

Marlok Tamás¹

Virtuálisvalóság-alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei 2. rész

A technológia lehetőségei a kiképzés szemszögéből

In-House Development Possibilities of Virtual Reality Based Tactical Simulation Training Devices, Part II

Possibilities of Technology from the Aspect of Training

Az informatika és mikroelektronika technológiai fejlődésével a virtuálisvalóság-eszközök egyre hatékonyabbá válnak, egyre nagyobb beleélést, a valóság egyre pontosabb szimulációját teszik lehetővé. Ezt a technológiát a gazdaságilag fejlettebb államok katonai és rendvédelmi szervezetei már több mint egy évtizede kezdték el alkalmazni különböző területeken. Jelen tanulmányban azt kívánom igazolni, hogy ez a technológia mára elérte azt a fejlettségi szintet és modularitást, amikor alkalmazott kutatások eredményeként olyan saját eszközöket tudunk fejleszteni, amelyek akár nemzetközi szinten is piacképes alternatívát jelenthetnek a magas költségű rendszerekkel szemben, és amelyekkel a kiképzés bizonyos területei forradalmasíthatók. A cikksorozat második részében szintén a technológia lehetőségeit vizsgálom, de már a kiképzési terület szemszögéből, azaz a VR-eszközök milyen kiképzési célokra felelhetnek meg. A cikksorozat harmadik részében fogok kitérni a tárgyalt eszközök korlátaira, amelyekre fejlesztés során fokozottan ügyelni kell.

Kulcsszavak: virtuális valóság, harcászati szimuláció, szimuláció, gyakoroltató eszköz, kiképzés

¹ Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: marlok.tamas@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2132-7163>

Through the recent immense developments in information technology and micro-electronics, virtual reality (VR) devices have become increasingly sophisticated, providing close-to-real life experiences. VR technology has proved to be an essential training tool in various military and law enforcement applications for over a decade. My article series is aimed at uncovering the remarkable in-house development possibilities based on the accessibility and modular nature of this technology. Through applied research, these state-of-the-art VR platforms may deserve recognition and have the potential to revolutionise certain components of training methods. In the second part of my series, my objective is to investigate the possibilities of VR technology from the aspects of military and law enforcement training. My goal is to examine the parameters and specifications of these equipments that make them usable for these kinds of functions. In the third article I will explore the deficiencies of these equipments, which require attention in an in-house development.

Keywords: Virtual reality (VR), tactical simulation, military training, law enforcement training

1. Bevezetés

A cikksorozat előző részében általánosságban tekinthettünk át olyan, saját projektekhez is könnyen elérhető virtuálisvalóság- (VR-) termékeket és -alaptechnológiákat, amelyek egy kialakításra kerülő taktikai kiképzőrendszer építőelemeit jelenthetik a jövőben. Érzékeltettem, hogy a technológia jelenlegi állása szerint milyen lehetőségekkel, illetve nehézségekkel számolhatunk az ilyen eszközök fejlesztése során, valamint hogy milyen irányban zajlanak jelenleg is kutatások. Jelen cikkben arra törekszem, hogy egy szinttel mélyebben vizsgáljam a VR-megoldásokban rejlő lehetőségeket, elsősorban a taktikai szintű (lőkiképzés, harcászat és intézkedéstaktika) kiképzési terület igényeinek szempontjából. Az ezt követő cikkben a hátrányokat is elemezni fogom, a teljesség érdekében. A VR-eszközökkel végrehajtott kiképzést interaktív szimulációnak hívjuk, amikor egy szimulált környezetben, gépi (mesterséges intelligencia által irányított), illetve valós szereplőkkel és a virtuális térrel interakcióba lépve kell a kiképzés alanyának feladatokat végrehajtani úgy, hogy a többi szereplő és a virtuális tér elemeinek viselkedése alapján kell döntéseket hozni, illetve az eseményekre reagálni. A virtuális tér szabadon alakítható, rendelkezésre állnak azok a szoftverek, amelyek segítségével bármilyen kiképzési szituációt létrehozhatunk, ehhez szinte csak szakértői tudás, szoftverfejlesztési, illetve 3D-modellezési kompetencia szükséges. A lehetőségeket így az előző cikkben felvázolt technológia elemei, maguk a hardverek képességei határolják be, ezek jellemzőit érdemes tüzetesebben, a taktikai és lőkiképzés szemszögéből vizsgálni. Ezek a rendszerek olyan komplex feladatokat szimulálnak, ahol gyors taktikai döntéshozatal és fegyverhasználat szükséges, így ezek a rendszerek általában kettős rendeltetésűek, a katonai épületharcászati és a rendvédelmi intézkedéstaktikai kiképzés területén egyaránt használhatók, illetve számos országban használatban is vannak (1. ábra). A vizsgálódásomat nem a jelenleg is hatályos, sokszor idejétmúlt kiképzési doktrínák korlátai között, hanem egy új szemlélet mentén végeztem. Technológiai megközelítésből azt vizsgálom, hogy egy személyi (lő) fegyver használatát igénylő

szituációban, ahol a katona vagy rendőr élete közvetlen veszélyben foroghat, melyek azok a mozzanatok, fogások, amelyeket taktikai szimulációban, ezen belül is virtuális valóság eszközökkel szimulálni, gyakoroltatni tudunk. Az elemzés a VR-technológia jellemzőin vezet végig, amelyekhez folyamatában kapcsolom hozzá, hogy az adott jellemző milyen lehetőséget teremt a kiképzés területén.

2. Az immerzivitás² mint alapvető szükséglet

A VR-technológia fejlettségi szintje nagyon fontos az ilyen rendszerek szolgáltatásainak értékelése során, mert alapvetően ez határozza meg a felhasználó számára nyújtott immerzivitás (beleélhetőség, jelenlét) mértékét. Ez az immerzivitás elengedhetetlen ahhoz, hogy a VR-rendszerek kiképzésben való felhasználása során minél nagyobb tudástranszfert tudjunk megvalósítani.³ Azokat a tényezőket kell tehát vizsgálnunk, amelyek az immerzivitás mértékét befolyásolják a szimuláció során. Ezen belül is olyan technikai paramétereket emeltem ki, amelyek kiképzési szempontból lehetnek fontosak. Látni fogjuk, hogy vannak olyan paraméterek, amelyek megléte elengedhetetlen, és vannak olyan tényezők, amelyek megléte opcionális, – azaz azok nélkül is lehet jó kiképző eszközt fejleszteni, ha szűkebb funkcionalitással is –, illetve olyanokat is találhatunk, amelyek a megvalósíthatóság szempontjából komplementer komponensként kezelhetők.



1. ábra

V-Armed taktikai kiképző eszköze, egyik legnagyobb beleélést biztosító (immerzív) eszköz.

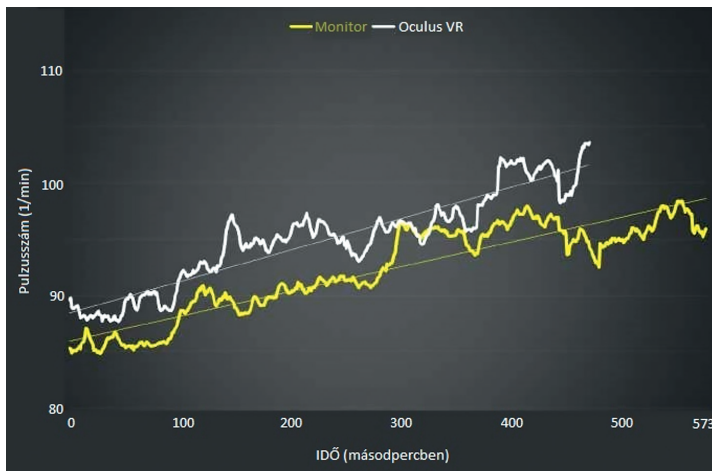
Forrás: Tammy Waitt: V-ARMED: Experience Next-Gen Simulation. *American Security Today*, 2019. november 14.

² Beleélhetőség, jelenlét érzete szimulációk esetén.

³ Mantovani, Fabrizia – Gianluca Castelnovo: Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through earning Experience in Virtual Environments. In Giuseppe Riva – Fabrizio Davide – Wijnand A. IJsselsteijn (eds.): *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*. Amsterdam, IOS Press, 2003. 164–181.

Az immerzivitás a *Bournemouth Egyetemen*, a *School of Design, Engineering and Computing* által is vizsgálat tárgyát képezte már 2013-ban,⁴ ahol a kutatás keretein belül fejlesztettek egy labirintusban játszódó FPS-játékot,⁵ amelynek az volt a célja, hogy félelmet keltsen a játékosban. A játékmenet minden esetben azonos volt, de a játékosoknak sík (hagyományos) monitoron és Oculus Rift virtuálisvalóság-rendszeren is végig kellett játszaniuk, még hozzá úgy, hogy a pulzusszámukat folyamatosan monitorozták.

A pulzusszámgrafikonon (2. ábra) láthatjuk, hogy a képernyőn történt játék is emelte a pulzusszámot (sárga vonal), de az emelkedési tendencia 5 perc után megtörni látszik, a felhasználó hozzászokik az élményhez. A fehér vonalon – amely a VR-eszköz görbéje – viszont látszik, hogy szignifikánsan magasabb a pulzusszám a játék csaknem minden részén. Fontos megjegyezni, hogy a tesztalanyok először képernyőn, majd ezután Oculus-szal végezték el a kísérletet, így már előre tudták, mi fog történni a játékban, mégis ennek ellenére mérték a magasabb pulzusszámot. Az ilyen, valóban mérhető fiziológiai jellegű hatás a kiképzésben a stresszhelyzetek, ezen keresztül a kognitív képességek beszűkülésének szimulálása érdekében válik szükségessé, azaz a feladat végrehajtóját olyan mentális állapotba próbáljuk hozni, amellyel egy valós, életét veszélyeztető szituációban is találkozhat, és amelyben akár „élet-halál” típusú döntéseket kell hoznia.



2. ábra

A pulzusszám alakulása ugyanazzal a játékkal játszva, képernyőn (sárga) és VR-eszközön (fehér).

Forrás: Halley-Prinable (2013) i. m. 27. alapján a szerző szerkesztése

A másik oldalról tekintve, az ilyen helyzeteket többször gyakoroltatva ezt a stresszfaktort csökkenteni lehet, ami segíthet a hasonló helyzetek higgadtabb, ezáltal hatékonyabb kezelésében. A stresszkezelés képességét, a feladatok úgynevezett Cooper-színiskála

⁴ Halley-Prinable, A.: *The Oculus Rift and Immersion through Fear*. Bournemouth University, School of Design, Engineering & Computing, 2013.

⁵ FPS: First Person Shooter – olyan videójáték, ahol a szereplő szemzőgéből látjuk a világot.

mentén történő lépcsőzésével fokozatosan fel lehet építeni.⁶ Az ilyen szimulációs rendszerekben a legfontosabb, hogy a lehető legtöbb olyan tényezőt tudjuk felsorakoztatni, amelynek segítségével a kiképzés alanyai egy valós helyzetben érezhetik magukat, illetve a reakcióik, amelyeket a rendszerrel gyakorolhatnak, minél jobban hasonlítsanak a valóságban mutatott reakciókkal. Ezeket a reakciókat a kiképzés során javítani, formálni, gyakoroltatni lehet, ezáltal növelve a későbbi túlélés esélyét.

Az első, de nem elengedhetetlen tényező az immerzivitáshoz a vizuális érzékelés életszerűsége, azaz a grafikai megjelenítés minősége, részletgazdagsága. A kép megjelenítésének nem kell tökéletesnek vagy fotórealisztikusnak lenni bizonyos gyakoroltatóeszközök esetében, de taktikai szimulációnál már ez is fontos szükséglet bizonyos készségek gyakorlása során vagy esetleges, a tevékenységben elkövetett hibák feltárásához. Ilyen tényezők lehetnek például – amelyeket érdemes modellezni – a szemből vakító nap, meleg levegő miatti képtorzulás, tükröződések, valamint az árnyék és fény egyéb hatásai. Egy döntési szituációban üveg vagy szélvédő mögött elhelyezkedő fenyegetést is azonosítani kell tudni, vagy egy esetleges fedezékválasztásnál a sötét és világos területek, a nap helyzetének figyelembevétele is fontos lehet. A szimulációs eszköznek továbbá képesnek kell lennie arra, hogy olyan képet mutasson, amelyből a kiképzés alanya meg tudja különböztetni a környezet különböző felületeit, építőanyagokat, ezáltal egy esetleges lövés leadásakor a gurulat vagy áthatolás lehetőségeit is képes legyen felmérni.



3. ábra

Unreal Engine 3D grafikai keretrendszerrel készült program megjelenítési minősége taktikai szimulációban, másodpercenként 40-90 képkockafrissítési frekvencia mellett.

Forrás: Sébastien Lozé: Efficient police virtual training environment in VR by V-Armed. *Unreal Engine*. 2019. november 27. Online: www.unrealengine.com/en-US/spotlights/efficient-police-virtual-training-environment-in-vr-by-v-armed

⁶ Erdős Ágnes – Gáspár Miklós: A lőkiképzés szerepe a magyar rendészeti felsőoktatásban. *Magyar Rendészet*, 19. (2019), 4. 53–60.

Esetünkben fontos tehát a környezet grafikus megjelenítésének minősége, de szerencsére manapság ez már nem is jelent gondot. Két ingyenesen is hozzáférhető fejlesztői keretrendszer, az Unreal Engine⁷ és az Unity⁸ segítségével is szinte fotórealisztikusan tudnak szintetikus környezetet megjeleníteni. Egy ilyen kidolgozott háromdimenziós virtuális teret (3. ábra) a számítógépünk monitorja előtt ülve is képesek vagyunk teljes egészében bejárni, a fentebb taglalt grafikai megjelenítéstől függően a legapróbb részleteit megfigyelni, azzal interakcióba kerülni. Ahhoz viszont, hogy ezt ebben a formában megtegyük, valamilyen ember-gép interfészt kell alkalmaznunk, ami legtöbb esetben nem természetes interakciót követel meg, hanem valamilyen indirekciós rétegen keresztül érhetjük el a kívánt hatást a virtuális térben. Ezt úgy kell érteni, hogy nem azt teszem, amit a valóságban tennék, hanem egy hardvereszközt működtetek. Még pontosabban azt jelenti, hogy amikor előre akarok haladni a virtuális térben, akkor nem lépni fogok egyet, hanem lenyomok egy billentyűt, illetve ha oldalra akarok nézni, akkor nem a fejemet fordítom el, hanem az egeret húzom a megfelelő irányba. Hozzá kell tenni azt is, hogy az ember-gép interfész beviteli eszközein kívül a kimenet, azaz a virtuális tér érzékelése, érzékeltetése is erősen korlátozott. A monitor alapvetően a háromdimenziós térről készült, kétdimenziós képkockákat fogja megjeleníteni a szimulációknál elvártaknak megfelelően: 40-60-szor frissítve azt másodpercenként, a tér egy sík, korlátozott méretű felületén (a monitor képernyője). Ez bőven elég ahhoz, hogy egy háromdimenziós környezetben navigáljunk (épület, terep), valamint a tárgyak elhelyezkedését relatív szögek alapján behatároljuk, de a tér és a távolságok érzékelése ilyen esetben nagyon pontatlan lehet. Az immerzivitást tehát főleg azzal lehet jellemezni, hogy a bevétel mennyire természetes, az interakció mennyire azonos a természetes tevékenységgel, a virtuális tér érzékelése pedig mennyire felel meg a valós érzékelésnek, azaz például a szögek és távolságok alapján tudunk-e pontosan tájékozódni. Egyértelmű, hogy ez a két tényező, a tér érzékelése és a bevétel természetessége, a valós jelenlét és a saját testérzetet adja hozzá a szimulációhoz, az immerzivitás tehát főleg ezektől függ. Ki kell térni arra is, hogy egy taktikai szimuláció esetén a környezet (tárgyak és emberek) jellemzőinek, viselkedésének is a valósághoz minél jobban kell hasonlítania, de ez már a tervezés, programozás és a feladatot tervezők felelőssége, nem pedig a technológia függvénye.

3. Az alaprendszerek által biztosított lehetőségek a kiképzésben

Mint korábban láthattuk, a bevétel és az érzékelés természetessége, valósághoz közeli mivolta alapvető szükséglet. A virtuálisvalóság-sisakok (VR-szemüvegek, Helmet Mounted Display: HMD-k) már önmagukban is képesek nagy immerzivitású élmény nyújtására részleges természetes beviteli megoldásokon keresztül (például fej követése), illetve a háromdimenziós kép megjelenítése által. Technikailag a fej mozgása és a virtuális látótér össze van kapcsolva, tehát ha csak azt vesszük, hogy

⁷ Training & Simulation. *Unreal Engine*.

⁸ Unity. Online: <https://unity.com/>

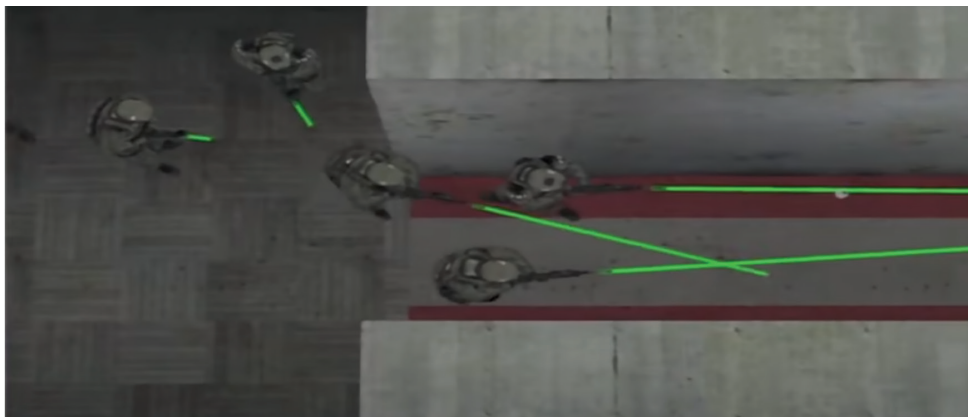
a fej mozgásával a látóteret tudjuk mozgatni, már önmagában egy természetes beviteli funkciót kapunk. A fej és a test forogásával a teljes tér belátható, míg az ilyen eszköz a fej stacioner helyzetében is több látóteret biztosít, mint egy átlagos monitor, mivel a látószög közel – vagy teljesen – azonos a természetes látószöggel. A különböző fejlettségű szintű – cikksorozat előző részében áttekintett – HMD-k használói hatalmas minőségi ugrásnak érzékelik az első és a „másfeledek” generációs rendszerek 110 fokos vízszintes látószöge után az újabb rendszerek által biztosított, 130–200 fokos látószögeket. Saját tapasztalatomból hozzá kell tennem, hogy viszonylag ritka és feladatra fókuszált használat esetén, ami heti 2-3 órát jelent, nem észrevehető, nem zavaró a korlátozott látószög, illetve, ha a függőleges látószöget is vesszük, a látótér. A háromdimenziós megjelenítés, azaz a két szem számára külön *renderelt*⁹ képek a tér érzetét szinte tökéletesen adják vissza. A VR-eszközök a fentiek miatt jól alkalmazhatók olyan szituációk gyakoroltatása, ahol „360 fokos” figyelem szükséges. A fejet mozgatva mozog a látótér, tehát egy oldalra- vagy hátranézés a fej mozgásával, a természetes cselekvéssel azonosan hajtható végre. A kiképzés alanyaival a megfelelő virtuális térben gyakoroltathatók például az úgynevezett szkennelési technikák – azaz a tér különböző pontjainak szisztematikus, ismétlődő figyelése, kontrollja –, épületharcban, szűk helyeken a mozgás során megnyíló, veszélyt rejtő irányok szögek figyelésének technikái. A jelenlegi technológia a leggyorsabb fejmozgást is késleltetés nélkül követi le, a hirtelen fejmozdulatokat megkövetelő szituációkban is jól működik. A fejkövetés sebességét a mozgás végrehajtásától a kijelzőn megjelenő kép megfelelő változásának késleltetésével mérik (*motion-to-photon latency*), ami a mostani rendszerekben 20-150 ms körüli érték, a szoftver- és a hardverképeségektől függően.¹⁰ A természetes bevitelen, ezáltal gyakoroltatás lehetőségén túl ezáltal megnyílik egy, a kiképzésben nagyon fontos további lehetőség is. A taktikai kiképző szimulációs szoftverek egyik fő eleme az utólagos kiértékelés (AAR),¹¹ amelyhez az összes szükséges paramétert rögzítik a feladat-végrehajtás során (4. ábra). Az így felvett végrehajtásból, a szoftver képes megjeleníteni vagy akár elemezni azt, hogy a feladatot végrehajtó mit látott, lát-hatott, mivel a fej pontos iránya és látótér minden pillanatban ismert. Az esetleges szkennelési, átvizsgálási hibából adódó vak foltok mérhetőek a kiértékelők vagy akár automatikus gépi algoritmus által is. Ha már az utólagos kiértékelésről beszélünk, a tanulmány előző részében említett fegyvervirtualizációval,¹² a fegyver helyzete, csövének iránya is folyamatosan követhető.

⁹ A *renderelés* az angol *render*, *rendering* szóból származik: számítógép által, a virtuális háromdimenziós térből az adott nézőpont alapján kétdimenzióssá leképezett kép.

¹⁰ Song-Woo Choi – Siyeong Lee – Min-Woo Seo – Suk-Ju Kang: Time Sequential Motion-to-Photon Latency Measurement System for Virtual Reality Head-Mounted Displays. *Electronics*, 7. (2018), 9.

¹¹ AAR: After-action review – a (kiképzési) feladat végrehajtása utáni, az oktatókkal és végrehajtókkal tartott közös kiértékelés, a feladat során rögzített adatok alapján.

¹² A virtuális térbe és szimulációba nemcsak magát a személyt, hanem valós eszközöket és fegyvereket is be lehet vinni úgy, hogy a személy a valós eszközt használja, ami pontosan megjelenik a szimulációban is.



4. ábra

Végrehajtás utáni kiértékelés egyik képernyője a Raytheon (MotionReality) „VIRTSIM” nevű rendszerében. A képen ki van kapcsolva a látótér megjelenítése, de a zöld vonalak a fegyverek csövének irányát jelölik.

Forrás: VIRTSIM: After Action Review (AAR). Youtube, 2013. április 19. alapján a szerző szerkesztése

A látótér irányának és szögének, a cső irányának, valamint a teljes virtuális környezet ismeretével, beleértve a többi résztvevő folyamatos helyzetét, így tovább lehet növelni a kiképzés hatékonyságát, a fegyverek kezelésének biztonságát, tudatosságát.¹³ „Annak gyakorlása, hogy az operátorok ne „húzzák át” a tűzkész lőfegyverüket a mozgás során társukon, minimalizálja az esetleges baleset, baráti tűz veszélyét.”¹⁴ A végrehajtást több látószögből akár lassítva is újra lehet nézni, ami a csapatmunka esetén lehetőséget biztosít az együttműködési hatékonyság elemzésére. Saját fejlesztésű kiképzőrendszer esetén sincs akadálya az ilyen jellegű gyakoroltató és kiértékelő szoftver készítésének, mert akár nyílt szoftvercsomagok felhasználásával, megfelelő szintű programfejlesztői jártassággal bármilyen szcenárió vagy feladat elkészíthető. Ha a lehetőségeket elemezve itt megállunk, és visszatérünk az alap VR-eszközök által biztosított immerzivitáshoz, majd megvizsgáljuk a kereskedelmi forgalomban már most is kapható szoftvereket megállapíthatjuk, hogy például a Downpour Interactive cég Onward nevű VR-játéka (5. ábra) már önmagában is alkalmas bizonyos tevékenységek korlátozott gyakorlására, mint például a kommunikáció, a taktikai előrehaladás vagy éppen különböző épületátvizsgálási feladatok.

¹³ Anton J. Villado – Winfred Arthur Jr. – Winston Bennett Jr.: *The After-Action Review Training Approach: An Empirical Test*. 24th annual conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology. 2009. április.

¹⁴ Dr. Gáspár Miklós r. alezredes, mesteroktatóval történt beszélgetés alapján (2020. 09. 23.).



5. ábra

M16 A4 gépkarabély modellezésének részletessége az Onward játékban. A digitális fegyver modellezi a főbb kezelőszerveket, a valós fegyverrel azonos mozdulatokkal kell használni.

Forrás: a szerző által vágva a Downpur Interactive: Onward szoftveréből, amely csak VR-rendszereken működik

Valós, szélesebb körben alkalmazható kiképzési feladatok tervezéséhez, illetve azok doktrínába illesztéséhez ugyanakkor a jelenlegitől teljesen eltérő szemléletre, a korszerű megoldásokra érzékeny szakmai apparátusra, több előkészítő munkára és egyedi megoldásokra lenne szükség. A kiképzés részeként, amennyiben az alapfunkciók – lövés leadása, mozgás, kommunikáció – működnek, valamint a domborzat és épületek modelljei rendelkezésre állnak, a környezet megismerésére és valós bevetési szituációk gyakorlására (*mission rehearsal*) is alkalmazhatók ezek az egyszerűnek már éppen nem mondható, de alapvetően nem kiképzési céllal készült szoftverek.

4. A kiképzési lehetőségek bővítésének további eszközei

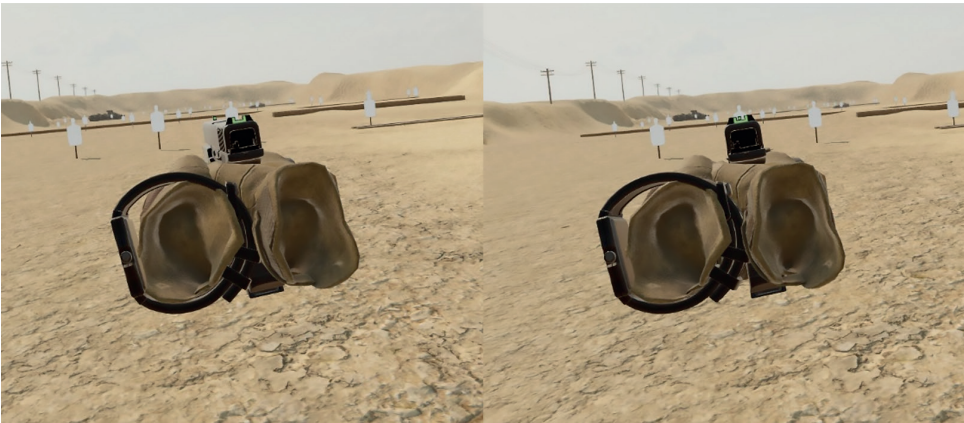
A virtuális jelenlét elengedhetetlen eszköze a finom mozgások – esetünkben főleg a kezek – modellezése és áthelyezése a virtuális térbe. A virtuális teret „méterarányosan”

kell és szokták is modellezni, így a kis mozgások, a kéz hossza, a valós és virtuális térben teljesen szinkronban van. A kezek és ujjak szimulálásával szinte tökéletesen lehet gyakoroltatni eszközök használatát (gépek, rádióberendezések, elektronikai, mechanikai eszközök), ezt a civil szférában is alkalmazzák: komplex, ipari és laboratóriumi gépeket, rendszereket modelleznek le, és VR-eszközökkel tudják a felhasználókat betanítani a használatukra, biztonságosan, költséghatékony módon.¹⁵ A VR-rendszerekkel így az izommemória is kialakítható, mert például kapcsolók elhelyezkedése, kapcsolási sorrend, az ahhoz tartozó mozdulatsor is begyakorolható. Saját tapasztalat, hogy a monitoron, 2D-ben végzett repülési szimulációban a kapcsolók elhelyezkedése, megtalálása nehézkes marad többszöri gyakorlás után is, mivel a monitoron az alkalmazandó mozgások nem természeteseek, a tér érzékelése erősen korlátozott. Ezzel szemben, ha a szimulátor kezelőszervei a virtuális térben méretarányosan vannak modellezve, és virtuálisvalóság-eszközt tudunk használni, akkor a háromdimenziós viszonyítás és emlékezet jobban működik. A repülésben, komplex repülőgépek személyzeténél, akik alapvetően, normál procedúrák esetén (például a hajtóművek indítása) sok pontból álló írott ellenőrzőlistákat (*checklist*) alkalmaznak, különleges helyzetekben (vészhelyzetekben) emlékezetből kell végrehajtaniuk hasonló folyamatokat, amelyek műszerek ellenőrzéséből kezelőszervek működtetéséből állnak (*memory items*). Saját (szimulátoros) tapasztalat alapján már rövid gyakorlás és az adott eszköz (jármű) ismerete esetén, a soron következő pont memóriából történő előhívásával egyidőben a tekintet és a kéz már el is indul az adott kapcsoló vagy műszer irányába, a procedúra végrehajtását mintegy gördülékenyebbé téve. Az ilyen jellegű készségeket eddig csak a valós eszközökön történő gyakorlás vagy a valós eszközök kezelőszerveit pontosan modellező, fizikailag megépített szimulátor rendszerek alkalmazása tudta kialakítani, de ma már a virtuálisvalóság-eszközökkel is elérhetjük ezt a célt. Egy egyszerűsített kutatásban bizonyításra került, hogy a kognitív terhelés is csökken a kétdimenziós tanuláshoz képest, ezáltal lehet segítségével jobb eredményeket elérni.¹⁶ Visszatérve a lökiképzésre és taktikai szimulációra – olyan esetekben, amikor a fegyvert hordmódból gyorsan kell a célra emelni és lövést leadni, a gyakorlott lövészek bizonyos lőtávolságon belül ezt egy mozdulattal és viszonylag nagy pontossággal oldják meg, ami részben az izommemóriának köszönhető. A leküzdendő célra fókuszálva, a begyakorlott mozdulatsor nem igényel többletfigyelmet vagy kognitív kapacitások lekötését. A fegyver elővétele és felemelése után pont abban a pozícióban áll meg, hogy a cső a célra mutat, további célzásra, korrigálásra nincs szükség. A gyakorlatlanabb lövőknel ez a folyamat szem-kéz és szem-test koordinációt igényel, a folyamat durva mozdulattal kezdődik, azaz a fegyver felemelésével, majd finom mozdulatokkal folytatódik, célképfelvétel, irányzék-összerendezés, ezek után következik az elsütés. A két szint közötti különbség áthidalásához nagyon sok időbefektetés szükséges száraz gyakorlással és nagy mennyiségű lőszer felhasználásával. Ha egy ilyen feladatot végrehajtási idő és találati pontosság alapján értékelünk, akkor az is fontos, hogy az eredmények lehetőleg ne romoljanak nagyon stresszhelyzet esetén sem. Az ilyen

¹⁵ A magyar startup, a PixVRTraining hivatalos honlapja, akik ipari képzésre szakosodtak VR segítségével: <https://pixvrtraining.com/>

¹⁶ Alex Dan – Miriam Reiner: Reduced mental load in learning a motor visual task with virtual 3D method. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34. (2018), 1. 84–93.

irányú törekvés váratlan szituációk, stresszhelyzetek mesterséges előidézését teszi szükségessé, és ezek kezelésének készséggé válásához szintén sok gyakorlás szükséges. A VR-alapú rendszerek erre is adnak megoldást, mert amennyiben speciális – fegyvert pontosan modellező – kontrollert vagy beviteli eszközt használunk, esetleg valamilyen kézkövető eljárás mellett (kesztyű, kamerás kézkövetés) valós fegyvert alkalmazunk, a célzás és célra tartás mozdulata is gyakorolható (6. ábra). A különbözőképpen programozott feladatok által fokozatosan, további költségek nélkül növelhető a gyakorlás során az elszenvedett stressz szintje, a kiképzés alanyának egyedi fejlődési üteméhez igazítva. Az ilyen szimulátorokkal tehát olyan izommemóriát, mozgásrendszert lehet kialakítani, amelyet másképpen nagyon sok éleslövészet és szárazgyakorlás során sajátíthatnak el a kiképzettek. Az ilyen jellegű beidegződéseknek, izommemóriának nagyon pontosnak kell lennie, ezért a rendszer összeállításánál különös figyelmet kell fordítani a fegyver modellezésére, a teljesen egyeztetett virtuális és valóságos eszköz szinkronizációra. A cikk előző részében bemutattam, hogy a LeadTech cég gyárt olyan kiegészítőket, amelyekkel valós fegyvereket lehet a virtuális térben modellezni, illetve az Asterion cégnek is van pozíciókövető, -digitalizáló eszköze (*tracker*), amely *Picatinny* (STANAG 2324) szabványos, *CZ Bren 2* karabélyon is található, fegyverkiegészítő sínre szerelhető. A hardverkiegészítőkhöz a pontosság és a kalibrálás miatt fontos, hogy teljes szoftveres és 3D-s modellje is elkészüljön az adott fegyvernek, ami lehetővé teheti a fentiek gyakorlását és akár a tárcsere vagy akadályelhárítás mozzanatainak elvégzését.



6. ábra

A bal és a jobb szem VR-látképe, amennyiben a jobb szem a domináns, (közel) rendezett Glock 17 irányzék mellett.

Forrás: a szerző által vágva a Downpur Interactive: Onward szoftverből

A kiképzési lehetőségek bővítéséhez a felhasználó testét, annak helyzetét is modellezni lehet, ami azt jelenti, hogy a szimulációban lévő virtuális test a feladat-végrehajtó testhelyzetét követi. Ezen keresztül a taktikai szimuláció esetén a fedezékhasználat minősége, a végrehajtó mások (mesterséges intelligencia által vezérelt szereplők)

általi láthatósága is követhető, értékelhető. A teljes testkövetésre több módszer létezik, mint például az előző cikkben tárgyalt, MotionReality Inc. cég által fejlesztett és az Avatar mozifilmben is használt technológia, ahol egy kosárlabdapálya-méretű területen kamerák figyelik a kiképzendőket, és a kamera képe, valamint a testrészekre rögzített infravörös fényforrások alapján digitalizálják a végrehajtók mozgását, testhelyzetét. Ez a megoldás nagyon drága és mára már elavult technológia, ezért saját fejlesztés esetén érdemes egyszerűbb, olcsóbb módszerekkel dolgozni, mint például az inverz kinematikai számítások, vagy más, a felhasználóra szerelt szenzoros megoldások. Ezek a megoldások ugyanúgy igényelnek úgynevezett személyekre rögzített markereket (vizuális támpontokat) és HMD-be épített kamerákat, de szoftveres úton sokkal kevesebb ismert adat alapján számítják vissza a valószínűsített testhelyzetet.¹⁷ Az inverz kinematika mára már egy széles körben elterjedt szoftveres megoldás, amely a test csuklópontjainak és azok hajlási irányainak modellezésével állítja elő a hiányzó információkat, és már működik csupán a kezek és a fej helyzetének ismerete alapján is, amit az alap VR-készletek biztosítanak, így a fekvő, guggoló, térdelő és álló testhelyzeteket nagy biztonsággal meg lehet különböztetni. Az infravörös pozíciójelzők és azok kamerás figyelésén túl más lehetőség is van a testhelyzet digitalizálására, például a ruha vagy az eszközök „instrumentálása” is szóba jöhet, ami bizonyos pontok érzékelőkkel (giroszkóp, gyorsulásérzékelő, g-szenzor, IMU)¹⁸ való ellátását jelenti.



7. ábra

A holland RE-liON BV cég Blacksuit rendszerének teljesen instrumentált ruhája.

Forrás: Blacksuit Leaflet. RE-lion BV.

Ebben az esetben a ruhára rögzített kis méretű szenzordobozokban levő érzékelők a térbeli helyzetüket jelentik folyamatosan, ami egyértelműen és nagyon pontosan

¹⁷ Mathias Parger – Joerg H. Mueller – Dieter Schmalstieg – Markus Steinberger: *Human Upper-Body Inverse Kinematics for Increased Embodiment in Consumer-Grade Virtual Reality*. Graz University of Technology, Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18), 2018. november 28. – december 1. Tokyo, Japan, Article No. 23.

¹⁸ IMU: Inertial Measurement Unit (inerciális mérőegység): manapság pár milliméter kiterjedésű, chipbe integrált szenzor eszköz, amely gyorsulásmérőket, gravitációs szenzort, valamint giroszkópokat tartalmaz, célja pedig egy inerciális referencia koordináta-rendszerben nagy pontossággal mérni és szolgáltatni gyorsulásokat és elfordulásokat.

jelzi a viselő testhelyzetét (7. ábra). Ehhez nem kell semmilyen kamera általi rálátás, tépőzárral a dobozok könnyen rögzíthetők a végtagokra, pozícióadataikat pedig vezeték nélküli kapcsolaton keresztül küldik a rendszer számára. Az ilyen pozíciókövetés nemcsak a testhelyzet adatainak meghatározását teszi lehetővé, hanem ennek segítségével a valós és virtuális térben biztosítja a felhasználó pozíciójának pontos egyeztetését is, ezáltal a VR-rendszer helyhez kötöttségét is meg tudjuk szüntetni, azaz a rendelkezésre álló fizikai tér határáig teljes mozgási szabadsága van a felhasználónak.

A kiképzés életszerűségét tovább növelve, újabb készségek elsajátításához lehetőségeket teremtve, nagyon hasznos modellezni egy taktikai szimuláció, főleg kiképzési célú szimuláció során a fizikai fáradtságot is. A fizikai terhelés khatással van a finommotoros mozgásokra, ezért a terhelés utáni lövésleadás minőségét befolyásolja, valamint – a stresszhez hasonlóan – az éberséget, akár a kognitív képességeket is csökkentheti. Az előző cikkben ismertettem a virtuális „taposómalmok” (*Omnidirectional treadmill – ODT*) működését, amelynek segítségével egyhelyben maradván a szabad helyváltoztatás, futás lehetősége is szimulálható a virtuális térben. A virtuális taposómalmok már a virtuálisvalóság-eszközök megjelenése előtt is képezték vizsgálatok tárgyát, és fejlesztésükkel is többen foglalkoztak, ennek is köszönhető, hogy ma már nagyon sokféle megoldás létezik a mozgások ilyen megoldásokkal történő bevitelre.¹⁹ A virtuális taposómalmos (ODT) megoldások közel tökéletes élményt nyújtanak, végtelen kiterjedésű virtuális tér bejárását teszik lehetővé. Hátrányuk ugyanakkor, hogy a fekvő testhelyzet nehezen kivitelezhető, valamint együtt dolgozó rajok összekapcsolt szimulációja esetén nem oldható meg a közvetlen érintés, illetve a fizikális és virtuális egyeztetéssel ellátott eszközök széles körű használata, a földre ejtett tárcák felvétele, esetleg zsákmányolt idegen fegyverek használata.



8. ábra

Infravörös tartományú felvétel az Oculus Rift S vezérlőjéről (kontroller), amelyen láthatóak az infravörös helyzet markerek, amelyek segítségével beviszik a kontroller (ezáltal a kéz) valós helyzetét a virtuális térbe a VR-sísakon elhelyezett kamerák képe alapján.

Forrás: a szerző saját felvétele, egyszerű webkamerával, az infravörös szűrő eltávolítása után

¹⁹ Rudolph Darken – William Cockayne – David Carmein: *The Omni-Directional Treadmill: A Locomotion Device for Virtual Worlds*. Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology, Banff, Canada, 1997. október 14–17. 213–221.

A fentieket összefoglalva tehát az egyik legfontosabb tényező saját VR-rendszer fejlesztése során, amellyel a virtuálisvalóság-alapú kiképzések színvonalát és lehetőségeit egy alap VR-eszköz alkalmazásán felül emelhetjük, az a virtuális-fizikális egyeztetés, azaz annak a lehetősége, hogy felhasználó testhelyezeteit és valós fizikai tárgyakat vigyünk be a szimulációba. Ez alatt azt kell érteni, hogy például egy leürült karabély vagy akadály jelentkezése esetén oldalfegyvert kell alkalmazni a lehető legrövidebb idő alatt, és ezt a kiképzés során valós fegyverekkel, valós mozdulatokkal kell majd tudni végrehajtani. Ha ez minden minőségi szempontnak megfelelően történik, akkor az biztosítja azon készségek kialakulását, amelyek a való életben is hasznosak és szükségesek. Ehhez mindkét fegyvert, azok tárait egyrészt szoftveresen modellezni kell, másrészt a valós eszközökön (fegyverek, táruk, lámpák) markereket (jelzőket) (8. ábra) kell elhelyezni, amelyek segítségével azok beemelhetők a szimulációba. Saját rendszer fejlesztése során célszerű megoldás lehet a számítógép hátizsákba való helyezése is²⁰ és a ruhára szerelt szenzoros testhelyzet digitalizációval való együttes alkalmazása. Ennek használata esetén a virtuális térnek csak a rendelkezésre álló fizikai terület szab határt, illetve a kiképzés helyszíne könnyen változtatható.

5. Összegzés

Elemzésem szerint, a technikai háttér jelenlegi fejlettségi szintje alapján a lehető legjobb időben vagyunk egy professzionális rendszer fejlesztéséhez, mert a szükséges technológia már rendelkezésre áll, illetve az alap hardveres és szoftveres fejlesztési irányok jól láthatók. A virtuálisvalóság-eszközök és az azzal végrehajtott kiképzések céljai már több mint tíz éve ismertek, a szükséges technológiai színvonal viszont pár éve vált széles körben is megfizethetővé. A kereskedelmi forgalomban elterjedő eszközök felhasználói visszacsatolása sokkal kiterjedtebb és intenzívebb, mint a katonai, rendészeti célokra fejlesztett eszközök esetén, emiatt a technológia folyamatosan finomodik, de a fő irányok már kialakultnak tekinthetők. Ha professzionális rendszer építése a célunk, akkor annak ellenére, hogy a legtöbb fent is felsorolt „építőkövet” készen kapjuk, már az alapokról induló, célzott fejlesztés szükséges. Az alapoktól történő fejlesztés viszont nem azt jelenti, hogy teljesen nulláról kell szoftvert és hardvert fejlesztenünk, több keretrendszer létezik (*Unreal Engine, Unity*) háromdimenziós és virtuálisvalóság-szoftverek fejlesztéséhez, ezért a fejlesztés során valóban a lényegi részekre lehet koncentrálni. A hardver és saját eszközök (fegyverek) integrálása is hasonlóan egyszerű napjainkban, a mikroelektronikai építőelemek magas szintű szabványosodása, interfészeik könnyű összekapcsolhatósága miatt. Ezt úgy kell érteni, hogy az előző cikkemben részleteiben is bemutatott HTC Vive Pro alkatrész listájában lévő alkotóelemek nagy része, pár dollárért megvásárolható bárki számára, a magas hozzáadott értéket azok integrálása és a rajtuk futó szoftver képezi. Maga a hardver és szoftver fejlesztése, integrálása előtt a feladat a követelményrendszer specifikálásával kezdődik, amelynek több kiemelt tényezője is van. Technikai oldalról a modern szoftverfejlesztési elvek alkalmazásával a jövőállóság, integrálhatóság,

²⁰ Amely a szimuláció egy részét futtatja és koordinálja a többi résztvevővel.

a gazdaságosság biztosított, valamint a kiképzési módszertanok követése is megoldott. Kiképzéseméleti oldalról a megfelelő szakértők bevonásával a részfeladatokra bontás, azok modellezése és a specifikáció szintén szükséges, a hozzáadott érték itt jelentkezik a legszignifikánsabban. Véleményem szerint a mai technológiai környezet miatt egy ilyen rendszer specifikálása két irányból történik, a szimuláció céljait és a megvalósíthatóság technikai lehetőségeit együtt érdemes vizsgálni. Cikkemben ezért igyekeztem a technológia adottságaira felfűzni azokat a szimulálandó fogásokat, tényezőket, amelyek alátámasztják a használhatóságot és a saját fejlesztés lehetőségét, előnyeit. A cikksorozat következő részében megvizsgáljuk a technológia korlátait és azokat a lehetőségeket, amelyekkel ezeket a korlátokat meg tudjuk szüntetni.

Felhasznált irodalom

- Blacksuit Leaflet. *RE-lion BV*. Online: www.re-lion.com/products/2019%20RE-liON%20BLACKSUIT%20leaflet.pdf
- Choi, Song-Woo – Siyeong Lee – Min-Woo Seo – Suk-Ju Kang: Time Sequential Motion-to-Photon Latency Measurement System for Virtual Reality Head-Mounted Displays. *Electronics*, 7. (2018), 9. Online: <https://doi.org/10.3390/electronics7090171>
- Dan, Alex – Miriam Reiner: Reduced mental load in learning a motor visual task with virtual 3D method. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34. (2018), 1. 84–93. Online: <https://doi.org/10.1111/jcal.12216>
- Erdős Ágnes – Gáspár Miklós: A lökiképzés szerepe a magyar rendészeti felsőoktatásban. *Magyar Rendészet*, 19. (2019), 4. 53–60. Online: <https://doi.org/10.32577/mr.2019.4.3>
- Halley-Prinable, A.: *The Oculus Rift and Immersion through Fear*. Bournemouth University, School of Design, Engineering & Computing, 2013.
- Lozé, Sébastien: Efficient police virtual training environment in VR by V-Armed. *Unreal Engine*. 2019. november 27. Online: www.unrealengine.com/en-US/spotlights/efficient-police-virtual-training-environment-in-vr-by-v-armed
- Mantovani, Fabrizia – Gianluca Castelnuovo: Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through earning Experience in Virtual Environments. In Giuseppe Riva – Fabrizio Davide – Wijnand A. IJsselsteinj (eds.): *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*. Amsterdam, IOS Press, 2003. 164–181. Online: <http://doi.org/10.1089/109493103322725487>
- Parger, Mathias – Joerg H. Mueller – Dieter Schmalstieg – Markus Steinberger: *Human Upper-Body Inverse Kinematics for Increased Embodiment in Consumer-Grade Virtual Reality*. Graz University of Technology, Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18), 2018. november 28. – december 1. Tokyo, Japan, Article No. 23. Online: <https://doi.org/10.1145/3281505.3281529>
- Rudolph Darken – William Cockayne – David Carmein: *The Omni-Directional Treadmill: A Locomotion Device for Virtual Worlds*. Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology, Banff, Canada, 1997. október 14–17. 213–221. Online: <https://doi.org/10.1145/263407.263550>

Training & Simulation. *Unreal Engine*. Online: www.unrealengine.com/en-US/industry/training-simulation

Unity. Online: <https://unity.com/>

Villado, Anton J. – Winfred Arthur Jr. – Winston Bennett Jr.: *The After-Action Review Training Approach: An Empirical Test*. 24th annual conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology. 2009. április. Online: <https://doi.org/10.1037/e518422013-505>

VIRTSIM: After Action Review (AAR). *Youtube*, 2013. április 19. Online: <https://youtu.be/wXpe1OE054?t=35>

Waite, Tammy: V-ARMED: Experience Next-Gen Simulation. *American Security Today*, 2019. november 14. Online: <https://americansecuritytoday.com/v-armed-experience-next-gen-simulation-learn-multi-video/>