

BIOFEEDBACK ALAPÚ VIRTUÁLIS VALÓSÁG
TERÁPIÁK KIDOLGOZÁSA, HATÉKONYSÁG ÉS
BELEÉLÉS VIZSGÁLATA

A doktori (PhD) értekezés tézisei

Szabó Patrícia

Témavezetők: Prof. Sikné Dr. Lányi Cecília
és Prof. Bari Ferenc

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

Pannon Egyetem

2025

1 A KUTATÁSI TÉMA JELENTŐSÉGE

A biofeedback-alapú virtuális valóság (VR) terápiák jelentősége abban rejlik, hogy komoly hatással lehetnek a rehabilitációra. A VR-alapú komoly játékok fejlesztése és használata, mint például a légzőgyakorlatok és memóriafejlesztő tréningek, kiemelten fontos szerepet játszanak a modern egészségügyben, különösen a poszt-COVID szindrómában szenvedők, memóriazavaros és légzőszervi problémákkal küzdők számára. A VR-terápiák hozzájárulhatnak a betegközpontú rehabilitációhoz [1-2]. Ez az interaktív módszer támogatja a terápiát, és jobb rehabilitációs eredményekhez vezethet. A hagyományos rehabilitációs módszerekből gyakran hiányzik az élményszerű és elmélyülést biztosító jellem, amelyek szükségesek a betegek érdeklődésének fenntartásához, míg a VR ezt a hiányosságot hatékonyan tudná pótolni. A kutatás értéke különösen a kognitív és memória-rehabilitáció területén mutatkozik meg. A mindennapi életet érintő kognitív zavarok egyedi stratégiákat igényelnek a memória fejlesztésére, a tanulás elősegítésére és a társas interakciókra. Számos tanulmány bizonyítja, hogy a VR-alapú kognitív tesztek alkalmazása által a felhasználók nagyobb elkötelezettséggel és életszerűbben végzik ezeket a teszteket, a hagyományos neuropszichológiai módszerekhez képest [3–25]. A VR pulmonális állapotok rehabilitációjában rejlő potenciálja

is kiemelkedő, mivel segítségével légzőgyakorlatokat lehet végezni, ami elősegíti mind a fizikai felépülést, mind a stressz csökkentését [26-34]. Emellett a különböző vizualizációs eszközök összehasonlító vizsgálata hozzájárulhat a VR technológia hatékony alkalmazására vonatkozó irányelvek kialakításához, javítva ezzel a hatékonyságot és a felhasználói élményt. A költséghatékony megoldások azonosítása, valamint a felhasználói kényelmetlenség, a kiberbetegség és a hozzáférhetőség akadályainak megértése kulcsfontosságú annak érdekében, hogy ezek a technológiák szélesebb körben is hasznosuljanak. Az otthoni VR-terápiák lehetőséget biztosítanak arra, hogy a betegellátás kilépjen a klinikák falai közül, csökkentve az egészségügyi rendszer terheit, és elősegítve a páciensek önállóságát. Az disszertáció elsődleges célja a VR-alapú rehabilitációs eszközök legjobb gyakorlatának azonosítása.

2 MOTIVÁCIÓ ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A VR alkalmazása a rehabilitációban ígéretes, ugyanakkor még kevésbé feltárt kutatási területet képvisel. A technológia fejlődésével párhuzamosan az innovatív módszerek egészségügyi integrációja kulcsfontosságúvá vált. Ez a doktori disszertáció arra a modern egészségügyi igényre reagál, amely hozzáférhető, személyre szabott rehabilitációs kezeléseket követel meg, mivel a hagyományos módszerek gyakran nem elég hatékonyak vagy eredményesek a páciensek sokrétű és összetett igényeinek kielégítésére. A virtuális valóság alapú terápiák potenciális megoldást kínálnak ezekre a kihívásokra, mivel skálázható, páciensközpontú alternatívát nyújtanak a hagyományos terápiás beavatkozásokkal szemben. A hagyományos módszerekkel ellentétben a VR képes magával ragadó, interaktív környezeteket létrehozni, amelyek a rehabilitációs feladatokat dinamikus és élményszerű tevékenységekké alakítják. A VR használata vonzóbbá és élvezetesebbé teheti a rehabilitációt, ami kulcsfontosságú a páciensek hosszú távú részvételének fenntartásában, ezáltal pedig jobb egészségügyi eredmények eléréséhez. A VR-ral kombinált biofeedback tovább növeli a terápiás beavatkozások személyre szabhatóságát és specifikusságát.

3 MÓDSZER

Először bemutatom a kutatási kérdéseimet és hipotéziseimet. Ezt követően ismertetem a vizsgálatok során használt eszközöket, majd részletes áttekintést adok a kutatáshoz fejlesztett szoftverekről. Ismertetem az egyes vizsgálatokat, végül pedig bemutatom a kutatás során alkalmazott legfontosabb kérdőíveket.

Kutatási kérdések és hipotézisek

Kutatásomhoz négy kutatási kérdés- és hipotéziscsoportot állítottam fel, amelyek mindegyike egy-egy konkrét témakört vizsgál:

1RQ és 1H: Az első csoport a mobiltelefon, tablet, monitor és VR szemüveg összehasonlításával foglalkozik annak érdekében, hogy meghatározzam a legalkalmasabb vizualizációs eszközt.

2RQ és 2H: A második kérdéskör a VR használhatóságát vizsgálom egy jólbevált, neuropszichológiai teszt, a Corsi-teszt során: hogyan alkalmazható hatékonyan a virtuális valóság a tesztprotokollok rugalmasabbá és adaptívabbá tételében, figyelembe véve az esetleges negatív hatásokat, például a megnövekedett pulzusszámot és stressz-szintet.

3RQ és 3H: A harmadik kategória a VR rehabilitációs célú alkalmazásainak hatásait kutatja, különös tekintettel a

kognitív, neurológiai és terápiás felhasználásokra. Ez a rész azt vizsgálja, hogyan járulhat hozzá a VR a felhasználói elköteleződés és a terápiás eredmények javításához, illetve, hogy bizonyos terápiás területeken ígéretesebbnek mutatkozik-e, mint másokban.

4RQ és 4H: A negyedik kérdéskör a 3D virtuális környezetek rehabilitációs célú használatát vizsgálja, beleértve a különböző környezeteket – a vidámtól a komorabb hangulatig – stresszre, szorongásra és általános rehabilitációs eredményekre gyakorolt hatását. A környezetekben alkalmazott irányított légzéstechnikákat hatékonyságuk szempontjából hasonlítja össze, különös tekintettel a stresszcsökkentésre.

Eszközök

A kutatás során különféle eszközöket alkalmaztam, amelyek közül kettő kiemelt szerepet töltött be. Az első az Oculus Quest 2, egy virtuális valóság szemüveg, amelyet széles körben használtam VR-alapú tesztek lebonyolítására. Segítségével a résztvevők elmerülhettek a virtuális környezetekben, így ez az eszköz ideális választás volt a kutatás VR-komponenséhez. A második eszköz a Polar H10 mellkaspánt, amely a kísérletek során a résztvevők pulzusszámát rögzítette. A Polar H10 rendkívül pontos és megbízható, ezért ezt alkalmaztam a pulzusadatok gyűjtésére. Ez a két eszköz alkotta a kutatás technológiai hátterének alapját.

Főbb vizsgálatok

Vizualizációs eszközök összehasonlítása rehabilitáció céljából

Ebben a vizsgálatban négy eszközt (mobiltelefon, tablet, monitor, VR szemüveg) hasonlítottam össze, ahol a vizuális stimulus egy tengerparti kerékpáros videó volt, miközben 33 résztvevő (átlagéletkor: 27 év) pulzusszámát mértem. A cél az volt, hogy felmérjem az egyes kijelző típusokhoz kapcsolódó eltérő elmélyültségi szinteket és fiziológiai hatásokat.

A Corsi-teszt virtuális valóságban történő megvalósítása

A Corsi-tesztet VR-formátumba ültettük át, és 14 résztvevő segítségével (átlagéletkor: 29 év) teszteltem. Az eredmények azt mutatták, hogy a résztvevők 60%-ának csökkent a pulzusszáma a VR-verzió használata során a hagyományos teszthez képest, ami a stressz csökkentésének lehetőségére utal. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem pszichológusaival együttműködésben a kutatás tovább bővült: egy újabb vizsgálatban 44 résztvevő vett részt, akik mind a hagyományos, mind a VR-alapú Corsi-memóriatesztet elvégezték. Az eredmények jelenleg publikálás alatt állnak.

Felhasználói élmény a virtuális rehabilitációban

A kutatás VR-rehabilitációs játékok felhasználói értékeléseit elemezte, hat kategóriára fókuszálva:

fizioterápia, kognitív rehabilitáció, neurológiai rehabilitáció, gyermekrehabilitáció, pszichológiai rehabilitáció, valamint szociális készségek és kommunikáció. Visszajelzések alapján értékeltem a felhasználói elégedettséget és a terápiás hatékonyságot a különböző VR-alkalmazások esetében.

A 3D környezetek hatása

Egy előzetes vizsgálat és egy fővizsgálat keretében vizsgáltam a légzőgyakorlatok hatását VR-ben a hagyományos környezettel összehasonlítva. Az előzetes vizsgálatban 10 fő vett részt, VR- és kontrollcsoportokra osztva. A fővizsgálat 15 résztvevő bevonásával zajlott, ahol három különböző VR-környezetben mértem a relaxációs és belemérülési szinteket.

Szoftverek

A kutatás során több szoftver is fejlesztésre került. Az alábbiakban a legfontosabbakat ismertetem:

Corsi-teszt virtuális valóságban

Ez a VR-alapú szoftver automatizálja a hagyományos Corsi-tesztet, így nincs szükség tesztvezetőre: a rendszer villogó kockák segítségével mutatja be a sorrendet. A felhasználók VR-kontrollerekkel ismétlik meg a látott szekvenciát. A teszt nehézségi szintje a villanások közötti időköz változtatásával szabályozható, ami különösen hasznos a kognitív fejlődés vizsgálatában, elsősorban

gyermekes esetében. Gyermekbarát környezeteket is tartalmaz (például fiú vagy lány szoba), ami fokozza a belemerülést. A felhasználók 3D-s terekben mozogva, egy kockákkal ellátott asztalnál kezdik el a tesztet.

Légygyakorlatokat tartalmazó szoftver

Unity segítségével fejlesztettem, három egyedi, érzelmek kiváltására tervezett 3D-erdős környezetet. A szoftver irányított légygyakorlatokat mutat be egy karakter segítségével, amely a következő technikákra tanít: doboz légzés [35,36], 4-7-8 légzés [37], valamint zümmögő légzés (humming breath) [38,39]. Ezek kombinálása célja, hogy elmélyült, interaktív élményt nyújtson a kognitív és relaxációs gyakorlatokhoz.

Python szkript elemzéshez

Egy Python-alapú szkript készítettem el, amely a Steam legfrissebb értékeléseit gyűjti be, és CSV fájlalba menti. A szkript időbélyeg alapján tölti le az értékeléseket, és olyan könyvtárakat használ, mint a requests, datetime és csv. Az elemzések szöveges előfeldolgozáson, jellemzők kinyerésén és érzelemanalízisen esnek át. A feldolgozás során megtörtént a tokenizálás, „stopword”-ök eltávolítása, lemmatizálás, valamint a Bag of Words (BoW) és TF-IDF módszerek alkalmazása [40–42].

Az érzelemanalízishez a TextBlob és VADER eszközöket használtam, amelyekkel az értékeléseket pozitív,

semleges vagy negatív kategóriákba soroltam, betekintést nyújtva a felhasználói elégedettségbe [43]. A szójegyfrekvencia-elemzés során kiszűrtem a játékhoz kapcsolódó kifejezéseket, hogy a terápiás és élményközpontú szempontokat emelhessem ki. Az értékeléseket kategóriák szerint összehasonlítottam, hogy azonosíthassam a trendeket, erősségeket és fejlesztendő területeket. A statisztikai elemzések – köztük T-próbák – a szóhasználat és az érzelmi töltet közötti különbségeket is kimutatták. A Matplotlib és Seaborn könyvtárak segítségével készített vizualizációk hatékonyan jelenítették meg az adatok alakulását [45–47].

Kérdőívek

A kutatások során saját fejlesztésű és széles körben alkalmazott kérdőívek használtam. A State-Trait Anxiety Inventory (STAI) két fajtájáz: az STAI-T az általános, szorongás, míg az STAI-S az adott helyzetre jellemző, aktuális szorongásszintet értékeli [48]. A DASS-21 (Depression Anxiety Stress Scales) egy 21 tételből álló eszköz, amely részletes képet ad a depresszióval, szorongással és stresszel kapcsolatos tünetekről, lehetővé téve a résztvevők mentális állapotának mélyebb megértését [49]. A User Experience Questionnaire (UEQ) a VR-környezet használhatóságáról, hatékonyságáról és élvezeti értékéről alkotott benyomásokat rögzítette [50]. Végül a System Usability Scale (SUS) kérdőív a VR-rendszer általános használhatóságát mérte [51].

4 FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSOK

A különböző kijelzők összehasonlítását vizsgáló kutatásom során a VR szemüveg bizonyult a leginkább magával ragadó és lebilincselő élményt nyújtó eszközöknek. A monitor kényelmes és praktikus alternatívát jelentett, magas szintű bevonódást kínálva, de a VR-hez képest alacsonyabb mértékű elmélyüléssel. A táblagép és mobiltelefon az elmélyülés és bevonódás szempontjából a legrosszabbul teljesítettek. A VR kognitív mérésekben való alkalmazásának lehetősége egyértelműen megmutatkozott a Corsi-teszt VR alapú implementációjával, mivel nagyobb pontosságot, rugalmasságot és alkalmazkodóképességet mutatott a hagyományos módszerhez képest. A VR-ben alkalmazott kognitív rehabilitációs játékok pozitív visszajelzéseket kaptak, köszönhetően lebilincselő és interaktív jellemzőiknek, amelyek hozzájárultak a terápiás eredmények javulásához. Ezzel szemben a neurológiai rehabilitációs játékok olyan kihívásokkal szembesültek, mint a mozgásbetegség és a követési hibák, amelyek csökkentették hatékonyságukat és a felhasználói élvezetet. A pozitív ingereket tartalmazó VR-környezetek, mint például vidám virtuális helyszínek, bizonyultak a leghatékonyabbnak a stresszcsökkentésben, amit az STAI-S alacsonyabb pontszámok is igazoltak.

5 TÉZISEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A disszertáció megállapításai téziscsoportokba rendezhetők, amelyek mindegyike a vizualizációs eszközök felhasználói élményével, a stresszcsökkentéssel, valamint a rehabilitációs eredményekkel kapcsolatos vizsgálatok főbb területeit képviseli a virtuális valóság technológia alkalmazásán keresztül.

1. Téziscsoport: Felhasználói élmény vizualizációs eszközökkel

IT1: A résztvevők értékelése alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a VR szemüveg biztosítja a leginkább elmélyülést nyújtó élményt (68%), ezt követi a monitor (64%), míg a táblagép (26%) és mobiltelefon (9%) lényegesen alacsonyabb értékelést kaptak.

IT2: Motivációs visszajelzések alapján a VR szemüveget tartották a leginkább bevonó eszköznek (72%), ezt követte a monitor (68%), míg a táblagép (52%) és mobiltelefon (46%) kevésbé bizonyult hatékonynak.

IT3: A felhasználói preferenciák elemzése alapján megállapítottam, hogy a nagyobb képernyők előnyben részesülnek: a 24 colos monitor (78%) és a VR (69%) megelőzik a táblagép (57%) és mobiltelefont (32%).

Főbb következtetések az 1. téziscsoporthoz:

A VR szemüveg a legmagasabb értékelést kapta az elmélyülés, vonzerő és stimuláció szempontjából, így ezek a leginkább bevonó eszközök. A monitor erős alternatívát jelent: kevésbé zavaró és kényelmesebb, ezért ideálisak hosszabb vagy kevésbé intenzív használatra. A táblagép és mobiltelefon alacsonyabb szintű elmélyülést és bevonódást kínál, így kevésbé hatékony azokban a tevékenységekben, amelyek intenzív felhasználói részvételt igényelnek. A résztvevők nagyobb valószínűséggel használnának VR szemüveget és monitort otthoni beltéri tevékenységekhez. A terápiás alkalmazások mindegyikében a nagyobb képernyőket részesítették előnyben, ami azt mutatja, hogy a képernyőméret befolyásolja a felhasználói élményt és a rehabilitáció hatékonyságát.

2. Téziscsoport: A VR általános hatása a kognitív és terápiás eredményekre

2T1: Összehasonlító tesztelés révén megállapítottam, hogy a hagyományos módszerek VR környezetben történő alkalmazása 67%-kal javíthatja a hatékonyságot, 17%-kal csökkenti a pulzusszámot, és lehetővé teszi a rugalmas, pontos digitális beállításokat.

Főbb következtetések a 2. téziscsoporthoz:

A VR környezetek elmélyítő jellege pontosabb és rugalmasabb kognitív felméréseket tesz lehetővé, mint a hagyományos módszerek – például a Corsi-teszt esetén. Az állítható beállítások lehetővé teszik a személyre szabott élményeket, javítva a teszteredményeket, és nyugodtabb atmoszférát biztosítanak, amit az alacsonyabb átlagos pulzusszám is alátámaszt. Ezek a fejlesztések bizonyítják, hogy a VR képes forradalmasítani a térbeli memóriafelméréseket, 67%-kal jobb felhasználói élményt nyújtva a hagyományos megközelítésekkel szemben.

3. Téziscsoport: A VR alkalmazása a rehabilitációban

3T1: Felhasználói értékelések alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a VR rehabilitációs alkalmazások javítják a bevonódást és a terápiás eredményeket, az általános érzelmi értékelésük 0,75 volt. A kognitív rehabilitációs játékok kapták a legmagasabb elégedettségi pontszámot (0,129), jelentősen meghaladva a neurológiai rehabilitációs játékokat (0,092, $p < 0,001$).

Főbb következtetések a 3. téziscsoporthoz:

A kognitív rehabilitációs játékok érték el a legmagasabb felhasználói elégedettséget, ami alátámasztja, hogy a VR hatékonyan alkalmazható a kognitív terápiákban lebilincselő és interaktív élménye révén. A neurológiai rehabilitációs játékok ígéretesek ugyan, de technikai

problémákkal – például mozgásbetegség és követési hibák – küzdenek, ami csökkenti hatékonyságukat és a felhasználói elégedettséget. A fizikai rehabilitációs játékok vegyes visszajelzéseket kaptak; a felhasználók a személyre szabható intenzitási szintek iránti igényt emelték ki, ami azt jelzi, hogy bár a VR ígéretes a fizikai terápiában, nagyobb mértékű testreszabás szükséges.

4. Téziscsoport: Stresszcsökkentés VR környezetekben

4T1: Irányított légzőgyakorlatok stresszcsökkentő hatásának elemzése során – vizuális vagy auditív ingerek nélkül – nem találtam szignifikáns különbséget az elmerülő VR környezetek és a hagyományos fizikai terek között az STAI-S kérdőív és a pulzusszám alapján.

4T2: Amikor vizuális és auditív elemek is jelen voltak a VR környezetben, az eredmények azt mutatták, hogy a környezet típusa jelentősen befolyásolta a stresszcsökkentést. A vidám, napfényes erdő természetes hangokkal (pozitív-affektív) 8%-kal nagyobb stresszcsökkenést eredményezett, mint ugyanaz az erdő semleges környezetként, és 15%-kal nagyobbat, mint amikor sötét, viharos, kopár tájként jelent meg (negatív-affektív).

Főbb következtetések a 4. téziscsoportéhoz:

A boldog, pozitív VR környezetek – például napfényes erdők természetes hangokkal – jelentősen jobban csökkentik a stressz szintjét, mint a semleges vagy sötét, viharos környezetek, ami bizonyítja, hogy a VR képes hozzájárulni a pszichológiai jólét javításához. A VR hatékony stresszcsökkentő eszköz, különösen akkor, ha pozitív és vonzó atmoszférával van kialakítva, így ígéretes eszköz lehet pszichológiai beavatkozásokhoz és relaxációs terápiákhoz.

6 JÖVŐBELI KUTATÁSI IRÁNYOK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A jelen tanulmány eredményei megalapozzák a jövőbeli kutatásokat a virtuális valóság és vizualizációs eszközök rehabilitációs célú alkalmazásának területén. Számos további kutatási irány bontakozott ki. A VR szemüveg és más vizualizációs eszközök hosszú távú használata alapján megvizsgáltam, hogyan befolyásolhatja a felhasználói bevonódást, kényelmet és fizikai reakciókat a hosszabb rehabilitációk során. A kutatás a VR terápiás alkalmazásához szükséges virtuális környezetek optimális kialakítását is vizsgálta, különös figyelmet fordítva arra, hogy különböző érzelmi ingerek – például pozitív és semleges környezetek – miként alkalmazhatók a stressz csökkentésének optimalizálására és a kezelés hatékonyságának biztosítására. Fontos cél a technikai problémák megoldása, különösen a neurológiai rehabilitációs játékok esetében, annak érdekében, hogy a VR-eszközök minden páciens számára hatékonyan és akadálymentesen elérhetőek legyenek. A felhasználóközpontú megközelítés előtérbe helyezése és a technológia folyamatos fejlesztése az az út, amely révén a virtuális valóság valóban képes lehet forradalmasítani mind a kognitív, mind a fizikai rehabilitációt, javítani az általános kezelési eredményeket, és hozzájárulni az életminőség javulásához.

7 SAJÁT PUBLIKÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az alábbiakban a kutatási témához kapcsolódó publikációimat évenkénti bontásban sorolom fel. A vizsgált időszak alatt 10 magyar konferencia-előadást, 7 nemzetközi konferencia-előadást tartottam, valamint 2 impakt faktoros folyóiratcikket publikáltam. További 6 folyóiratcikk bírálati eljárás alatt áll. A listában a "P" jelöli az előadásokat (presentations), a "J" a folyóiratcikkeket (journal publications), a "V" pedig a YouTube-on megjelent online videosorozat epizódját.

2022

[P1] Szabó, P., Sikné Lányi, C., Schalbert, J., Kretz, Z., & Cserjési, R. (2022). „Légzés félelem nélkül” – Virtuális valóság alapú légzés javító játék tervezése post és long-Covid szindrómában szenvedő betegek rehabilitációjára [Conference presentation]. XXXV. Neumann Colloquium Conference, Szeged, Hungary. In: *Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID után - A XXXV. Neumann Kollokvium konferencia kiadványa.* pp 124-129.

[P2] Szabó, P., & Sikné Lányi, C. (2022). Android alapú alkalmazás tervezése 1-es típusú cukorbeteg gyermekek tanítására [Conference presentation]. XXXV. Neumann Colloquium Conference, Szeged, Hungary. In: *Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID után -*

A XXXV. Neumann Kollokvium konferencia kiadványa. pp 130-135.

2023

[V1] Szabó, P. (2023, Apr 12). How can we use VR to fight post-COVID syndrome? [Ep. 2]. Research Goes Live. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=_j427Z0SIMc

[J1] Szabó, P., Ara, J., Halmosi, B., Sik-Lanyi, C., & Guzsvinecz, T. (2023). Technologies designed to assist individuals with cognitive impairments. *Sustainability*, *15*(18), 13490. <https://doi.org/10.3390/su151813490>, Impact Factor: 3.9

[P3] Szabó, P. (2023). Virtual Reality based serious games for older adults [Conference presentation]. *6th International Conference on Aging & Technology Fair (eng)aging!*, Prague, Czech Republic.

[P4] Sik-Lanyi, C., & Szabó, P. (2023). Developing an Android-based game for children with blindness or low vision [Conference presentation]. Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe, Paris, France. In: *Book of Abstracts, 17th International Conference of the Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe, AAATE 2023.* pp 231-233.

[P5] Szabó, P., & Sik-Lanyi, C. (2023). A digitális és hagyományos oktatás, generációs különbségek [Conference presentation]. XXIX. Multimedia in Education Conference, Szeged, Hungary. In: *29th Multimedia in Education Conference Proceedings - XXIX. Multimédia az oktatásban nemzetközi konferencia kiadvány.* pp 50-53.

[P6] Sikné Lányi, C., Guzsvinecz, T., Tálás, M., Halmosi, B., Szabó, P., & Haneklaus, N. (2023). Játékra fel! – Virtuális Valóság alapú „Negotiation Game” [Conference presentation]. XXIX. Multimedia in Education Conference, Szeged, Hungary. In: *29th Multimedia in Education Conference: Conference Proceedings.* pp 70-75.

[P7] Szabó, P., Sik-Lanyi, C., Filotás, P., & Cserjési, R. (2023). Virtual reality-based game for rehabilitation: Corsi-test [Conference presentation]. 2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality, Veszprém, Hungary. In: *2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality – cVR 2023.* pp 29-32.

[P8] Szabó, P., Baranyi, P., & Sik-Lanyi, C. (2023). DOS-Windows-Virtual desktop [Conference presentation]. 2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality, Veszprém, Hungary. In: *2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality – cVR 2023.* pp 33-36.

[P9] Zsebi, S., Szabó, P., Filotás, P., Sik-Lányi, C., & Cserjési, R. (2023). Enhancing neuropsychological assessment through virtual reality: A pilot study of the Corsi block tapping task [Conference presentation]. 2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality, Veszprém, Hungary. In: *2nd IEEE International Conference on Cognitive Aspects of Virtual Reality – cVR 2023*. pp 115-118

[P10] Szabó, P., & Sik-Lanyi, C. (2023). Virtual reality based serious games for memory skill improvement [Conference presentation]. XXXVI. Neumann Colloquium Conference, Veszprém, Hungary. In: *Orvosi informatika. A XXXVI. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa* pp 66-72.

[P11] Szabó, P. (2023). Revolutionizing rehabilitation through VR-based serious games. In: *Technicity Doctoral Workshop Conference - MOME* [Conference presentation].

2024

[J2] Szabó, P., Filotás, P., Sik-Lanyi, C., Zsebi, S., & Cserjési, R. (2024). Virtual reality implementation of the Corsi test and pilot study on acceptance. *Software Impacts*, 21, 100693. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2024.100693>, Impact Factor: 2.1

[P12] Szabó, P., & Sik-Lanyi, C. (2024, June 26-28). Immersive VR games for cognitive enhancement. In *womENcourage™ 2024: Responsible Computing for Gender Equality. ACM Celebration of Women in Computing*, Madrid, Spain.

[P13] Szabó, P., & Sik-Lanyi, C. (2024, July 8-12). User-friendly serious game design for diabetic preschool children. In: *International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 24)*, JKU Linz, Austria. pp 65-69.

[P14] Szabó, P., & Sik-Lanyi, C. (2024, Sept. 3-6). Design virtual reality games that instruct proper breathing techniques with dynamically changing virtual environment. In: *15th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies.*, Prague, Czech Republic. pp 1-2.

[P15] Sik-Lanyi, C. & Szabó, P., (2024, Sept. 3-6). Modelling realistic avatars for the “P-game” negotiation game. In: *15th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies.*, Prague, Czech Republic. pp 1-3.

[P16] Szabó, P. (2024). Immersive VR games for cognitive enhancement. In XXVII. Tavaszi Szél Konferencia 2024 [Poster presentation]. In: *XXVII. Tavaszi Szél Konferencia 2024 – Absztraktkötet*. p. 683.

[P17] Soma, Z., Zsebi, P., Filotás, P., Szabó, P., Sik-Lányi, C., & Cserjési, R. (2024). Assessing the cognitive performance of different age groups using Virtual Reality technology and psychophysiology. In *15th Dubrovnik Conference on Cognitive Science: Memory, Space, Language* (p. 38, Paper: PS1-17). Central European Cognitive Science Association (CECOG).

MTMT profil:

<https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10085867>

BÍRÁLAT ALATT

Jelenleg további 6 folyóiratcikkek van bírálati eljárás alatt, és 2025 szeptemberében előadást tartok az AAATE 2025 konferencián. Két teljes terjedelmű cikkem is elfogadásra került a „Technology for Inclusion and Participation for All: Recent Achievements and Future Directions – 8th International Conference, AAATE 2025, Nicosia, Cyprus, September 10–12, 2025, Proceedings” című kötetbe, amelyet a Springer fog megjelentetni.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Rutkowski, S., Bogacz, K., Czech, O., Rutkowska, A., & Szczegielniak, J. (2022). Effectiveness of an inpatient virtual reality-based pulmonary rehabilitation program among COVID-19 patients on symptoms of anxiety, depression and quality of life: Preliminary results from a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16980. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416980>
- [2] Ojala, A., Neuvonen, M., Kurkilahti, M., Leinikka, M., Huotilainen, M., & Tyrväinen, L. (2022). Short virtual nature breaks in the office environment can restore stress: An experimental study. *Journal of Environmental Psychology*, 84, 101909. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101909>
- [3] Varela-Aldás, J., Buele, J., Amariglio, R., García-Magariño, I., & Palacios-Navarro, G. (2022). The cupboard task: An immersive virtual reality-based system for everyday memory assessment. *International Journal of Human-Computer Studies*, 167, 102885. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102885>
- [4] Huang, D., Yan, S., Shen, S., Lv, S., Lai, S., Zhong, S., & Jia, Y. (2022). Effects of virtual reality working memory training on event-based prospective memory in patients with major depressive disorder. *Journal of*

Psychiatric Research, 156, 91–99.
<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2022.09.049>

[5] Gregory, S. E. A., Wang, H., & Kessler, K. (2022). A dataset of EEG recordings from 47 participants collected during a virtual reality working memory task where attention was cued by a social avatar and non-social stick cue. *Data in Brief*, 41, 107827.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107827>

[6] Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of Neuroscience Methods*, 303, 126–135.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>

[7] Bayahya, A., Alhalabi, W., & Alamri, S. (2020). Virtual reality in dementia diseases. *Procedia Computer Science*, 163, 275–282.

[8] Specht, J., Schroeder, H., Krakow, K., Meinhardt, G., Stegmann, B., & Meinhardt-Injac, B. (2021). Acceptance of immersive head-mounted display virtual reality in stroke patients. *Computers in Human Behavior Reports*, 4, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100141>

[9] Mathews, M., Mitrovic, A., Ohlsson, S., Holland, J., & McKinley, A. (2016). A virtual reality environment for rehabilitation of prospective memory in stroke patients.

Procedia Computer Science, 96, 7–15.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.08.081>

[10] Ow, C., Qi, C., Tan, J. T. X., & Lan, S. S. (2015). Memory improvement by music composition and development of mobile application. *Procedia Manufacturing*, 3, 1481–1485.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.326>

[11] Yonathan, D., Susandi, & Arifin, Y. (2021). Designing memory game for learning healthy life. *Procedia Computer Science*, 179, 670–676.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.054>

[12] Rawendy, D., Ying, Y., Arifin, Y., & Rosalin, K. (2017). Design and development game Chinese language learning with gamification and using mnemonic method. *Procedia Computer Science*, 116, 61–67.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.009>

[13] Morimoto, R., Kawanaka, H., Hicks, Y., & Setchi, R. (2021). Development of recreation game for measurement of eye movement using tangram. *Procedia Computer Science*, 192, 4924–4932.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.270>

[14] ChePa, N., Lim, L. S.-Y., Yusof, N., Yahaya, W., & Ishak, R. (2023). Impacts of game-based psychotherapy intervention to elderly with memory disorder. *Entertainment Computing*, 44, 100532.
<https://doi.org/10.1016/j.entcom.2022.100532>

[15] Mize, M., Bryant, D. P., & Bryant, B. R. (2020). Teaching reading to students with learning disabilities: Effects of combined iPad-assisted and peer-assisted instruction on oral reading fluency performance. *Assistive Technology*, 32(6), 317–324. <https://doi.org/10.1080/10400435.2018.1559896>

[16] da Silva, A. P., Bulle Oliveira, A. S., Pinheiro Bezerra, I. M., Pedrozo Campos Antunes, T., Guerrero Daboin, B. E., Raimundo, R. D., Dos Santos, V. R., & de Abreu, L. C. (2018). Low cost assistive technology to support educational activities for adolescents with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 13(7), 676–682. <https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1369590>

[17] Buitrago, J. A., Bolaños, A. M., & Caicedo Bravo, E. (2020). A motor learning therapeutic intervention for a child with cerebral palsy through a social assistive robot. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15(3), 357–362. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1578999>

[18] Nishiura, Y., Nihei, M., Nakamura-Thomas, H., & Inoue, T. (2021). Effectiveness of using assistive technology for time orientation and memory, in older adults with or without dementia. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(5), 472–478. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1650299>

- [19] Pinard, S., Bottari, C., Laliberté, C., Pigot, H., Olivares, M., Couture, M., Giroux, S., & Bier, N. (2021). Design and usability evaluation of COOK, an assistive technology for meal preparation for persons with severe TBI. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(7), 687–701. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1696898>
- [20] Evmenova, A. S., Graff, H. J., Genaro Motti, V., Giwa-Lawal, K., & Zheng, H. (2019). Designing a wearable technology intervention to support young adults with intellectual and developmental disabilities in inclusive postsecondary academic environments. *Journal of Special Education Technology*, 34(2), 92–105.
- [21] Douglas, J., & Bigby, C. (2020). Development of an evidence-based practice framework to guide decision making support for people with cognitive impairment due to acquired brain injury or intellectual disability. *Disability and Rehabilitation*, 42(3), 434–441. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1498546>
- [22] Kang, Y. S., & Chang, Y. J. (2019). Using a motion-controlled game to teach four elementary school children with intellectual disabilities to improve hand hygiene. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 32(4), 942–951. <https://doi.org/10.1111/jar.12587>
- [23] Mihailidis, A., Fernie, G. R., & Barbenel, J. C. (2001). The use of artificial intelligence in the design of

an intelligent cognitive orthosis for people with dementia. *Assistive Technology*, 13(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/10400435.2001.10132031>

[24] Luxton, D. D. (2014). Artificial intelligence in psychological practice: Current and future applications and implications. *Professional Psychology: Research and Practice*, 45(5), 332–339. <https://doi.org/10.1037/a0034559>

[25] Sheri, B., Kumari, P., Siddiqui, I. F., & Noman, H. (2020). Artificial intelligence based memory stash Alzheimer's aid. In K. M. Iraqi (Ed.), *ICISCT 2020 - 2nd International Conference on Information Science and Communication Technology*, Article 9080030. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICISCT49550.2020.9080030>

[26] Robergs, R. A., Bereket, S., & Knight, M. A. (1998). Video-assisted cycling alters perception of effort and increases self-selected exercise intensity. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3 Pt 1), 915–927. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.86.3.915>

[27] Molina, K. I., Ricci, N. A., de Moraes, S. A., & Perracini, M. R. (2014). Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11, 156. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-156>

- [28] Cassani, R., Novak, G. S., Falk, T. H., & Oliveira, A. A. (2020). Virtual reality and non-invasive brain stimulation for rehabilitation applications: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00780-5>
- [29] Housman, S. J., Scott, K. M., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(5), 505–514. <https://doi.org/10.1177/1545968308331148>
- [30] Merians, A. S., Fluet, G. G., Qiu, Q., Saleh, S., Lafond, I., Davidow, A., & Adamovich, S. V. (2011). Robotically facilitated virtual rehabilitation of arm transport integrated with finger movement in persons with hemiparesis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8, 27. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-27>
- [31] Adamovich, S. V., Fluet, G. G., Mathai, A., Qiu, Q., Lewis, J., & Merians, A. S. (2009). Design of a complex virtual reality simulation to train finger motion for persons with hemiparesis: A proof of concept study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, 28. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-28>
- [32] Mekbib, D. B., Han, J., Zhang, L., Fang, S., Jiang, H., Zhu, J., Roe, A. W., & Xu, D. (2020). Virtual reality

therapy for upper limb rehabilitation in patients with stroke: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Brain Injury*, 34(4), 456–465. <https://doi.org/10.1080/02699052.2020.1725126>

[33] Pietrzak, E., Cotea, C., & Pullman, S. (2014). Using commercial video games for upper limb stroke rehabilitation: Is this the way of the future? *Topics in Stroke Rehabilitation*, 21(2), 152–162. <https://doi.org/10.1310/tsr2102-152>

[34] Bonnechère, B., Jansen, B., Omelina, L., & Van Sint Jan, S. (2016). The use of commercial video games in rehabilitation: A systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research*, 39(4), 277–290. <https://doi.org/10.1097/MRR.000000000000190>

[35] Ahmed, A., Devi, G., & Priya, J. (2021). Effect of Box Breathing Technique on Lung Function Test. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 25–31. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i58A34085>

[36] WebMD Editorial Contributors. (2023). What is box breathing? (C. N. Swiner, MD, Review). *WebMD*. Accessed July 1, 2024, from <https://www.webmd.com>

[37] Pandekar, P. P., & Thangavelu, P. D. (2019). Effect of 4-7-8 breathing techniques on anxiety and depression in moderate chronic obstructive pulmonary disease patients. *International Journal of Health Sciences and Research*, 9(5), 209–217.

- [38] Sattar, S. (2022). *Breathe: 33 simple breathwork practices (Live Well)*. Rock Point.
- [39] Shaw, S. (2004). *The little book of yoga breathing: Pranayama made easy*. Weiser Books.
- [40] Aggarwal, C., & Zhai, C. (2012). *Mining text data* (Vol. 6). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3223-4_6
- [41] Jurafsky, D., & Martin, J. (2008). *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition* (2nd ed.).
- [42] Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press.
- [43] Liu, B. (2015). *Sentiment analysis: Mining opinions, sentiments, and emotions*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139084789>
- [44] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., Duchesnay, E., & Louppe, G. (2012). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.

- [45] McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. In *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (pp. 56–61). <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>
- [46] Hunter, J. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- [47] Waskom, M. (2021). seaborn: Statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, 6, 3021. <https://doi.org/10.21105/joss.03021>
- [48] Spielberger, C., Gorsuch, R., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y1 – Y2)*. Consulting Psychologists Press.
- [49] Lovibond, S. H., & Lovibond, P. F. (1995). *Manual for the Depression Anxiety & Stress Scales* (2nd ed.). Psychology Foundation.
- [50] Schrepp, M. (2015). *User Experience Questionnaire Handbook*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2815.0245>
- [51] Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189.