1}^2 & Y_{k1}^2 & X k_1 Y k_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \\ A_7 \\ A_8 \\ A_9 \\ A_{10} \\ A_{11} \\ A_{12} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

Како што претходно напмнав, при решавањето на овие равенки се користи нумеричка апроксимативна Нутн-Рафсон метода. Самиот метод користи итерации за да ги добие вистинските вредности со зададена прецизност од 0.0001. Бројот на итерации се менува во согласност на прецизноста на резултатот.

4.2.5. Решение за кликањето (окинувањето) на оружјето

Целта на ова решение е да се овозможи генерирање на кликање (окинување) на оружјето кое во скоро реално време, со незабележително доцнење со повлекување на окинувачот на оружјето ќе генерира клик и погодок на екранот.

Првата дилема со која што се сретнав е како да се генерира клик настан кога ќе се изврши окинување со оружјето. Можни беа повеќе пристапи за да се изврши окинувањето.

Првенствено мојата замисла беше да се искористи светло (диода) која ќе се запали кога ќе се притисне окинувачот, со што кинектот ќе ја забележи промената на бојата и интензитетот на светлината, по што ќе генерира клик настан. Овој пристап го исфрлив бидејќи решението побаруваше голема

процесорска моќ, големи оптоварување и доцнења во програмот. Исто така, со додавање на диодата ќе се уништеше и целата моја замисла да може да се користи и личното вооружување без дополнителни додатоци.

Вториот пристап е употреба на звук за генерирање на настан, ова е овозможено од Кинектот и SDK функцијата за распознавање на звук и на говор и истиот го искористив во симулаторот.

Овој метод го споредува звукот кој што оди во реално време со претходно снимениот (преддефинираниот) звук од окинувањето на оружјето, кога кинектот ќе детектира сличен звук, враќа вредност од 0 до 1 за пронаоѓање на преддефинираниот звук. Доколку поклопувањето на звукот е поголема од 70% се зема дека е добиено поклопување и дури тогаш се генерира клик настан.

При тестирањето на овој метод имав и случаи кога се генерирање клик и при некој надворешен звук, затоа во апликацијата додадов дополнителна зависност. Дополнителната зависност е поврзана со интензитетот на звукот кој е многу повисок од говорот и шумот, т.е. се активира при користење на маневарска муниција или пак од звукот кој е еднаков на реалниот. Имено при детектирање на звук со интензитет повисок од дефинираниот, истиот се споредува со преддефинираниот звук, сите пониски звуци не се споредуваат. Истиот е вметнат во кодот, тестиран и работи без проблеми (подетално е објаснето во Подглавје 4.4.).

Покрај овие методи, во делот на тестирање на апликацијата кај окинувачот на оружјето вметнав електричен прекинувач, при притискање на окинувачот се притиска и електричниот прекинувач и преку RS 232 врската се генерира лев клик на екранот Слика бр. 15.



Слика бр. 15. Решение за кликање (окинување) на оружјето со помош на електричен прекинувач-тест приод

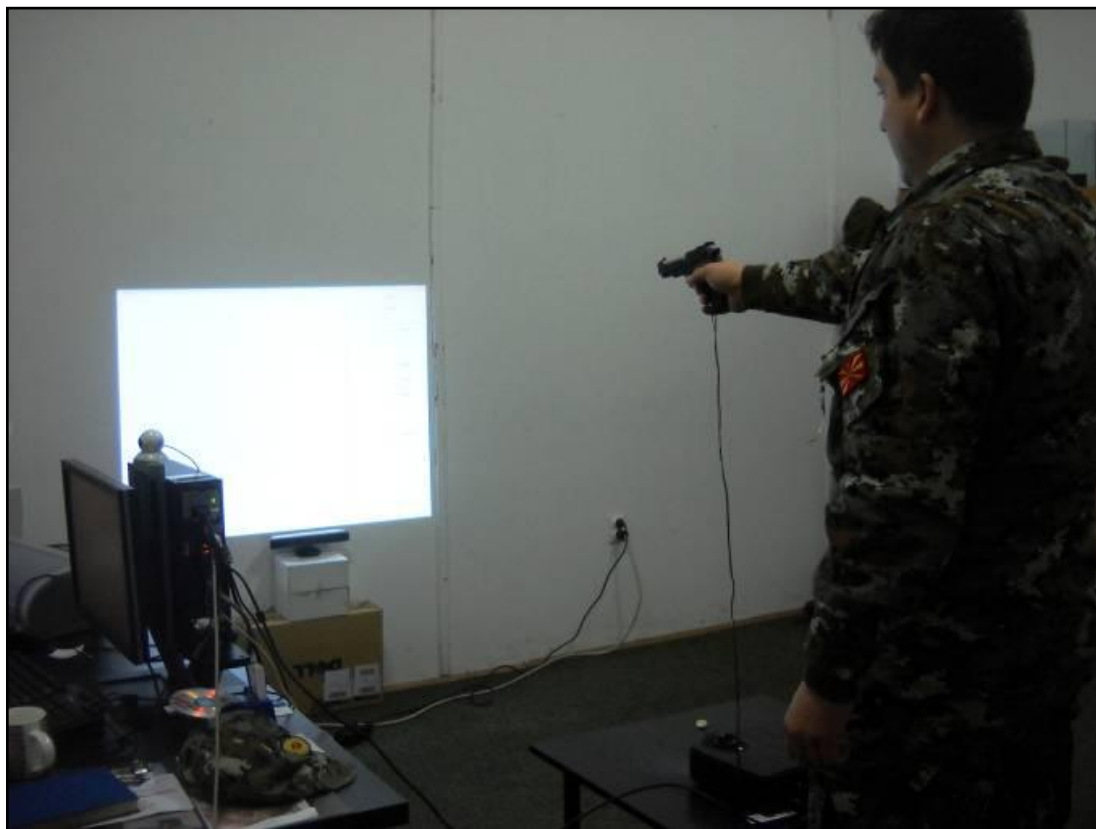
4.3. Евалуација на симулаторот за тактички оружја

Евалуацијата на развиениот симулатор за тактички оружја претставува важна алка во процесот на откривањето на проблеми со кодот, одредувањето на успешноста на алгоритмот и математичкиот модел. Од евалуацијата и добиените резултати сакам да откријам кој од дефинираните тест серии и сценарија е најпрецизен и кој има најголема корелација со реалните резултати. По добивање на податокот за сценариото со најголема прецизност и корелацијата, тој модул ќе се користи како основен модул за пресметување на трансформацијата на координатите при користење на симулаторот со ВБСЗ.

Во понатамошниот текст ќе бидат дефинирани сериите и сценаријата, исто така ќе бидат прикажани добиените резултати (од сценаријата и анкетата), како и дискусијата за добиените резултати.

Секоја од сериите е изведена од страна на 10 корисници кои претходно извршија исто гаѓање со воздушна пушка на растојание од 5 метри на стандардна мета за гаѓање со воздушна пушка. Сево ова е направено за да се добијат реални резултати за корисниците, и да направам споредба на тие реални резултати со резултатите добиени од симулаторот, проверувајќи ја ефикасноста на симулаторот со користење на Пирсоновиот коефициент на корелација [15].

Откако ги добив резултатите за сценаријата од тест корисниците, направив измена во кодот – при кликање на десктоп апликацијата да се покрева третиот модул. Секој од корисниците имаше можност да ја користи и ВБС3 симулацијата со пресметките од тој модул, по што истите имаа кратка анкета на од неколку прашања во која требаше да ги посочат нивните мислења и ставови за можноста за користење на симулаторот за обука и едукација за гаѓање.



Слика бр. 16. Изглед на експерименталната околина

На Слика бр. 16 прикажана е експериментална околина во која што јас го развивав симулаторот и ги вршев основните прилагодувања за да го добијам крајниот производ, користејќи најосновни средства во согласност со условите кои ми ги овозможување самата околина и сензорот.

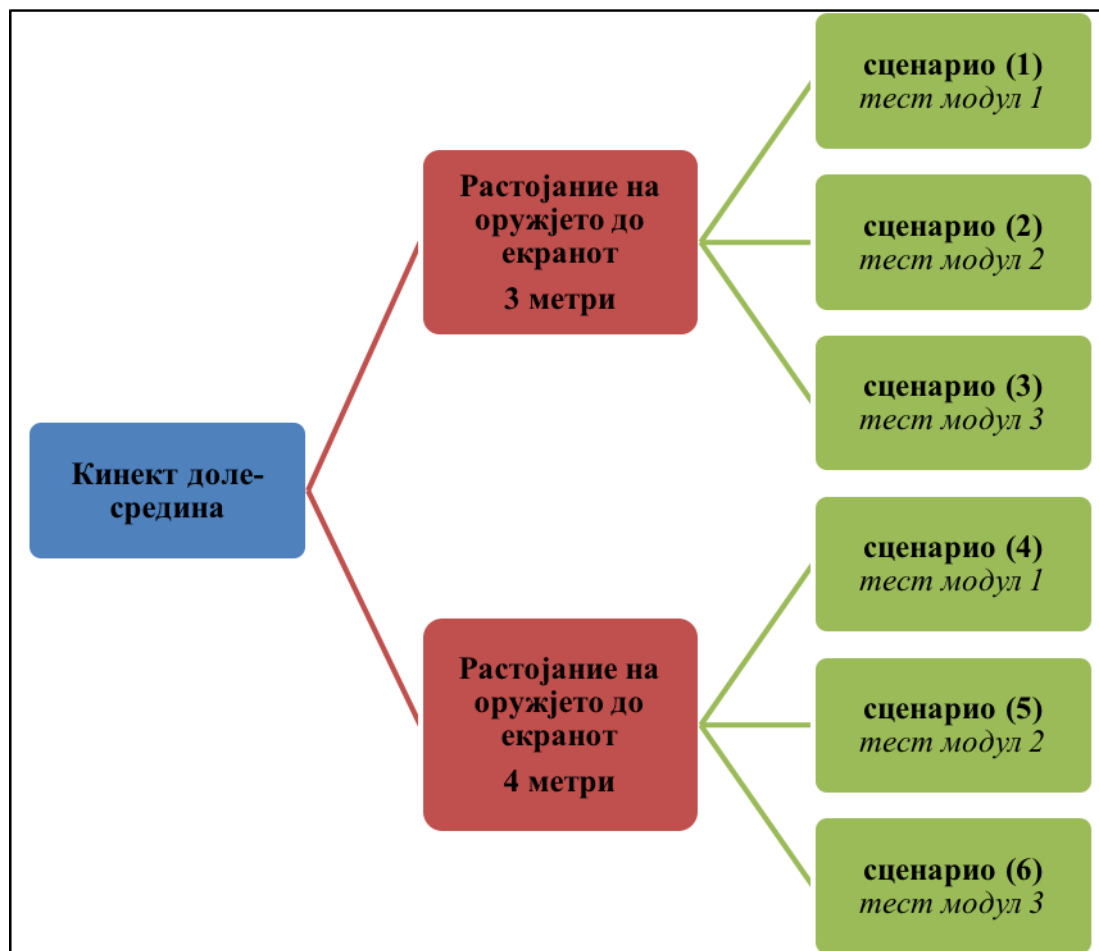
4.3.1. Дефинирање на тест сценаријата

За да ја извршам евалуацијата дефинирав 6 сценарија кои зависеа од:

- **Растојание на оружјето од екранот**
 - 2,5 метри (сценарија 1,2,3);
 - 3,5 метри (сценарија 4,5,6).

- **3 – те тест модели кои вршат трансформација во пиксел координати**
 - **Тест модул (1)** – кој користи 4 калибрациски точки и линеарни равенки за трансформацијата на погодокот во соодветна пиксел координата (сценарио 1 и 4)
 - **Тест модул (2)** – кој користи 9 калибрациски точки и линеарни равенки за трансформацијата на погодокот во соодветна пиксел координата (сценарио 2 и 5)
 - **Тест модул (3)** – кој користи 9 калибрациски точки и нелинеарни равенки за трансформацијата на погодокот во соодветна пиксел координата (сценарио 3 и 6)

За да може поедноставно да се прикажат креираните сценарија ја креирав Слика бр. 17. која како дијаграм ги прикажува креираните сценарија и користените тест модули.



Слика бр. 17. Дијаграм за користените 6 сценарија

4.3.2. Евалуација и дискусија за добиените резултати

Секој од 10-те корисниците изврши калибрација нишанејќи и гаѓајќи кон сите 9 калибрациони точки, по што премина на изведување на гаѓањето по секој од модулите и сценаријата. Притоа за секоја од метите (стандардна мета за гаѓање со десет кругови со 50x50см димензии – Слика бр. 18) која што се појавуваше при кликање на тест модулот, тест корисниците извршија по 13 окинувања (3 пробни гаѓања и 10 гаѓања) на пиштолот за секое сценарио, и за тие 10 гаѓања се вршеше пресметка на бројот на остварените кругови (погоди) во метата.

Бројот на погоди во метата се сметаше на следниов начин: ако корисникот го погоди центарот на метата тогаш се сметаат 10 кругови, ако го погоди деветтиот круг – тогаш се сметаат 9 кругови, доколку погодокот е

средина, или има пресечено некоја од линиите – се зема поголемиот број на круговите - на пример ја има пресечено линијата помеѓу 5 и 6 – тогаш се сметаат 6 кругови. Овој начин на сметање претставува стандард при пресметка на круговите на погодоци. Максималниот број на кругови е 100, по 10 максимум од секое окунување.

На Слика бр. 18 е прикажан тест модулот (метата) за евалуација на погодоците.



Слика бр. 18. Изглед на метата од тест модулите користена за евалуација на погодоците

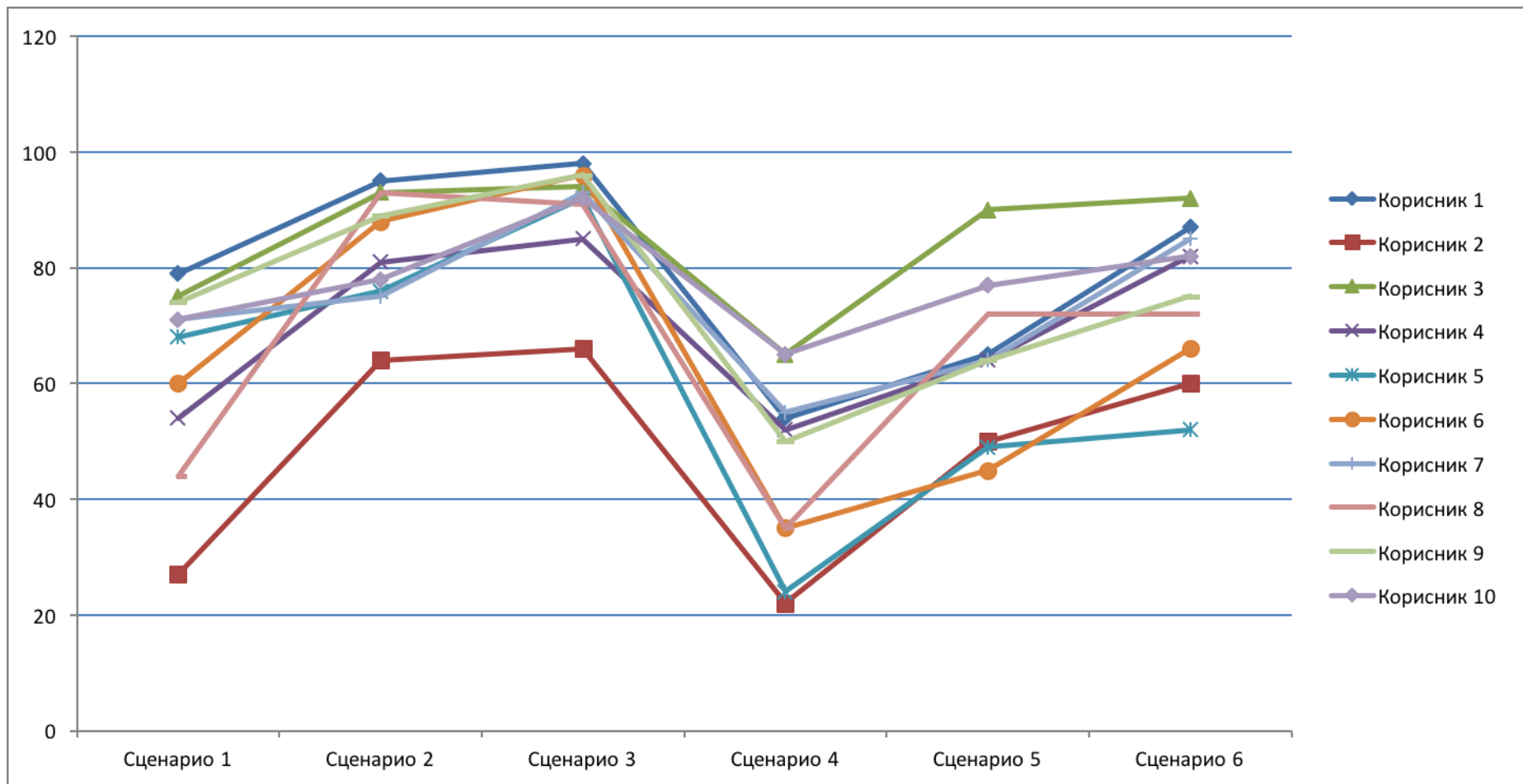
Со споредба на резултатите од сценаријата сакам да:

- ја добијам поврзаноста на грешките (групирање, отстапувања и сл);
- дали има зависност меѓу корисниците и нивните реалните гагања;
- дали грешките сразмерно се зголемуваат намалуваат во зависност од модулите;
- дали грешките сразмерно се зголемуваат намалуваат во зависност од далечината на корисникот од кинект сензорот.

Во Табела бр. 4 и Слика бр. 19, прикажани се добиените резултати (табеларно и графички). Начинот на пресметување на Пирсоновиот коефициент на корелација е даден во [15]. Во анекс 1 се прикажани метите кои се добиени при изведувањето на тест сценаријата од страна на првиот корисник.

Табела бр. 4. Табеларен приказ на добиените резултати

	Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3	Сценарио 4	Сценарио 5	Сценарио 6	Реални резултати
Корисник 1	79	95	98	54	65	87	91
Корисник 2	27	64	66	22	50	60	69
Корисник 3	75	93	94	65	90	92	81
Корисник 4	54	81	85	52	64	82	77
Корисник 5	68	76	92	24	49	52	75
Корисник 6	60	88	96	35	45	66	90
Корисник 7	71	75	93	55	64	85	84
Корисник 8	44	93	91	35	72	72	84
Корисник 9	74	89	96	50	64	75	86
Корисник 10	71	78	92	65	77	82	80
Пирсонов коефициент на корелација	0,5883	0,7853	0,8265	0,3892	0,1287	0,4352	



Слика бр. 19. Графички приказ на добиените резултати

Од добиените резултати видлива е разликата во групирањето на погодоците – тест модулот 1 има најголеми отстапувања, додека тест модулите 2 и 3 имаат приближно исто групирањето на погодоците.

Од резултатите исто така открив дека корисникот кој што имал најдобри резултати во реалните гаѓања има и овде најдобри резултати, а ист е случај и со корисникот кој што има најлоши реални резултати.

Кај резултатите, а посебно кај Слика бр. 19, лесно може да се воочи разликата на резултатите и нивната зависност од модулот кој што се користи. Модулот 1 има воочливи полоши резултати од останатите 2 модули, додека кај вториот и третиот модул постои разлика во корист на 3 модул, но таа сепак не е толку голема.

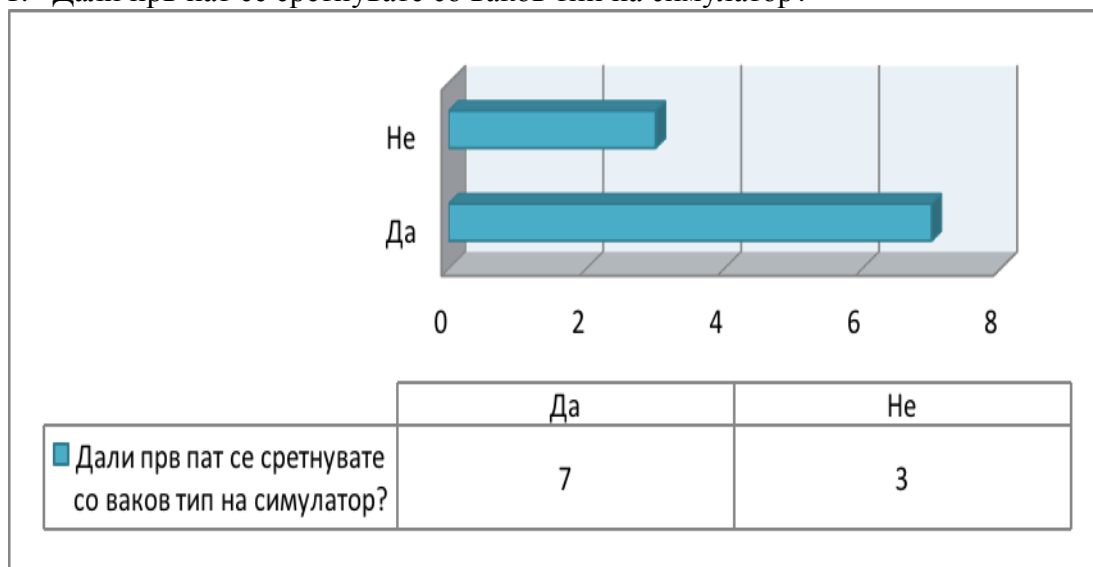
Евалуацијата исто така покажа дека корелацијата и резултатите се намалуваат со зголемувањето на далечината што ги потврдува добиените заклучоци во истражувањата [61], [62].

Од спроведените експериментални сценарија, и од добиените резултати може да заклучам дека нелинеарниот пристап кај тест модулот 3 при далечина од 2.5 метри (сценарио 3) ги даде најдобри резултати во гаѓањето и има најголема корелација со реалните резултати.

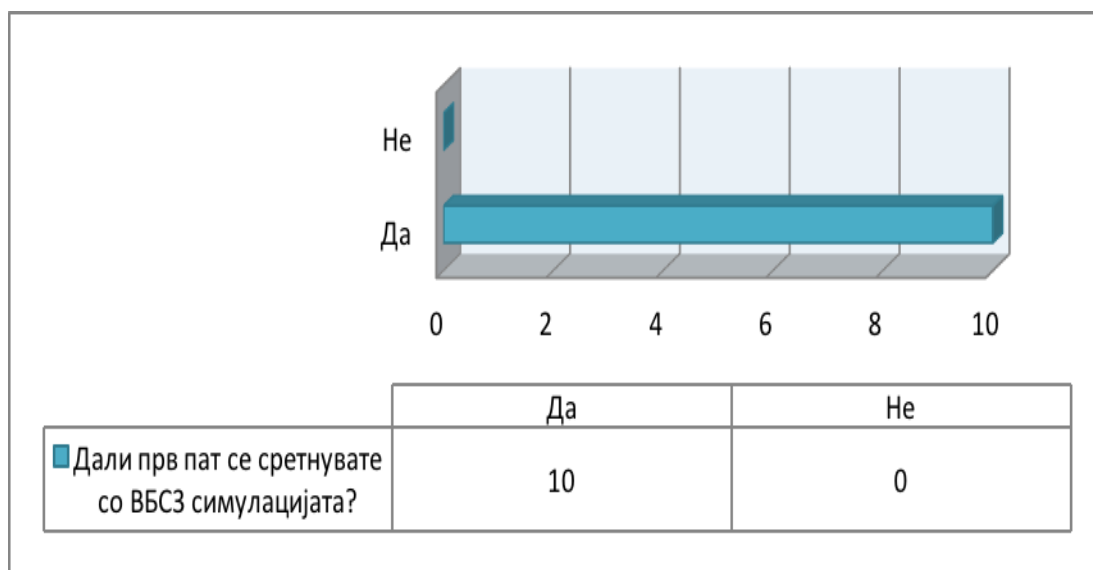
Секој од корисниците пополни кратка анкета на која одговорија на 5 прашања, и истата ја воведов за да можам да ги добијам нивните мислења и ставови за можноста за користење на симулаторот за тактички оружја во едукација и обука.

Во следниов дел се прикажани прашањата од анкетата и добиените резултати од неа.

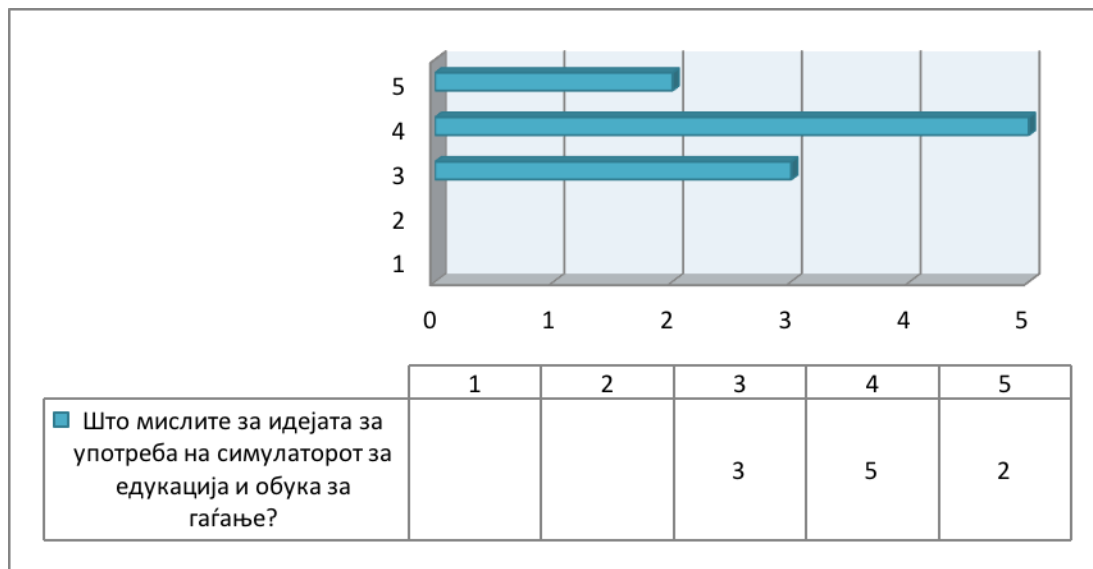
1. Дали прв пат се сретнувате со ваков тип на симулатор?



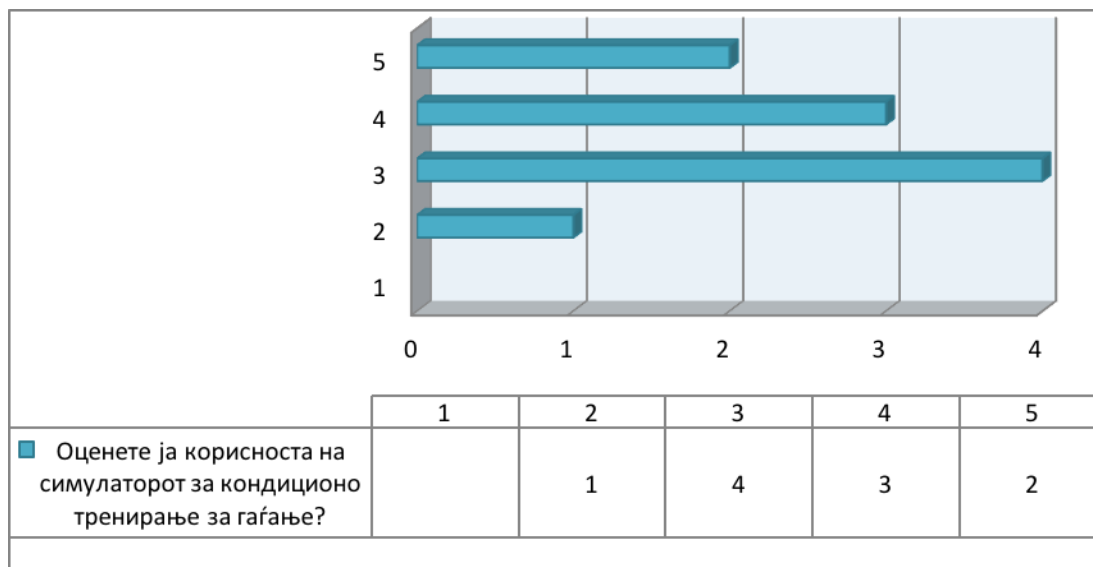
2. Дали прв пат се сретнувате со ВБСЗ симулацијата?



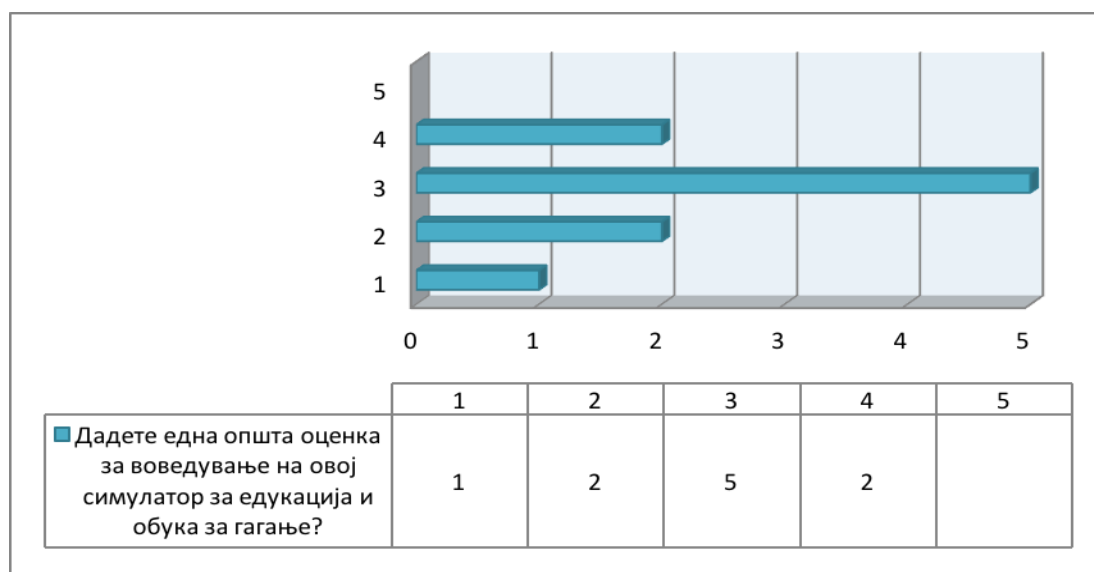
3. На скалило од 1 до 5. Што мислите за идејата за употреба на симулаторот за едукација и обука за гаѓање?



4. На скалило од 1 до 5. Оценете ја корисноста на симулаторот за кондиционо тренирање за гаѓање?



5. На скалило од 1 до 5. Дадете една општа оценка за воведување на овој симулатор за едукација и обука за гаѓање?



Од изведената анкета заклучив дека поголем дел од корисниците се немаат сретнато со сличен симулатор кој што се користи за обука за гаѓање и дека никој од нив се нема сретнато со ВБС3 софтверот.

Поголем дел од корисниците позитивно ја оцениле идејата за употреба на симулаторот за едукација и обука за гаѓање и за кондиционо тренирање за гаѓање. Но, голем дел од нив имаат поделено мислење за можноста за воведување во употреба за едукација и обука за гаѓање.

Во разговор со корисниците заклучив дека најголем проблем што го причинува ова поделено мислење е далечината од која што се нишани, но исто така посочија дека истиот во моментов претставува корисна алатка за вежбање на процедурите за нишанење.

Во моментов далечината е ограничена од работниот досег на Кинект сензорот кој што најдобри резултати дава на 2.5 метри далечина, но јас сум оптимист дека со наредните верзии од овој сензор неговите димензии ќе се намалат, а работниот досег многукратно ќе се зголеми со што ќе се надмине и овој проблем.

Со воведувањето на идните надградби кои што се опишани во следната точка, сметам дека симулаторот целосно ќе е оперативен и ќе може да се

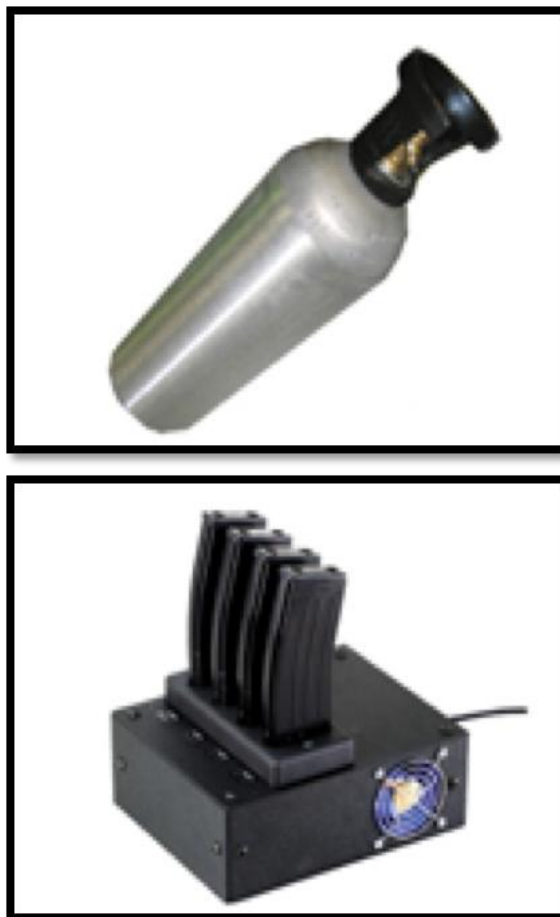
користи како корисно средството за учење на процесот на нишанење и гаѓање како и за кондиционирање на гаѓањето.

4.4. План за идни надградби

Во иднина планирам да ги направам следниве надградби:

- Развој или набавка на веќе развиени системи за репетирање на оружјето. Овие системи користат мала воздушна боца под притисок која е сместена во рамката на оружјето, а која при притискање на окинувачот испушта одредена количина на воздух со што се симулира процесот на полнење, окинување и празнење на оружјето, како и звук и поврате удар од оружјето кој што е еднаков на реалниот. Боцата е прилагодена да испушта воздух еднаков на гасовите кои се креираат од потисните експлозивни материјали на куршумот за даденото оружје овозможувајќи еднаков број на опалувања колку што е капацитетот на самата рамка. Овој систем може да се користи кај сите модели на оружја, и лесно може и да се постави и примени кај лични оружја на корисниците. Во комплетот оди и опрема со која за многу кратко време се врши полнење на боците како што е прикажано во Слика бр. 20.⁵ Со овај систем се планира да се симулира и звукот кој ќе го активира аудио тригерот за да се креира настан - погодок на екранот.

⁵<http://www.virtra.com/tetherless-recoil-kits/>[Последен пристап, Април 2015]



Слика бр. 20. Боца со воздух, и станица за полнење на рамките на оружјето

- Набавка и употреба на новиот КинектV2 [43] сензорот кој дава 1080p слика, покрива поголемо подрачје, може да следи до 6 скелети, вади 25 зглобови од скелетот на корисникот кои се анатомски реалистични и има напредна ИЦ камера. Со употреба на овој сензор резултатите би биле многу попрецизни⁶.
- Употреба на 2 или повеќе поврзани кинект сензори за намалување на грешките.

⁶<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/discover/features.aspx>

[Последен пристап, Април 2015]

- Развој на модул кој овозможува можност самиот симулатор за тактички оружја да се користи како контролор за сериозната игра, со тоа што контролата на курсорот ќе се сведе на 2Д и ќе се додадат дополнителни емуляции за командите со помош на FFAST (на пример движење, залегнување, вртење, подскокнување и сл). Исто така во графичкиот интерфејс ќе се креира можност да се избира симулаторот што ќе се користи за обука за нишанење или како контролор на сериозната игра.

Додека вршев евалуација на поврзаноста на калибрациските точки со добиените вредности од Кинект сензорот, забележав нелинеарност која е прикажана на Слика бр. 21 (со кругови се претставени точките на нишанење од кинектот, а со звезда се предефинираните калибрациски точки).



Слика бр. 21. Илустрација на нелинеарноста помеѓу калибрациските точки и добиените вредности од Кинект сензорот

Поради ова во иднина планирам да вметнам reinforced learning алгоритам [63], ќе се креира кориснички профил за секој од корисниците и адаптивен модел со кој дополнително ќе се намалат грешките настанати од кинект сензорот.

5. КОНЦЕПТ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ВО ОБУКА ВО ВОЕНАТА АКАДЕМИЈА И АРМ

Постојат голем број на примери на развој на софистицирани технолошки пронајдоци чија намена е за потребите на војската. Најголем дел од таа технологија која ја развива војската е наменета за една од најважните алки во војската, а тоа е образованието и обуката на својот персонал, која е една од примарните задачи во мирно времени услови.

Современите системи најчесто се набавуваат во помали количини и истите треба да се одржуваат во исправна состојба и да се спремни и подготвени за употреба кога ќе е потребно. Употребата на овие средства за обука со боева муниција ја зголемува амортизацијата како и трошоците за одржување на истата.

5.1. Досегашното искуство во обуката за гаѓање

Пилотите, нишанциите и послугата на современите системи и вооружувања во текот на годината се во можност да употребат само одреден број на боева муниција. Но доколку целокупната обуката се сведе само на тој одреден број на употребени парчиња на муниција, практично не постои шанса да се постигне посакуваното ниво на обученост. Поради ова командантите на воените единици се во голема дилема како со ограничениот буџет и одобрените парчиња на муниција да постигнат поголема борбена готовност за современите системи и вооружување [16] [17].

Ова најчесто е од најниското ниво на вооружување како што е личното вооружување на војникот кое што редовно треба да се кондиционира. Доколку постојано се користи боева муниција потребни се големи средства да се платат трошоците за муницијата како и средствата за организирање на тие гаѓања на одвоените стрелишта. Покрај ова нагризувањето на цевката на оружјето е сè поголемо, па поради тоа се потребни големи финансиски средства истото да се одржува во исправна и употреблива состојба. Дополнителен проблем за кој што во денешно време се повеќе се води сметка е екологијата, зголеменото

користење на овие средства негативно влијае на загадувањето на животната средина (првенствено почвата, воздухот и водата). Во иднина, сè повеќе, треба да се води сметка што и како се користи во обуката, и како тоа влијае на самата околина и на здравјето на населението.

Сето ова што претходно го напомав, нè доведува до еден заклучок дека треба да се користат алтернативните методи за обука кои ни ги овозможува напредната технологија. Со употреба на овие тие технологии: би ги намалиле трошоците за обука и одржување на оружјето и опремата, би го зголемиле животниот век на оружјето и опремата, ќе ја заштитиме животната околина а истовремено ќе го зголемиме нивото на обученост на персоналот [19] [17].

Денешната технологија овозможува целосна дигитализација и симулација на воените операции со голема реалност, докажана примена и резултати од употреба на истата [1], [2], [3], [4]. Дел од овие системи кои се применуваат во обуката и се директно поврзани со областа на самата дисертација, се опишани во претходните глави затоа нема повторно да се осврнувам на истите. Само ќе напраменам дека овој симулатор кој што го развив овозможува еден нов пристап кој е универзален за примена со најразлични софтвери и е независен од самиот софтвер, а покрај тоа користи и сензор на кој што постојано се работи за подобрување на неговите перформанси [18] [24].

Во АРМ постои Упатство и програми за гаѓање со пешадиско вооружување кое овозможува стандардизирано изведување на гаѓањата [54].

Во ова упатство е наведено дека „Гаѓањето претставува борбена вештина со која се согледува способноста на војниците, старешините и единиците во вешто ракување и применување на правилата за гаѓање со пешадиското вооружување, гаѓањето со боева муниција, овозможува да се откријат и оние слабости и недостатоци кои во текот на претходната обука не се воочени. Единствено со гаѓање може да се развие чувство за складно нишанење, чкрапање и способност да се уништуваат различни цели во борба самостојно или по команда на старешините!

Гаѓањата од пешадиското оружје можат да бидат: подготвителни, единични, командирски, показни, контролни и опитни гаѓања и гаѓања за

испитување на точноста и претцизноста на оружјето и заради обука [54]. Сите овие гаѓања се изведуваат со боева муниција.

Подготвителните гаѓања (ПГ) се почетни гаѓања од соодветно оружје. Наменети се за стекнување навик и особини во ракувањето со оружјето, за точно и прецизно гаѓање, а со тоа и подготовка на војниците за извршување на другите гаѓања. Пред изведување на подготвителното гаѓање со боева муниција на реден број еден, **со војниците се изведува подготвително гаѓање со воздушна пушка**. Командирите (лидерите) на одделенијата, водовите и четите-батериите, начелно први гаѓаат кога изведуваат подготвителни гаѓања со своите единици. Другите старешини изведуваат подготвителни гаѓања според планот на командите на единиците за обука на старешините.

Ова е само дел од Упатство кое што содржи 507 страници во кое детално се опишани сите видови на гаѓања, должности и обврски на органите кои раководат со гаѓањата и го опслужуваат стрелиштето, организација и изведување на сите типови на гаѓање како и оценување на истите.

Мој предлог е симулаторот дополнително да се развие и да се вметне во самото упатство и постојано да се користи пред секое боево гаѓање, да се вметне во плановите за обука и да се отвори можност да се користи во секојдневната обука.

5.2. Намена и организациска поставеност на симулаторот за гаѓање

Во [23] детално е разработен концептот за развојот на Центарот за обука со ВБС, на кој што во моментов се работи, затоа сметам дека овој симулатор треба да е дополнителен дел – модул на самиот Центарот за обука со ВБС. Тие заедно ќе овозможуваат:

- поврзување на живи со виртуелни симулации;
- пореалистична обука во донесување на одлуки на ниво на вод/чета;
- зголемена обученост во гаѓање;
- координација на луѓето, тимовите и водовите кои ќе се обучуваат;

- развој на комуникациски и останати воени вештини кои се потребни за зголемување на нивото на обученост;
- Основа за дефинирање на проект за доградба и усовршување на дадениот симулатор во догледно време.

Симулаторот за тактичка опрема заедно со Центарот за обука со ВБС, покрај тоа што организациски ќе бидат поставени во Воената академија, ќе претставуваат јадро за имплементација и развој на овој тип на технологии во военото образование и обука. Покрај тоа што тие постојано ќе бидат на располагање на питомците кои се школуваат во Воената академија, истите ќе се користат и од другите единици во други гарнизони, во нивните простории и касарни без притоа да се инсталира ВБС3 бидејќи истиот може да се хостира преку заштитената мрежа и да се користи на секој компјутер во мрежата на АРМ и МО. Во иднина со развојот на Кинект и симулаторот истиот може да се постави во секоја единица, да се имплементира во плановите за обука и редовно да се користи за обука. Доколку се погледне пошироко, истиот може да се користи и на национално ниво за потребите на специјалните единици на МВР, гранична полиција, како и за потребите на останатите структури кои што се тесно поврзани со безбедноста и одбраната.

5.3. Потребна хардверска и сензорска опрема

Опремата која е предвидена за развој на Центарот за обука со ВБС детално е опишана во [23], во овој дел ќе биде опишана целокупната опрема и сензори за самостојно да се постави системот да работи во било која просторија за потребите на АРМ и МО.

Потребната компјутерска опрема треба да е со големи перформанси бидејќи ВБС2/3 побарува големи графичките и процесорските капацитети на компјутерите на кои е инсталирана. Компјутерите кои ќе се набават треба да се набават од една иста фирма која гарантира сервис, надградба и техничка поддршка од минимум 3 до 5 години.

Покрај ова, треба да се набават квалитетни 1080p проектори за да се прикаже графиката и реалистичноста на симулацијата, како и да се зголеми

прецизноста на гагањето. Проекционите платна треба да се со димензии 4x3 метри, а покрај нив треба да се набави и најновиот сензор на кинект кој дополнително ќе ја зголеми прецизноста на симулаторот за тактички оружја.

Табела бр. 5. Моменталната потребна хардверска и сензорска опрема за работа на симулаторот за гагање

Ред бр.	Вид на опрема	Количина	Цена
1.	Компјутер со следниве карактеристики: <ul style="list-style-type: none"> • Оперативен систем - Windows7, 8, 10 • Процесор – I5 или I7 • RAM меморија - ≥ 6 GB • графичка картичка ≥ 2GB • ≥ 500 GB Hard Drive • Gigabit мрежа • Монитор минимум 22 инч со висока резолуција. 	1	900 €
2.	Кинект сензор [43]	1	150 €
3.	LCD проектор 1080p	1	700 €
4.	Проекционо платно	1	150 €
ВКУПНО			1900 €

Во Табела 5 се дадени спецификации и финансиска конструкција на моменталната потребна хардверска и сензорска опрема за креирање на еден симулатор на тактички оружја според предложениот модел на симулаторот за тактички оружја.

Ова е целокупната опрема која е потреба за системот да се инсталира на било која локација на мрежата на МО и АРМ бидејќи на истата ќе биде поставен и NET50 клучот со кој што се покрева и мрежно се користи ВБС2/3.

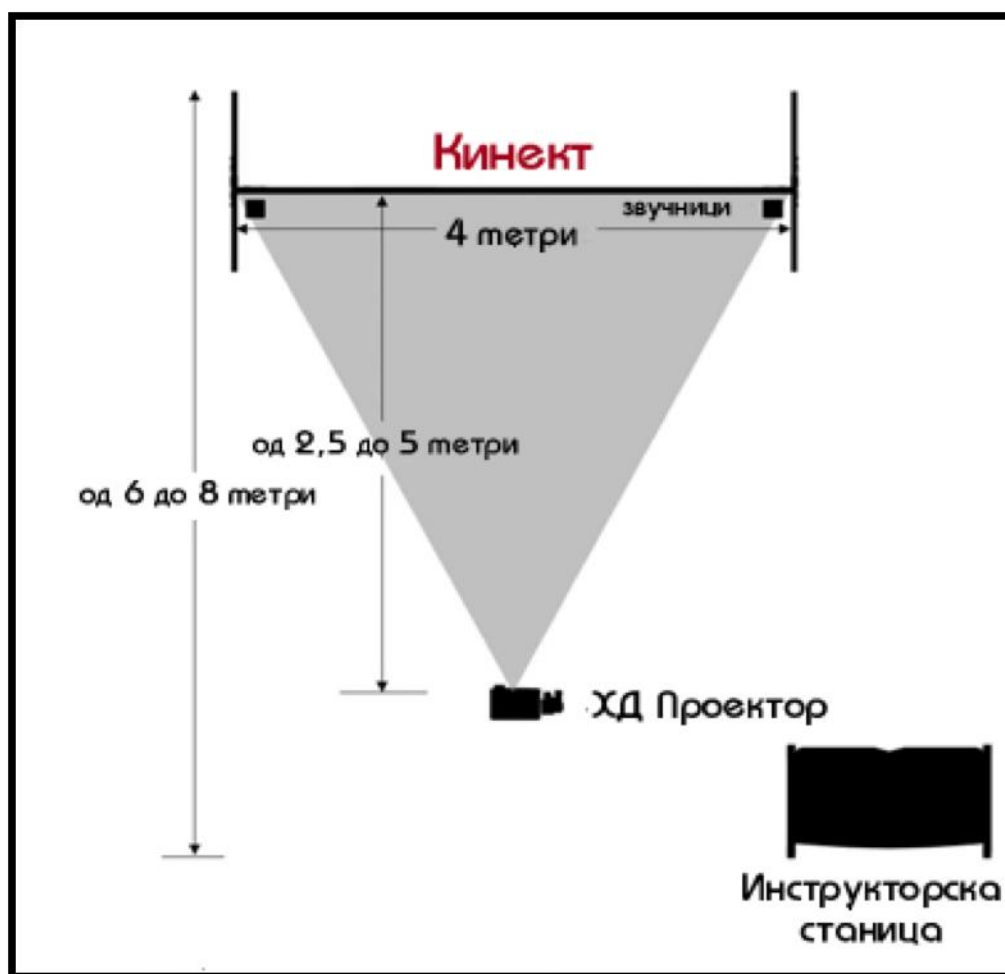
5.4. Потребен персонал и просторни капацитети

Од аспект на потребниот персоналот за контрола и менаџирање на симулаторот за тактички оружја, најповолно решение е да се искористи Менаџерот за сценарија од планираниот персоналот за Центарот за обука со ВБС, бидејќи истиот е помалку оптоварен и според описот и пописот на

работното место треба да има солидни компјутерски познавања со кои ќе може да ја изведува и оваа дополнителна задача.

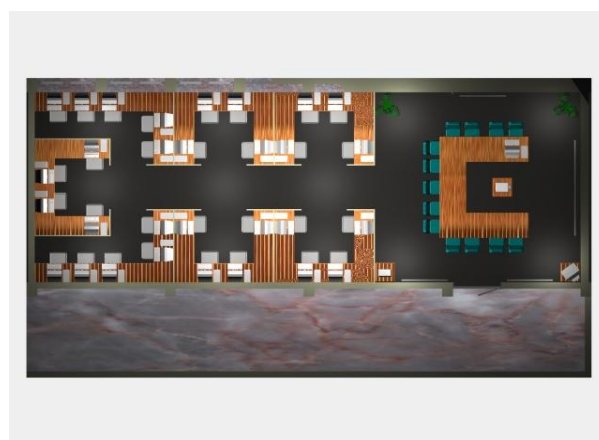
Согледувајќи ги претходно изнесените предности за употреба и лоцирањето на симулаторот на тактички оружја, од аспект на економичност и искористување на инфраструктурата и стручниот потенцијал кој постои во Воената академија, самиот симулатор за тактички оружја се планира да се постави во просториите кои се планирани за самиот Центарот за обука со ВБС, и истиот покрај самостојната употреба за обука во гаѓање да се користи и за изведување на мисиите кои ќе се вежбаат во Центарот за обука со ВБС. Во понатамошниот текст преку слики ќе се прикаже позицијата на Симулаторот и просторните капацитети кој тој ги побарува.

На Слика бр. 22 е прикажана предната проекција и потребните просторни капацитетите за поставување на симулаторот за тактички оружја.



Слика бр. 22. Предната проекција и потребните просторни димензии

Позицијата на самиот симулатор е прикажана во Слика бр. 23, како и опремата, персоналот како и комуникациско информатичката поврзаност на самиот објект кој ќе се користи за тие намени.



Слика бр. 23. Просторно и функционално позиционирање на симулаторот за тактички оружја во Центарот за обука со ВБС

5.5. Фази за имплементација во обуката

Развојот на симулаторот за гаѓање и негово имплементирање во Центарот за обука со ВБС, не може да се изведе за краток временски период, првенствено треба да се направат потребните доградби кои што се планираат, истовремено да се обучи персоналот кој што ќе работи на истиот, да се развијат

сценаријата и мисиите според потребите на персоналот и лицата кои што ќе се обучуваат.

Според моето согледување, ова треба да се изведе во неколку фази:

- Собирање на искуства од останатите земји кои што веќе користат сличен софтвер и опрема за слична намена, размена на информации, соработка и слично;
- Изградба на инфраструктура и просторни капацитети за имплементирање на симулаторот за тактички оружја, и имплементирање на симулаторот;
- Обука на лицето кое што ќе го менаџира и администрира симулаторот, како и дополнително лице кое ќе биде во улога на заменик;
- Креирање и приспособување на мисиите според потребите на обуката;
- Понатамошен развој на симулаторот и подготовки за употреба во сите единици на МО и АРМ;
- Учество на меѓународни и НАТО вежби.

Првата фаза е многу значајна бидејќи во светот постојат технолошко поразвиени армии кои долго време поседуваат софтвери и опрема која има слична намена, со дел од нив сме во контакт, со останатите треба да воспоставиме дополнително контакт, сè со цел размена на информации, искуства, доколку има потреба и обука и експертски состаноци со тие центри, соработка на меѓународни вежби, конференции и слично.

Поголемиот дел од инфраструктурата веќе е развиена, само дополнително треба да се доработат осветлувањето и условите кои Кинект сензорот ги побарува за да може да се постигнат најоптимални перформанси на истиот. Откако ќе се поминат сите подготовки, симулаторот треба да се имплементира во наменетите простории.

Практична обука на лицето кое е одредено да го администрира и менаџира симулаторот, како и на неговиот заменик ќе се одвива во две фази. Во првата фаза ќе се изврши обука за сензорите и софтверот на кој што работи симулаторот, како и објаснување на креираната Кинект апликација. Оваа фаза треба да заврши со поставувањето на симулаторот. Втората фаза ќе започне по поставувањето на симулаторот и ќе опфати практична работа со симулаторот,

менаџирање и навремено отстранување на проблеми. Целокупната обука се планира да се изведе во рок од 4 седмици, по две за секоја фаза.

Приспособувањето на мисиите ќе си го работи лицето кое што е одредено за администрирање и менаџирање на симулаторот бидејќи истото е задолжено и за креирање и менаџирање на сценаријата во ВБС. Истото лице треба да изведе дополнителна обука на одредениот негов заменик во врска со креирање и приспособување на потребните мисии.

Понатамошниот развој на симулаторот се планира да се изведе со помош на национален или меѓународен проект во соработка домашни и меѓународни универзитети, институции, организации и слично.

Развојот на овој симулатор и имплементација на ВБС, отвора простор за изведување на меѓународни вежби, со посебен акцент на НАТО вежбите кои се изведуваат со помош на овој софтвер. Воената академија во моментов е во контакт со НАТО авторитетите кои се задолжени за овој тип на вежби, и во догледно време договорено е да се започне со наше учество во истите [17].

5.6. Очекувани резултати и придобивки

Имајќи во предвид дека помладите генерации на офицери, подофицери, питомци и војници уште од млади го користат компјутерот во секојдневниот живот и работа, а и според дефинирањето на сериозните игри (Глава 2.1) овој начин на обука е најмногу прифатлив за помладите генерации и истиот без ограничување е прифатен како алатка за стекнување на нови вештини, знаења и совладување на процедури кои се користат во армијата.

Поради ова се очекува прифатеноста и резултатите да бидат на многу високо ниво бидејќи софтверот и симулаторот претежно се наменети за обука до ниво на чета, што подразбира персонал кој што е на возраст под 35 години.

Со развојот на симулаторот за тактички оружја ќе се овозможи следново:

- усвојување на современите технологии за поддршка и осовременување на обуката и военото образование со примена на сериозните игри и симулаторот за тактички оружја;

- современа обука на питомците, војниците, офицерите и подофицерите во ВА, АРМ и МО во делот од тактичката обука и вооружување;
- зголемување на нивото на обученост во нишанење, чкрапање и окинување на оружјето;
- кондиционирање на гаѓањето;
- изработка на сопствен модел (наш производ) на симулатор кој ќе го промовираме во светот;
- учество во меѓународни вежби и вежби организирани од страна на НАТО;
- земја домаќин и организатор на гореспоменатите меѓународни и НАТО вежби.

Имплементирањето на ВБС софтверот и симулаторот во голема мера ќе допринесе во интероперабилноста со НАТО, а во делот на современото воено образование и обука и дополнително ќе допринесе во нашето полноправно членство.

Исто така, сакам повторно да напомам, дека покрај тоа што овие технологии ќе се достапни на воените лица на АРМ и МО, истите може да се користат и на национално ниво за потребите на специјалните единици на МВР, гранична полиција, како и за потребите на останатите структури кои што се тесно поврзани со безбедноста и одбраната. Ова е поради тоа што Република Македонија е мала држава со ограничени капацитети и за истата нерационално би било ако има повеќе вакви центри за секоја од овие структури, а централизираната структура ќе допринесе за поголема кооперативност на овие структури бидејќи сите имаме една заедничка цел - зголемена безбедност и борбена готовност на безбедносните структури на Република Македонија.

6. ЗАКЛУЧОК

Имајќи во предвид дека развојот на симулатор за обука во воени цели со голема реалистичност на моделот до оригиналот, се изведува од страна на голем тим на експерти од разни области, сметам дека со моето решение се добива јадрото на самиот симулатор, а во иднина дополнително треба да се работи на надградбите кои што се наведени во Подглавје 4.4, а за кои што сметам дека треба да се инкорпорираат во системот за да се зголеми реализмот на моделот.

Експериментите покажаа дека третиот модул, кој што користи нелинеарни равенки при трансформацијата, е најпрецизен модул од сите, кога истиот се користи на далечина од 2.5 метри.

Од ова може да заклучам дека симулаторот во моментов може да се користи за обука – особено за војници кои немаат претходно искуство со оружје за да може истите да се обучат во правилно нишанење и окинување, а потоа да преминат на реални гаѓања. Исто така, може да се користи и за гаѓање на мали цели (вметнати во сценаријата на ВБСЗ)– за да се компензираат моменталните далечински ограничувањата од Кинект. Оваа употреба на симулаторот ќе биде се додека не ја набавиме најновата верзија на Кинект која има многу поголема прецизност на голема далечина и на која ќе го прилагодиме моделот на симулаторот.

Главни придобивки од дисертацијата се:

- Во развојот на симулаторот е користен еден нов пристап на трансформација кој е и најголема научна придобивка од дисертацијата.
- Симулаторот претставува евтина и издржана алтернатива на постоечките скапи симулатори за гаѓање.
- Со имплементирањето на симулаторот во обуката ќе се намали бројот на куршумите кои што се користат при реалните гаѓања, ќе се намали амортизацијата на оружјата и опремата и ќе се заштити околината од негативните влијанија на оружјата.
- Воедно ќе се одржи посакуваното ниво на обука и подготвеност со употреба на помалку пари.

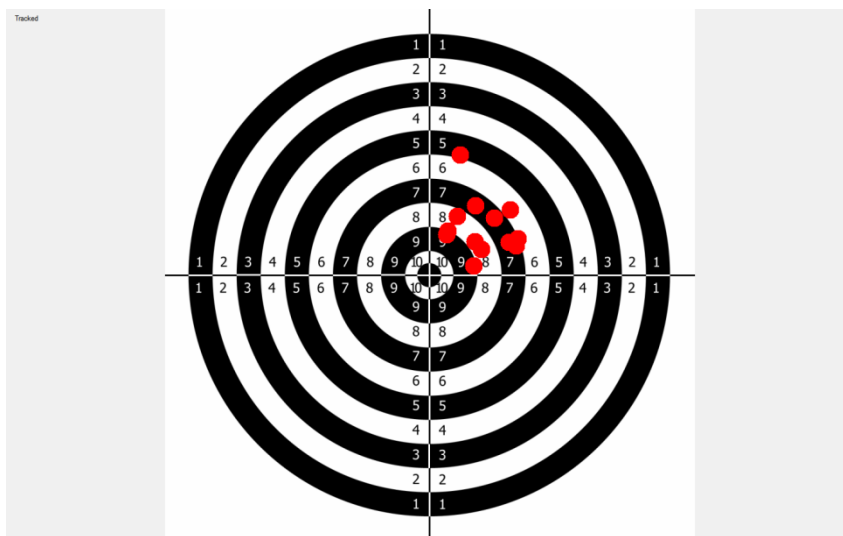
Кинект сензорот во иднина сè повеќе и повеќе ќе се развива, со тоа и неговата прецизност и можности. Со тоа би се зголемила и самата прецизност на симулаторот.

7. АНЕКСИ

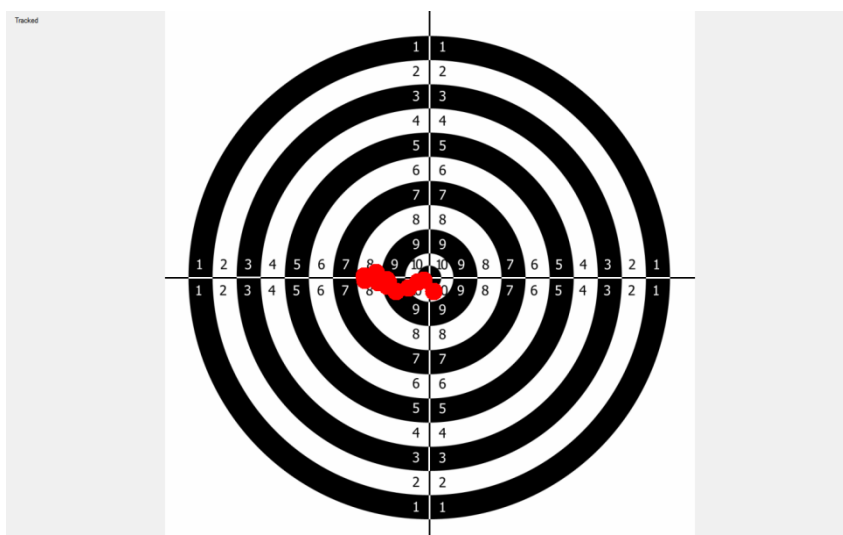
Анекс 1. Мети добиени при изведувањето на сценаријата од страна на првиот корисник.

Оценка од гагање – кај одличен стрелец

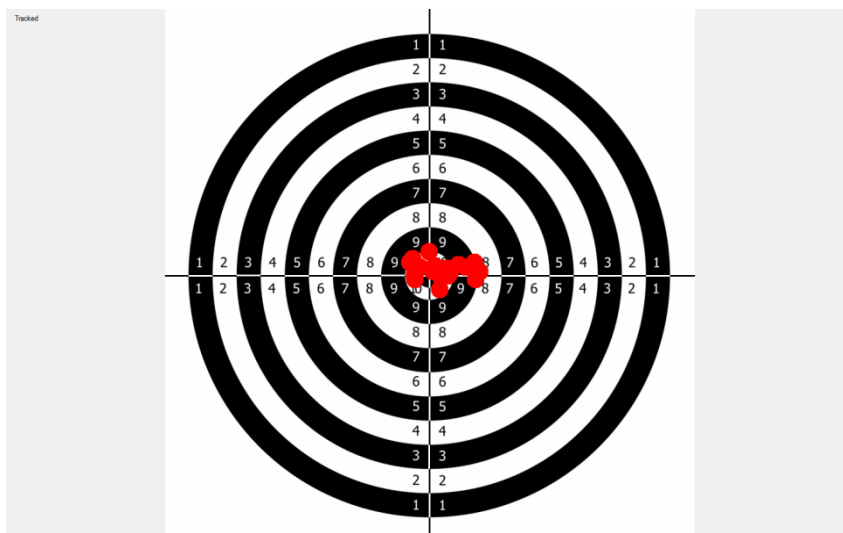
Сценарио 1



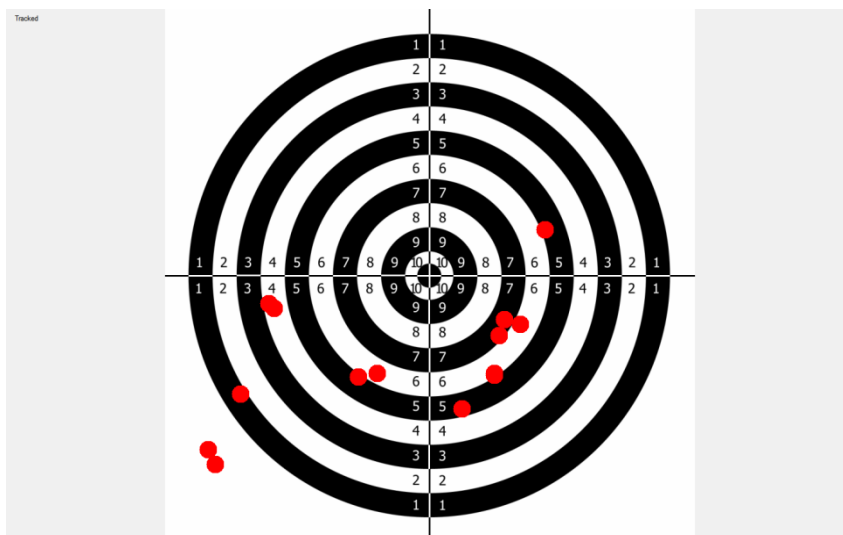
Сценарио 2



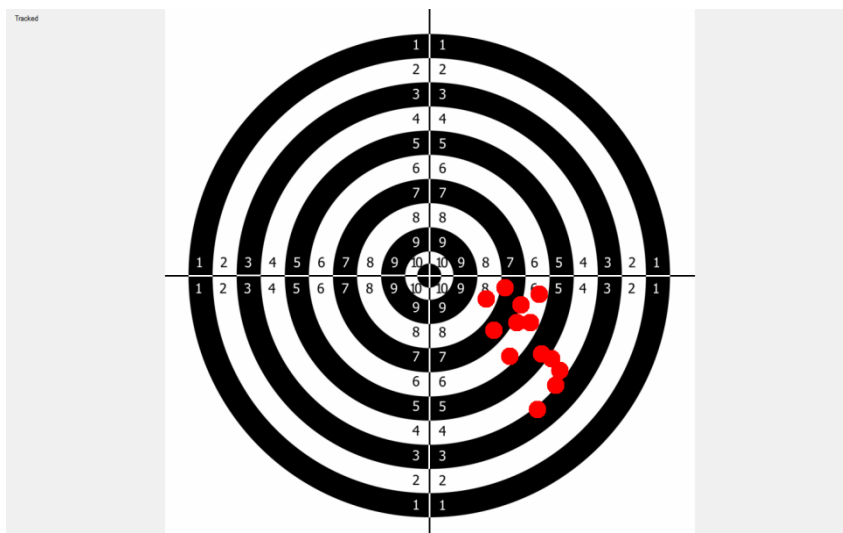
Сценарио 3



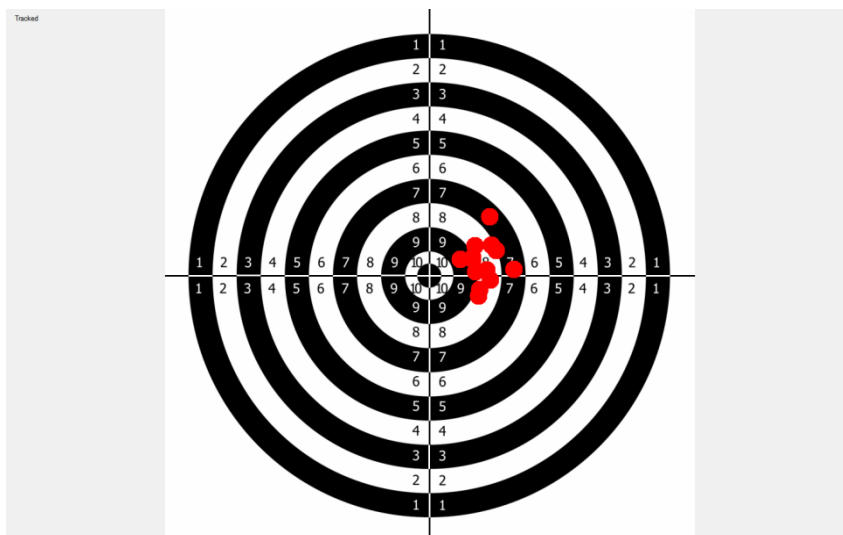
Сценарио 4



Сценарио 5



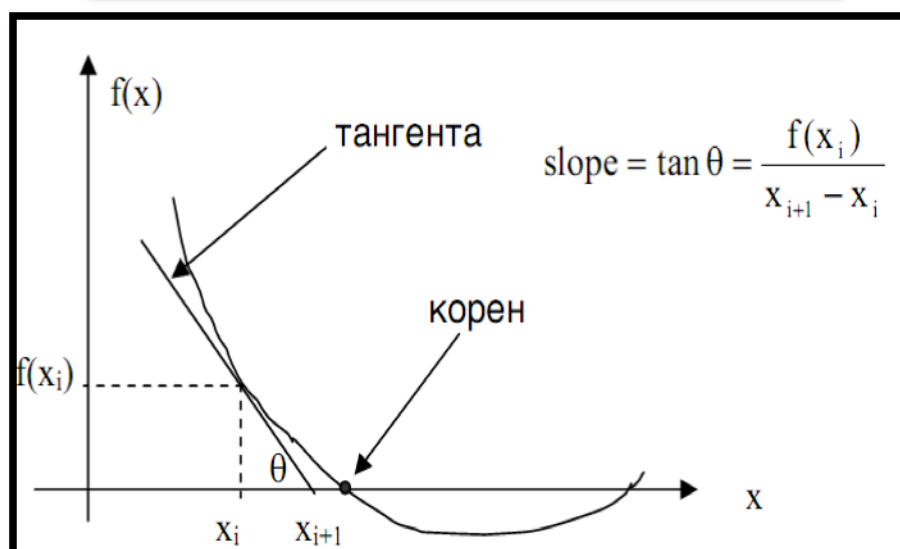
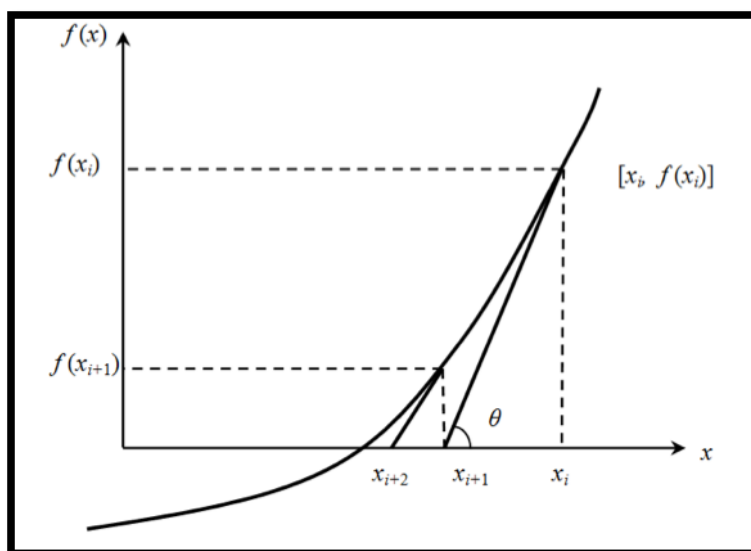
Сценарио 6



Анекс 2. Њутн-Рафсон нумеричка метода

Њутн-Рафсон методот е моќна техника за нумеричко решавање на равенки и се базира на едноставна идеја на линеарна апроксимација. Њутн-Рафсон методата претставува најмногу користена метода од нумеричките методи за пронаоѓање на корени(нули) на функцијата.

Њутн-Рафсон методата е базирана на принципот дека ако иницијалната претпоставка на коренот од $f(x) = 0$ е во x_i , тогаш ако се исцрта тангента од $f(x_i)$, тогаш точката x_{i+1} каде што тангентата ја сече x оската е поблиску до решението [64] [65]. (Слика бр. 24)



Слика бр. 24. Графички приказ на Њутн-Рафсон методата [64].

Користејќи ја дефиницијата за наклон (slope) на функцијата во $x = x_i$

$$f'(x_i) = \tan \theta = \frac{f(x_i) - 0}{x_i - x_{i+1}},$$

$$\text{Се добива } x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$$

(7.1)

Равенката (7.1) се нарекува Њутн-Рафсон формула за решавање на нелинеарни равенки од типот $f(x) = 0$.

Чекорите во користење на оваа метода се следниве:

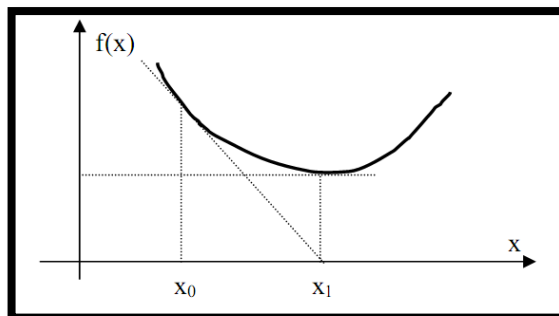
- Символична пресметка на $f'(x)$;
- Користење на иницијална проценка на коренот x_i , за да се добие нова вредност на коренот, x_{i+1} , со помош на $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$
- Пронаоѓање на апроксимативната грешка $|\varepsilon_a|$ со помош на
$$|\varepsilon_a| = \left| \frac{x_{i+1} - x_i}{x_{i+1}} \right| \times 100$$
- Споредба на апроксимативната грешка со претходно дефинираната дозволена грешка, $|\varepsilon_s|$, доколку $|\varepsilon_a| > |\varepsilon_s|$, треба да се врати на вториот чекор, во останатиот случај треба да се прекине алгоритмот и да се даде решението.
- Исто така, доколку се надмине максимален број на итерации (кои број се дефинира претходно) треба да се прекине алгоритмот и да се извести корисникот дека нема решение.

Проблеми со Њутн-Рафсон методата

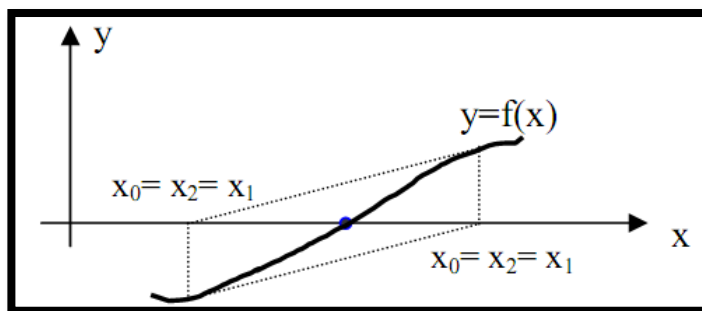
Постои можност да се појави неконвергенција во случај ако почетната вредност на x е таква што првиот извод е со вредност еднаква на нула $f'(x) = 0$, ова значи дека тангентата е паралелна со x оската.

Тогаш во $x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \Rightarrow \infty$

се јавува делење со нула



Постои можност да се појави неконвергенција ако $\frac{f(x_i)}{f'(x_i)} = \frac{f(x_{i+1})}{f'(x_{i+1})}$ во овој случај решенијата се повторуваат при секој чекор.



Зголемениот број на итерации ќе се јават доколку $f'(x)$ е многу поголемо од $f(x)$, ова е поради тоа што односот $\frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$ е многу мал па поради тоа при секоја итерација се добива само мало придвижување. Оваа ситуација може да се јави кога коренот на функцијата е близок со нула, кога x_i е мал број или кога коренот е во близина на превојната точка [64].

Програмско решение на нелинеарните равенки (Њутон Рафсон метода)

Самиот метод користи итерации за да ги добие вистинските вредности. Овој програм е поставен со прецизност од 0.0001, и истиот може да се промени доколку има потреба. Бројот на итерации се менува во согласност на прецизноста на резултатот.

```
while (Math.Abs(x - x0) > 0.0001)
{
    if (itr++ > maxIteration)
    {
        return NoSolution;
    }
    x0 = x;
```

```
func = 0; dFunc = 0;
for (int i = 0; i < coefficient.Count; i++)
{
    func += coefficient[i] * Math.Pow(x, coefficient.Count-1 - i);
}
for (int i = 0; i < dCoeff.Count; i++)
    dFunc += dCoeff[i] * Math.Pow(x, dCoeff.Count-1 - i);

if (dFunc != 0)
    x = x - func / dFunc;
else if (func < 0.0001)
    return x;
else
    x += 1;
}
```

8. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hill, L, **Use of Simulation in the Armour School**, Military Modelling and Simulation Symposium, SpringSim,, Ottawa, Ontario 2008.
- [2] Brown, Dr. Paul A. Roman and Mr. Doug, **Games – Just How Serious Are They?**, Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), 2008.
- [3] Weiderhold, B.K. & Weiderhold, M.D, **Virtual reality training transfer: A DARWARS study**. San Diego, CA, 2006.
- [4] Krista Langmaker Ratwani, Kara Orvis, Bruce Knerr, **An evaluation of game-based training effectiveness: Context Matters.**, Interservice?industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), 2010.
- [5] Bohemia Interactive. **VBS2 Whitepaper**. Bohemia Interactive, 2010.
- [6] **VBS 2 Tactical weapons simulator**.
www.vbs2.com/media/docs/ITSEC_VBS2_tact_weapons_sim.pdf.
- [7] **VirTra - Single-Screen Military Firearms Training System**.
<http://virtra.com/military-training/virtra-100-mil>, .
- [8] **Meggitt, Systems**.
http://www.meggitttrainingsystems.com/main.php?id=2&name=Military_Virtual_Small_Arms_Trainer.
- [9] Fournier, H., J-F. Lapointe, I. Kondratova, B. Emond, and C. Munteanu, **Crossing the barrier: a scalable simulator for course of fire training**. National Training Systems Association, Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC), 2012.
- [10] Coulson, Simon. **Real time positioning and motion tracking for simulated clay pigeon shooting environments**. Project report, 2003.
- [11] Molina, J. P., García, A. S., Martínez, J., & González, P, **A Low-Cost VR System for Immersive FPS Games**, Simposio Español de Entretenimiento Digital, 2013, 119-130.
- [12] Cheng, K., & Takatsuka, M, **Estimating virtual touchscreen for fingertip interaction with large displays**, 18th Australia conference on Computer-

- Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments. ACM, 2006., 397-400.
- [13] Y. Li, D. S. Monaghan, and N. E. O'Connor, **Real-Time Gaze Estimation Using a Kinect and a HD Webcam**. Lecture Notes in Computer Science, 2014, 506–517.
- [14] Bolles, M. A. Fischler and R. C, **Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography**, Readings in Computer Vision, 1987, 726–740.
- [15] Walk, A. A. J., & Rupp, A. **Pearson Product-Moment Correlation Coefficient**, Encyclopedia of research design. Sage, 2010, 1023-1027.
- [16] Димитар Богатинов, Славко Ангелевски, Невена Серафимова, **Карактеристики на симулацискиот пакет виртуелно бојно поле (VBS) и можности за примена во военото образование и обука**, Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, 2009.
- [17] Dimitar Bogatinov, Slavko Angelevski, Vladimir Trajkovik, **Implementing serious games in army education and training-concept of the macedonian military academy**, ICT Inovations, Skopje, Macedonia, 2011.
- [18] Dimitar Bogatinov, Slavko Angelevski, Vladimir Trajkovik, **Model of firearms simulator based on a serious game and sensor technology**, 5th European Conference on Games Based Learning, Athens, Greece, 2011.
- [19] Slavko Angelevski and Dimitar Bogatinov, **Computer gaming technology for military training – serious games**, International scientific defence, security and peace journal of the Ministry of Defence of the Republic of Macedonia, Skopje, 2014. 1409-8199.
- [20] Barlow M., Morrison P. & Easton A, **1st Person Tactical Shooters: COTS Games with Military Training Potential**. Melbourne, 2002.
- [21] VA, Norfolk, **Initial assessment of suitability of the virtual battle space 2 (vbs2) game for act**, M&S Coordination (R&T Coordination), November 2007.
- [22] 22. Bohemia Interaktiv, **VBS2 VTK Administrator manual Manual**. 2008.

- [23] Богатинов, Димитар, **Магистерски труд: Современ концепт за обука во армијата базиран на симулирани борбени услови**, Електротехнички факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” Скопје, 2009.
- [24] Славко Ангелевски, Невена Серафимова, Димитар Богатинов, **“Сериозни игри“ – примена на технологија на компјутерски игри во военото образование и обука**. Национална конференција за електроника, телекомуникации, автоматика и информатика - ЕТАИ, Охрид, 2009.
- [25] Slavko Angelevski, Dimitar Bogatinov, Jugoslav Ackovski and Nevena Serafimova, **Virtual environment for military training based on computer gaming technology**, XI international Conference ETAI 2013, Ohrid, Macedonia, 2013.
- [26] Knerr, B.W, **Immersive simulation training for the dismounted soldier**, U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, Alexandria, VA, 2007.
- [27] Sande Chen and David Michael, **Serious games: games that educate, train and inform**, Book, ISBN 1-59200-622-1, 2008.
- [28] **Challenge, Serious Games Showcase and SGS challenge**. <http://sgschallenge.com/wordpress/>.
- [29] Zyda, M, **From visual simulation to virtual reality to games**, IEEE Computer, 2005.
- [30] Brewster, Frank W, **Using tactical decision exercises to study tactics**, Military review, Simulation and technology, 2002.
- [31] Grossman, L. **The army’s killer app**. www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1029872,00.html.
- [32] Bohemia Interactive, **VBS3 3.0.4 Manuals**. <http://manuals.bisimulations.com/vbs3/3-0/manuals/>.
- [33] Takahashi, D. **Microsoft games exec details how Project Natal was born**. <http://venturebeat.com/2009/06/02/microsoft-games-executive-describes-origins-of-project-natal-game-controls/>.
- [34] **Lab MIT Media. DepthJS**. <http://depthjs.media.mit.edu/>.

- [35] **Microsoft Kinect Sales Surpass Ten Million.** <http://microsoft-ews.com/kinect-sales-surpass-ten-million-sets-record-for-fastest-selling-consumer-electronic-device/>.
- [36] Mitchell, R, **Prime Sense releases open source drivers, middleware that work with Kinect.** <http://www.joystiq.com/2010/12/10/primesense-releases-open-source-drivers-middleware-for-kinect/>.
- [37] **Kinect sensor.** <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>.
- [38] Research, M, **Programming Guide - Getting Started with the Kinect for Windows SDK Beta from Microsoft Research.** http://202.120.53.119/wordpress/wp-content/uploads/2011/06/ProgrammingGuide_KinectSDK.pdf.
- [39] Ten, S, **How Kinect depth sensor works – stereo triangulation?** <http://mirror2image.wordpress.com/2010/11/30/how-kinect-works-stereo-triangulation/>.
- [40] Khoshelham, K, **Accuracy analysis of kinect depth data.** University of Twente, 2011.
- [41] Clemente Giorio, Massimo Fascinari, **Kinect in Motion – Audio and Visual Tracking by Example.** Birmingham, UK, April 2013
- [42] Microsoft, **Kinect for Windows SDK.** <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855347.aspx>.
- [43] **Kinect for Windows v2 sensor.** <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/purchase/overview.aspx>.
- [44] **Natural User Interface.** http://wiki.nuigroup.com/Natural_User_Interface.
- [45] Hsu, H. J, **The Potential of Kinect as Interactive Educational Technology,** 2nd International Conference on Education and Management Technology. IACSIT Press, Singapore, 2011, 334–338.
- [46] Valli, A, **Notes on Natural Interaction, Tech.** <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.7674&rep=rep1&type=pdf>.
- [47] PrimeSense, **NITE 1.3 Controls Programmer’s Guide, Prime Sense Inc.** <http://andrebalazar.files.wordpress.com/2011/02/nite-controls-1-3-programmers-guide.pdf>.

- [48] Prime Sense, **NITE Controls User Guide**.
<http://mapenect.googlecode.com/svn/trunk/Quellen/Dokus/PrimeSense%20NITE%20Controls%201.3.1%20User%20Guide.pdf>
- [49] Prime Sense, **Algorithms notes**.
https://github.com/victorpoluceno/python_kinect_socketio/blob/master/nite/Documentation/NITE%20Algorithms%201.3.pdf .
- [50] E. Suma, D. Krum, B. Lange, S. Koenig, A. Rizzo, and M. Bolas, **Adapting user interfaces for gestural interaction with the flexible action and articulated skeleton toolkit**, Computers & Graphics, 2013, 193–201.
- [51] R. M. Taylor, T. C. Hudson, A. Seeger, H. Weber, J. Juliano, and A. T. Helser, **VRPN: a device-independent, network-transparent VR peripheral system**, ACM Virtual Reality Software & Technology . 2001, 55–61.
- [52] E. A. Suma, Belinda Lange, Albert Rizzo, David M. Krum, Mark Bolas, **FAAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit**, Singapore : IEEE Virtual Reality, 2011.
- [53] Dimitar Bogatinov, Petre Lameski, Vladimir Trajkovik and Katerina Mitkovska-Trendova, **Firearms training simulator based on low cost motion tracking sensor**, Multimedia Tools and Applications, Accepted for publication 2015. DOI: 10.1007/s11042-015-3118-z
- [54] ГШ на АРМ, **Упатство и програм за гаѓање со пешадиско вооружување**, СРОД, Скопје, 2004.
- [55] Renton. **Kinect Magic Cursor**.
<http://drenton72.wordpress.com/2012/09/06/kinect-magic-cursor-version-1-2-with-source-code/>.
- [56] Junedmunshi, **Kinect Cursor Control**.
<http://junedmunshi.wordpress.com/2011/05/24/kinect-cursor-control/> .
- [57] H. Kim, Y. Kim, and E. C. Lee, **Method for user interface of large displays using arm pointing and finger counting gesture recognition**, The Scientific World Journal, 2014, 1-9.
- [58] Jing, Pan, and Guan Ye-peng, **Human-computer interaction using pointing gesture based on an adaptive virtual touch screen**. Signal Processing and Pattern Recognition, 2013, 81-92.

- [59] Hadley, G, **Linear algebra. Reading, Massachusetts** : Addison Wesley; First Edition, 1961, ISBN 978-0201026559.
- [60] Larson, Ron, **Elementary Linear Algebra Seventh Edition**, Boston, MA, USA : Brooks/Cole, Cengage Learning, 2013, ISBN-13: 978-1-133-11087-3.
- [61] Zaranek, B. Ramoul, H. F. Yu, Y. Yao, and R. J. Teather, **Performance of modern gaming input devices in first-person shooter target acquisition**, 32-nd annual ACM conference on Human factors in computing systems – CHI EA'14 , 2014.
- [62] H. Gonzalez-Jorge, B. Riveiro, E. Vazquez-Fernandez, J. Martínez-Sánchez, and P. Arias, **Metrological evaluation of Microsoft Kinect and Asus Xtion sensors**, Measurement, 2013, 1800–1806.
- [63] Kaelbling, Leslie Pack, Michael L. Littman, and Andrew W. Moore, **Reinforcement learning: A survey**, Journal of artificial intelligence research, 1996, 237-285.
- [64] Денковска, Лилјана, **Нумерички методи**, Градежен факултет, УКИМ-Скопје, 2006.
- [65] Epperson, James F, **An introduction to numerical methods and analysis / James F. Epperson, Mathematical Reviews. — Second edition**, Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2013, ISBN 978-1-118-36759-9.
- [66] **Prime Sense Supplies 3-D-Sensing Technology to “Project Natal” for Xbox 360.** <http://www.microsoft.com/en-us/news/press/2010/mar10/03-31primesensepr.aspx>.
- [67] Karam, M. and Schraefel, M, **A taxonomy of Gestures in Human Computer Interaction», Tech. rep. University of Southampton.**
<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/11149/1/GestureTaxonomyJuly21.pdf>.
- [68] **OpenNI User Guide.**
<http://www.cs.rochester.edu/courses/577/fall2011/kinect/openni-user-guide.pdf>.